



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Evaluación de fallas mediante el PCI y deflectómetro de  
impacto del pavimento flexible de la avenida Canta Callao-  
Lima 2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Ore Suarez, Fernando Dionisio ([orcid.org/0000-0002-7834-1599](https://orcid.org/0000-0002-7834-1599))

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique ([orcid.org/0000-0002-0684-5114](https://orcid.org/0000-0002-0684-5114))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

Lima – Perú

2020

## **Dedicatoria**

A mi padre que siempre me motivo a estudiar y me apoyo en todo momento hasta ahora, a mis abuelos y mi tía Charo que hace poco nos dejó, pero siempre estará presente en el transcurso de mi vida.

### **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerzas para Continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A la vez muy agradecido con el Dr. Ing. Gerardo Cancho Zúñiga por estar siempre apoyándonos en nuestro tema de investigación y darnos las pautas correspondientes.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>15</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2. Variable, Operacionalización .....	16
3.3. Población y muestra y muestreo.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	19
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Método de análisis de datos .....	21
3.7. Aspectos éticos.....	21
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>42</b>

## Índice de tablas

Tabla 1: Tipos de fallas en el pavimento .....	9
Tabla 2: Falla por ahuellamiento .....	11
Tabla 3: Estados del método PCI .....	13
Tabla 4: Ventajas y desventajas del PCI .....	15
Tabla 5: Operacionalización de variables .....	20
Tabla 6: Tesis a analizar.....	22
Tabla 7: Conteo vehicular.....	25
Tabla 8: Tramos a analizar .....	25
Tabla 9: PCI tramo 1 .....	26
Tabla 10: PCI tramo 2.....	27
Tabla 11: PCI tramo 3.....	28
Tabla 12: Resumen de los resultados por tramos y totales .....	29
Tabla 13: Resumen de fallas .....	30
Tabla 14: Análisis deflectométrico .....	32
Tabla 15: Deflexiones corregidas .....	33
Tabla 16: Resumen de los resultados .....	34
Tabla 17: PCI de Leguía y Pacheco .....	35
Tabla 18: Presupuesto.....	45
Tabla 19: Cronograma de actividad.....	47
Tabla 20: Matriz de consistencia .....	48

## Índice de figuras

Figura 1: Pavimento flexible.....	6
Figura 2: Pavimento rígido.....	7
Figura 3: Pavimento semi-rígido.....	8
Figura 4: Fisuración por fatiga.....	10
Figura 5: Fallas estructurales.....	11
Figura 6: Ubicación a nivel nacional.....	18
Figura 7: Ubicación a nivel distrital.....	18
Figura 8: Tramo a estudiar.....	18
Figura 9: Avenida Canta Callao.....	22
Figura 10: Tramo 1 – 2 - 3.....	23
Figura 11: Estudio de suelos y geotecnia.....	24
Figura 12: VD Densidad.....	29
Figura 13: Deflectograma.....	32
Figura 14: Deflectograma de Balarezo Javier.....	35
Figura 15: Cálculo del Valor Deducido.....	46

## Resumen

Este proyecto de investigación tiene como finalidad realizar una evaluación superficial del pavimento flexible utilizando el método del PCI y de equipo de Deflectómetro de Impacto para obtener en qué estado de conservación se encuentra la Av. Canta Callao – Lima 2020. Tiene un diseño de investigación Observacional, un Tipo de Investigación Aplicada, un Nivel de Investigación Descriptiva. Se van a analizar dos variables independientes: Método PCI y el Deflectómetro de Impacto y la variable dependiente que vendría a ser Evaluación de fallas de un pavimento flexible. La población viene a ser todas las avenidas de San Martín de Porres y como muestra se tomó desde la Av. Bertello hasta la Av. Carlos Izaguirre- Lima 2020. Encontramos 7 fallas a lo largo del tramo que estamos estudiando del total de 19 que abarca el PCI, y la falla que tuvo la mayor recurrencia fue la de corrugación así mismo las mismas fallas para el manual del Deflectómetro de Impacto debido a la fatiga por cargas vehiculares muy constantes. Y como parte final se nombran las conclusiones y recomendaciones basadas en el índice de condición de la superficie del pavimento que nos dio un PCI 57 que nos indica que el pavimento tiene una situación buena pero que requiere de reparaciones en algunos tramos, para que así pueda seguir brindando un mejor servicio al transporte tanto público como privado.

**Palabras clave:** PCI, deflectómetro, estados de gravedad, fallas, fatiga, Índice medio diario.

## **Abstract**

The purpose of this research project is to carry out a superficial evaluation of the flexible pavement using the PCI method and the Impact Deflectometer equipment to obtain the state of conservation of Av. Canta Callao - Lima 2020. It has an Observational research design, a Type of Applied Research, a Descriptive Research Level. Two independent variables are going to be analyzed: PCI Method and the Impact Deflectometer and the dependent variable that would become Evaluation of failures of a flexible pavement. The population comes to be all the avenues of San Martin de Porres and as a sample it was taken from Av. Bertello to Av. Carlos Izaguirre- Lima 2020. We found 7 faults along the section that we are studying of the total of 19 that the PCI covers, and the fault that had the greatest recurrence was that of corrugation and the same faults for the manual of the Impact Deflectometer due to fatigue due to loads very constant vehicles. And as a final part, the conclusions and recommendations are named based on the pavement surface condition index that a PCI 57 gave us, which indicates that the pavement is in good condition but requires repairs in some sections, so that it can continue to provide better service to public and private transport.

**Keywords:** PCI, deflectometer, States of gravity, failures, fatigue, Average daily index.



## I. INTRODUCCIÓN

En esta investigación se está proponiendo el método del PCI según “la norma ASTM D6433-03, para poder establecer la condición en la que se haya la superficie de rodamiento de la avenida Canta Callao, con lo cual daremos valores numéricos a cada tipo de falla según sea su grado de severidad y por ser el método más confiable y completa para poder evaluar de una manera objetiva la condición en la que se encuentra el pavimento. Esta metodología no necesita de herramientas ni equipos y tampoco es difícil de realizar y/o implementar ya que todo es realizado indirectamente”. También se está proponiendo en este trabajo de investigación muy aparte del método PCI el uso del equipo Deflectómetro de Impacto (FWD) que nos permitirá conocer las características estructurales del pavimento y con ello es posible obtener la capacidad estructural del pavimento, ya que es un ensayo no destructivo, es económico y no afecta la estructura del pavimento. Con esto se complementa el trabajo de inspección visualizada por el método PCI, con lo cual no solo evaluaremos superficialmente al pavimento, sino también estructuralmente, y de esta manera poder determinar más exactamente el origen de la falla y sus causas que ya serán estudiadas y analizadas.

Teniendo una justificación metodológica se muestra la metodología para la evaluación del pavimento flexible usando el método del PCI y el Deflectómetro de Impacto con lo cual obtendremos datos numéricos sobre el estado del mismo en la Avenida Canta Callao.

La justificación práctica vendría hacer la identificación de fallas mediante el método del PCI y el Deflectómetro de Impacto nos permite tener conocimiento para saber si el pavimento aun cumple correctamente con su función de hacer posible sin perjudicar el tránsito de los vehículos ni ocasionar daños a los automóviles o generar accidentes de tránsito.

La justificación social al realizar esta evaluación permite dar un resultado positivo o negativo sobre el estado de conservación de la avenida Canta Callao con lo cual se podría determinar si esto influye en las personas que manejan por, si las pistas se encuentran en un buen estado contribuye mucho a la sociedad en muchos aspectos ya que llegan sin problemas a su destino, sus vehículos no sufren daños por el paso de esa zona etc.

Sobre este proyecto de investigación en realidad problemática presentada se planteo un problema general. El cual fue ¿De qué manera el método PCI y el Deflectómetro de Impacto evalúan las fallas de un pavimento flexible de la avenida canta callao – lima 2020? Y los problemas específicos fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿De qué manera obtiene el método PCI, los parámetros de evaluación de la avenida Canta Callao – Lima?
- **PE2:** ¿De qué manera obtiene el método PCI, los índices de condición de la avenida Canta Callao – lima?
- **PE3:** ¿De qué manera obtiene el Deflectómetro de impacto, la carga máxima vertical de la avenida Canta Callao – Lima?

El objetivo general fue: Evaluar las fallas del pavimento flexible mediante el método PCI y el Deflectómetro de impacto de la avenida canta callao – lima 2020.

Y los objetivos específicos fueron:

- **OE1:** Evaluar de qué manera obtiene el método PCI, los parámetros de evaluación de la avenida Canta Callao – Lima
- **OE2:** Evaluar de qué manera obtiene el método PCI, los índices de condición de la avenida Canta Callao – Lima
- **OE3:** Evaluar de qué manera obtiene el Deflectómetro de impacto, la carga máxima vertical de la avenida Canta Callao – Lima

La hipótesis general fue: El método PCI y el Deflectómetro de Impacto evalúan de manera superficial y estructural al pavimento flexible de la avenida canta callao – lima 2020. Y las hipótesis específicas fueron:

- **HE1:** Obtiene los parámetros de evaluación después de una inspección visual de la avenida Canta Callao – lima
- **HE2:** Obtiene el índice de condición después de una inspección visual de la avenida Canta Callao - Lima
- **HE3:** Obtiene la carga máxima vertical después de una evaluación estructural de la avenida canta callao – lima

## II. MARCO TEÓRICO

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) afirma que es necesario conocer los antecedentes (estudios, investigaciones y trabajos anteriores), especialmente si uno no es experto en los temas o tema que vamos a tratar o estudiar.

**PARRA** (2019), en su tesis titulada ***“Procedimiento estratégico para la detección de daños en pavimento flexible en la infraestructura vial del municipio de Fusagasugá mediante las metodologías Vizir y Pci”***, Nos dice que mayormente los pavimentos flexibles son usados para el uso de vías de alto y bajo tránsito vehicular, para lo cual es muy importante identificar las fallas para así poder darles el debido tratamiento que requiere para que cumpla con los objetivos de la cuales fueron realizadas. Este trabajo evalúa al pavimento a lo largo de 2km que conecta ambos municipios de, para ello se realizaron dos métodos las cuales son la del PCI y la del VIZIR las cuales con muy empleadas y tienes muy buen reconocimiento a la vez que se determina la eficacia de cada uno de estos métodos para así comparar los resultados los cuales en base a la inspección visual se dará detalladamente por cada tipo de falla y en la totalidad de ello clasificar el estado en la que se encuentra la vía.

**CABEZAS Y GONZALES** (2018), en su tesis titulada ***“Análisis de la estructura del Pavimento flexible de la vía ventanas-cruce a Ricaurte por el método del PCI y propuesta para su rehabilitación”***, nos dice que su trabajo realizado consta de analizar la estructura del de pavimento flexible de la vía Ventanas – Cruce de Ricaurte por el método (PCI), para con ello diferentes propuestas de solución a los diversos tipos de fallas localizadas que estaban causando perjuicio a los vehículos que transitaban por ahí por lo cual se realizaron los estudios para poder rehabilitarlo a esto sumado los estudios de suelo que se realizaron la cual arrojó como un solo sub Base tipo III. Para desarrollar este trabajo se tuvo que analizar con profundidad a todas las fallas existentes que fueron producto del tránsito vehicular, llegan a la conclusión que los usuarios se ven perjudicados por el mal estado en la que se encuentra la vía es por ello que se realizaron estudios para poder rehabilitar la vía y se logró determinar que tiene una sub base clase III en condiciones buenas. Manualmente realizo un conteo vehicular a partir de una proyección del tráfico para 10 años y en conformidad a las Normas Viales ecuatorianas concluyen que están en presencia de una vía con dos carriles.

