

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Evaluación superficial, estructural y propuesta técnica del pavimento flexible del kilómetro 1 al 5 de la carretera Playa Lobos**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Adriana Cecilia Rojas Samame**

**ASESOR**

**Miguel Angel Fernandez Choquepuma**

<https://orcid.org/0000-0001-9367-7173>

**Chiclayo, 2023**

**Evaluación superficial, estructural y propuesta técnica del  
pavimento flexible del kilómetro 1 al 5 de la carretera Playa Lobos**

PRESENTADA POR

**Adriana Cecilia Rojas Samame**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Lucas Ludeña Gutierrez  
PRESIDENTE

Carlos Rafael Tafur Jimenez  
SECRETARIO

Miguel Angel Choquepuma Fernandez  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Con mucha satisfacción y cariño, a mi familia, amigos y profesores.  
A mi familia por ser mi motivación en todo momento, a mis amigos porque con su compañía hicieron más llevadera la vida universitaria, y a mis profesores por la enseñanza y compartir su vocación.

## **Agradecimientos**

A Dios por la dicha de estar viva, a mi familia por el apoyo incondicional para cumplir mis metas y a mis asesores de tesis I y II por la paciencia y orientación en el desarrollo de mi tesis.

## TURNITIN - FINAL 2

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>30%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>29%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>1%</b> PUBLICACIONES	<b>12%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>9%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>3</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.uladech.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

## Índice

Resumen .....	12
Abstract .....	13
Introducción .....	14
Revisión de literatura .....	16
Materiales y métodos .....	65
Resultados .....	74
Conclusiones .....	114
Recomendaciones.....	116
Referencias .....	117
Anexos.....	119

## Lista de tablas

TABLA 01: Factores de Distribución Direccional y de Carril .....	23
TABLA 02: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) .....	23
TABLA 03: Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR. ....	24
TABLA 04: Valores del Nivel de Confiabilidad .....	25
TABLA 05: Coeficientes para la desviación estándar .....	25
TABLA 06: Valores para el Índice de Serviciabilidad Inicial. ....	26
TABLA 07: Valores para el Índice de Serviciabilidad Final. ....	27
TABLA 08: Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI) .....	27
TABLA 09: Coeficiente de Drenaje (m) .....	28
TABLA 10: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas .....	29
TABLA 11: Clasificación de los daños.....	31
TABLA 12: Clasificación de los daños.....	47
TABLA 13: Tamices para ensayo de granulometría.....	58
TABLA 14: Factor K por número de golpes.....	61
TABLA 15: Categoría de la subrasante. ....	63
TABLA 16: Tamaño de la muestra. ....	64
TABLA 17: Muestreo. ....	65
TABLA 18: Criterios de selección. ....	66
TABLA 19: Operacionalización de variables. ....	67
TABLA 20: Técnicas e instrumentos para la recolección de datos. ....	68
TABLA 21: Fase inicial - Evaluación de daños superficiales .....	69
TABLA 22: Fase intermedia – Evaluación estructural. ....	70
TABLA 23: Fase Final – Propuesta de intervención. ....	71
TABLA 24: Plan de procesamiento y análisis de datos. ....	71
TABLA 25: Matriz de Consistencia.....	72

TABLA 26: Tráfico actual por tipo de vehículo. ....	76
TABLA 27: Tipo de daño según unidad de muestreo.....	95
TABLA 28: Código por cada tipo de daño. ....	96
TABLA 29: Porcentaje de incidencia por tipo de daño .....	96
TABLA 30: Valor PCI y estado de las unidades de muestreo aleatorias. ....	97
TABLA 31: Cálculo del PCI de la sección del pavimento. ....	99
TABLA 32: Ubicación de los registros exploratorios.....	101
TABLA 33: Coordenadas de las pruebas de diamantina. ....	103
TABLA 34: Porcentaje de compactación por capa. ....	104
TABLA 35: Porcentaje que pasa en peso de la sub-base granular.....	104
TABLA 36: Porcentaje que pasa en peso de la base granular .....	104
TABLA 37: Porcentaje de material en la subrasante .....	105
TABLA 38: Límites de Atterberg en subrasante, sub-base y base granular.....	105
TABLA 39: Índice de plasticidad requerido en sub-base y base granular.....	105
TABLA 40: Límite líquido requerido en subbase granular. ....	106
TABLA 41: Clasificación AASHTO y SUCS del material de la subrasante.....	106
TABLA 42: Clasificación AASHTO y SUCS del material de la subbase y base granular. ..	107
TABLA 43: Contenido de humedad. ....	107
TABLA 44: Contenido de sales. ....	107
TABLA 45: Proctor Modificado: Material de la subrasante.....	108
TABLA 46: Proctor Modificado: Material de la base y subbase granular.....	108
TABLA 47: CBR: Material de la subrasante. ....	108
TABLA 48: CBR: Material de la base y subbase granular. ....	109
TABLA 49: CBR: Material de la base y subbase granular. ....	109
TABLA 50: Granulometría de los agregados. ....	109
TABLA 51: Medidas correctivas por tipo de daño. ....	110
TABLA 52: CBR ponderados y espesores de mejoramiento.....	111

TABLA 53: Resumen de resultados del diseño de la estructura del pavimento. .... **112**

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Graduación de los valores del PCI.....	29
Ilustración 2.Piel de cocodrilo - Baja severidad.....	33
Ilustración 3.Piel de cocodrilo - Media severidad.....	33
Ilustración 4.Piel de cocodrilo - Alta severidad .....	33
Ilustración 5.Exudación - Baja severidad.....	34
Ilustración 6.Exudación - Media severidad.....	34
Ilustración 7.Exudación - Alta severidad .....	35
Ilustración 8. Agrietamiento en bloque - Baja severidad .....	35
Ilustración 9. Agrietamiento en bloque - Media severidad.....	36
Ilustración 10. Agrietamiento en bloque -Alta severidad.....	36
Ilustración 11.Abultamientos y hundimientos -Baja severidad .....	37
Ilustración 12. Abultamientos y hundimientos -Media severidad.....	37
Ilustración 13. Abultamientos y hundimientos - Alta severidad.....	37
Ilustración 14. Corrugaciones -Baja severidad .....	38
Ilustración 15. Corrugaciones -Media severidad.....	38
Ilustración 16. Corrugaciones - Alta severidad.....	39
Ilustración 17. Depresiones - Baja severidad .....	39
Ilustración 18. Depresiones -Media severidad .....	40
Ilustración 19. Depresiones - Alta severidad.....	40
Ilustración 20. Fisuras de borde - Baja severidad.....	41
Ilustración 21. Fisuras de borde - Media severidad .....	41
Ilustración 22. Grieta de reflexión de juntas -Baja severidad.....	42
Ilustración 23. Grieta de reflexión de juntas -Media severidad.....	42
Ilustración 24. Desnivel de carril - Baja severidad.....	43
Ilustración 25. Grieta de reflexión de juntas - Media severidad.....	43
Ilustración 26. Grieta de reflexión de juntas - Alta severidad.....	43

Ilustración 27. Fisuras longitudinales y transversales - Baja severidad.....	44
Ilustración 28. Fisuras longitudinales y transversales - Media severidad.....	44
Ilustración 29. . Fisuras longitudinales y transversales - Alta severidad .....	45
Ilustración 30. Baches y zanjas reparadas -Baja severidad.....	45
Ilustración 31. Baches y zanjas reparadas - Media severidad .....	46
Ilustración 32. . Baches y zanjas reparadas - Alta severidad. ....	46
Ilustración 33. Pulimento de agregados .....	47
Ilustración 34. Huecos -Baja severidad.....	47
Ilustración 35. Huecos - Media severidad.....	48
Ilustración 36. Huecos -Media severidad.....	48
Ilustración 37. Cruce de vía férrea -Baja severidad .....	48
Ilustración 38. Cruce de vía férrea - Media severidad .....	49
Ilustración 39. Cruce de vía férrea - Alta severidad.....	49
Ilustración 40. Ahuellamiento -Baja severidad .....	50
Ilustración 41. Ahuellamiento -Media severidad .....	50
Ilustración 42. Ahuellamiento - Alta severidad. ....	50
Ilustración 43. Desplazamientos - Baja severidad. ....	51
Ilustración 44. Desplazamientos - Media severidad.....	51
Ilustración 45. Ahuellamiento - Alta severidad .....	52
Ilustración 46. Fisuras parabólicas -Baja severidad.....	52
Ilustración 47. Fisuras parabólicas - Media severidad .....	53
Ilustración 48. Ahuellamiento - Alta severidad .....	53
Ilustración 49. Hinchamiento. ....	54
Ilustración 50. Desprendimiento de agregados -Baja severidad .....	54
Ilustración 51. Desprendimiento de agregados - Media severidad. ....	55
Ilustración 52. Ahuellamiento - Alta severidad. ....	55
Ilustración 53. Simbología para perfil de calicatas - AASHTO.....	56

Ilustración 58. Ubicación del tramo en estudio.....	74
Ilustración 59. Punto de conteo vehicular .....	75
Ilustración 60. Rangos de calificación del PCI. ....	97
Ilustración 61. Ubicación de los registros exploratorios.....	101
Ilustración 62. Ubicación del registro exploratorio adicional.....	102
Ilustración 63. Ubicación de las pruebas de diamantina 4". ....	103
Ilustración 64. Perfil de las calicatas con espesores de mejoramiento.....	111
Ilustración 65. Paquete estructural. ....	113

## Resumen

El trabajo presentado encuentra un problema en que las deficiencias de la infraestructura terrestre peruana crean limitaciones para el desarrollo potencial de la economía, en el distrito de Puerto Eten kilómetro 5 de la carretera Playa Lobos se ubica el Terminal PETROPERÚ, dedicado a la comercialización de hidrocarburos, la vía existente para llegar al establecimiento se encuentra muy deteriorada por la falta de mantenimiento a lo largo de los años, como consecuencia surge la incomodidad de los conductores por los daños en sus vehículos con elevados costos de reparación, la falta de seguridad y el disgusto de transitar en una vía que ha perdido confort, por lo expuesto, la necesidad de devolverle la funcionalidad es fundamental.

Tiene como objetivo evaluar superficial y estructuralmente el pavimento flexible comprendido entre el km 1 y el km 5 de la carretera Playa Lobos.

El trabajo se desarrollará en 3 fases, iniciando con la evaluación de daños superficiales, mediante el método de PCI a partir de la inspección visual de fallas en el pavimento, los datos serán recolectados, procesados y analizados.

Posteriormente se procederá a evaluar estructuralmente el pavimento mediante ensayos destructivos (calicatas) para extraer muestras representativas del suelo y de la carpeta asfáltica, que serán ensayadas en laboratorio, estos datos serán analizados.

Finalmente se elaborará la propuesta de intervención después de haber compilado los resultados obtenidos de las fases anteriores.

**Palabras clave:** Pavimento flexible, Evaluación Superficial, Evaluación Estructural, PCI, Propuesta de Intervención.

### **Abstract**

The presented work finds a problem in which the deficiencies of the Peruvian infrastructure generate limitations for the potential development of the economy, In the district of Puerto Eten km 5 of the beach road Lobos is located the PETROPERU Terminal dedicated to the commercialization of hydrocarbons, the existing road to reach the establishment is deteriorated by the lack of maintenance, causing damage to the parts of tankers that have high repair costs, so the need for a well-maintained track is essential, this road is a necessary infrastructure to boost trade, safeguard the safety of drivers and reduce the cost of repairs.

Its objective is to assess superficially and structurally the flexible pavement between km 1 and km 5 of the road playa lobos.

The work will be carried out in 3 phases, starting with the evaluation of surface damage, using the PCI method from the visual inspection of faults in the pavements, the data will be collected processed and analyzed.

Subsequently, the pavement will be structurally evaluated by destructive tests (calicatas) to extract representative samples from the soil, which will be tested in the laboratory, these data will be analyzed.

Finally, the intervention proposal will be prepared after having compiled the results obtained from the previous phases.

**Keywords:** Flexible pavement, Superficial Assessment, Structural Assessment, PCI, Intervention Proposal.

## Introducción

Petróleos del Perú PETROPERÚ es una empresa peruana estatal de derecho privado que comercializa hidrocarburos, como Gasolina 90 Octanos, Gasolina de 84 Octanos, Gasohol Plus 90, Gasohol Plus 84, Turbo A-1, y Biodiesel B5 a varias regiones del país.

En el departamento de Lambayeque provincia de Chiclayo, distrito de Puerto Eten existe un establecimiento activo en el Terminal Eten km 5 de la carretera Playa Lobos operado por la empresa peruana Terminales del Perú, la vía de acceso a dicho Terminal (Ruta N° LA-119) según el CLASIFICADOR DE RUTAS DEL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS – SINAC (D.S. N° 011-2016-MTC) está considerada como red vial departamental, con carretera pavimentada al 45.09% y carretera sin afirmar al 54.91%, el tramo pavimentado fue construido por PETROPERU S.A como empresa independiente entre los años 1972 – 1975 en vista de la necesidad de una pista en buenas condiciones para transportar el combustible de manera segura.