COY (2017), en su tesis titulada **“Diagnóstico de puentes mediante inspección visual de pavimento flexible, con base en la comparación de la metodología PCI (Paviment Condition Index) y Vizir”**, nos habla acerca de la inspección visual que se realizó en los puentes calle 170 de la Avenida las Américas, y para ello realiza la comparación del método del PCI y la del VIZIR, para con ello poder atender las exigencias que se requiere en algunos tramos de dicha vía para no tener que llegar a realizar intervenciones que sean más repentinas y o profundas que a la larga serán más costosas y tomaran mucho más tiempo para solucionar. A través de este trabajo se puede concluir afirmando que el desarrollo del proyecto fue desarrollado con el fin de analizar la incidencia de las patologías y en qué nivel afectaban estas al dicho tramo, y con ello como afecta dichas patologías en la movilidad de dicho sector identificando así la incidencia que tienen las patologías del pavimento en la movilidad del sector. Las patologías que se identificaron en la vía, entre las cuales comienzan en su mayor parte con fisuras en bloque; también se halla piel de cocodrilo y esta a su vez en complicidad del tiempo forman baches, hundimientos y desprendimientos de material lo cual indica ser un riesgo para los que transitan.

PERAZA (2016), en su tesis titulada **“Evaluación de un tramo de la carretera rural Santa Clara entronque Vuelta aplicando el método Pavement Condition Index y los métodos cubanos”**, nos dice que para conocer el estado de deterioro de una vía es de suma importancia conocer el estado de deterioro en la que se encuentra la carretera Santa Clara – Enroque Vueltas, ya que esto es vital para obtener una proyección a futuro. Hay una gran cantidad de métodos que ayudan a obtener resultados sobre cómo se encuentra el estado de las vías y si necesita algún mantenimiento , reparación o quizás reconstrucción de la misma y que es de mucha importancia que los datos obtenidos sean claros y precisos, es por ello que luego de haber investigado sobre la gran cantidad de métodos que existían, se escogió la del PCI que es muy usado y de amplio uso y respaldado internacionalmente, además de dos metodologías cubanas el CNV (Centro Nacional de Vialidad) y el ICV de la Disciplina de Carreteras de la Universidad de Camagüey.

SALAZAR (2016), en su tesis titulada **“Análisis Superficial De La Condición Del Pavimento Flexible De La Av. Portete De Tarqui Desde La Calle 38ava Hasta La Calle 17ava Por El Método Del PCI”**, nos habla que el PCI es un

método completamente visual que permite conocer el estado actual en la que se encuentra la vía y con ello determinar si requiere un simple mantenimiento, quizás una rehabilitación o en el grado más alto de una reconstrucción. Para ello existen dos tipos de manuales los cuáles serían para pavimentos flexibles y para pavimentos rígidos, en este caso de la Av. Portete de Tarqui desde la calle 17<sup>a</sup> hasta la calle 38<sup>a</sup>. Se realizó un estudio previo del tráfico y un análisis de los daños con su respectivo manual y así encontrar cada tipo específico de falla que se encuentren. Este análisis dio como resultado un 42.11% regular en donde se tendrá que realizar una rehabilitación y el 57.89% bueno donde solo se deberá de realizar un simple mantenimiento.

**CASIA** (2016), en su tesis titulada ***“Análisis Superficial De La Condición Del Pavimento Flexible De La Av. Portete De Tarqui Desde La Calle 38ava Hasta La Calle 17ava Por El Método Del PCI”***, nos habla que el PCI es un método completamente visual que permite conocer el estado actual en la que se encuentra la vía y con ello determinar si requiere un simple mantenimiento, quizás una rehabilitación o en el grado más alto de una reconstrucción. Para ello existen dos tipos de manuales los cuáles serían para pavimentos flexibles y para pavimentos rígidos, en este caso de la Av. Portete de Tarqui desde la calle 17<sup>a</sup> hasta la calle 38<sup>a</sup>. Se realizó un estudio previo del tráfico y un análisis de los daños con su respectivo manual y así encontrar cada tipo específico de falla que se encuentren. Este análisis dio como resultado un 42.11% regular en donde se tendrá que realizar una rehabilitación y el 57.89% bueno donde solo se deberá de realizar un simple mantenimiento.

El estudio de los elementos teóricos permite conocer los basamentos en los cuales se sustenta la investigación. Está catalogado como un componente termoplástico, es muy utilizado en la fabricación de autopistas, carreteras, y autovías y presenta una consistencia viscosa, por lo que se desarrolla con disposición. (Silvestre, 2017).

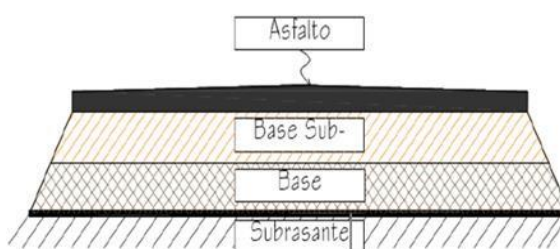
**El pavimento**, se puede definir como una superficie compuesta por varias capas preparadas y muy bien compactadas puestas uno sobre otro para que las cargas que vienen de la superficie se distribuyan al terreno natural lo más uniforme posible, ya que la función principal de una vía no es tanto la de soportar las cargas que sufre sino es la de transmitir al suelo, y está ya se encarga de reaccionar a dicha compresión. (Berry, 1993). Existe un concepto que viene de un

usuario común, la cual sería: el pavimento viene a ser el medio por el cual él y su familia transitan para llegar a un determinado destino por medio de sus vehículos, esto siempre y cuando el pavimento este óptimo y brinde confianza y seguridad para un normal desempeño del paso de los vehículos. (Martínez, 2009). Normalmente está constituida por tres capas: sub-base, base y carpeta de rodadura. Pavimento es aquel conjunto de capas de diferentes materiales que son las que se encargan de recibir directamente las cargas del tránsito para transmitir las a los estratos más inferiores para que estas se distribuyan uniformemente. Deben tener algunas condiciones para que puedan cumplir exitosamente su funcionamiento como son el ancho, el trazo horizontal y vertical, una buena resistencia ante las cargas a las que será sometida y una buena adherencia acorde a la humedad que pueda presentarse. (Reyes, 2004).

**Clasificación de pavimentos,** Para ello se toma en cuenta algunos factores como por ejemplo el tipo de capas con la que se laborará y la intensidad del tráfico a la que será sometida. Existen tres tipos de pavimentos que son diferenciados principalmente por la conformación de sus bases. (Patrone, 2005)

**Pavimento flexible,** Constan de una superficie de rodadura que está hecho a base de cemento asfáltico la cual le da propiedades flexibles sin llegar a romperse por el peso que se ejerce la cual es transmitida la superficie y va reduciendo esas fuerzas hasta llegar perderse. Por lo mismo se deduce que el pavimento asfáltico no absorbe por completo las cargas de los vehículos, sino que tiene la función de ser transmisor de ellas hasta las carpetas de la base. Pero realmente es la subrasante la que debe de soportar todas las cargas, por ello es indispensable que este diseñado para una debida capacidad. (Conza, 2016). Ver figura N°1

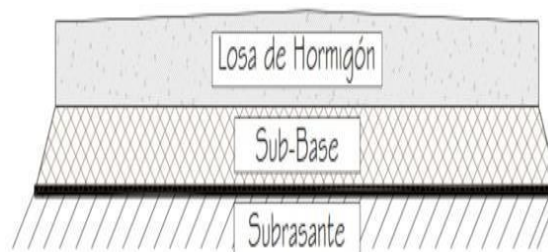
*Figura N°1*



*Fuente (evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método del PCI en la Av. Circunvalación oeste de Juliaca- (Conza, 2016))*

**Pavimento Rígido**, El otro tipo de pavimento son los rígidos que constan de una carpeta de rodamiento formada a base de una losa de concreto hidráulico. Lleva esta nominación porque a diferencia del pavimento flexible es la superficie de concreto la que absorbe casi toda a carga vehicular impuesta debido a que la superficie de rodadura es rígida en esta se distribuye mejor las cargas con lo cual no requiere de muchas capas en la carpeta de rodadura. Por lo mismo el diseño está basado en que se establezca todos los esfuerzos interiores que se hayan producido en la superficie por acción de las cargas y de los factores climáticos, (Conza, 2016). Ver imagen N°2.

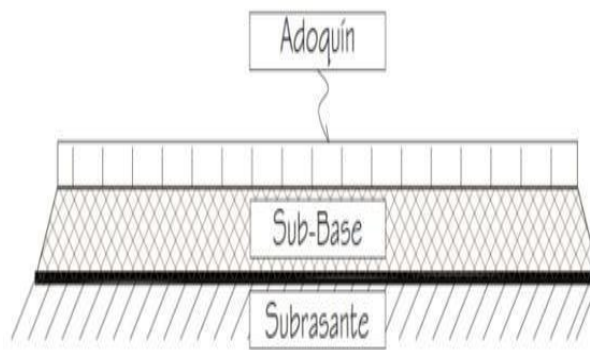
*Figura N°2*



*Fuente (evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método del PCI en la Av. Circunvalación oeste de Juliaca- (Conza, 2016))*

**Pavimento Semi-Rígido**, Existen además también los pavimentos del tipo semirrígido y articulado; los pavimentos semirrígidos tienen estructura similar a la de los pavimentos flexibles con la diferencia de que son rigidizadas las capas de manera artificial usando aditivos con esto se logra modificar las propiedades mecánicas en los materiales utilizados ya que en la mayoría de casos no son aptos para la elaboración de un pavimento, y así evitar traer a los materiales idóneos que se encuentran a distancias lejanas a la del proyecto que elevarían considerablemente los costos de construcción. Los pavimentos del tipo articulados vienen siendo formados a base de una capa de rodadura que está creada con bloques de concreto que vienen prefabricados, conocidos también como adoquines que tienen espesores uniformes y a la vez iguales entre ellos, para establecer la cantidad de capas se define en función de la calidad de éste y la frecuencia de cargas que circularán sobre el pavimento (Montejo, 2012). Ver figura N°3.

**Figura N°3**



*Fuente([https://www.academia.edu/227827/Ingenieria\\_de\\_pavimentos - Alfonso Montejo Fonseca-\(Montejo2012\)](https://www.academia.edu/227827/Ingenieria_de_pavimentos_-_Alfonso_Montejo_Fonseca-(Montejo2012))))*

**Etapas de los pavimentos**, los pavimentos a lo largo de su vida útil que brinda pasan por tres etapas de las cuales están sujetos a lo largo de su existencia, estas etapas son: construcción, rehabilitación y mantenimiento.

**Diseño y Construcción**, este es la primera etapa del pavimento y es así como empieza todo el proceso la cual inicia con un análisis completo y objetivo que permita obtener datos e información de la zona en donde se construirá la vía, un análisis del tráfico que existe en esa zona, así como también la calidad de los materiales y la disponibilidad de las mismas en las canteras además de otros aspectos. Si en caso o se cuenta con la información del tráfico se deberá realizar una con mucho cuidado y con todas las exigencias que ameriten para que los resultados sean óptimos y precisos. Se deberá tener en cuenta además del tipo de terreno en la cual se va a trabajar, realizar los ensayos correspondientes para así determinar con qué tipo de suelo se está trabajando, una vez realizada esta información se puede proceder a iniciar la construcción del pavimento.

**Mantenimiento**, son aquellos trabajos que se realizan como actividades, acciones, operaciones etc., con la finalidad de que el pavimento se mantenga y conserve sus propiedades de funcionalidad para las que fue construida y así estar seguros de que la vía brinda satisfacción a los usuarios y mantiene un adecuado servicio entre las cuales está principalmente la seguridad.

**Mantenimiento rutinario**, estas actividades tienen como función principal que el pavimento cumpla satisfactoriamente y sin percances su periodo de vida útil para la que fue construida, impidiendo así ante cualquier deterioro o falla encontrada perjudique a largo plazo el estado de la vía.



**Mantenimiento periódico**, este trabajo esta desempeñado para poder restablecer nuevamente las características iniciales por las que fue construido el pavimento y así poder prevenir que aparezcan grietas y fisuras en las vías. Esto quiere decir que el mantenimiento periódico comprende todo lo que tenga que ver con los trabajos de renovación, la que se caracteriza por realizar el recapeo, que consta de agregar una capa de pavimento todo esto se hace cuando el pavimento aún no ha llegado a estar en un nivel de mal estado por lo que ayuda bastante a alargar la vida útil del pavimento.