En el año 1997 el Fenómeno de El Niño se manifiesta intensamente en la zona de la Región Lambayeque arrojando información de lluvias para Lambayeque de tipo fuerte, así pues, Reque soporto 29 lts/m<sup>2</sup>, Cayalti 29.8 lts/m<sup>2</sup>, Chiclayo 37 lts/m<sup>2</sup>, valores que desde ya habían sobrepasado los valores medios de años anteriores a este tipo de eventos [1], este fenómeno trajo consigo grandes deslizamientos de lodo proveniente de los cerros aledaños y como consecuencia gran parte de la pista quedó dificultosa después de este desastre, es por ello que en el año 1998 el Terminal Petro Perú en Puerto Eten cierra temporalmente la planta dejando sin combustible a los varios grifos del país; de la misma forma, en el año 2017 otro Fenómeno del Niño ocasiona que nuevamente la pista quede inhabilitada para el transporte de combustible, en efecto, al año 2019 José Llerena Roncal *Coordinador de Estudios y Proyectos – DECA*, realiza una evaluación de la vía declarándola un activo crítico nacional.

Actualmente al año 2022, la planta tiene un movimiento promedio de **12,500 barriles/día**, todos los días camiones cisterna se dirigen hacia la planta para poder llenar sus tanques de combustible, así como también vehículos livianos y comerciales transportando a los trabajadores de la planta.

Según lo consultado con los usuarios de la vía, manifiestan que el mal estado de la pista conlleva a que se produzcan daños en sus vehículos, el costo de reparar los daños que sufren sus unidades es asumido por los mismos dueños, y al tratarse de vehículos pesados, los repuestos tienen un costo elevado, además la falta de seguridad hacía ellos aumenta al tratarse del transporte de un líquido inflamable, así como el disgusto de transitar en una vía que ha perdido confort.

Por lo expuesto la pregunta que plantea la siguiente investigación es ¿Cuál es la propuesta de intervención que solucione los problemas que presenta el tramo vial para mejorar su condición operacional?

La necesidad de una pista en buen estado se justifica ya que, es de conveniencia social reparar el estado de esta vía, ya que es la principal fuente de acceso por la que transitan los camiones cisternas que abastecen a distribuidores mayoristas como Petróleos del Perú – PETRO PERU, Repsol Comercial SAC – RECOSAC, Peruana de Combustible – PECSA, Corporación PRIMAX, Ferush, Petro América y Nuevo Mayorista NUMAY, que participan en la cadena de comercialización y distribución en los departamentos de Lambayeque, Cajamarca, Amazonas (Bagua), La Libertad (Chepén, Guadalupe, Pacasmayo), Piura (Bayovar) y San Martín (Moyobamba Tarapoto).

Si se logra tener una pista pavimentada y en buenas condiciones se resguardaría la seguridad de los conductores al trasladar combustible, lo que transportan es un líquido inflamable, que debe ser movilizadocuidadosamente para no ocasionar accidentes catastróficos, así mismo los propietarios de los vehículos no se perjudicarían económicamente debido al constante mantenimiento, reparo o cambio de piezas de sus vehículos y que por el tamaño de estos tienen un costo elevado, en síntesis, al realizar una evaluación superficial y estructural del pavimento flexible del km 1 al km 5 de la carretera playa lobos se podrá diagnosticar el estado real del pavimento para brindar una propuesta de intervención adecuada que permita subsanar las necesidades que le corresponden a una vía de esa importancia.

El objetivo general de esta investigación es evaluar superficial y estructuralmente el pavimento flexible del km 1 al 5 de la carretera playa lobos y para este propósito se deben cumplir con los siguientes objetivos específicos: Recopilar información antecedente sobre la zona en estudio, Calcular IMDa del km 1 y el km 5 de la carretera playa lobos, Evaluar superficialmente el pavimento en estudio mediante el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), Evaluar estructuralmente el pavimento en estudio mediante ensayos destructivos (calicatas) de la mano con los ensayos de laboratorio para la subrasante, base, subbase y carpeta asfáltica, Procesar los resultados obtenidos de ambas evaluaciones y Brindar una propuesta de intervención que solucione los problemas que presenta el tramo vial para mejorar su condición operacional.

## Revisión de literatura

### Antecedentes Internacionales

**Juan Manuel Díaz Cárdenas, “Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles”. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C., 2014. [2]**

Díaz expone que el principal activo económico que tienen los países para poder desarrollarse social, económica y culturalmente es su infraestructura vial, por eso es relevante considerar a los pavimentos como un activo económico fundamental para el país, actualmente la infraestructura vial se encuentra en un nivel funcional por debajo del que se necesita, de ser posible con la intervención en las vías nacionales se podría observar el aprovechamiento por la reducción de costos de operación, y por la reactivación de la economía, por ello propone comparar los resultados obtenidos de los métodos VIZIR y PCI para desarrollar una matriz adecuada de propuestas de rehabilitación y mantenimiento de los pavimentos flexibles colombianos concluyendo que el método de PCI da opción de no incorporar la totalidad de las secciones a analizar, lo que agiliza la obtención de resultados pero con desfases de  $\pm 5$  y que los métodos VIZIR como PCI guardan similitud, pero por los límites en los que están los grados de severidad, la metodología del PCI es más estricta.

**Marya Johanna Sánchez Alfonzo, “Evaluación integral de la vía local Cumaná – Cumanacoa (1001); progresiva 0+000 (puente Aliviadero Manzanares) hasta progresiva 10+000 (vía Cumanacoa), de los municipios Sucre y Montes del estado Sucre”. Universidad de Oriente. Puerto la Cruz – Venezuela, 2010 [3].**

Sánchez informa en su investigación que el estado de Sucre cuenta con un servicio autónomo de viabilidad (S.A.V.E.S) su creación es exclusiva para cumplir las funciones de administrar, construir y mantener la infraestructura vial del estado de Sucre en condiciones óptimas de transitabilidad que aseguren la comodidad de los usuarios y aumenten la calidad de las vías, para lograr el acceso a áreas de actividad agropecuaria, La carretera local Cumaná - Cumanacoa es una vía que necesita mantenimiento, en la actualidad el estado de esta vía es intransitable por la cantidad de fallas que presenta su pavimento, la vía descrita es de interés regional por la comunicación que brinda con el Estado de Monagas, su falta de mantenimiento desde el año 1983 ha ocasionado la degradación, por lo expuesto pretende evaluar 10 kilómetros

la vía local 01 Cumaná - Cumanacoa, mediante el uso del Método PCI con la finalidad de sugerir planes de rehabilitación integral y concluye que el valor del PCI para el tramo en estudio es equivalente a 34, ubicado en la curva del deterioro del pavimento se conoce que la vía se encuentra en condiciones malas, además es necesaria la instalación de dispositivos señalamiento y control, también recomienda el cambio de sistemas de drenaje en algunas zonas por el colapso de alcantarillas y malas condiciones de cunetas, así como la reparación de aceras y brocales

### **Antecedentes Nacionales**

***Paola Beatriz Leguía Loarte y Hans Fernando Pacheco Risco, “Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)”. Universidad San Martín de Porres. Huaura - Lima, 2016 [4].***

Leguía y Pacheco presentan en su investigación la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías arteriales de la Ciudad de Huacho, Huaura, Lima mediante el método de Índice de Condición del pavimento, con el fin de conocer la condición del pavimento flexible en las avenidas Cincuentenario, Colón y Miguel Grau.

La primera comprende 3800 metros lineales de pavimento flexible, para las muestras se usaron secciones de 50.00 metros de largo por 7.00 metros de ancho de calzada, obteniendo un total de 76 unidades de muestreo, en el primer tramo del KM 0+000 al KM 1+000 obtuvieron un PCI promedio de 39.90 quiere decir mala condición, en el segundo tramo del KM 1+000 – 2+000 obtuvieron un PCI promedio de 47.90 quiere decir condición regular, en el tercer tramo del KM 2+000 – 3+000 obtuvieron un PCI promedio de 60.21 y en el cuarto tramo del KM 2+000 – 3+000 obtuvieron un PCI promedio de 59.35, en los dos últimos tramos el pavimento tenía buena condición, por lo expuesto el PCI de la Av. Cincuentenario es de 51.84, quiere decir condición regular.

La segunda abarca 1950 metros lineales de pavimento flexible que es la longitud total de la Av. Colón y Av. Miguel Grau, para las muestras se usaron secciones de 50.00 metros de largo por 10.50 metros de ancho de calzada para la Av. Colón y 9.20 metros de ancho de calzada para la Av. Miguel Grau, la Av. Colón cuenta con 6 unidades de muestra, el 1° tramo de la Av. Grau cuenta con 1 unidad de muestra y el 2° tramo de la Av. Grau cuenta con 32 unidades de muestra. Obteniendo un total de 39 unidades de muestreo, en el primer tramo del KM 0+000 al KM 0+300 obtuvieron un PCI promedio de 71.06 quiere decir muy buena condición, en el segundo

tramo del KM 0+300 – 0+350 obtuvieron un PCI promedio de 70.00 quiere decir condición muy buena, en el tercer tramo del KM 0+350 – 1+150 obtuvieron un PCI promedio de 31.98 quiere decir condición mala y en el cuarto tramo del KM 0+350 – 1+150 obtuvieron un PCI promedio de 64.13 quiere decir condición buena. Con esta investigación lograron concluir que las fallas que más predominaban eran desprendimiento de agregados, parches, agrietamientos y huecos, además que el método de PCI permite identificar los tipos de falla que presenta el pavimento a fin de realizar un tratamiento adecuado para cada una.

***Tacza Herrera, Erica Betsabe y Rodriguez Paez, Braulio Omar, “Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado”. Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima, 2018 [5].***

Según estudios realizados por Tacza y Rodriguez mencionan que en el año 2016 la Municipalidad del distrito de La Molina gestiona la obra para la aplicación de hasta 4 carriles para la Av. Javier Prado, a fin de mejorar la transitabilidad de vehículos privados y públicos, en el 2018 después de dos años de inaugurada la carretera se observan daños en la superficie del pavimento que causan un problema para la transitabilidad, seguridad y comodidad del usuario, por ello en la búsqueda de alternativas de intervención para mejorar la condición actual del pavimento flexible del carril segregado del corredor Javier Prado aplican el método del PCI a fin de conocer y evaluar el estado del pavimento flexible de la Av. Javier Prado, mediante el cual concluye que el tramo en estudio es una zona óptima para rehabilitación, por ello es necesario aplicar intervenciones para impedir su deterioro como sellado de grietas y superficial además de bacheo profundo.

***María Alexandra Correa Vásquez y Luis Guillermo del Carpio Molero, “Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura”. Universidad de Piura. Piura, 2019 [6].***

Correa y del Carpio narran que en la actualidad en la ciudad de Piura el estado de sus redes viales está atravesando por una situación crítica, debido a que la mayoría de sus vías reflejan un desgaste significativo, esto sucede porque las entidades encargadas del sistema vial no gestionan un adecuado mantenimiento a las pistas de la ciudad, en busca de una solución al problema pretenden usar el método del PCI para determinar la condición del pavimento de

diferentes sectores de la vía en estudio a través del reconocimiento de cada una de las fallas existentes, en trabajo conjunto con el software Evaluar para disminuir el tiempo en la obtención de resultados, teniendo como resultados que el valor del PCI para el Sector 1 es de 38, por lo tanto es necesaria su rehabilitación, al Sector 2 con un PCI de 68, le corresponde un mantenimiento periódico y rutinario y para el Sector 3 con un PCI de 83 se debe hacer un mantenimiento rutinario, en conclusión esta investigación puede ser usada por los gobiernos locales y regionales para ejecutar planes de mantenimiento o incluso intervenciones con el propósito de que los usuarios en general sean los beneficiados.

### **Antecedentes locales**

***Luis Eber Quintana Díaz, “Aplicación del Método Índice de Condición del Pavimento para Evaluar la Superficie de Rodadura de la Carretera Reque - Puerto Eten”. Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo, 2018 [7].***

Quintana en su proyecto de investigación explica que el estado deficiente de las carreteras del país es un motivo de preocupación para los usuarios, muchos pavimentos se encuentran desgastados, algunos por el término de su vida útil y otros por el nulo mantenimiento periódico debido a la incapacidad y ausencia de planificación de los gobiernos para gestionar estos trabajos, así a lo largo de los años las fallas se acentúan más haciendo que su reparación genere mayores costos y contribuyendo a que sean pistas causantes de accidentes o de daños materiales, por ello se la aplicará el método del PCI en la carretera Reque - Puerto Eten, para conocer el estado actual del pavimento, a fin de brindar propuestas de solución para mejorar la operabilidad de la vía, lo que concluye de su investigación es que el valor del PCI para el tramo en estudio es equivalente a 37.26 ubicado en la curva del deterioro del pavimento, por lo tanto es un pavimento en malas condiciones, además que la falla que más predomina en el pavimento son grietas transversales y longitudinales con 353 unidades que representa el 7.48%, también se logra identificar que las zonas en buenas condiciones tiene un PCI que varía entre 70 y 85 abarcan un 0.78%.