**Rehabilitación**, es ya una intervención que no fue deseada porque lo más seguro es que no hubo una debida conservación o quizás también como respuesta de último recurso a aun desastre natural que se haya realizado. Las rehabilitaciones pueden ser superficiales o estructurales las cuales pueden llamarse también una reconstrucción total

**Fallas en los pavimentos**, las fallas se producen por distintos motivo las cuales pueden ser desde una mala construcción de la carpeta asfáltica, los materiales no son los adecuados, un excesivo uso de la misma que no estuvo bien calculado a fututo y por lo tanto es llevado al límite, y también a factores climáticos, pues ya bien sabemos que el agua es una de las peores causas de deterioro del asfalto por no decir uno de los principales que merman poco a poco la vida útil del pavimento.(MOP, 2001).

*Tabla N°1 tipos de fallas en el pavimento*

TIPO DE DAÑO	UNIDAD DE MEDICION	ESTRATEGIAS DE REPARACION
Exudación menor	M <sup>2</sup>	Nada
Exudación regular	M <sup>2</sup>	Lavado a presión con agua
Exudación mayor	M <sup>2</sup>	Lavado a presión con agua
Inestabilidad empezando	M <sup>2</sup>	Nada
Inestabilidad con desplazamiento	M <sup>2</sup>	Fresado
Cabeza dura	M <sup>2</sup>	Nada
Descascaramiento	M <sup>2</sup>	Tratamiento superficial local
Fisuras menos de 1 m del borde	M	Sellado de fisuras
Fisuras menos de 1 m del borde	M <sup>2</sup>	Tratamiento superficial local
Fisuras a mas de 1 m del borde	M	Sellado de fisuras
Fisuras a mas de 1 m del borde	M <sup>2</sup>	Tratamiento superficial local
Piel de cocodrilo	M <sup>2</sup>	Fresado + asfalto
Baches	M <sup>2</sup>	Parqueo, trabajo manual
Asentamientos	M <sup>2</sup>	Renivelación
Parcheos	M <sup>2</sup>	Nada
Ahuellamientos 5 -10 mm	M	Nada
Ahuellamientos 10 -15 mm	M	Asfalto elaborado en frio
Ahuellamientos 15 -20 mm	M	Asfalto elaborado en frio
Ahuellamientos > 20 mm	M	Asfalto elaborado en frio

*Fuente: Manual para el mantenimiento de la red vial. INVIAS*

Todos los métodos que ya existen están propensos a fallas durante su vida útil los cuales son aceptables hasta cierto grado.

**Fallas por fatiga**, habla acerca de pavimentos que inicialmente tenían todas las condiciones apropiadas, pero que con la rutina del tráfico fueron presentando lo que se llama las consecuencias de fatiga. (Rodríguez, M.C & Rodríguez M.J. 2004). Pero no obstante las fallas en los pavimentos flexibles y en los pavimentos rígidos están divididos en dos categorías que vienen a ser las fallas estructurales y también las fallas superficiales. Los materiales pierden sus propiedades de resistir cuando están sometidos a cargas cíclicas con variación en el tiempo y está asociado con la disminución de la resistencia del material. Ver figura N°4

*Figura N°4*



*Fuente (Metodologías docentes en el EEES: de la clase magistral portfolio (Rodríguez, M.C & Rodríguez M.J. 2004))*

**Fallas superficiales**, son aquellas fallas que se producen en la superficie de rodadura, que son ocasionados por los deterioros que han sufrido pero que no tienen ninguna relación con la composición de su calzada. Se corrige regulando la superficie y añadiéndole materiales para que así aumente su propiedad impermeable y su factor de rugosidad. (Gutiérrez, 1994).

**Fallas estructurales**, abarca todos los imperfectos producidos en la superficie de rodadura la cual es una falla que se origina en el interior de la estructura misma en sus capas que estaban constituidas a resistir daños que venían de agentes exteriores como pueden ser los factores climáticos. Para solucionar esta falla es vital implementar un refuerzo en el pavimento ya existente y así atienda como debe ser a las exigencias del tránsito. (Gutiérrez, 1994). Ver figura N°5.

**Figura N°5**



*Fuente (Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias (Gutiérrez, 1994))*

La principal falla en la avenida Canta Callao es la de ahuellamiento, pues para ser una vía relativamente nueva acarrea consigo esta falla a lo largo de los cruces de la avenida Canta Callao y los alisos si como también en los cruces de la Avenida Canta Callao y Carlos Izaguirre, luego en el sector de Avenida Canta callao y Bocanegra se presentan otro tipo de fallas, es por ello que hago un resalto a esta falla por ser de a simple vista de una alta severidad.

**Tabla N°2 falla por ahuellamiento**

Denominación	Ahuellamiento
Descripción	Depresión longitudinal continúa a lo largo de las huellas de canalización del tránsito. Se entiende por Ahuellamiento cuando la longitud afectada es mayor es mayor de 6m. Las repeticiones de las cargas conducen a una acumulación de las deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o su fundación. Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores y suelen ser acompañadas de un deslizamiento y levantamiento lateral de la superficie del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en las capas inferiores o en la fundación.
Posibles Causas	Las repeticiones de las cargas del tránsito originan Ahuellamiento como consecuencia de alguno de los factores siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Insuficiente estabilidad de las mezclas asfálticas por inadecuada compactación o deficiente dosificación.</li> <li>- Insuficiente estabilidad de las capas del pavimento o de la subrasante (falla por corte, compresión o desplazamiento lateral material) ya sea por ingreso de agua o deficiente calidad.</li> <li>- Espesores de pavimento insuficientes (infra diseño estructural) para las repeticiones de carga soportadas.</li> <li>- Exagerado incremento en las cargas del tránsito.</li> </ul>
Niveles Severidad	La severidad del Ahuellamiento a determinar en función de la profundidad de la huella, midiendo ésta con una regla de 1.20 m de longitud, colocada transversalmente al eje de la calzada; la medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los valores determinados a intervalos de 6m, a lo largo de la misma. Se identifican tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) según la siguiente guía: <ul style="list-style-type: none"> <li>- B La profundidad promedio es de 6mm a 13 mm.</li> <li>- M La profundidad promedio es de 13 mm a 25 mm.</li> <li>- A La profundidad promedio es mayor de 25 mm.</li> </ul>
Medición	El ahuellamiento se mide en metros cuadrados multiplicando su longitud por el ancho afectado por la huella. Se registran separadamente, según su severidad, las áreas totales medidas en la muestra o sección.

*Fuente M.O.P.C. (2016)*

**Método del PCI (Pavement Condition Index) en pavimentos flexibles**, este método proporciona información acerca de los tipos de fallas que pueden presentarse en un pavimento, que tan severo es y en qué área está afectada con el propósito de así conseguir una información objetiva que nos ayuda a ver que necesidades se debe tener en cuenta para la reparación de la vía. Este método es muy confiable por lo que sus resultados son a comparación de otros métodos los más seguros y fáciles de recolectar, ya que solo es necesario una inspección visual a las fallas en el pavimento y no requiere de materiales costosos, pero vale recalcar que este método no mide la capacidad estructural ni tampoco determina coeficientes de resistencia. American Society for Testing and Materials. (2004). Fue creado en 1974 y 1976 en el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EEUU con la finalidad de tener una especie de sistema que administre y que se encargue de ver que todos los pavimentos tanto rígidos como flexibles estén en buen estado. (Rabanal, 2014). Se orienta en recopilar datos visuales de todas las fallas encontradas en el área de estudio a las cuales se les designa un grado de severidad o “valor deducido” Este método no soluciona las fallas, pero si indica que opción sería la mejor para darle un adecuado mantenimiento.

El método del PCI cuenta con las siguientes características:

- Es muy fácil y practico de emplear.
- No requiere de equipos especiales ya que todo es por medio de una inspección social.
- Es muy confiable en respecto el análisis e las fallas. (Rabanal, 2014)

**Objetivos del método (PCI)**, los objetivos al aplicar el Método PCI son:

1. Identificar en qué estado se encuentra el pavimento en relación al estado de su superficie y de su estructura.
2. Tener un indicador para poder así comparar teniendo como criterio el mantenimiento y la rehabilitación de los pavimentos.
3. Tener un criterio que sea racional con lo cual justificar las programaciones de las obras que se encuentren en mantenimiento y a la misma vez de las rehabilitaciones de los pavimentos.

El nivel de daño o deterioro de un pavimento se basa al tipo de falla y a su severidad de la misma (13 Cfr. Gutiérrez, 1994).

Consta de 19 fallas las cuales están nombradas en anexos de este trabajo de

investigación. Es de suma importancia que al realizar estas medidas se cuente con personal capacitado y que cuente con experiencia en estos trabajos ya que así se asegura que los valores obtenidos son confiables y precisos para que el resultado final sea lo más evidente posible con la realidad y no se preste a datos engañosos o nada confiables. (Ceron, 2006). Es por ello que se hace hincapié en esto ya que todo depende de ello para así también brindar una posible solución más acorde. Los niveles de severidad de las fallas en los pavimentos flexibles según el paso de los vehículos son:

**BAJO:** Los vehículos vibran levemente pero no se siente ni afecta en nada el confort ni la seguridad.

**MEDIO:** Existen vibraciones y saltos, pero no considerablemente y no requiere de bajar la velocidad, solo producen molestias.

**ALTO:** Producen vibraciones excesivas que si requieren la disminución de la velocidad porque puede afectar la seguridad y causar daño al vehículo. (16 Cfr. Gutiérrez, 1994).

En la siguiente Tabla 04 nos da a cuenta el estado en la que la vía se encuentra de acuerdo a su calificación del PCI y además también que tipo de intervención se debe tomar para hacer frente a ello.

**Tabla N°3** estados del método PCI

PCI	ESTADO	INTERVENCION
0 - 30	MALO	RECONSTRUCCION
31 - 70	REGULAR	REHABILITACION
71 - 100	BUENO	MANTENIMIENTO

*Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI*

### **Deflectómetro de Impacto:**

**Deflectometría,** Es la manera en que se mide la deformación y /o el hundimiento de la capa superficial del pavimento flexible.se mide en centésimas de milímetro para así conocer cuanta resistencia ofrece en el momento que atraviesan los vehículos. Consiste en estudiar las deformaciones verticales que afecta a la superficie de un pavimento por circunstancia de recibir una determinada carga (Jiménez, 2017).

La principal característica del Deflectómetro de Impacto (FWD) es que sus ensayos in situ no son destructivos, fácil de transportar y operar, determina la capacidad portante de la sub-rasante además de su capacidad estructural a través de valores las cuales después se llevan a una computadora la cual interpreta y determina los datos insertados y los analiza. (APSA, 2014).

**Deflexión de un Pavimento:** Se puede definir como el desplazamiento vertical de toda la carpeta asfáltica debido a la aplicación que ejercen los vehículos al transitar. El Falling Weight Deflectometer (FWD) utiliza una manera de medir estas deflexiones de una forma no destructiva del pavimento, se transporta a través de un remolque, utiliza unos geófonos y una carga dinámica que están a diferentes medidas del plato de carga. (Bardasano, 2014)

**El Deflectómetro de Impacto:** Es un equipo que se utiliza para evaluar en qué estado se encuentra la estructura, simulando la carga que sufre el pavimento al pasar los vehículos y analiza las capas inferiores para así determinar donde se origina las posibles fallas. Es un proceso que solo requiere de un operador capacitado el cual usando un remolque va analizando la vía a cada cierta distancia e ingresando esos datos a la computadora. (Escobar y García, 2007).

**Beneficios Clave del Deflectómetro de Impacto:**

- Las pruebas son rápidas y aplicadas en todos los países
- Identifica la capa que falla y también su resistencia de carga.
- Se puede controlar la resistencia de pavimentos recientes.
- El uso de este equipo FWD (Falling Weight Deflectometer), nos brinda datos de la estructura del pavimento muy preciso, y que pueden ser reproducidos y repetidos.
- Utiliza el análisis empírico-mecanicista que son aplicadas en general a casi todas las estructuras del pavimento.
- Ayuda a determinar la uniformidad entre las secciones del pavimento.
- Reconoce que zona se encuentra débil, o en su defecto deteriorada.
- Brinda resultados de la capacidad estructural.

Ahora para más información de sus ventajas y desventajas veremos la siguiente tabla.

**Tabla N°4** ventajas y desventajas del PCI

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Es un ensayo no destructivo.</li> <li>➤ El efecto de la aplicación de la carga se asemeja bastante al efecto del vehículo en movimiento.</li> <li>➤ Puede ser manejado por una sola persona.</li> <li>➤ Toma una gran cantidad de datos en forma rápida y precisa (hasta 60 ensayos/hora).</li> <li>➤ Diseñado para múltiples propósitos en la ingeniería de pavimentos, desde pavimentos sin carpeta asfáltica hasta aeropuertos.</li> <li>➤ Puede repetirse el ensayo.</li> <li>➤ Menor interrupción al tránsito.</li> <li>➤ Ideal para sistemas mecánicos y analíticos de diseño.</li> <li>➤ Se obtiene resultados de forma continua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Alto costo inicial del equipo.</li> <li>➤ Requiere una capacitación tanto de la operación, interpretación y posterior análisis.</li> </ul>

*Fuente: Boza J. (2015)*

### III. MÉTODO

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

##### **Método: Científico**

**Tipo de Investigación**, según Lozada (2014), una investigación de tipo aplicada indica que se debe de dar resultados de forma inmediata para las distintas situaciones que pueden presentarse en un sector o en una comunidad, por ello este trabajo de investigación que tiene por objetivo solucionar un inconveniente determinado, que es la de evaluar el estado de conservación de la avenida Canta Callao, no experimental porque su finalidad es la de mostrar lo observado tal cual es por el método PCI ya que este es un método de análisis visual. Es de tipo mixto de investigación ya que abarca dos grupos que son el cualitativo y el cuantitativo, el cualitativo porque para el método PCI los resultados serán descriptivos por ejemplo excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo y fallado. Y es también cuantitativa porque contara con siete escalas numéricas que empieza del 0 y termina en 100.

**Nivel de Investigación**, el enfoque del estudio adopta un nivel de investigación descriptiva, puesto que, describe el proceso de identificación y evaluación de fallas recurrentes en las carpetas asfálticas según sus características, para luego

clasificarlas mediante el Método PCI según su severidad y determinar la condición actual en la que se encuentra el pavimento.

**Diseño de Investigación**, según Hernández, Fernández y Batista (2014) nos dice que este tipo de investigación nos hace ver el posible efecto que pudiera darse en la causa que es manipulada. Es observacional porque no altera en nada a la realidad y es no experimental debido a que analiza y estudia el problema sin tener la necesidad de ir a algún laboratorio.

**Método de investigación**, según Valderrama (2002, p.76.). En la investigación científica expresan que el método es el acumulado de ordenamientos lógicos a través de los que se tantean los problemas científicos, y se proponen a experimentos la hipótesis y los instrumentos de compromiso indagados. El 21 método es un mecanismo importante en la ciencia, ya que sin él no sería fácil manifestar si un argumento es válido.

### **3.2. Variables, Operacionalización**

#### **Variables Independientes**

Y 1. Método PCI.

Y 2. Deflectómetro de Impacto.

**Método PCI**, Es un método fácil de emplear y que no necesita de equipos ni de herramientas especiales, sino de una wincha y de una regla, es de fácil procedimiento y consta solo de identificar la falla y de darle un valor de severidad.

**Deflectómetro de Impacto**, El uso de la Deflectometría de Impacto (FWD) es un equipo que cada vez tiene más uso en el ámbito de la infraestructura vial, tiene muchas ventajas por su rapidez y su costo comparándolo con otros métodos o procedimientos como son las calicatas es por eso que se ha tenido en cuenta para el desarrollo de este trabajo de investigación.

#### **Variable Dependiente**

X. Evaluación de los tipos de fallas del pavimento flexible.



**Tabla N°5** Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Variable Independiente</b>  Método del PCI	Según Vásquez (2016) El Índice de Condición del Pavimento es la metodología más completa para evaluar un pavimento flexible o rígido y a la vez las más confiable ya que los resultados son precisos si se sigue el correcto procedimiento.	Es un método estándar para evaluación de la condición estructural y de la superficie de una sección de pavimento, Permite determinar las necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición de pavimentos.	Parámetros de Evaluación	Clase Severidad Extensión	Ficha técnica, PCI
			Índice de Condición	- Cálculo del valor deducido - Determinar el número máximo admisible de valor deducido - Cálculo del máximo valor deducido corregido - Determinar el PCI	Ficha técnica, PCI
Deflectómetro de Impacto			Deflexión Vertical Máxima	mm	Deflectómetro de Impacto
<b>Variable Dependiente</b>  Evaluación de fallas del pavimento flexible.	Según Nájera (2010) Es identificar las condiciones que se presentan en un pavimento, cuando este pierde las características de servicio para las que fue diseñado. Es una deficiencia del pavimento que ocasiona, de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga y de vida útil de este.	La evaluación estructural de pavimentos consiste, básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación.	Evaluación Preliminar	visualización ubicación clasificación Suelo Tipo de falla	Índice de PCI
			Evaluación Detallada	Medición de área	Calculadora Wincha métrica Regla de aluminio
				Estado del pavimento	Evaluación de pavimento flexible

Fuente Propia (2020)

### 3.3 Población y Muestra

**Población:** Según “PINEDA 1994, p, 108). Nos dice que es el grupo al que se va a estudiar las cuales pueden ser personas u objetos las cuales están sometidas a algún tipo de investigación. En el caso de este trabajo la población es el distrito de San Martín de Porres.

**Figura N°6** Ubicación a nivel nacional



[https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa\\_Provincia\\_Lima-Regi%C3%B3n\\_Lima-Per%C3%BA.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa_Provincia_Lima-Regi%C3%B3n_Lima-Per%C3%BA.jpg)

**Figura N°7** Ubicación a nivel distrital



<https://declara.jne.gob.pe/ASSETS/PLANGOBIERNO/FILEPLANGOBIERNO/7993.pdf>

**Muestra:** “Es una parte de la población que se toma para poder realizar la investigación a ello se le agregan formulas, lógicas y algunos otros que se irán viendo más adelante. Es una parte que representa a la población, PINEDA 1994, p, 112)”. Teniendo en cuenta ese concepto la muestra de este trabajo recoge muestras de dos puntos que serían: es la Av. Canta Callao cruce con la avenida Bertello y Av. Canta Callao cruce con la Avenida Carlos Izaguirre.

**Figura N°8**



Fuente: <https://earth.google.com/web/@-11.99018549,-77.10660055,23.9195346a,1062.57463218d,35y,313.18742286h,0t,0r>

**Muestreo:** Según (Mata 1997, p, 19) nos dice que muestreo sirve para seleccionar algunos componentes de la muestra de la población total, tienen ya un conjunto de reglas para poder representar correctamente lo que puede estar sucediendo en dicha población.

### 3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos

**Recolección de Datos:** Se procede a hacer una inspección visual en un automóvil para poder observar de una manera global el estado en la que se encuentran las vías, después se va a dividir la avenida en tramos para que puedan ser evaluadas a esto se le llaman unidades de muestra. Cuentan con un ancho y una distancia definida. Es recomendable que cada pavimento que haya sido inspeccionado cuente con unos esquemas elaborados donde se muestren el tamaño y la localización de cada una de ellas que servirá como referencia futura. Luego se procede a recorrer las vías caminando para inspeccionar más detalladamente lo que se llama también relevamiento de fallas haciendo todas las anotaciones correspondientes a los tipos de fallas que se encuentren. Terminado todo este proceso es donde comienza a realizarse el método del PCI para cada subtramo, con esto ya se tiene en registro todas las fallas del pavimento de la zona a estudiar y todo ello con fines de rehabilitación.

**Instrumento:** odómetro, regla de aluminio, wincha métrica

En los anexos de este trabajo de investigación se encuentra un formato de relevamiento de fallas en una calle, se procede a rellenar los datos de la calle que va ser evaluada y la del responsable y luego se procede al relevamiento de fallas. (Vocabulario Internacional de Metrología, 2008)

Forma de rellenar el formato con los siguientes pasos:

- Se coloca el número de cada tipo de falla encontrada que se ubica en la parte superior del formato.
- Se pone el metrado en cada tipo de falla observado con su nivel de severidad baja (L), mediana (M) o alta (H).
- Se obtienen los totales de cada tipo de falla.
- Se calcula la densidad (%), que se obtiene del metrado entre el área total.

- Se calcula los valores de deducción, que se obtienen de los gráficos de deducción con la densidad. Luego se obtiene la suma total.
- Se calcula el valor de deducción corregido (VDC)
- Por último, se calcula el valor del PCI:  $PCI = 100 - VDC$

**Validez:** Es un proceso para confirmar que como se está procediendo analíticamente viene siendo de una forma adecuada y concreta. Estos pueden utilizarse para poder juzgar tanto la calidad, fiabilidad y la constancia de los resultados analíticos esto es parte de una buena práctica analítica, LUDWIG Hubber, 2015, págn.125. Por este motivo es que la validación de este estudio se efectuará con apoyo de una persona especializada.

**Confiabilidad:** Según nos dice que la confiabilidad “Se refiere al grado en la que un instrumento produzca resultados consistentes y coherentes, HERNÁNDEZ Sampieri, 2010 pág. 201.”

Este trabajo pretende ser una investigación seria y lo más objetiva posible pues contara con el método PCI y el equipo Defectometro de impacto lo cual arroja resultados confiables precisos.

### 3.5 Procedimientos

Etapa I: Empieza con una inspección visual de las fallas encontradas en la avenida Canta Callao, las más resaltantes fueron piel de cocodrilo, corrugación, fisura de borde, peladura de intemperismo, baches, ahuellamiento, fisura parabólica o por desplazamiento. Estas fueron medidas de acuerdo al procedimiento del PCI para después darles un valor numérico las cuales varia de (0) para un pavimento muy mal estado a (100) en buen estado para poder realizar el método del PCI.

Etapa II: Índice de condición de Pavimento (superficial), que consiste en ingresar los valores numéricos de las fallas obtenidas en la etapa I, y así obtener el valor de gravedad de la falla con su respectivo método de solución.

Etapa III: El uso del equipo de Deflectómetro de Impacto en la avenida Canta Callao, la cual se encargará de analizar la vía y con ello ver en qué estado se encuentra estructuralmente.

### **3.3 Métodos de análisis de datos**

Se realizó por medio de una hoja de cálculo que fue creada tomando en cuenta los requerimientos del método del PCI, los análisis se presentaron por medio de gráficos por sectores, histogramas, Ser la obligación y dedicación del escritor para cumplir y ser capaz de llevar a cabo una mejora adecuada del trabajo de estudios; Por esta causa, todas las consultas necesarias pueden acumularse a partir de la investigación en la disciplina y en los laboratorios, desarrollando este proceso con deber y honestidad. Los especialistas responsables de validar la herramienta de evaluaciones e investigaciones realizadas pueden ser reconocidos con los registros esenciales requeridos mediante el uso de la investigación. Se podría tener cuidado para adquirir los aspectos morales importantes de la honestidad que priorizan una investigación, esto puede depender de la forma satisfactoria y de responsabilidad de los humanos preocupados dentro de la empresa para poder investigar muy bien para lograr un resultado y trabajar. De agradable, elevar el estado de los investigadores, grafico de barras y todos aquellos datos que hayan sido tomados en campo.

### **3.4 Aspectos Éticos**

Este trabajo debe de mostrar responsabilidad del autor y de los especialistas que acá colaboraron, dejando en claro su profesionalismo y dedicación para que todo salga como lo esperado. Los especialistas responsables de validar la herramienta de evaluaciones e investigaciones realizadas pueden ser reconocidos con los registros esenciales requeridos mediante el uso de la investigación. Se podría tener cuidado para adquirir los aspectos morales importantes de la honestidad que priorizan una investigación, esto puede depender de la forma satisfactoria y de responsabilidad de los humanos preocupados dentro de la empresa para poder investigar muy bien para lograr un resultado y trabajar. De agradable, elevar el estado de los investigadores.