***Magaly Campos Cruz, “Evaluación del pavimento flexible por el método del PCI, calle Dorado cuadra 1- 10 del distrito Jose Leonardo Ortiz – Chiclayo”. Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo, 2019 [8].***

Campos expone que la infraestructura vial aumenta cada año para poder satisfacer las demandas de tráfico, actualmente en la región de Lambayeque sus pavimentos flexibles presentan fallas posteriores a la construcción. En la ciudad de Chiclayo en las calles donde existe mayor fluidez de vehículos los pavimentos se encuentran en un estado pésimo, trayendo consigo dificultad para la transitabilidad de los vehículos y fallas en los mismos, por ello justifica que con la evaluación del pavimento mediante el método PCI se podrá determinar la necesidad de mantenimiento o rehabilitación del pavimento, además con un diagnóstico del estado de conservación la Municipalidad de José L. Ortiz podrá evaluar la posibilidad de una intervención adecuada y viable, todo esto contribuirá a que los usuarios de la vía puedan tener seguridad y confort, concluyendo que El valor del PCI para el tramo en estudio es equivalente a 24.5 ubicado en la curva del deterioro del pavimento, por lo tanto es un pavimento en malas condiciones y requiere de una reconstrucción y rehabilitación.

***Bryan Samir Carrera Huertas y Lizbeth Isamar Dávila Monteza, “Evaluación del pavimento flexible para la rehabilitación de la avenida Las Américas tramo km 0+000 al km 2+045 ubicada en el distrito de Chiclayo – Lambayeque”. Universidad San Martín de Porres, Chiclayo, 2019 [9].***

Carrera y Dávila presentan en su investigación la evaluación superficial mediante la aplicación del método PCI de la Av. Las Américas, así como una evaluación estructural mediante la extracción de muestras de suelo a partir de calicatas para su análisis en laboratorio, a fin de proponer la rehabilitación de los tramos en estado crítico como también el diseño de un nuevo paquete estructural con el costo correspondiente.

El estudio abarca 4090 metros lineales que comprenden la longitud de la Av. Las Américas dividida en tramos de 2045 metros lineales, se ha usado una longitud de muestreo de 33.0 metros por 7.0 metros del ancho de calzada, obteniendo así un total de 62 unidades de muestro en cada calzada, es decir 124 en toda la Av. Las Américas.

Del estudio de la evaluación superficial se han obtenido como resultados que en el tramo 01 las muestras UM13, UM2, UM41, UM43, UM45 y UM59 tienen el PCI más alto con 100 quiere decir que tiene una excelente condición, en cambio, la muestra UM33 tiene el PCI más bajo con 0.62 quiere decir que tiene una condición fallada, y para el tramo 02 las muestras UM80, muestra UM72 tiene el PCI más bajo con 8.09 quiere decir que tiene una condición fallada.

Del estudio de la evaluación estructural se conoce de la base y subbase que: predomina la presencia de grava en 44.67% para la calicata 01 y 49.39% para la calicata 02, el índice de plasticidad es de 6.02% para la calicata 01 y 2.06% para la calicata 02. De la subrasante se conoce que predomina la presencia de Limos y arcillas en 89.62% para la calicata 01 y 85.34% para la calicata 02, el índice de plasticidad es de 30.04% para la calicata 01 y 26.61% para la calicata 02, además que el contenido de humedad es de 27.04 para la calicata 01 y 25.39 para la calicata 02, el CBR al 95% de la subrasante es de 5.60% para la calicata 01 y 5.30% para la calicata 02, CBR al 95% de la base granular es 79.02% y que la densidad de campo es 2.21 g/cm<sup>3</sup> para la calicata 01 y 2.22 g/cm<sup>3</sup> para la calicata 02.

Con esta investigación lograron concluir que el PCI del tramo en estudio es de 79.37 considerado muy bueno y además se tienen dos alternativas para el paquete estructural del pavimento, la primera consta de mejorar la subrasante con Over de 30 cm, encima de una capa de arenilla de 10cm, con subbase de 30 cm y una base de 25 cm, para la segunda se planteó mejorar la subrasante con Over de 30 cm, encima de una capa de arenilla de 10cm, con subbase de 30 cm y una base de 30 cm.

## **Bases Teóricas**

### **Pavimento**

#### **Definición**

El pavimento es una estructura formada por capas apoyadas sobre la subrasante, tiene por finalidad soportar y distribuir los esfuerzos que ejercen los vehículos para aumentar la calidad en la seguridad y comodidad para el tránsito [10].

#### **Estructura del pavimento**

- **Capa de Rodadura:** Capa externa del pavimento, que cuando está hecha de material bituminoso se le conoce como flexible y rígida cuando es elaborada con cemento Portland o de adoquines, funciona sujetando de forma directa el tránsito.
- **Base:** Situada bajo la capa de rodadura, es de material granular drenante con un CBR mayor o igual al 80%, de lo contrario deber ser manipulada con cal, cemento o asfalto.
- **Subbase:** Capa que sujeta a la base y carpeta, tiene un espesor y material especificado según el diseño y que puede omitirse de acuerdo con este, controla la capilaridad y el drenaje. El CBR debe ser mayor o igual al 40%, de lo contrario deber ser manipulada con cal, cemento o asfalto

## **Clasificación de pavimentos**

### **Pavimento Flexible**

Estructura formada por capas granulares (subbase, base) y por una capa de rodadura compuesta por materiales bituminosos, agregados y dependiendo, aditivos [11].

La superficie de rodadura puede ser:

- **Mezclas asfálticas en frío:** mezcla de por agregados pétreos con asfaltos rebajados o aglomerantes bituminosos que, en el proceso de combinación, no necesiten un calentamiento previo.
- **Mezclas asfálticas en caliente:** mezcla de por agregados pétreos con asfaltos rebajados o aglomerantes bituminosos que, en el proceso de combinación, necesiten ser sometidos al calor.

### **Pavimento Semirrígido**

Se considera a la estructura formada por carpeta asfáltica en caliente sobre una base tratada con cemento o cal, se incluyen a los pavimentos adoquinados dentro de esta clasificación [11].

### **Pavimento Rígido**

Estructura formada por una losa de concreto de cemento hidráulico, apoyada sobre la subbase que puede estar compuesta por materiales granulares o estabilizarse con cemento, asfalto o cal [12].

## **Pavimentos Flexibles**

### **Estudio de tráfico**

El fin de un estudio de tráfico radica en que al conocer los volúmenes de tránsito se puede estimar los límites de la demanda que afectará a la estructura vial. El resultado del estudio de tráfico es conocer el índice medio anual (IMDA) para el tramo vial de la materia en estudio.

### **Factor direccional y Factor carril**

El factor direccional es la cantidad de vehículos pesados que circulan en un curso de tráfico, este número es definido en el conteo vehicular. El factor carril está relacionado con el carril que abarca mayor número de EE.

**TABLA 01: Factores de Distribución Direccional y de Carril**

Nº de calzadas	Nº de sentidos	Nº de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado (Fd x Fc)
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.8	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

**Tasa de crecimiento y proyección**

Indica el crecimiento socioeconómico, relaciona la tasa de crecimiento poblacional con la tasa de crecimiento de vehículos y con la tasa de crecimiento de la economía (PBI). Usualmente oscilan entre 2% y 6%.

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

T<sub>n</sub> = Tránsito al año “n” en veh/día.

T<sub>o</sub> = Tránsito actual en veh/día.

n = Periodo de diseño.

r = Tasa anual de crecimiento.

**Número de repeticiones de ejes equivalentes**

Es la unidad de medida definida por AASHTO, mide el tránsito acumulado en el tiempo de diseño analizado. Un EE es el efecto del deterioro en el pavimento que produce el paso de un eje simple de dos ruedas con peso de 8.2 Tn y con presión de 80 lbs/pulg<sup>2</sup> en los neumáticos.

**TABLA 02: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)**

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [P/6.6] <sup>4.0</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [P/8.2] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [P/14.8] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [P/15.1] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [P/20.7] <sup>3.9</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [P/21.8] <sup>3.9</sup>

## Diseño de pavimentos flexibles – Método AASHTO

### Módulo de Resiliencia (MR)

Mide la rigidez de la subrasante, para ello se necesita conocer el valor del CBR.

**TABLA 03: Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR.**

<b>CBR% SUB RASANTE</b>	<b>MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (MR) (PSI)</b>	<b>MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (MR) (MPA)</b>
6	8,043.00	55.45
7	8,877.00	61.20
8	9,669.00	66.67
9	10,426.00	71.88
10	11,153.00	76.90
11	11,854.00	81.73
12	12,533.00	86.41
13	13,192.00	90.96
14	13,833.00	95.38
15	14,457.00	99.68
16	15,067.00	103.88
17	15,663.00	107.99
18	16,247.00	112.02
19	16,819.00	115.96
20	17,380.00	119.83
21	17,931.00	123.63
22	18,473.00	127.37
23	19,006.00	131.04
24	19,531.00	134.66
25	20,048.00	138.23
26	20,558.00	141.74
27	21,060.00	145.20
28	21,556.00	148.62
29	22,046.00	152.00
30	22,529.00	155.33

### Confiabilidad (%R) y la Desviación Estándar Combinada (So)

La confiabilidad representa cuán probable es que una estructura durante su periodo de diseño tenga el comportamiento planificado.

Esta se encuentra en ligada a factores influyentes en la estructura del pavimento y cómo se comporta, pero, otros factores no esperados como las condiciones climáticas, la calidad en la construcción, etc. podrían minimizar el tiempo de la vida útil prevista.

La confiabilidad no es un parámetro que se ingrese directamente a la fórmula de diseño, por lo tanto, debe usarse la Desviación Normal Estándar ( $Z_r$ ).

A continuación, se presentan valores recomendados de niveles de confiabilidad para los diferentes rangos de tráfico:

**TABLA 04: Valores del Nivel de Confiabilidad**

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de confiabilidad ( R )
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
<b>Resto de caminos</b>	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,00	90%
	TP9	7,500,001	10,000,000	90%
	TP10	10,000,001	12,500,000	90%
	TP11	12,500,001	15,000,000	90%
	TP12	15,000,001	20,000,000	95%
	TP13	20,000,001	25,000,000	95%
	TP14	25,000,001	30,000,000	95%
	TP15	>30,000,000		95%

#### Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ )

La Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ) representa el valor de la confiabilidad.

**TABLA 05: Coeficientes para la desviación estándar**

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Desviación Estándar ( $Z_R$ )
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	TP0	75,000	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	-0.842
<b>Resto de caminos</b>	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,00	-1.282
	TP9	7,500,001	10,000,000	-1.282
	TP10	10,000,001	12,500,000	-1.282
	TP11	12,500,001	15,000,000	-1.282
	TP12	15,000,001	20,000,000	-1.645
	TP13	20,000,001	25,000,000	-1.645
	TP14	25,000,001	30,000,000	-1.645
	TP15	>30,000,000		-1.645

### Índice de Serviciabilidad (PSI)

Representa la comodidad que se le ofrece al usuario, el valor oscila entre 0 a 5, donde 5 es un valor difícil de alcanzar ya que representa la mejor comodidad teórica, por el contrario 0 representa la peor.

### Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)

Cuando la vía ha sido construida recientemente, se tiene los siguientes índices:

**TABLA 06: Valores para el Índice de Serviciabilidad Inicial.**

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	3.80
	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10,000,000	4.00
	TP10	10,000,001	12,500,000	4.00
	TP11	12,500,001	15,000,000	4.00
	TP12	15,000,001	20,000,000	4.20
	TP13	20,000,001	25,000,000	4.20
	TP14	25,000,001	30,000,000	4.20
	TP15		>30,000,000	4.20

### Índice de Serviciabilidad Final (Pt)

Cuando la vía requiere de alguna rehabilitación o reconstrucción, se tiene los siguientes índices:

**TABLA 07: Valores para el Índice de Serviabilidad Final.**

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviabilidad Final (Pt)
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	TP0	75,000	150,000	2.00
	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750,001	1,000,000	2.00
<b>Resto de caminos</b>	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,00	2.50
	TP9	7,500,001	10,000,000	2.50
	TP10	10,000,001	12,500,000	2.50
	TP11	12,500,001	15,000,000	2.50
	TP12	15,000,001	20,000,000	3.00
	TP13	20,000,001	25,000,000	3.00
	TP14	25,000,001	30,000,000	3.00
	TP15	>30,000,000		3.00

**Variación de Serviabilidad ( $\Delta$  PSI)**

Es la resta entre el índice de serviabilidad inicial con el final, se asume para desarrollar el proyecto.

**TABLA 08: Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta$  PSI)**

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta$ PSI)
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	TP0	75,000	150,000	1.80
	TP1	150,001	300,000	1.80
	TP2	300,001	500,000	1.80
	TP3	500,001	750,000	1.80
	TP4	750,001	1,000,000	1.80
<b>Resto de caminos</b>	TP5	1,000,001	1,500,000	1.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001	7,500,00	1.50
	TP9	7,500,001	10,000,000	1.50
	TP10	10,000,001	12,500,000	1.50
	TP11	12,500,001	15,000,000	1.50
	TP12	15,000,001	20,000,000	1.20
	TP13	20,000,001	25,000,000	1.20
	TP14	25,000,001	30,000,000	1.20
	TP15	>30,000,000		1.20

### Coefficiente de Drenaje (m)

Cuando la estructura del pavimento se expone a niveles de humedad cercanos a la saturación.

**TABLA 09: Coeficiente de Drenaje (m)**

Calidad del drenaje	P=% Del tiempo en que el pavimento se expone a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
<b>Excelente</b>	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
<b>Bueno</b>	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
<b>Regular</b>	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
<b>Pobre</b>	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
<b>Muy pobre</b>	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

### Número Estructural Propuesto (SN<sub>R</sub>)

Indica el total del espesor del pavimento a construir, tiene que transformarse a espesor efectivo para cada capa que lo conforma (capa de rodadura, base y subbase) con la ayuda de coeficientes estructurales, esta transformación es posible gracias a la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

Donde:

a1, a2, a3: coeficientes estructurales de la subrasante, base y subbase.

d1, d2, d3: espesores (cm) de la subrasante, base y subbase.

m2, m3: coeficientes de drenaje para la base y subbase.

### Evaluación de pavimentos

#### Evaluación superficial: Método del Índice de Condición del Pavimento o Pavement Condition Index (PCI) – ASTM D4433 03

El método de PCI fue elaborado por los Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, verificado y aprobado por APWA y DOD. Este proceso se basa en determinar el estado de un pavimento mediante la inspección visual.

El procedimiento que sigue el PCI es basado en la inspección de fallas que se observen en el pavimento proporcionando una medida que valore su condición operacional superficial, el PCI no determina capacidad estructural del pavimento, pero brinda una base objetiva y racional que ayuda a reconocer la necesidad de conservación, reparación o mejoramiento del diseño existente.

Ilustración 1. Graduación de los valores del PCI.



### Unidades de muestreo

Para poder aplicar el método es necesario dividir la pista en unidades de muestreo, las medidas de cada una de las muestras dependen del tipo de vía y la capa de rodadura que presenten. Según ASTM D6433-03 las longitudes de muestro asfáltico deben ser:

**TABLA 10: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas**

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Para carreteras que presenten capa de rodadura de asfalto y un ancho menos a 7.30 metros. El área que presente la muestra debe entrar entre los  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ .

### Determinación de las unidades de muestreo

La menor cantidad de unidades de muestreo a inspeccionar en caso de que no se puedan evaluar todas las previstas, se rige por la siguiente ecuación al 95% de confiabilidad.

$$n = \frac{Nx\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1) + \sigma^2}$$

Donde:

n: Mínima cantidad de unidades de muestra a ser evaluadas.

N: Cantidad total de unidades de muestra en una sección.

e: Error permitido al estimar el valor del PCI de la sección (e = 5%)

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Para el valor de (s) del PCI, se asume 10 en el caso de pavimento asfáltico y 15 si es el caso de concreto. El valor correcto de la desviación estándar se podrá hallar con la siguiente formula de ser el caso que el 95% de confiabilidad sea crítico.

$$S = \left( \sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2 / (n - 1) \right)^{1/2}$$

Donde:

PCI<sub>i</sub> = valor PCI de las unidades de muestreo que serán inspeccionadas i.

PCIs = valor PCI en la sección.

n = Total de unidades de muestreo que ya han sido inspeccionadas.

### **Selección de las unidades de muestreo**

Si el número de muestras seleccionadas para inspección es más grande que la cantidad de muestras que ya han sido inspeccionadas, se deberá escoger más muestras al azar, de manera que la cantidad de unidades ya inspeccionadas sea igual o más grande que la cantidad de unidades de muestro elegidas para inspeccionar.

Una recomendación es que el espaciamiento de las unidades seleccionadas sea uniforme a lo largo de toda la sección, se utiliza el muestreo al azar.

a) El intervalo (i) que define al espaciamiento se calcula con la siguiente fórmula:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: Cantidad total de unidades de muestreo disponibles.

n: Cantidad mínima de unidades a inspeccionar.

i: Intervalo de muestreo, redondeado al entero inferior

b) La muestra inicial para inspeccionar se encontrará entre la muestra 1 y el intervalo de muestra (i), para conocer la siguiente unidad de muestra a inspeccionar se escoge el número de muestra anterior sumado con el intervalo de muestra (i), y se repite el proceso

## Evaluación de la condición

### Equipo

- Odómetro, mide longitudes y áreas.
- Cinta métrica y regla, mide profundidad de ahuellamientos.
- Manual de fallas del PCI, según los formatos que corresponden a la norma ASTM D 6433-03.

### Procedimiento

- Se utiliza el formulario u “hoja de información de exploración de la condición” correspondiente a la norma ASTM D 6433-03.
- Por fines de seguridad se debe implementar señalización y advertencia al momento de inspeccionar la vía.

## Factores sometidos a evaluación

- Clasificación de daños

**TABLA 11: Clasificación de los daños**

<b>Fallas</b>	<b>Unidad de medida</b>
Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>
Exudación	m <sup>2</sup>
Fisuras de bloque	m <sup>2</sup>
Abultamiento y Hundimientos	ml
Corrugación	m <sup>2</sup>
Depresión	m <sup>2</sup>
Grieta de borde	ml
Desnivel carril/berma	ml
Grietas longitudinales y transversales	ml
Baches y zanjas reparadas	m <sup>2</sup>
Agregados pulidos	m <sup>2</sup>
Huecos	-
Accesos	m <sup>2</sup>
Ahuellamiento	m <sup>2</sup>
Deformación de empuje	m <sup>2</sup>
Grietas de deslizamiento	m <sup>2</sup>
Hinchamiento	m <sup>2</sup>
Disgregación y desintegración	m <sup>2</sup>

- **Nivel de severidad**

L: (Low: Bajo). Las vibraciones se pueden percibir, sin embargo, no es necesario reducir la velocidad. Abultamiento o hundimientos generan que el vehículo tenga un pequeño rebote ocasionando poca incomodidad,

M: (Medium: Medio). Las vibraciones llegan a ser significativas, por ello es necesario reducir la velocidad. Abultamiento o hundimientos generan que el vehículo tenga un rebote mayor, ocasionando incomodidad y daño al vehículo.

H: (High: Alto). Las vibraciones llegan a ser muy significativas, por ello es necesario reducir considerablemente la velocidad. Abultamiento o hundimientos generan que el vehículo tenga un rebote mayor, ocasionando gran incomodidad y peligro potencial al vehículo.

- **Extensión de los daños**

Es la longitud o área afectada por la presencia de fallas

### **Daños Superficiales**

#### **1. Piel de cocodrilo (Alligator Craking)**

También conocido como agrietamiento por fatiga, la zona afectada es la superficie de rodadura por la aparición de fisuras longitudinales en paralelo, esto sucede cuando la superficie está sometida a las cargas de la rueda provocando esfuerzos de tensión y deformaciones unitarias altas, que bajo la acción de constantes repeticiones de carga de tráfico las fisuras se unen formando patrones que se asemejan a la piel de un cocodrilo [13].

#### **Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). Fisuras finas del espesor que tiene un cabello, Son mallas grandes (> 0.5m).
- ✓ M: (Medium: Medio). Evolución de fisura finas que podrían estar descascaradas. Son mallas medianas (entre 0.3 y 0.5m)
- ✓ H: (High: Alto). Patrón bien definido y descascarado en los bordes. Son mallas pequeñas (< 0.3m).

#### **Extensión del daño**

Se mide en metros cuadrados, de existir más de un nivel de severidad en una misma área, de ser distinguidas fácilmente, se registran por separado, de lo contrario se toma la predominante.

Ilustración 2. Piel de cocodrilo - Baja severidad



Ilustración 3. Piel de cocodrilo - Media severidad.

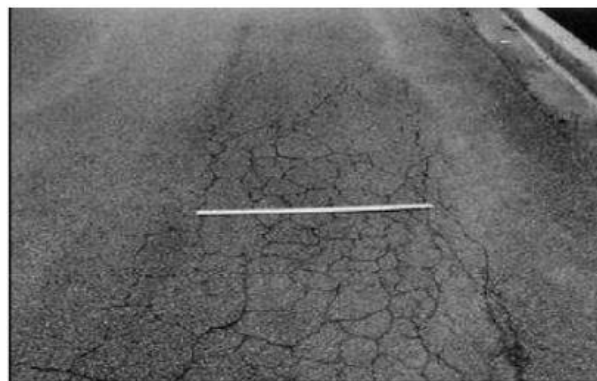


Ilustración 4. Piel de cocodrilo - Alta severidad.



## 2. Exudación (Bleeding)

Es la aparición de un sello bituminoso encima de la superficie del pavimento, generada por las excesivas cantidades de asfalto o un bajo contenido de vacíos, esto sucede en el momento en el que se llenan los vacíos con la mezcla asfáltica en climas de elevadas temperaturas. La exudación no se revierte en condiciones climáticas frías [13].

**Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). Es notorio solo en algunos días, El asfalto no se adhiere en los zapatos o a los neumáticos.
- ✓ M: (Medium: Medio). Ocurre en algunas semanas. El asfalto se adhiere en los zapatos o a los neumáticos.
- ✓ H: (High: Alto). Ocurre en muchas semanas. El asfalto se adhiere en los zapatos o a los neumáticos.

**Extensión del daño**

Se mide en metros cuadrados, si existiera más de un nivel de severidad en una misma área se registran por separado. Si se cuenta la mancha no se debe contar como falla el pulimento de agregados.

Ilustración 5.Exudación - Baja severidad.

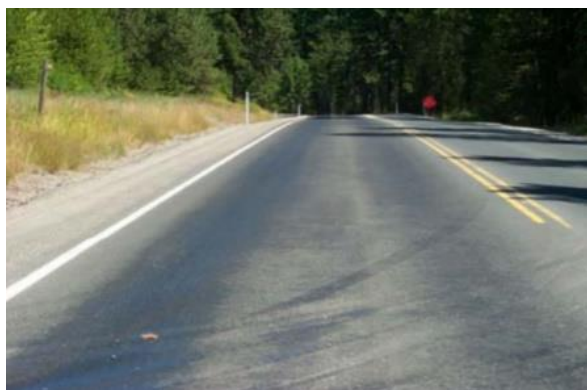


Ilustración 6.Exudación - Media severidad.



*Ilustración 7. Exudación - Alta severidad.*



### **3. Agrietamiento en bloque (Block Cracking)**

Falla que divide al pavimento en polígonos maso menos rectangulares, estos bloques tienen tamaños de aproximadamente 0.3 x 0.3m (1 x 1ft) hasta 3 x 3m (10 x 10ft). Las fisuras formadas son indicadores de que el asfalto se ha endurecido, a diferencia de la piel de cocodrilo, puedes encontrar agrietamiento en bloques en áreas donde no hay mucho tráfico, además el patrón de este tipo de falla son fragmentos más pequeños [13].

#### **Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). Grietas con dimensiones de 10 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). Grietas con dimensiones de 10 mm a 30 mm.
- ✓ H: (High: Alto). Grietas con dimensiones mayores a 30 mm.

#### **Extensión del daño**

Se mide en metros cuadrados, en caso de existir más de un nivel de severidad en una misma área se registran por separado.

*Ilustración 8. Agrietamiento en bloque - Baja severidad.*

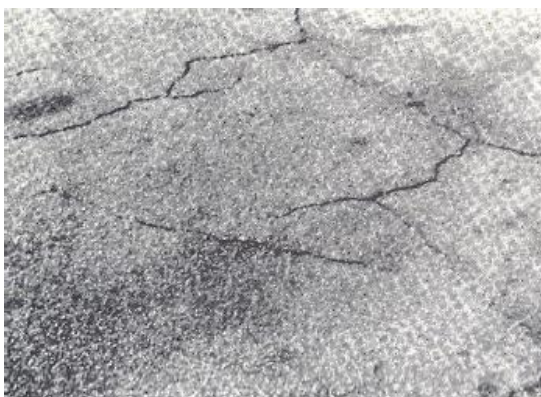


Ilustración 9. Agrietamiento en bloque - Media severidad.



Ilustración 10. Agrietamiento en bloque -Alta severidad.



#### 4. Abultamientos y hundimientos (Bumps and Sags)

Los abultamientos son desplazamientos pequeños en dirección superior situados en la parte superficial del pavimento, se diferencia de los desplazamientos por que estos surgen a causa de por pavimentos inestables.

Los desplazamientos pequeños y abruptos en dirección para debajo de la superficie del pavimento son hundimientos, estos causan las ondulaciones.

##### Nivel de severidad

- ✓ L: (Low: Bajo). Hundimientos de profundidad  $\leq 20$  mm y abultamientos con altura  $\leq 10$  mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). Hundimientos de profundidad entre los 20 y 40 mm y abultamientos con alturas entre los 10 y 20 mm.
- ✓ H: (High: Alto). Hundimientos de profundidad  $\geq 40$  mm y abultamientos con altura  $\geq 10$  mm.

### **Extensión del daño**

Se mide en metros lineales, se debe tener en cuenta que, si están perpendiculares al flujo de los vehículos y con espacios de menos de 3 metros se le llama corrugación, y si el abultamiento está combinado con una grieta, también se registra.

*Ilustración 11. Abultamientos y hundimientos -Baja severidad.*



*Ilustración 12. Abultamientos y hundimientos -Media severidad.*



*Ilustración 13. Abultamientos y hundimientos -Alta severidad.*



## 5. Corrugación (Corrugation)

Conocido como “arqueamiento de tabla de lavado” son cimas que suceden en intervalos muy regulares, generalmente de forma perpendicular al tránsito.

### Nivel de severidad

- ✓ L: (Low: Bajo). Sin causa significativa en el rodaje.
- ✓ M: (Medium: Medio). Causa significativa en el rodaje.
- ✓ H: (High: Alto). Causa muy significativa en el rodaje.