## IV. RESULTADOS

### Datos Generales

Para obtener el resultado de mi proyecto de investigación “Evaluación de fallas mediante el PCI y Deflectómetro de Impacto del Pavimento flexible de la avenida Canta Callao - Lima 2020” y así cumplir con los objetivos comparando con tres tesis las cuales comparten las mismas variables.

**Tabla N°2 tesis a analizar**

	Tesis a analizar	
1	Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: cincuentenario, colón y miguel Grau (huacho-Huaura-lima)	LEGUIA Paola Y PACHECO Hans
2	Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento.	Balarezo Z, Javier

Fuente: elaboración propia 2020

### Problema general

¿De qué manera el método PCI y el Deflectómetro de Impacto evalúan las fallas de un pavimento flexible de la avenida canta callao – Lima 2020?

Ubicación Av. de la avenida Canta Callao – Lima 2020

**Figura N°9 avenida Canta Callao**



Fuente (<https://www.google.com/maps/place/Av.+Canta+Callao,+Lima/@-11.9937749,77.1075087,16.22z/data=!4m5!3m4!1s0x9105ce77ad8b029d:0x8270521acc208903!8m2!3d-11.9732672!4d-77.0877004>)

**Figura N°10: Tramo 1 - 2 - 3**

Análisis	Problema
<p>PCI: Empleando el método del PCI se logrará determinar la condición en la que se encuentra el pavimento por medio de una inspección visual, el cual mediante procesos matemáticos obtendremos datos el cual nos dará el índice del PCI.</p> <p>DEFLECTOMETRO: Permite conocer la capacidad portante del pavimento aplicando una carga dinámica en la superficie del pavimento, obteniendo una respuesta de dicha solicitud se no es posible reproducir el comportamiento estructural del pavimento caracterizando cada uno de las capas que conforma la estructura del pavimento, mediante el retro calculo conocer su capacidad portante.</p>	   

*Fuente: elaboración propia 2020*

**Inspección visual,** Para la presente evaluación del pavimento nos dirigimos a la ubicación en la avenida canta Callao – Lima 2020, el tramo evaluado fue 1.2 km

para obtener resultados eficientes.

Comenzando con la identificación de las áreas afectadas que se originaron en la av. Canta callao, pudiendo ser estas por el alto tránsito vehicular, impacto climático, mal ejecución o elaboración de dicha carretera, como también cualquier otro medio que haya influenciado en el deterioro de ella, así mismo encontramos distintas fallas.

**Características del suelo**, Según el “anexo 04 – estudio de suelos y geotecnia 2/2 la av. Canta callao muestra un suelo de material de afirmado, material de arena gradada con limo, color beige. Húmedo, no plástico, capacidad media”.

**Figura N°11** estudio de suelos y geotecnia 2/2



Fuente: <http://www.sedapal.com.pe/Contenido/licitaciones/LP%200005-2016-SEDAPAL%20OBRA%20HAYA%20DE%20LA%20TORRE/LP%200005-2016-SEDAPAL%20Obra%20Torre/04%20Estudio%20de%20Suelos%20y%20Geotecnia/Estudio%20de%20Suelos%20y%20Geotecnia%202%202.pdf>

Características de la vía, el tramo que se evaluara de la Av. Canta callao que abarca el tramo Bertello hasta Carlos Izaguirre tiene una longitud de 1.2 km con 2 carriles. Al tomar la evaluación se realizó del separador del tramo.

Conteo vehicular Se realizó el conteo vehicular en la Av. Canta callao durante una semana. Dentro de lo cual se presentó que el viernes es el más transcurrido con 11741 vehículos por día.



Tabla N°7 conteo vehicular

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA AVENIDA: AV. DEL PARQUE  
FECHA: MIÉRCOLES, 2018

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA			MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAILER				MOTO LINEAL	MOTOTAXI	TOTAL				
			PICK UP	PANEL	RUBAL Cont'd		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	251	252	253	351	352	353	272	273	372				373			
0:00-1:00	65	25	8	8	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	41	182	
1:00-2:00	32	25	8	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	14	111
2:00-3:00	15	5	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	52
3:00-4:00	8	3	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8	27
4:00-5:00	10	10	10	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	45
5:00-6:00	20	8	4	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	54
6:00-7:00	35	15	5	4	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	21	105
7:00-8:00	62	30	5	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	32	202
8:00-9:00	97	64	5	13	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	131	372
9:00-10:00	89	52	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	148	365
10:00-11:00	77	70	7	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	153	480
11:00-12:00	89	41	7	14	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	131	333
12:00-13:00	93	69	18	7	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	120	318
13:00-14:00	95	51	10	18	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	130	423
14:00-15:00	103	50	12	11	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	160	492
15:00-16:00	100	50	11	13	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	153	486
16:00-17:00	96	68	5	11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	131	372
17:00-18:00	140	60	11	7	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	159	500
18:00-19:00	110	51	17	8	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	211	472
19:00-20:00	111	55	5	17	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	170	447
20:00-21:00	104	51	5	16	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	131	351
21:00-22:00	270	130	10	41	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	30	670
22:00-23:00	110	170	11	78	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	302	794
23:00-24:00	250	100	10	62	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	61	579
TOTAL	2394	1383	289	402	449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	440	2544	8613

Fuente: Jhemerson Diaz Diaz, 2018, Formato del conteo vehicular del miércoles el más transcurrido.

Problemas Específicos

- ¿De qué manera obtiene el método PCI, los parámetros de evaluación de la avenida canta callao – lima?

Identificamos el área o tramo afecta de la avenida canta callao, tomando así el área (medidas) de la zona a trabajar obteniendo así datos matemáticos los cuales permiten la elaboración del procedimiento del PCI.

Tabla N°8 tramos a analizar

Av. canta callao	Area Analizada	Área Total
Tramo 1	312 m2	312m2
Tramo 2	312 m2	13104 m2
Tramo 3	312m2	2496 m2

Fuente: elaboración propia 2020

- ¿De qué manera obtiene el método PCI, los índices de condición de la avenida canta callao – lima?

Identificamos el tipo de falla que se presenta con las cuales nos permite elaborar el procedimiento, pasando a sumar las medidas encontradas en el área logrando obtener la densidad y valor deducido.

**Tabla N°9 PCI tramo 1**

METODO PCI		ESQUEMA	
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
HOJA DE REGISTRO			
Nombre de la vía: <b>Av. Canta Callao</b>		Sección: <b>0</b>	Unidad de muestra: <b>U1</b>
Ejecutor: <b>Fernando Dionisio Ore Suarez</b>		FECHA: _____	<b>312</b> Área: _____
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parche y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por desplazamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisura en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregado
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1L	30	10.61				40.61	13.0160	33	
5L	24	4.86	20	7.65	29.67	28	114.18	36.5962	26
7H	1.34	1.9	15.26				18.5	5.9295	18
13H	5						5	1.6026	60
16L	11.62	8.38	12.23				32.23	10.3301	27

N°	VD	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	33	60.00	33.00	27.00	26.00	18.00	164.00	5	81
2	26	60.00	33.00	27.00	26.00	2.00	148.00	4	80
3	18	60.00	33.00	27.00	2.00	2.00	124.00	3	76
4	60	60.00	33.00	2.00	2.00	2.00	99.00	2	69
5	27	60.00	2.00	2.00	2.00	2.00	68.00	1	68

<b>PCI = 100 - Máx. VDC</b>
<b>PCI = 19</b>
<b>MUY MALO</b>

Fuente: Elaboración propia 2020

NOTA: Las fallas presentes en la UM1 son piel de cocodrilo, corrugación, fisura de borde, baches y ahuellamiento, obteniendo como resultado un PCI de 19 que viene a ser un estado muy malo.

**Tabla N°10 PCI tramo 2**

METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: <b>Av. Canta Callao</b>			Sección: <b>0</b>		Unidad de muestra: <b>U2</b>				
Ejecutor: <b>Fernando Dionisio Ore Suarez</b>			FECHA: _____		Área: _____				
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parche y parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabólica o por desplazamiento			
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Agregado pulido		17. Hinchamiento			
3. Fisura en bloque		8. Fisura de reflexión de junta		13. Baches		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregado			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma		14. Ahuellamiento					
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales		15. Desplazamiento					
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1M	5	2.5	7	2	1.5	3	21	6.7308	42
1L	12	5					17	5.4487	26
5M	18.5	21	20				59.5	19.0705	48
5H	12						12	3.8462	50
18L	20	6					26	8.3333	4

Nº	VD	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	42.0	50.0	48.0	42.0	26.0	4.0	170.0	5	82
2	26.0	50.0	48.0	42.0	26.0	2	168.0	4	90
3	48.0	50.0	48.0	42.0	2	2	144.0	3	86
4	50.0	50.0	48.0	2	2	2	104.0	2	72
5	4.0	50.0	2	2	2	2	58.0	1	58

<b>PCI = 100 - Máx. VDC</b>
<b>PCI = 10</b>
<b>MUY MALO</b>

Fuente: Elaboración propia

NOTA: L Las fallas presentes en la UM2 son piel de cocodrilo, corrugación, y peladura por intemperismo obteniendo como resultado un PCI de 10 que viene a ser un estado muy malo.

**Tabla N°11 PCI tramo 3**

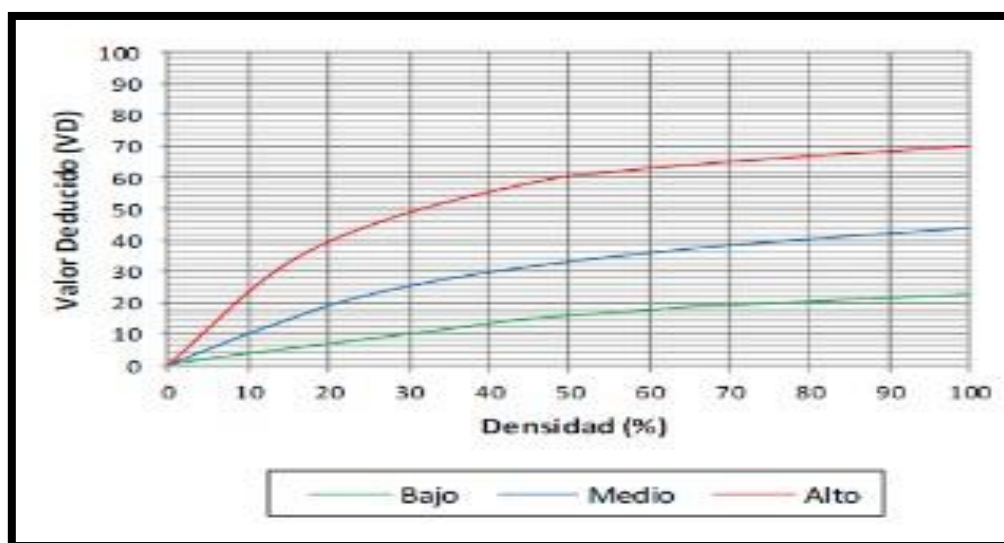
METODO PCI							ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: <b>Av. Canta Callao</b> Sección: <b>0</b> Unidad de muestra: <b>U3</b>									
Ejecutor: <b>Fernando Dionisio Ore Suarez</b> FECHA: <b>---</b> Área: <b>312</b>									
1. Piel de cocodrillo	6. Depresión	11. Parche y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por desplazamiento						
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisura en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregado						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento							
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
5H	3	5	12	7	4.5		31.5	10.0962	50
14H	7	5	20	12	16	25	85	27.2436	78
7H	2.5	0.9	1.39	1.39	0.25		6.43	2.0609	10
Nº	VD	VALORES DEDUCIDOS					VDT	Q	VDC
1	<b>50.0</b>	78.0	50.0	10.0			138.00	5	70
2	<b>78.0</b>	78.0	50.0	2			130.00	4	56
3	<b>10.0</b>	78.0	2	2			82.00	3	52

<b>PCI = 100 - Máx. VDC</b>	
<b>PCI =</b>	<b>30</b>
<b>MALO</b>	

**Fuente:** Elaboración propia 2020

NOTA: Las fallas presentes en la UM3 son corrugación, ahuellamiento y fisura de borde Obteniendo como resultado un PCI de 30 que viene a ser un estado malo.