### Extensión del daño

Medido en metros cuadrados del área sometida al tipo de falla.

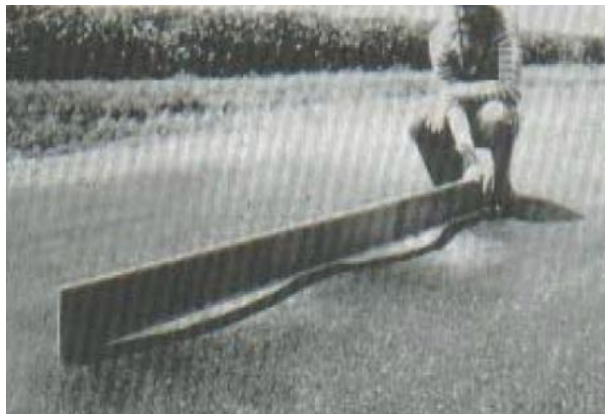
Ilustración 14. Corrugaciones -Baja severidad



Ilustración 15. Corrugaciones -Media severidad.



Ilustración 16. Corrugaciones - Alta severidad.



## 6. Depresión (Depression)

Se pueden diferenciar porque son áreas de pavimento que están por debajo del nivel normal, se observan con facilidad después de las precipitaciones, porque forman un tipo de pozo. Se generan por el asentamiento de la subrasante.

### Nivel de severidad

- ✓ L: (Low: Bajo). Se encuentran en el rango de 13 a 25 mm de profundidad.
- ✓ M: (Medium: Medio). Se encuentran en el rango de 25 a 50 mm de profundidad.
- ✓ H: (High: Alto). Se encuentran en el rango de más de 50 mm de profundidad.

### Extensión del daño

Medido en metros cuadrados del área sometida al tipo de falla.

*Ilustración 17. Depresiones - Baja severidad.*



*Ilustración 18. Depresiones -Media severidad.*



*Ilustración 19. Depresiones - Alta severidad.*



## **7. Fisura de Borde (Edge Cracking)**

Son fisuras ubicadas en los límites exteriores del pavimento, casi siempre a una distancia de 30 cm a 50 cm, son consecuencia del debilitamiento de la base o subrasante.

Se pueden diferenciar porque son áreas de pavimento que están por debajo del nivel normal, se observan con facilidad después de las precipitaciones, porque forman un tipo de pozo. Se generan por el asentamiento de la subrasante.

### **Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). No existe fragmentación o desprendimiento en las grietas, abertura < a 10 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). Existe alguna fragmentación o desprendimiento en las grietas, abertura entre 10 mm y 30 mm.

- ✓ H: (High: Alto). Cantidad importante de fragmentación o desprendimiento en las grietas, abertura > a 30 mm

**Extensión del daño**

Medido en metros lineales.

Ilustración 20. Fisuras de borde - Baja severidad.



Ilustración 21. Fisuras de borde - Media severidad.



**8. Grieta de reflexión de juntas (Joint Reflection Cracking)**

Se encuentra normalmente en pavimentos asfálticos hechos sobre losas de concreto.

**Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). Grietas < a 10 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). Grietas entre 10 mm y 76 mm.
- ✓ H: (High: Alto). Grieta gran severidad.

**Extensión del daño**

Medido en metros lineales.

Ilustración 22. Grieta de reflexión de juntas -Baja severidad.



Ilustración 23. Grieta de reflexión de juntas -Media severidad.



### 9. Desnivel de carril – berma (Lane-Shoulder Drop Off)

Este tipo de falla se determina por la diferencia de altura en la elevación del carril con la berma, puede ser efecto de la erosión de la berma o asentamiento de esta.

#### Nivel de severidad

Diferencia pavimento – berma

- ✓ L: (Low: Bajo). > a 25 mm y < a 50 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). > a 50 mm y < a 100 mm.
- ✓ H: (High: Alto). > a 100 mm.

#### Extensión del daño

Medido en metros lineales.

Ilustración 24. Desnivel de carril - Baja severidad.



Ilustración 25. Grieta de reflexión de juntas - Media severidad.



*Ilustración 26. Grieta de reflexión de juntas - Alta severidad.*



## 10. Fisuras longitudinales y transversales (Longitudinal and Transverse Cracking)

Determinada por presencia de fisuras longitudinales o transversales, las primeras ligadas a la fatiga.

### Nivel de severidad

- ✓ L: (Low: Bajo). Fisura de ancho  $<$  a 1 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). Fisura de ancho  $>$  a 1 mm.
- ✓ H: (High: Alto). Fisura de ancho  $>$  a 1 mm.

### Extensión del daño

Medido en metros lineales.

*Ilustración 27. Fisuras longitudinales y transversales - Baja severidad.*



*Ilustración 28. Fisuras longitudinales y transversales - Media severidad.*



*Ilustración 29. . Fisuras longitudinales y transversales - Alta severidad.*



### **11. Baches y zanjas reparadas (Pachanga)**

Determinada por presencia de fisuras longitudinales o transversales, las primeras ligadas a la fatiga.

#### **Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). Fisura de ancho  $<$  a 1 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). Fisura de ancho  $>$  a 1 mm.
- ✓ H: (High: Alto). Fisura de ancho  $>$  a 1 mm.

#### **Extensión del daño**

Medido en metros lineales.

*Ilustración 30. Baches y zanjas reparadas -Baja severidad.*



*Ilustración 31. Baches y zanjas reparadas - Media severidad.*



*Ilustración 32. . Baches y zanjas reparadas - Alta severidad.*



## **12. Pulimento de los agregados (Polished Aggregate)**

Identificada por la suavidad de la superficie frente al tacto, esto es causado por las repetitivas cargas de tráfico, además la adherencia del pavimento disminuye significativamente.

### **Nivel de severidad**

Si la superficie del pavimento es blanda al tacto, se considera como daño.

### **Extensión del daño**

Medido en metros lineales.

*Ilustración 33. Pulimento de agregados.*



### 13. Huecos (Potholes)

Este tipo de falla se consideran como depresiones del pavimento, esto sucede cuando los vehículos desintegran partes de la superficie, es causa de las mezclas pobres es la superficie.

#### Nivel de severidad

**TABLA 12: Clasificación de los daños**

Máxima profundidad del Bache	Diámetro promedio (mm) (pulg)		
	100 a 200mm (4 a 8 pulg)	100 a 200mm (4 a 8 pulg)	100 a 200mm (4 a 8 pulg)
13 a $\leq$ 25mm (1/2 a 1 pulg)	L	L	M
>25 y $\leq$ 50mm (1 a 2 pulg)	L	M	H
> 50mm (2 pulg)	M	M	H

#### Extensión del daño

Medido en metros lineales.

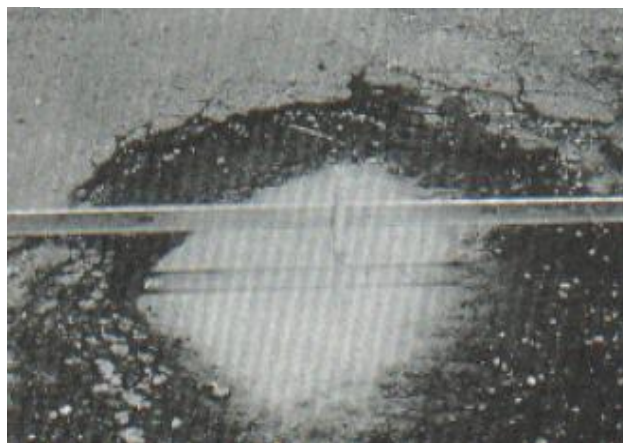
*Ilustración 34. Huecos -Baja severidad.*



Ilustración 35. Huecos - Media severidad.



Ilustración 36. Huecos -Media severidad.



#### 14. Cruce de vía férrea (Railroad Crossing)

Las imperfecciones que producen son abultamientos o depresiones alrededor.

##### Nivel de severidad

Si la superficie del pavimento es blanda al tacto, se considera como daño.

##### Extensión del daño

Medido en metros lineales.

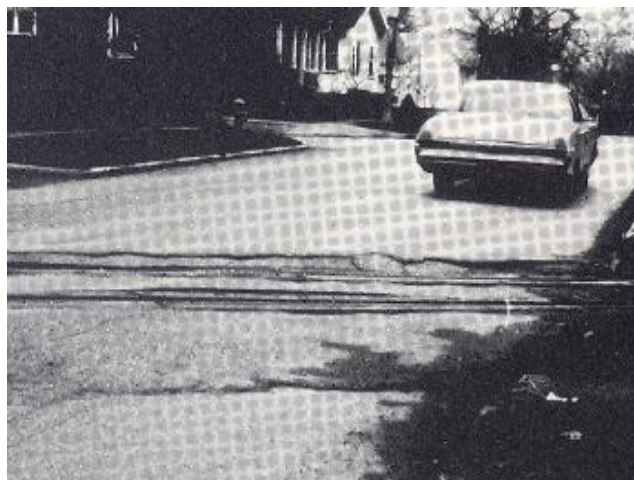
Ilustración 37. Cruce de vía férrea -Baja severidad.



*Ilustración 38. Cruce de vía férrea - Media severidad.*



*Ilustración 39. Cruce de vía férrea - Alta severidad.*



### **15. Ahuellamiento (Rutting)**

Este tipo de falla es causada cuando el paso de los neumáticos del vehículo ocasiona una depresión en la superficie del pavimento sumado a un ascenso de partes del pavimento alrededor del ahuellamiento.

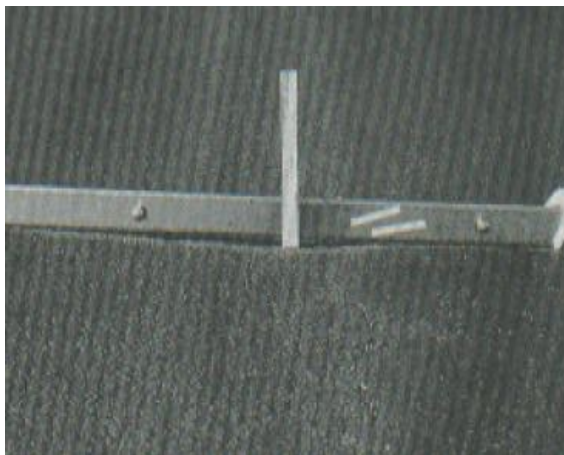
#### **Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). La profundidad se encuentra entre 6 a 13 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). La profundidad se encuentra entre 13 a 15 mm.
- ✓ H: (High: Alto). La profundidad es mayor de 25 mm.

#### **Extensión del daño**

Se mide en metro cuadrados.

*Ilustración 40. Ahuellamiento -Baja severidad.*



*Ilustración 41. Ahuellamiento -Media severidad.*



*Ilustración 42. Ahuellamiento - Alta severidad.*



## 16. Ahuellamiento (Rutting)

Causada cuando un área localizada de la superficie se desliza, la ocurrencia de este tipo de fallas se encuentra en pavimentos que presentan mezclas asfálticas líquidas inestables.

### Nivel de severidad

- ✓ L: (Low: Bajo). Desplazamientos < 20 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). Desplazamientos entre 20 y 40 mm.
- ✓ H: (High: Alto). Desplazamientos > 40 mm.

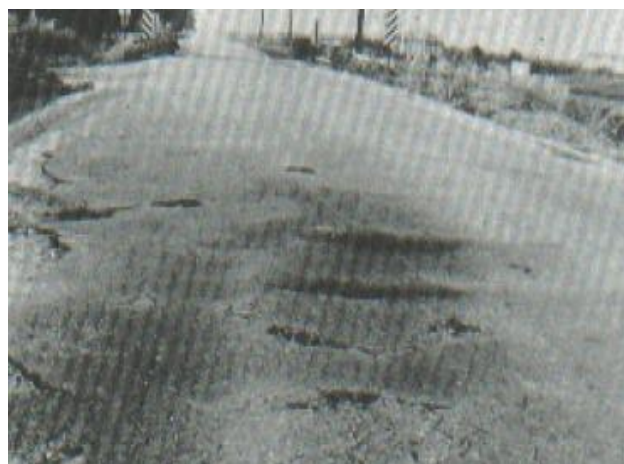
### Extensión del daño

Se mide en metro cuadrados.

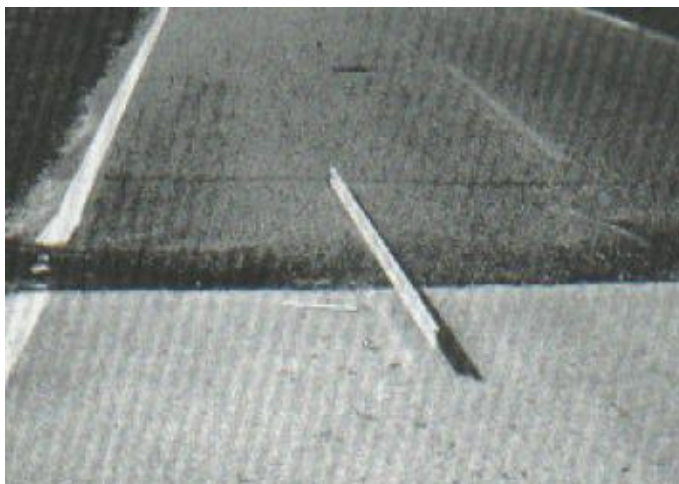
Ilustración 43. Desplazamientos - Baja severidad.