**Figura N°12 VD - Densidad**



Fuente: <https://docplayer.es/95981219-Facultad-de-ingenieria-escuela-profesional-de-ingenieria-civil.html>

### Sumario de los resultados

Finalmente, inmediatamente después de ser evaluado la carpeta asfáltica mediante el procedimiento del PCI se mostrará unas tablas de resumen de las fallas más recurrentes y también en qué estado de gravedad se encontraron.

### Resumen de evaluación

**Tabla N°12** Resumen de los resultados por tramos y totales.

PCI POR TRAMOS		
UND Muestra	PCI	CLASIFICACION
1	19	MUY MALO
42	10	MUY MALO
50	30	MALO

PCI TOTAL		
	UND Muestra	PCI
1	1	19
2	6	70
3	11	70
4	16	70
5	21	70
6	22	70
7	27	70
8	32	70
9	37	70
10	42	10
11	47	70
12	50	30
<b>PCI TOTAL</b>		<b>57</b>
<b>BUENO</b>		

Fuente: Elaboración propia 2020

**NOTA:** Con los cálculos respectivos del PCI se pudo obtener un resultado confiable, que nos dice que ese pavimento flexible se encuentra en un estado BUENO en general. Finalmente se obtuvo que la carpeta asfáltica después de ser evaluado superficialmente, un resultado de un (PCI) de 57 que viene a ser un estado malo a pobre.

Las fallas más recurrentes durante la evaluación

**Tabla N°13** Resumen de fallas

FALLAS	UNIDAD DE MEDIDA	ESTADO DE GRAVEDAD		
		BAJA	MEDIA	ALTA
Piel de cocodrilo	M2	57.61	21	
Corrugación	M2	114.18	59.5	12
Fisura de borde	M2			24.93
Peladura por Intemperismo	M2	26		
Baches	UND			5
Ahuellamiento	M2			25
Fisura parabólica o por desplazamiento	M	32.23		

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:** Se muestra las fallas a la hora de hacer el análisis y el estado de gravedad.

- Concluyendo que la falla de piel de cocodrilo se presenta en un estado de gravedad bajo con 6.15% metros cuadrados, y en el estado de gravedad de medio con 2.24% no se encuentra la falla de piel de cocodrilo en el estado de gravedad alto.
- Concluyendo que la falla de corrugación se presenta en un estado de gravedad bajo con 12.2% metros cuadrados, y en el estado de gravedad de medio o regular con 6.35 % y en el estado de gravedad alto con un 1.28 %.
- Concluyendo que la falla de fisura de borde se presenta en un estado de gravedad alto con 2.66% y no se encontró estados medios ni bajos de gravedad.
- Concluyendo que la falla de Peladura por Intemperismo se presenta en un estado de gravedad bajo con 2.77% y no se encontró estados medios ni altos de gravedad.

- Concluyendo que la falla de baches se presenta en un estado de gravedad alto con 0.53% y no se encontró estados medios ni bajos de gravedad.
- Concluyendo que la falla de ahuellamiento se presenta en un estado de gravedad alto con 2.67% y no se encontró estados medios ni bajos de gravedad.
- Concluyendo que la falla de Fisura parabólica o por desplazamiento se presenta en un estado de gravedad bajo con 3.44% y no se encontró estados medios ni altos de gravedad.
- Se está tomando en porcentaje a la cantidad de las tres muestras sacando un promedio de las áreas de estas tres, un porcentaje por cada tipo de falla siendo la que más predomina la corrugación, ya que se presenta en sus tres estados de gravedad que son baja media y alta pero que también en la falla de ahuellamiento vale recalcar es una de las fallas más importantes y más notorias a lo largo del tramo con un total de 25 metros cuadrados en un estado de gravedad alto.
- Para la medición de estas fallas se utilizaron las herramientas adecuadas como fueron una wincha métrica una regla de aluminio un cuaderno de apuntes y por último una cámara fotográfica o en su defecto un celular.
- Cabe recalcar también y no todas las fallas tienen la misma unidad de medición, sino que varían en metros cuadrados metros lineales y la unidad.

### **Deflectometro de Impacto:**

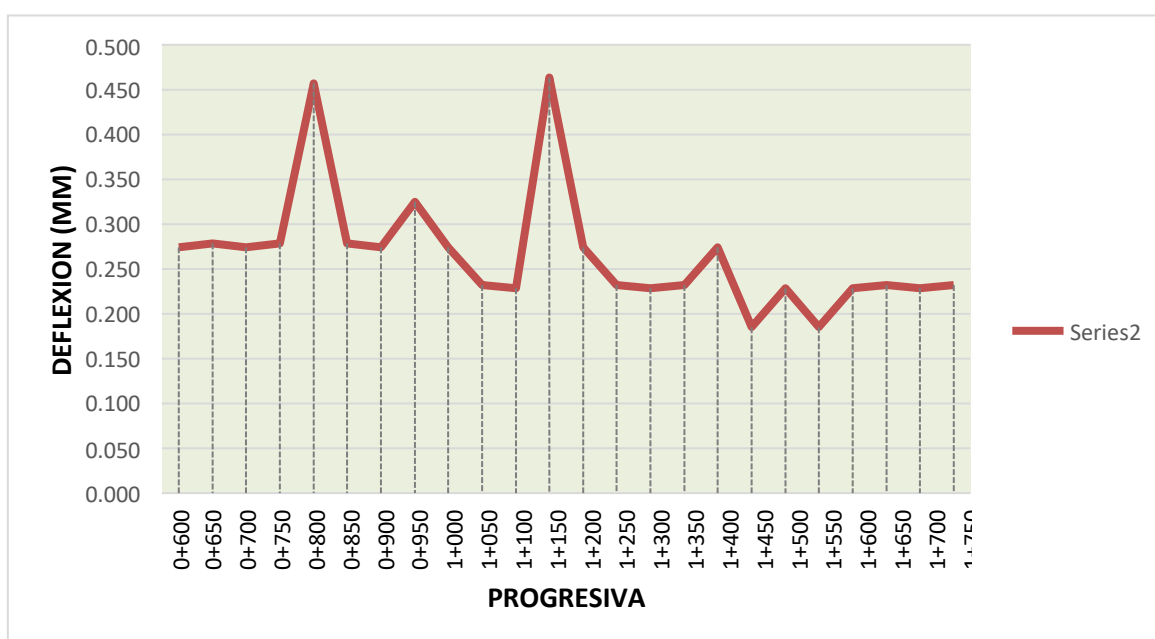
El Deflectometro de Impacto nos da como resultado la deflexión máxima de todo el tramo analizado mediante el uso del deflectograma. Se ha realizado este resultado por medio de los estudios de “EVALUACIÓN ESTRUCTURAL USANDO VIGA BENKELMAN APLICADA A UN PAVIMENTO” del autor Javier Iván Balarezo Zapata, quien a mi parecer realizo un gran trabajo e hizo grandes aportes que ayudaron mucho a desarrollar este trabajo, ya que debido a la pandemia que estamos pasando en estos momentos no se pudo realizar el alquiler del equipo del Deflectometro de Impacto, pero si en base a datos del autor ya mencionado se pudo sacar un resultado lo cual en mi informe de investigación obtuvo que la deflexión máxima se produjo en la progresiva 1+150 con una deflexión de 0.464 mm. La cual está representada en la siguiente figura de Deflectograma.

**Tabla N°14** Análisis deflectométrico del pavimento flexible de la Av. Canta Callao

Estacion (Km)	Carril	Lecturas de Campo (10 <sup>-3</sup> pulg)				Espesor de asfalto (cm)	Resultados Deflexiones (10 <sup>-2</sup> mm)			
		L25	L40	L70	Lmax		D25	D40	D70	Dmax
0+600	D	2	3	4	6	7	0.203	0.152	0.102	0.305
0+650	D	1	3	4	6	7	0.254	0.152	0.102	0.305
0+700	D	2	3	5	6	7	0.203	0.152	0.051	0.305
0+750	D	2	3	4	6	7	0.203	0.152	0.102	0.305
0+800	D	2	4	5	10	7	0.406	0.305	0.254	0.508
0+850	D	2	3	5	6	7	0.203	0.152	0.051	0.305
0+900	D	1	3	5	6	7	0.254	0.152	0.051	0.305
0+950	D	1	4	5	7	7	0.305	0.152	0.102	0.356
1+000	D	2	3	5	6	7	0.203	0.152	0.051	0.305
1+050	D	1	3	4	5	7	0.203	0.102	0.051	0.254
1+100	D	2	3	4	5	7	0.152	0.102	0.051	0.254
1+150	D	2	4	5	10	7	0.406	0.305	0.254	0.508
1+200	D	1	3	4	6	7	0.254	0.152	0.102	0.305
1+250	D	2	3	4	5	7	0.152	0.102	0.051	0.254
1+300	D	1	3	4	5	7	0.203	0.102	0.051	0.254
1+350	D	2	3	4	5	7	0.152	0.102	0.051	0.254
1+400	D	2	3	5	6	7	0.203	0.152	0.051	0.305
1+450	D	1	2	3	4	7	0.152	0.102	0.051	0.203
1+500	D	1	3	4	5	7	0.203	0.102	0.051	0.254
1+550	D	1	2	3	4	7	0.152	0.102	0.051	0.203
1+600	D	2	3	4	5	7	0.152	0.102	0.051	0.254
1+650	D	1	3	4	5	7	0.203	0.102	0.051	0.254
1+700	D	2	3	4	5	7	0.152	0.102	0.051	0.254
1+750	D	1	3	4	5	7	0.203	0.102	0.051	0.254

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N°13** Deflectograma



Fuente: Elaboración propia.



**Tabla N°15 Deflexiones Corregidas**

Estacion (Km)	Deflexiones Corregidas (10 <sup>2</sup> )				Temperatura (C)
	D25	D40	D70	Dmax	
0+600	0.183	0.137	0.092	0.274	35.9
0+650	0.232	0.139	0.093	0.278	33.7
0+700	0.183	0.137	0.046	0.274	35.9
0+750	0.185	0.139	0.093	0.278	33.7
0+800	0.365	0.274	0.229	0.457	35.9
0+850	0.185	0.139	0.047	0.278	33.7
0+900	0.229	0.137	0.046	0.274	35.9
0+950	0.278	0.139	0.093	0.325	33.7
1+000	0.183	0.137	0.046	0.274	35.9
1+050	0.185	0.093	0.047	0.232	33.7
1+100	0.137	0.092	0.046	0.229	35.9
1+150	0.370	0.278	0.232	0.464	33.7
1+200	0.229	0.137	0.092	0.274	35.9
1+250	0.139	0.093	0.047	0.232	33.7
1+300	0.183	0.092	0.046	0.229	35.9
1+350	0.139	0.093	0.047	0.232	33.7
1+400	0.183	0.137	0.046	0.274	35.9
1+450	0.139	0.093	0.047	0.185	33.7
1+500	0.183	0.092	0.046	0.229	35.9
1+550	0.139	0.093	0.047	0.185	33.7
1+600	0.137	0.092	0.046	0.229	35.9
1+650	0.185	0.093	0.047	0.232	33.7
1+700	0.137	0.092	0.046	0.229	35.9
1+750	0.185	0.093	0.047	0.232	33.7

**Fuente:** Elaboración propia.

Para las deflexiones corregidas se tomó como datos que el espesor del pavimento es de 7 cm y la temperatura fue de 35.9 y 33.7 grados Celsius, ambos datos fueron reales sacados de la Avenida Canta Callao.

## V. DISCUSIÓN

### METODO PCI:

Mi resultado total de las tesis fue la de un PCI igual a 57 lo cual quiere decir que es un pavimento bueno, pero el PCI que obtuve por tramos tuvo resultados contrarios ya que como se enfocó directamente en la zona más dañada dio resultados altos que fueron la de muy malo y malo, que nos quiere decir que el pavimento ha sufrido diversos tipos de fallas a niveles graves, represento la siguiente tabla para poder analizar mejor lo dicho con datos numéricos.