Ilustración 44. Desplazamientos - Media severidad.



*Ilustración 45. Ahuellamiento - Alta severidad.*



### **17. Fisuras parabólicas (Slippage Cracking)**

Son conocidas por tener forma de media luna, causadas por el efecto del neumático sobre el pavimento cuando el vehículo frena, aparecen transversales a la dirección del tráfico.

#### **Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). Desplazamientos < 20 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). Desplazamientos entre 20 y 40 mm.
- ✓ H: (High: Alto). Desplazamientos > 40 mm.

#### **Extensión del daño**

Se mide en metro cuadrados.

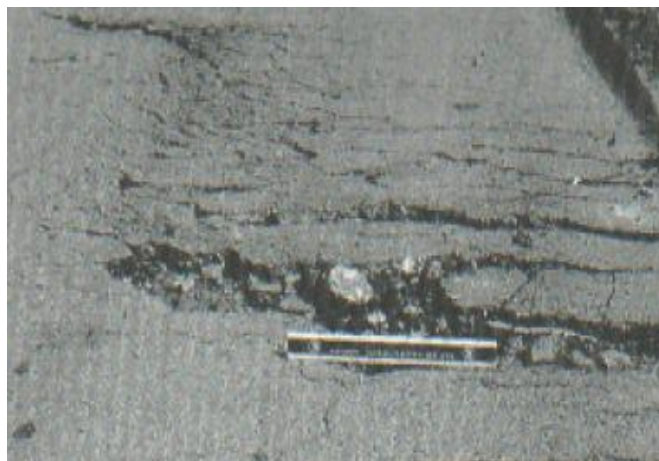
*Ilustración 46. Fisuras parabólicas -Baja severidad.*



*Ilustración 47. Fisuras parabólicas - Media severidad.*



*Ilustración 48. Ahuellamiento - Alta severidad.*



### **18. Hinchamiento (Swell)**

Este tipo de fallas tienden a presentarse como una protuberancia en dirección hacia arriba en la superficie de rodadura, la onda tiene dimensiones de 3 m de largo.

#### **Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). Desplazamientos < 20 mm.
- ✓ M: (Medium: Medio). Desplazamientos entre 20 y 40 mm.
- ✓ H: (High: Alto). Desplazamientos > 40 mm.

#### **Extensión del daño**

Se mide en metro cuadrados.

Ilustración 49. Hinchamiento.



### **19. Desprendimiento de agregados (Raveling)**

Este tipo de fallas son causadas cuando la superficie del pavimento ha perdido el ligante asfáltico, esto se traduce en dos opciones, una es que se haya endurecido de forma considerada y la otra es que la calidad de la mezcla no es la adecuada.

#### **Nivel de severidad**

- ✓ L: (Low: Bajo). Perdida parcial de los agregados.
- ✓ M: (Medium: Medio). Textura de la superficie del pavimento presenta rugosidades y hoyos pequeños.
- ✓ H: (High: Alto). Perdida considerable de los agregados, además de una textura en la superficie del pavimento rugosa y ahuecada.

#### **Extensión del daño**

Se mide en metro cuadrados.

*Ilustración 50. Desprendimiento de agregados -Baja severidad.*



Ilustración 51. Desprendimiento de agregados - Media severidad.



Ilustración 52. Ahuellamiento - Alta severidad.



### Cálculo del PCI

En las unidades de muestro

**FASE 1.** Se calculan los valores deducidos.

**FASE 2.** Se calcula el valor máximo admisible de los valores de la fase anterior.

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (1 - HDV_i)$$

Donde:

$m_i$ : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluye la fracción, para la unidad de muestro  $i$ .

$HDV_i$ : Mayor valor deducido individual para la unidad de muestra  $i$ .

**FASE 3.** Se calcula el CDV “Máximo Valor Deducido Corregido”

**FASE 4.** Se calcula el PCI de la unidad

Para una sección del pavimento

Se le conoce como sección del pavimento al conjunto de unidades de muestreo.

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

Donde:

**PCI<sub>S</sub>**: Valor PCI que presenta la sección.

**PCI<sub>R</sub>**: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

**PCI<sub>A</sub>**: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

**N**: Total de unidades de muestreo en la sección.

**A**: Cantidad adicional de unidades de muestreo evaluadas.

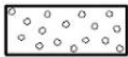
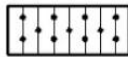

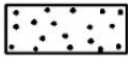
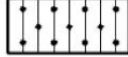
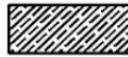
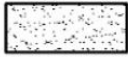
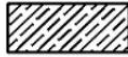



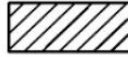
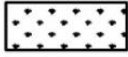
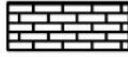

### Evaluación estructural

#### Ensayos de laboratorio a la subrasante, subbase granular y base granular


##### Clasificación de los suelos

Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo con la metodología para la construcción de vías, la clasificación se efectuará obligatoriamente por AASHTO y SUCS.



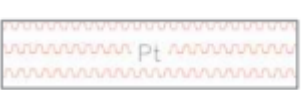
*Ilustración 53. Simbología para perfil de calicatas - AASHTO.*

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 2 - 4		A - 5
	A - 1 - b		A - 2 - 5		A - 6
	A - 3		A - 2 - 6		A - 7 - 5
	A - 4		A - 2 - 7		A - 7 - 6
	MATERIA ORGANICA		ROCA SANA		ROCA DESINTEGRADA

*Ilustración 54. Simbología para perfil de calicatas- SUCS.*

	Gravas bien graduadas mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Gravas mal granuladas, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arenas arcillosas, mezcla de arena-arcillosa
	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa		Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosa o limos arcillosas con ligera plasticidad
	Gravas arcillosas mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánicos de plasticidad baja o mediano, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras
	Arenas bien graduadas, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad
	Arenas mal graduadas con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limos inorgánicos suelos finos granosos o limosos micáceas o diatomáceas, limos elásticos

*Ilustración 55. Simbología para perfil de calicatas- SUCS.*

	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas
	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicas
	Turba, suelos considerablemente orgánicos

### **Ensayo de granulometría (ASTM - D422 / N.T.P. 339.128)**

Según el Manual de Ensayos de Materiales del MTC Según el Manual de Ensayos de Materiales del MTC [14] mediante este ensayo se puede conocer el tamaño del agregado. Para este ensayo se emplean los siguientes tamices de malla cuadrada:

**TABLA 13: Tamices para ensayo de granulometría**

<b>TAMICES</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>
3"	80,00
2 1/2"	63,00
2"	50,00
1 1/2"	40,00
1"	25,00
3/4"	20,00
1/2"	12,50
3/8"	10,00
1/4"	6,3
N°4	5
N°10	2,5
N°20	0,84
N°40	0,425
N°50	0,315
N°100	0,160
N°200	0,080

Se considera como agregado grueso cuando la muestra queda retenida en el tamiz N°4 (abertura: 5 mm), por el contrario, aquella que pase de este tamiz se considera como un agregado fino, teniendo en cuenta que, no sea menor al de N° 200 (abertura: 0.08mm). En caso la fracción de muestra pase esta gradación, los datos se determinarán por sedimentación.

El cálculo del porcentaje del material retenido sobre cada tamiz está definido mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

El cálculo del porcentaje del material que pasa sobre cada tamiz está definido mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

#### **Ensayo de método de cono y arena (MTC E 117 )**

Método que permite conocer la densidad de suelos compactados y que es usado comúnmente como base de aceptación en los suelos que han sido compactados a una densidad específica.

Este método de ensayo es aplicable a suelos que no presenten cantidades excesivas de rocas o materiales gruesos ( diámetro  $> 1 \frac{1}{2}$ " ), además el suelo sometido a prueba debe tener buena cohesión para que al momento de hacer hoyo se mantengan estables los lados, sin que se deformen o caigan.

Para determinar la densidad in-situ del material ensayado se necesitan aplicar las siguientes fórmulas:

$$V = \frac{(M_1 - M_2)}{\rho_1}$$

Donde:

V = volumen del hueco.

M<sub>1</sub> = masa de la arena en el hueco + embudo + plato de base.

M<sub>2</sub> = masa de la arena en el embudo + plato de base.

ρ<sub>1</sub> = densidad de la arena.

$$M_4 = \frac{100 * M_3}{(W + 100)}$$

Donde:

W = contenido de humedad del material extraído del hueco.

M<sub>3</sub> = masa húmeda del material del hueco.

M<sub>4</sub> = masa seca del material del hueco.

$$\rho_m = M_3/V$$

$$\rho_d = M_4/V$$

Donde:

V = volumen del hueco.

M<sub>3</sub> = masa húmeda del material del hueco.

M<sub>4</sub> = masa seca del material del hueco.

ρ<sub>m</sub> = densidad húmeda del material probado.

ρ<sub>d</sub> = densidad seca del material probado.

### **Ensayo de Compactación – Proctor Modificado (AASHTO T -180 D)**

Mediante este ensayo se puede determinar la “Curva de Compactación” que existe entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo, este ensayo junto con el de cono de arena permiten conocer si la compactación llegará al 100%.

#### **Procedimiento de cálculos a realizar:**

Se debe calcular el peso unitario seco y contenido de agua para cada espécimen compactado, dibujar la curva de compactación como una curva suave. La corrección se debe realizar en la muestra de ensayo de densidad de campo, más que la muestra de ensayo del laboratorio.

#### **Densidad húmeda**

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

Donde:

$\rho_m$  = Densidad húmeda compactada.

$M_t$  = Masa de la muestra húmeda + molde.

$M_{md}$  = Masa del molde.

$V$  = Volumen del molde.

#### **Densidad seca**

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Donde:

$\rho_d$  = Densidad seca de la muestra.

$w$  = Contenido de agua.

#### **Peso Unitario Seco**

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

Donde:

$\gamma_d$  = Es el peso unitario seco de la muestra compactada.

### Límites de Atterberg (ASTM - D423 / N.T.P. 339.129)

#### Ensayo de límite líquido

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite del estado líquido y plástico.

El límite líquido para cada espécimen se calcula usando la siguiente ecuación:

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Donde:

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura.

$W^n$  = Contenido de humedad del suelo.

K = factor dado en la tabla 14.

**TABLA 14: Factor K por número de golpes.**

N (Número de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

*Ilustración 56. Estados del suelo.*

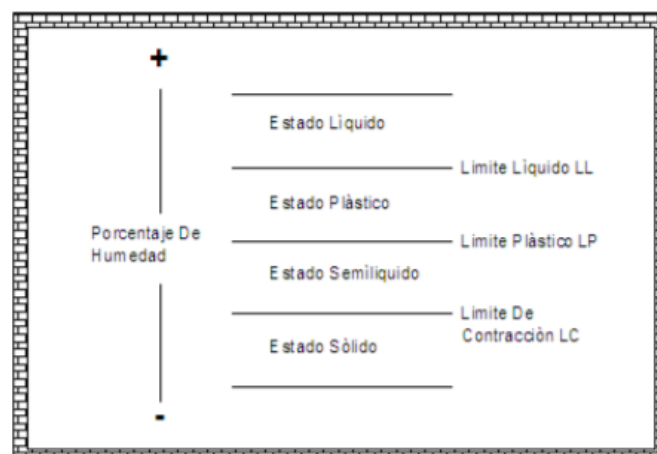
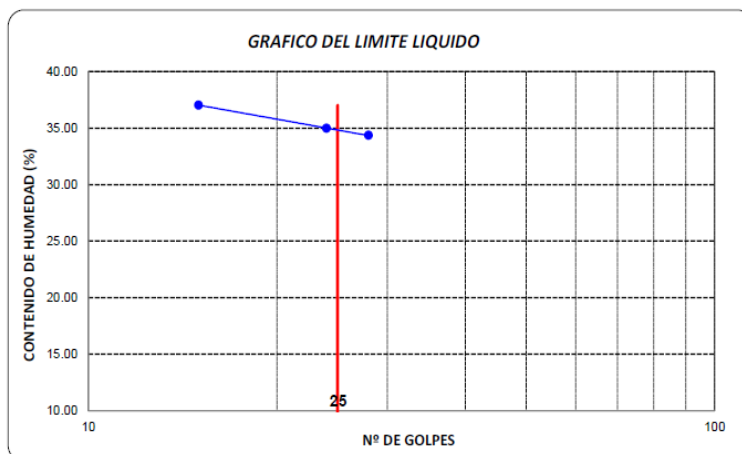


Ilustración 57. Contenido de Humedad vs Número de Golpes.



### Ensayo de límite plástico (MTC E 111)

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen.

El límite plástico para cada espécimen se calcula usando la siguiente ecuación:

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

Donde:

LP= Límite Plástico.

W: Humedad Natural.

n: Número de puntos de humedad tomados

### **Índice de plasticidad**

Se puede definir como la diferencia entre el límite líquido y límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP= Índice de Plasticidad

LL= Límite Líquido

LP= Límite Plástico

### Ensayo de CBR (MTC E 132)

El ensayo de CBR permite conocer el índice de resistencia del suelo, también denominado valor de la relación de soporte.