**Tabla N°16** Resumen de los resultados por tramos y totales.

PCI TOTAL		
	UND Muestra	PCI
1	1	19
2	6	70
3	11	70
4	16	70
5	21	70
6	22	70
7	27	70
8	32	70
9	37	70
10	42	10
11	47	70
12	50	30
PCI TOTAL		57

PCI POR TRAMOS		
UND Muestra	PCI	CLASIFICACION
1	19	MUY MALO
42	10	MUY MALO
50	30	MALO

*Fuente: Elaboración propia*

Para el método del PCI he realizado la discusión con PAOLA BEATRIZ LEGUÍA LOARTE y HANS FERNANDO PACHECO RISCO quienes desarrollaron un gran trabajo por la manera práctica y confiable de como realizaron el método del PCI esto en su tesis titulada “Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (Pci) en las vías arteriales: cincuentenario, colón y miguel Grau (huacho-Huaura-lima)”

**Tabla N°17 PCI de Leguía y Pacheco**

Av. CINCUENTENARIO				
Nº	INICIO	FINAL	PCI	CONDICIÓN
1	0+000.00	1+000.00	39.90	MALO
2	1+000.00	2+000.00	47.49	REGULAR
3	2+000.00	3+000.00	60.21	BUENO
4	3+000.00	3+800.00	59.35	BUENO

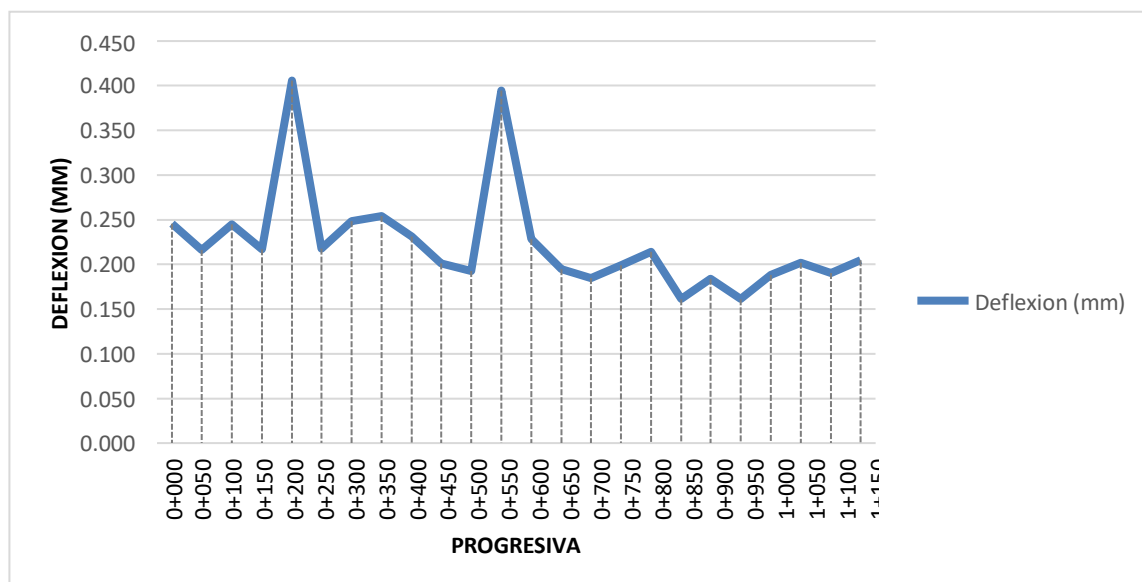
*Fuente: LEGUIA Paola Y PACHECO Hans*

Vemos que LEGUIA Paola Y PACHECO Hans obtuvieron resultados similares en todo el tramo en general con resultados malo, regular y bueno y con un promedio global de la carretera Cincuentenario de 51.84.

**DEFLECTOGRAMA:**

Para el deflectograma discuto con Javier Iván Balarezo Zapata que en su tesis “EVALUACIÓN ESTRUCTURAL USANDO VIGA BENKELMAN APLICADA A UN PAVIMENTO”, tiene como resultado:

**Figura N°14 Deflectograma de Balarezo Javier**



*Fuente: BALAREZO Javier*

Se observa que en la figura de Deflectograma que su deflexión máxima está en la progresiva 0+200 con un resultado de 0.406mm de deflexión.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Por medio de la evaluación Física y Visual que se realizó en la primera parte del método PCI realizada a Av. Canta Callao se pudo identificar 7 tipos de fallas dentro de las cuales se presentan 3 tipos de severidad: Baja, Media y Alta, con las cuales se realizó la evaluación superficial del pavimento flexible.
2. Aplicando el método Pavement Condition Index (PCI) se determinó que la avenida Canta Callao del tramo de la Av. Bertello a la Av Carlos Izaguirre con un recorrido de 1.2 km tiene un resultado de 57, lo que vendría ser un estado bueno, pero que en las intersecciones de estas misma si obtienen resultados negativos como malo y muy malo.
3. La deflexión máxima del tramo se obtuvo en la progresiva 1+150 con un resultado de 0.464 mm lo cual nos indica una carencia estructural y se requiera tomar decisiones sobre su mantenimiento o reconstrucción.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se debe de tener en cuenta que al momento de hacer la inspección visual para el método del PCI se debe primero recorrer la zona para identificar los tramos que tengan mayores fallas, anotarlas y darles un valor de severidad. Se tiene que realizar de una manera seria y objetiva para que los resultados sean los más cercanos a la realidad.
- Utilizar un formato que vaya acorde a los tipos de fallas y al procedimiento correcto del PCI para así lograr tener mayor precisión al obtener el índice de condición.
- Se debe de tener en cuenta la temperatura del pavimento como también el espesor del asfalto ya que estos dos datos son muy importantes para obtener resultados más precisos.

Se recomienda tener mucho criterio al poner los datos numéricos en el caso del método del PCI, se debe tener una metodología y un orden estricto para medir estas fallas ya que si en caso no sea así corre el riesgo de exagerar o de minimizar el resultado general del estado del pavimento.

## REFERENCIAS

1. PERAZA GARCIA, A. Evaluación de un tramo de la carretera rural Santa Clara entronque Vuelta aplicando el método Pavement Condition Index y los métodos cubanos, Santa Clara, Universidad de Camagüey, 2016.
2. COY RAMIREZ S. Diagnóstico de puentes mediante inspección visual de pavimento flexible, con base en la comparación de la metodología PCI (Pavement Condition Index) y Vizir. Avenida las Américas, 2017.
3. SALAZAR HOLGUIN D. Análisis Superficial De La Condición Del Pavimento Flexible De La Av. Portete De Tarqui Desde La Calle 38ava Hasta La Calle 17ava Por El Método Del PCI, En La Ciudad De Guayaquil De La Provincia Del Guayas Para El Año 2015. Guayaquil, 2016.
4. CABEZAS, LI. y GONZALES B. Análisis de la estructura del Pavimento flexible de la vía ventanas-cruce a Ricaurte por el método del PCI y propuesta para su rehabilitación ubicada en la Provincia de los Ríos. vía Ventanas, 2018.
5. PARRA HERNANDEZ I. Procedimiento estratégico para la detección de daños en pavimento flexible en la infraestructura vial del municipio de Fusagasugá mediante las metodologías Vizir y Pci. Fusagasugá, 2019.
6. CASIA BOZA J. Evaluación estructural de los pavimentos flexibles usando el Deflectómetro de impacto en la carretera Tarma – La Merced. La Merced, 2015.
7. AGENCIA de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA. 2002. Manual Centroamericano para diseño de pavimentos. 289 pp.
8. AMERICAN Society for Testing and Materials. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos (ASTM D6433-03). Estados Unidos. 2004.
9. APSA. Seguimiento de pavimentos evaluación estructural mediante deflectómetro de impacto proyecto conservación vial/a merced. Lima, 2014.
10. BARDASANO González, R. El módulo equivalente de superficie. Retrieved from Pavelng - el asombroso mundo de la ingeniería de pavimentos: <http://paveing.blogspot.com/2014/12/el-modulo-equivalente-de-superficie.html>, 2014.
11. BERRY, Peter L. y REID, David. Mecánica de suelos, McGraw Hill. Bogotá, 1993.
12. CANTUARIAS C. y Watanabe I. Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida camino real de la urbanización la rinconada del distrito de Trujillo, 2015.
13. CARDOSO, S.H. & Fernández, M.E. Aplicaciones prácticas del Método PCI para el mantenimiento de pavimentos de aeropuertos. Lima, Perú, 1999.
14. CERÓN, V. Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindío (PR 0+000 – PR 02 + 600). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Tesis para obtener el grado de

- Ingeniero civil, 2006.
15. CONZA, D. Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú. 2016.
  16. CHIAVENATO, I. Administración de Recursos Humanos, 5ta Ed. McGraw Hill, Colombia, 2000.
  17. ESCOBAR y GARCÍA. Análisis Comparativo de la Evaluación de Pavimentos por medio de la Viga Benkelman y el Deflectómetro de Impacto (FWD). El Salvador. Universidad de el Salvador, 2007.
  18. GONZÁLEZ-Fernandez, Hilda; Ruiz-Caballero, Pilar; Guerrero-Valverde, Denisse-Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI).
  19. GUILLÉN Pérez, R. Metodología y aplicación del retrocálculo del Deflectómetro de impacto (FWD) en pavimentos flexibles. Lima, 2009.
  20. GUTIÉRREZ, W. Índice de Condición del Pavimento. Método de Evaluación de Pavimentos Asfálticos. Conferencia, 1994.
  21. JIMÉNEZ, M. Comparación en campo con deflectómetro liviano en la evaluación de rigidez in situ usado en el control de compactación. En E. Carrera (Dir.), I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos III Congreso Regional IPMA – LATNET, Lima: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería, 2017. 22. KERLINGER, F. N., & Lee, H. B. Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en ciencias sociales. 4ta Edición, p124. Mexico: McGraw-Hill. P. 124, 2002.
  23. LEGUIA L. y Pacheco R. Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (pci) en las vías arteriales: cincuentenario, colón y miguel grau (huacho-huaura-lima), 2011.
  24. LEGUIA, P., & Pacheco, R. Determinación y evaluación de patologías del pavimento flexible de Cucutá, 2016.
  25. LEÓN Rodríguez, C. D. Análisis del estado de conservación del pavimento flexible del jr. Chanchamayo desde la cuadra 9 a la 14. por el método: índice de condición de pavimentos. Cajamarca: Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
  26. MARTINEZ. Pavimento Flexible, estructura conformada por capas de telas seleccionas que se asienta sobre una base conocida como subrasante, 2009.
  27. MAYLIN CORROS, B. Ing. ERNESTO URBÁEZ, P. Ing. GUSTAVO CORREDOR, M. Maestría en Vías Terrestres Terrestres Módulo III Diseño de Pavimentos Pavimentos I Evaluación de Pavimentos, 2009.
  28. MEDINA, A. y DE LA CRUZ, M. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI, 2017.
  29. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. 18 de Febrero de 2013. Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos. 23-24. Lima. Recuperado el 20 de 08 de 2018, de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf).

30. MONTEJO, A. Ingeniería de pavimentos. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A, 2008.
31. MOP, ed. 2001, Mantenimiento Vial. Manual de Carreteras, Volumen 7, Dirección General de Obras Públicas, Dirección de Vialidad. Chile, 2001.
32. NÚÑEZ J, Figaredo F. CTS en contexto: la construcción social de una tradición académica. En: Núñez J, Montalvo LF, Figaredo F, compiladores. Pensar Ciencia, Tecnología y Sociedad. La Habana: Félix Varela; 2008. p.1-30 [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/5277.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/5277.pdf)
33. PATRONE. Característica de la subrasante, representante de la inspiración de un pavimento que resiste, transmite y distribuye de manera uniforme los automóviles en tránsito. Lima, 2005.
34. PINEDA, Beatriz; DE ALVARADO, Eva Luz; DE CANALES, Francisca 1994 Metodología de la investigación, manual para el desarrollo de personal de salud, Segunda edición. Organización Panamericana de la Salud. Washington.
35. RABANAL, J. Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Lima, Perú: Universidad privada del Norte. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil, 2014.
36. REYES, F.A. Diseño Racional de Pavimentos, Universidad Javeriana y Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, ISBN 958-683-622-3. Colombia, 2004.
37. ROBLES Raul B. Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) Barranco – Surco – Lima, 2015.
38. RODRÍGUEZ, E. D. (2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito de castilla. Universidad de Piura, Piura, Perú.
39. RODRIGUEZ, M. C. & Rodriguez, M. J. (2004). Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
40. VOCABULARIO Internacional de Metrología – Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. 3a. Edición en español del VIM-3 a, 2008.