Cuando el suelo es clasificado por los métodos AASHTO y SUCS, se elabora un perfil estratigráfico “a partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el mayor soporte o resistencia del suelo que estará referido al 95% de la Máxima densidad seca o MDS” .

Según el MTC, en el Manual Sección Suelos y Pavimentos (2014), las consideraciones a tener en cuenta para hallar el CBR de diseño en la subrasante son las siguientes:

- i. Cuando se tienen más de seis valores de CBR en una sección homogénea, el CBR de diseño viene a ser el promedio del total de los valores analizados por sección con características homogéneas.
- ii. Si se tiene menos de seis valores de CBR, se determinará el valor de CBR teniendo en cuenta los siguientes criterios:
  - ✓ Si los valores son similares, sacar el promedio.
  - ✓ Si no son similares, se toma el más crítico o bajo.
- iii. Definido el CBR de diseño, se identificará en que categoría está la subrasante del tramo en estudio, según la siguiente tabla:

**TABLA 15: Categoría de la subrasante.**

<b>Categoría</b>	<b>CBR</b>
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante insuficiente	De CBR $\geq$ 3% a CBR < 6%
S2: Subrasante regular	De CBR $\geq$ 6% a CBR < 10%
S3: Subrasante buena	De CBR $\geq$ 10% a CBR < 20%
S4: Subrasante muy buena	De CBR $\geq$ 20% a CBR < 30%
S5: Subrasante excelente	De CBR $\geq$ 30%

### Evaluación de la carpeta asfáltica

#### Extracción de testigos en pavimentos I.N.V.E – 758 – 07

Las muestras de pavimentos asfálticos están destinadas principalmente, a determinar la densidad y el espesor, con el fin de verificar el cumplimiento de las especificaciones de diseño. También, en muchas ocasiones sirven para determinar el contenido porcentual de asfalto, por medio del ensayo de extracción. [15]

El número de muestras en el caso de que no existan guías exactas sobre el muestreo, será aquel que permita conseguir el nivel de confianza esperado, nunca menos de tres.

### Estabilidad de Marshall (ASTM D 6927)

La estabilidad y el flujo de Marshall [16] son características de la mezcla de asfalto determinadas a partir de pruebas de muestras compactadas de una geometría específica. La prueba Marshall se puede realizar con dos tipos diferentes de equipo:

- Método A: usando un marco de carga con un anillo de carga y un medidor de cuadrante para deformación o medidor de flujo (Método tradicional).
- Método B: usando una carga diferencial variable lineal (LVDT) u otro dispositivo de grabación automático (Método automatizado).

Típicamente, la estabilidad Marshall es la carga de resistencia máxima obtenida durante una secuencia de carga de velocidad de deformación constante. Sin embargo, dependiendo de la composición y el comportamiento de la mezcla.

Como método alternativo, la estabilidad de Marshall también se puede definir como la carga obtenida, cuando la tasa de aumento de carga comienza a disminuir, de modo que la curva comienza a volverse horizontal. La magnitud de la estabilidad

Marshall varía con el tipo de agregado y la clasificación y el tipo, grado y cantidad de betún.

### Ensayo de Lavado Asfáltico (ASTM D 2172)

En el ensayo de lavado asfáltico [17] el ligante del pavimento es extraído con tricloroetileno, tricloroetano, cloruro de metileno, o benceno, empleando el equipo de extracción aplicable al método particular.

El contenido de asfalto se calcula por diferencia de peso del agregado extraído, del contenido de humedad y del material mineral en el extracto. El contenido de asfalto se expresa como porcentaje en peso de las mezclas libres de humedad.

La cantidad de la muestra para el ensayo se determinará según el tamaño máximo nominal del agregado en la mezcla, de acuerdo con la Tabla 16.

**TABLA 16: Tamaño de la muestra.**

Tamaño nominal máximo de agregado (Mm)	Peso mínimo de la muestra (kg)
4.75 (Nº4)	0.5
9.5 (3/8")	1.0
12.5 (1/2")	1.5
19.0 (3/4")	2.0
25.0 (1")	3.0
37.5 (1 1/2")	4.0

## **Materiales y métodos**

### **Tipo y nivel de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, ya que tiene como finalidad brindar una propuesta de intervención que solucione los problemas que presenta el tramo vial para mejorar su condición operacional, además aplica teorías ya existentes para solucionar problemas específicos para mejorar la calidad de vida de las sociedades.

El nivel de la investigación es descriptivo al recopilar información sobre el tramo vial sin alteración mediante la evaluación superficial y estructural del pavimento.

### **Diseño de investigación**

El diseño de investigación es de tipo transeccional porque se han descrito las variables en función a los datos recolectados en un momento específico, para analizar su incidencia en un momento y tiempo definido.

### **Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

La población de la siguiente investigación está representada por la Ruta N° LA-119.

#### **Muestra**

La muestra para la siguiente investigación comprende el tramo del km 1+000 al km 5+000 de la carretera playa Lobos.

#### **Muestreo**

**TABLA 17: Muestreo.**

<b>Evaluación Superficial – Método PCI</b>	<b>Evaluación Estructural – Exploración de suelos</b>
El muestreo para la siguiente investigación en la fase de evaluación superficial está representado por las 21 muestras de 35.58 metros de largo por 6.40 metros de ancho con un área de 229.51 metros cuadrados.	El muestreo para la siguiente investigación en la fase de evaluación estructural está representado por 4 calicatas de 1.5 metros de profundidad ubicadas al 25%, 50% y 75% de la longitud total del tramo vial.

## Criterios de selección

**TABLA 18: Criterios de selección.**

<b>Evaluación Superficial – Método PCI</b>	<b>Evaluación Estructural – Exploración de suelos</b>
<p>Para seleccionar las unidades de muestra se aplicó el procedimiento establecido en la norma ASTM D 6433, dando como resultado un total de 15 unidades de muestra con intervalo de 7, sin embargo, por ser 4 kilómetros de pavimento en estudio se consideró evaluar 6 muestras adicionales.</p>	<p>Para conocer el número de calicatas se tuvo en cuenta el Manual de Carreteras: Sección suelos y pavimentos, cuadro 4.1 que muestra el número de calicatas para exploración de suelos, teniendo en cuenta el IMDa de la carretera.</p>

## Operacionalización de variables

TABLA 19: Operacionalización de variables.

Variables	Definición	Dimensiones		Indicadores	Instrumentos	
					Para la recolección de datos	De medida
<b>Evaluación Superficial</b>	Conocer el estado de conservación de un pavimento brindar un diagnóstico de acuerdo con la severidad presentada.	Método PCI		Fallas Severidad Extensión	"Hoja de información de exploración de la condición" correspondiente a la norma ASTM D 6433-03. Odómetro, regla y cinta métrica, Catálogo de fallas. Software excel para el cálculo y gráficos	Odómetro, GPS navegador Flexómetro y Catálogo de fallas.
<b>Evaluación Estructural</b>	Encontrar la capacidad portante del sistema pavimento subrasante, de modo que se pueda conocer las características estructurales.	Ensayos de laboratorio al paquete estructural	Subrasante, base y sub base granular	Granulometría	Formato de laboratorio de acuerdo a ASTM - D422	Horno, balanza y tamiz
				Límites de Atterberg	Formato de laboratorio de acuerdo a ASTM - D423	Copa Casagrande, horno y balanza
				Densidad de campo	Formato de laboratorio de acuerdo a ASTM D1556	Cono de arena, balanza y placa con
				Proctor modificado	Formato de laboratorio de acuerdo a AASHTO T - 180 D7	Horno, molde, pisón de compactación
				CBR	Formato de laboratorio de acuerdo a MTC E 132	Prensa, molde, pisón de compactación
		Carpeta asfáltica	Extracción de testigos en pavimentos terminados	Formato de laboratorio de acuerdo a I.N.V.E – 758 – 13	Wincha	
<b>Propuesta de Intervención</b>	Acciones sistemáticas, que han sido planificadas en base a la identificación de necesidades	Resultados de eval. Sup		Valor del PCI	Libreta de campo y hojas de cálculo	Escala de medida del método PCI
		Resultados de eval. Estrc.		Resultados de los ensayos	Normas de carreteras	Análisis de requerimientos mínimos

### Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos para la siguiente investigación son los siguientes:

**TABLA 20: Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.**

	Para la recolección de datos	Para el procesamiento de datos
<b>Técnicas</b>	<b>Inspección visual/Observación visual:</b> es la técnica principal por la cual se desarrolla el método de Índice de Condición de Pavimento.	<b>Análisis de resultados</b> <b>Análisis documental:</b> búsqueda de información de fuentes confiables para la elaboración de la investigación.
	<b>Estudio de tráfico:</b> para lograr determinar el IMDa de la carretera en estudio.	
	<b>Ensayos de laboratorio:</b> para analizar las características de la composición de la estructura del pavimento (subrasante, subbase granular y base granular). <b>Análisis documental:</b> búsqueda de información de fuentes confiables para la elaboración de la investigación.	
<b>Instrumentos</b>	Hoja de información de exploración de la condición” correspondiente a la norma ASTMD 6433-03, Odómetro, Wincha, Catálogo de fallas, Formato del MTC para conteo de vehículos, Fichas de laboratorio para la toma de datos y Técnicas para la recolección de datos.	<b>Microsoft Excel:</b> para sintetizar la información, elaborar los gráficos y cálculos de ingeniería. <b>Microsoft Word:</b> para redactar el informe.

## Procedimientos

**TABLA 21: Fase inicial - Evaluación de daños superficiales**

	<p>En esta etapa se recopilará información antecedente sobre la zona de estudio, así como información sobre su estado actual. Además, se tomarán las coordenadas de inicio y fin del tramo en estudio y la medida del ancho de calzada del pavimento.</p>
<p><b>Etapa 01: Reconocimiento de la zona</b></p>	<p>Se desarrollará el estudio de tráfico que permitirá calcular el IMDa de la carretera playa lobos.</p> <p>Se hará uso del Manual PCI para poder desarrollar la evaluación superficial del pavimento, para poder determinar y seleccionar las unidades de muestreo, que constan de 108 muestras de 35.58 metros de largo por 6.40 metros de ancho.</p>
<p><b>Etapa 02: Recolección de datos</b></p>	<p>Esta etapa se desarrollará en campo, con ayuda del catálogo de fallas correspondiente a la norma ASTM D 6433-03, se podrá identificar los tipos de fallas presentes en cada una de las muestras, que serán anotadas en la hoja de información de exploración de la condición, así como también se registrará el nivel de severidad y la extensión con ayuda del Odómetro y la wincha.</p>
<p><b>Etapa 03: Procesamiento de datos</b></p>	<p>Esta etapa es trabajo de gabinete, los datos de todas las muestras recolectados en campo serán tipeados en el software excel a fin de poder procesarlos.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se calcularán los valores deducidos</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Se calcularán el número de valores admisibles</li> <li>3. Se calculará el máximo valor corregido</li> <li>4. Se calculará el PCI del tramo en estudio.</li> </ol>
<b>Etapa 04: Análisis de datos</b>	<p>En esta etapa se analizan todos los resultados obtenidos anteriormente con el fin de conocer el Índice de Condición del Pavimento, así como las fallas más frecuentes y otros datos característicos.</p>

**TABLA 22: Fase intermedia – Evaluación estructural.**

<b>Etapa 01: Determinación del trabajo en campo</b>	<p>En esta etapa se deberá establecer la cantidad y ubicación de los puntos de excavación para las calicatas. Además, se determinarán los ensayos de laboratorio que se les realizarán a cada una de las muestras para subrasante, subbase granular, base granular y carpeta asfáltica.</p>
<b>Etapa 02: Procesamiento de datos</b>	<p>En esta etapa se excavarán las calicatas para poder extraer muestras representativas de cada una de las capas de la estructura del pavimento, para que posteriormente se puedan realizar los ensayos de laboratorio como parte de la evaluación estructural de la estructura del pavimento, con la finalidad de que mediante estos ensayos se puedan conocer las características de cada una de las capas (subrasante, subbase granular y base granular y carpeta asfáltica).</p>
<b>Etapa 03: Análisis de datos</b>	<p>En esta etapa se conocerán los resultados de los ensayos de laboratorio de cada una de las capas de la estructura del pavimento, de</p>

---

manera que se puedan comparar con las especificaciones técnicas establecidas por la normativa vigente del MTC.

---

**TABLA 23: Fase Final – Propuesta de intervención.**

<b>Etapa 01: Compilar los resultados</b>	En esta etapa se organizarán y procesarán todos los resultados obtenidos tanto en la fase de evaluación de daños superficiales como en la de evaluación estructural del pavimento de la carretera playa lobos.
<b>Etapa 02: Elaborar la propuesta</b>	Desarrollar una propuesta que solucione los problemas que presenta el tramo vial para mejorar su condición operacional.

**Plan de procesamiento y análisis de datos**

**TABLA 24: Plan de procesamiento y análisis de datos.**

<b>Recolección de datos</b>	La información de campo se registrará en las hojas de recolección de datos dadas por la normativa vigente, tanto como para la Evaluación PCI como para los ensayos de laboratorio.
<b>Procesamiento de datos</b>	Mediante el software Microsoft Excel, para digitar todos los datos recolectados y hacer los cálculos de ingeniería.
<b>Análisis de datos</b>	Interpretar los resultados obtenidos de la evaluación superficial con el método PCI y de los ensayos del laboratorio, con la finalidad de poder elaborar una propuesta que solucione los problemas que presenta el tramo vial para mejorar su condición operacional.