1. ASSHTO M. las características principales de la base proporciona Resistencia excesiva y absorbe las tensiones del tráfico. (Pág. 5-147)
2. ASSHTO (1993); La subrasante es la asistencia natural preparada, compactada para cimentar un pavimento. (Pág. 4)
3. ASTM D1883. (2009). Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory - Compacted Soil (Annual book of ASTM Standards Vol. 04.08 Ed.). EEUU.
4. BADILLO, J. (1995). Mecánica de Suelos Tomo I. México: Limusa Noriega Editores
5. BALLENA (2016) Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico



- para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío
6. BAÑÓN, L. & Bevía J. (2010). Manual de Carreteras Construcción y Mantenimiento (vol.2).
  7. BARBETA (2002); Génesis de la arcilla es elementos cruciales con parte del suelo y los sedimentos.
  8. BOWLES, E. (1981). Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil (2° ed.). México 8, D. F., México: McGraw Hill Interamericana.
  9. CASTAÑO (2016); Artículo de investigación Iberoamericana de Polímeros “Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas” (Crawford et al.2016).
  10. CCANTO, G. (2010) Metodología de la investigación científica en ingeniería civil. Ingeniería de transportes (3° Ed.). Perú.
  11. CE.010, P. H. (2010). Reglamento Nacional de Edificaciones (4ta ed.). Lima: GEMegbyte.
  12. CRAWFORD, R., Webb, H., Arnott, J., Ivanova, E. (2013). “Plastic deration and it environmental implications with special reference”. Polymers.
  13. CRESPO Villalaz, C. (2007). Vías de comunicación (4ta ed.). México D.F.: Editorial Limusa S.A. de C.V.
  14. DAS, B. M. (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotecnia (5° Ed.). México, D. F., México: Interracial Thomson Editores.
  15. DELGADO (2016) estabilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de subrasante de la carretera Montecristi <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1181/Leiva%20Gonzales%20Roly%20Roberth%20-%202016%20-%20Pregrado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  16. EG-2013. (2013). Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (Vol. I). Lima: MTC.
  17. FERNANDO, O. (2010). El problema de las bolsas de plástico, el impacto ambiental del plástico y su reciclado. Recuperado de <http://www.biodisol.com/contaminacionambiental/el-problema-de-las-bolsas-de-plastico>.

### ANEXO 3

Formato para evaluación de Índice de Condición del Pavimento PCI-1 Carreteras con Superficie Asfáltica.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA				
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO						
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )						
INSPECCIONADA POR			FECHA					
No.	Daño	No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.					
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.					
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.					
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.					
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.					
6	Depresión.	16	Desplazamiento.					
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.					
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long y transversal.							
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido		

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	
NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1: <i>Ms. Luis Alarzo G.</i>	 CIP N° 170290
EXPERTO 2: <i>Luis A. Vargas Chacaltana</i>	 LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 194542 194542
EXPERTO 3: <i>Luis Ventura C.</i>	 CIP: 1324/3

**Presupuesto**, Según Burbano (2012). Nos dice que el presupuesto es una numérica (cuantitativa) de todos los objetos gerenciales y también es un medio por el cual se controla que se esté progresando y llegando a tales objetivos propuestos, debe haber una buena coordinación entre la gerencia y los demás sistemas de contabilidad.

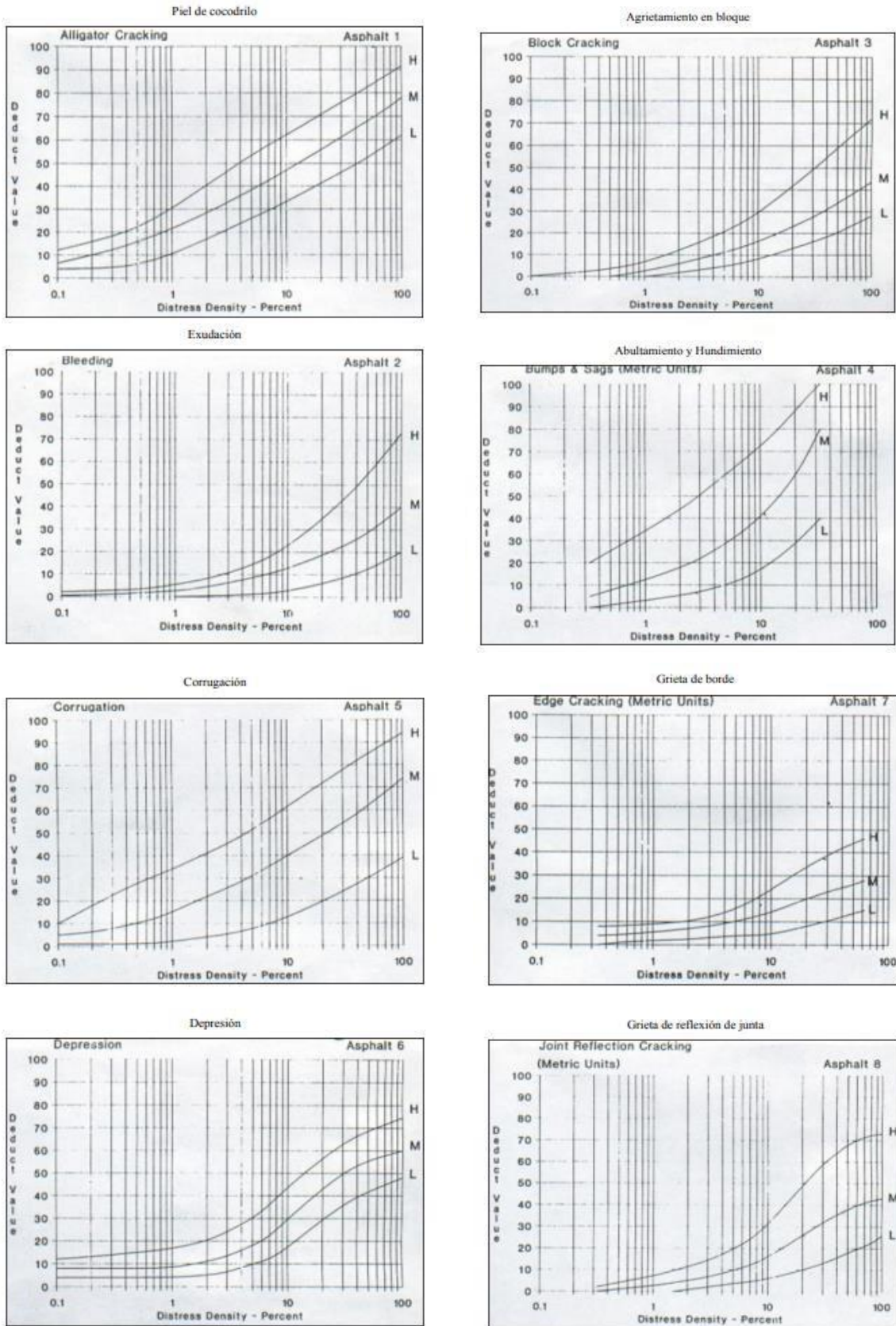
El costo total del presente trabajo de investigación asciende a S/. 6410 nuevos soles.

**Tabla N°18 Presupuesto**

Costo de transporte	S/ 80
Adquisición de bibliografía	S/ 30
Asesoría externa	S/ 190
Alquiler de equipo (DFW)	S/ 6000
Recursos de Materiales	S/ 110
<b>Total</b>	<b>S/. 6410.0</b>

**Financiamiento**, este trabajo de investigación está financiada por cuenta propia y también con la ayuda económica de mi padre.

**Figura N°15** Calculo del Valor Deducido



**Tabla N°19** Cronograma de actividad

Actividad	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18	SEM 19	SEM 20	SEM 21	SEM 22	SEM 23	SEM 24	SEM 25	SEM 26	SEM 27	SEM 28	SEM 29	SEM 30	SEM 31	SEM 32	
1. Sección inicial del curso	■																																
2. Presentación del esquema de Proyecto de investigación		■	■																														
3. Asignación de los temas de investigación				■	■																												
4. Pautas para la búsqueda de información					■	■																											
5. Planteamiento del problema y fundamentación teórica							■	■																									
6. Justificación, hipótesis y objetivos de la Investigación							■	■																									
7. Diseño, tipo y nivel de investigación									■	■																							
8. Variables, operacionalización									■	■																							
9. Presentación del diseño metodológico											■	■																					
10. Población y muestra											■	■																					
11. Técnicas e Instrumentos de obtención de datos, métodos de análisis y aspectos													■	■																			
12. Presentación del Proyecto de investigación															■																		
13. Sustentación del Proyecto de investigación																■																	
14. Sección inicial de curso DPI																	■																
15. Presentación del esquema de DPI																		■															
16. Aplicación de experimentos																			■	■													
17. Aplicación de ensayos																				■	■	■											
18. Recolección de información																						■	■										
19. Análisis de la información																							■	■									
20. Presentación de resultados																								■	■								
20. Desarrollo de discusión, conclusión y recomendaciones																									■	■							
21. Presentación de discusión, conclusión y recomendaciones																															■		
22. Presentación del Proyecto de investigación																																■	
23. Sustentación del Proyecto de investigación																																	■

Fuente Propia (2020)

**TABLA N°20** MATRIZ DE CONSISTENCIA: “Evaluación de fallas mediante el método PCI y el uso del Deflectómetro de Impacto en el pavimento flexible de la avenida Canta Callao – lima 2020.”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables, Dimensiones e Indicadores			Escala de medición
			Variables	Dimensiones	Indicadores	
<p><b>Problema General:</b> ¿De qué manera el método PCI y el Deflectómetro de Impacto evalúan las fallas de un pavimento flexible de la avenida canta callao – lima 200?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Evaluar las fallas del pavimento flexible mediante el método PCI y el Deflectómetro de impacto de la avenida canta callao – lima 2020.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> El método PCI y el Deflectómetro de Impacto evalúan de manera superficial y estructural al pavimento flexible de la avenida canta callao – lima 2020.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Y1 Método PCI.</p>	<p>Parámetros de Evaluación</p>	<p>Clase Severidad Extensión</p>	Nominal
<p><b>Problemas Específicos:</b> ¿De qué manera obtiene el método PCI, los parámetros de evaluación de la avenida canta callao – lima? ¿De qué manera obtiene el método PCI, los índices de condición de la avenida canta callao – lima? ¿De qué manera obtiene el Deflectómetro de impacto, la carga máxima vertical de la avenida canta callao – lima?</p>	<p><b>Objetivos Específicos:</b> ¿Evaluar de qué manera obtiene el método PCI, los parámetros de evaluación de la avenida canta callao – lima? ¿Evaluar de qué manera obtiene el método PCI, los índices de condición de la avenida canta callao – lima? ¿Evaluar de qué manera obtiene el Deflectómetro de impacto, la carga máxima vertical de la avenida canta callao – lima?</p>	<p><b>Hipótesis Específicos:</b> Obtiene los parámetros de evaluación después de una inspección visual de la avenida canta callao – lima Obtiene el índice de condición después de una inspección visual de la avenida canta callao – lima Obtiene la deflexión vertical máxima después de una evaluación estructural de la avenida canta callao – lima</p>		<p>Índice de Condición</p>	<p>-Cálculo del valor deducido -Determinar el número máximo admisible de valor deducido -Cálculo del máximo valor deducido corregido - Determinar el PCI</p>	
			<p>Y2 Deflectómetro de Impacto</p>	<p>Deflexión Vertical Máxima</p>	<p>mm</p>	
			<p><b>Variable Dependiente</b> Evaluación de fallas de un pavimento flexible</p>	<p>Evaluación Preliminar</p>	<p>Parámetros de evaluación</p>	
			<p>Evaluación detallada</p>	<p>Índice de Condición</p>	Nominal	
				<p>Estado del pavimento</p>		

Fuente propia 2020