## Matriz de consistencia

**TABLA 25: Matriz de Consistencia**

Matriz de Consistencia			
Problema	Objetivos	Metodología	Población y muestra
<p>Petróleos del Perú PETROPERU es una empresa peruana estatal de derecho privado que comercializa hidrocarburos, como Gasolina 90 Octanos, Gasolina de 84 Octanos, Gasohol Plus 90, Gasohol Plus 84, Turbo A-1, y Biodiesel B5 a varias regiones del país.</p> <p>En el departamento de Lambayeque provincia de Chiclayo, distrito de Puerto Eten existe un establecimiento activo en el Terminal Eten en el km 5 de la carretera playa Lobos operado por la empresa peruana Terminales del Perú, la vía de acceso a dicho Terminal (Ruta N° LA-119) según el CLASIFICADOR DE RUTAS DEL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS – SINAC (D.S. N° 011-2016-MTC) está considerada como red vial departamental, con carretera pavimentada al 45.09% y carretera sin afirmar al 54.91%, la cual fue construida por PETROPERU S.A como empresa independiente entre los años 1972 – 1975 por la necesidad de una pista en buenas condiciones para transportar el combustible de manera segura.</p> <p>Al año 2019 Jose Llerena Roncal Coordinador de Estudios y Proyectos – DECA, realiza una evaluación de la vía declarándola un activo crítico nacional.</p> <p>Actualmente al año 2021, la planta tiene un movimiento promedio de 12,500 barriles/día, que abastecen a distribuidores mayoristas que participan en la cadena de comercialización y distribución en varios de los departamentos del Perú. Sin embargo, el mal estado de la pista conlleva a que se produzcan daños en sus vehículos, el costo de reparar los daños que sufren sus unidades es asumido por los mismos dueños, y al tratarse de vehículos pesados, los repuestos tienen un costo elevado.</p>	<p><b>Objetivo general</b> Evaluar superficial y estructuralmente el pavimento flexible del km 1 al 5 de la carretera playa lobos.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> Recopilar información antecedente sobre la zona en estudio. Calcular IMDa del km 1 y el km 5 de la carretera playa lobos. Seleccionar las unidades de muestreo. Identificar las diversas fallas que presenta el pavimento flexible del km 1 y el km 5 de la carretera playa lobos de acuerdo con la clasificación de la norma ASTM D6433. Registrar el nivel de severidad y de extensión para cada tipo de falla presente en el tramo en estudio. Evaluar superficialmente el pavimento mediante el método del índice de condición de pavimento (PCI). Evaluar estructuralmente el pavimento a través de ensayos destructivo (calicatas). Realizar el ensayo de humedad natural a la subrasante, subbase y base granular. Realizar el ensayo de plasticidad a la subrasante, subbase y base granular. Realizar el ensayo de cono de arena a la subrasante, subbase y base granular. Realizar el ensayo de proctor modificado a la subrasante, subbase y base granular. Realizar el ensayo de CBR a la subrasante, subbase y base granular. Realizar la extracción de testigos en el pavimento . Realizar el ensayo de estabilidad de Marshall a la briqueta de carpeta asfáltica. Realizar el ensayo de lavado de asfalto a la briqueta de carpeta asfáltica. Procesar los resultados obtenidos en laboratorio de los ensayos hechos a las muestras representativas del suelo. Brindar una propuesta de intervención que solucione los problemas que presenta el tramo vial para mejorar su condición operacional.</p>	<p><b>Tipo y nivel de investigación</b> De tipo aplicada, ya que tiene como finalidad brindar una propuesta de intervención que solucione los problemas que presenta el tramo vial para mejorar su condición operacional. De nivel descriptivo, al recopilar información sobre el tramo vial sin alteración mediante la evaluación superficial y estructural del pavimento.</p> <p><b>Diseño de investigación</b> Es transeccional porque se han descrito las variables en función a los datos recolectados en un momento específico, para analizar su incidencia en un momento y tiempo definido.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos</b> Inspección visual/Observación visual: “Hoja de información de exploración de la condición” correspondiente a la norma ASTM D 6433-03, wincha, catálogo de fallas. Estudio de tráfico: Formato del MTC para conteo de vehículos. Ensayos de laboratorio: Fichas de laboratorio de acuerdo a la norma para la toma de datos. Análisis documental: búsqueda de información de fuentes confiables. Análisis de resultados: Microsoft Excel y Microsoft Word.</p>	<p><b>Población</b> La población de la siguiente investigación está representada por la Ruta N° LA-119.</p> <p><b>Muestra</b> La muestra para la siguiente investigación comprende el tramo del km 1+000 al km 5+000 de la carretera playa Lobos.</p> <p><b>Muestreo</b> <b>Evaluación superficial</b> 108 muestras de 35.58 metros de largo por 6.45 metros de ancho con un área de 229.51 metros cuadrados. <b>Evaluación estructural</b> 3 calicatas de 1.5 metros de profundidad ubicadas al 25%, 50% y 75% de la longitud total del tramo vial.</p>

## **Consideraciones éticas**

### **Ética en la recolección y procedimiento de datos**

En el presente estudio, los datos tomados en campo y aquellos obtenidos en laboratorio, serán registrados con total transparencia, sin ninguna muestra de alteración. Por otro lado, se tendrá en cuenta la exactitud al realizar los cálculos, haciendo uso del criterio del investigador.

### **Ética en la redacción del informe**

Según el código deontológico del colegio de ingeniero del Perú [18]. “Los ingenieros, al explicar su trabajo, méritos o emitir opiniones sobre temas de ingeniería, actuarán con seriedad y convicción, cuidando de no crear conflictos de intereses, esforzándose por ampliar el conocimiento del público a cerca de la ingeniería y de los servicios que presta a la sociedad.”

## Resultados

### Sobre el tramo en estudio

#### Ubicación

El tramo de estudio se encuentra ubicado en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Puerto Eten. Es el tramo que conecta la entrada a la planta de combustibles PetroPerú con la carretera.

*Ilustración 58. Ubicación del tramo en estudio.*



- ✓ **Punto inicial:** 626299;9234926.
- ✓ **Punto final:** 627114;9231073.

### Clasificación

La vía de acceso a dicho Terminal (Ruta N° LA-119) según el CLASIFICADOR DE RUTAS DEL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS – SINAC (D.S. N° 011- 2016-MTC) está considerada como red vial departamental.

### Características

- ✓ **Longitud total:** 4+000.00 kilómetros.
- ✓ **Ancho de calzada:** 6.40 metros.
- ✓ **Ancho de carril:** 3.20 metros, de doble sentido.
- ✓ **Superficie de rodadura:** asfalto.
- ✓ **Ancho de berma:** no presenta.

### Estudio de tráfico

#### Punto estratégico para conteo vehicular

Como punto estratégico para la toma de datos del conteo vehicular se escogió la tranquera, que es donde está la caseta de vigilancia y por donde se registran todos los vehículos que quieren ingresar al terminal PetroPerú.

*Ilustración 59. Punto de conteo vehicular.*



- ✓ **Coordenadas:** 626276;9234879

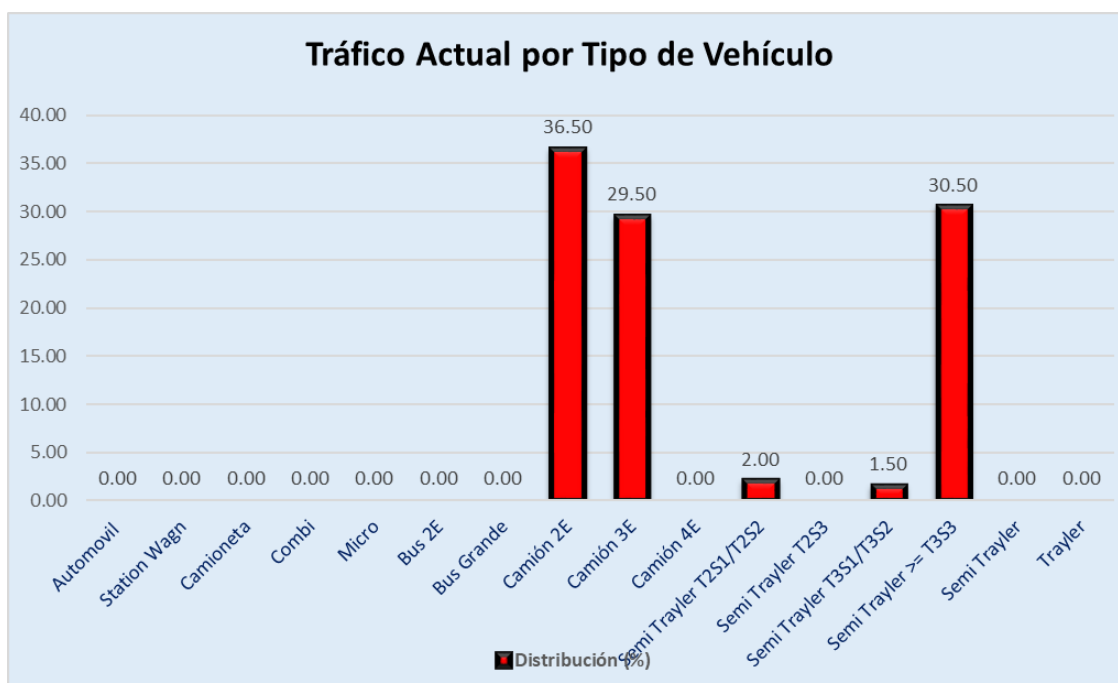
### Tráfico actual por tipo de vehículo y cálculo del IMDA

Se realizó el conteo vehicular en un periodo de 6 días, contados a partir del lunes 23/08/21 al sábado 28/08/21 por 24 horas al día, para identificar el tráfico actual por tipo de vehículo.

**TABLA 26: Tráfico actual por tipo de vehículo.**

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>IMD</b>	<b>Distribución (%)</b>
Automovil	0	0.00
Station Wagn	0	0.00
Camioneta	0	0.00
Combi	0	0.00
Micro	0	0.00
Bus 2E	0	0.00
Bus Grande	0	0.00
Camión 2E	73	36.50
Camión 3E	59	29.50
Camión 4E	0	0.00
Semi Trayler T2S1/T2S2	4	2.00
Semi Trayler T2S3	0	0.00
Semi Trayler T3S1/T3S2	3	1.50
Semi Trayler >= T3S3	61	30.50
Semi Trayler	0	0.00
Trayler	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>200</b>	<b>100.00</b>

**GRÁFICO 01: Tráfico actual por tipo de vehículo**



Se puede observar de los resultados que el tipo de vehículo que transita en su mayoría por este tramo es el Camión 2E, esto es porque ese tipo de camiones se usan comúnmente para transportar la gasolina a los diferentes grifos del país.

El IMDA de la vía es de 200 veh/día, por ello de acuerdo con el Manual de Carreteras [19] se considera una carretera de bajo volumen de tránsito.

### **Evaluación Superficial**

Se aplicó el método de PCI para evaluar el pavimento superficialmente, se procede a determinar, seleccionar las unidades de muestra que serán inspeccionadas, la inspección consiste en identificar el tipo de falla, severidad y extensión del daño en cada sección, para así poder calcular la condición de esta, se ha tomado la norma ASTM D-6433 como base para la aplicación del método.

El número total de unidades de muestreo para la sección es de 109 unidades de muestra, entre las cuales 15 (U1,U8,U15,U22,U29,U36,U43,U50,U57,U64,U71,U78,U85,U92,U99) son las seleccionadas de manera aleatoria para evaluar, con un intervalo de muestreo  $i=7$ , además se seleccionan 6 muestras adicionales, con la finalidad de obtener resultados cercanos a la realidad.

#### **Reconocimiento de la zona**

#### **Determinación de las unidades de muestreo**

Se establecen las dimensiones de las secciones, para un ancho de calzada de 6.40 metros la longitud de la sección es de 35.58 metros y 229.51 metros cuadrados. Tomando en cuenta una confiabilidad al 95%, un error admisible de 5% y desviación estándar de 10, podemos encontrar que el número mínimo de unidades de muestreo que serán evaluadas es de 15.

#### **Selección de las unidades de muestreo a inspección**

Para seleccionar las unidades de muestro a inspección se calcula el intervalo de muestreo redondeado a la unidad inferior, para nuestro caso el intervalo está comprendido entre la unidad de muestreo 1 y la 7, entre este intervalo se escoge el inicio al azar, esto significa que la primera unidad a inspeccionar está comprendida entre la muestra 1 y la 7, se optó para el estudio evaluar como muestra inicial la unidad de muestreo 1, la siguientes unidades de muestreo para su evaluación serán elegidas sumando el intervalo ( $i=7$ ).

#### **Recolección de datos**

Se identifica el tipo de falla, la severidad y unidad de medida en cada una de las 15 muestras elegidas a inspeccionar.

#### **De la unidad de muestra U1**

La unidad de muestra U1 está comprendida del kilómetro 0+000.00 al 0+035.58, se identificaron daños como piel de cocodrilo con nivel alto de severidad, desprendimiento de los agregados en la mayoría de la superficie con un nivel de severidad medio.

### **De la unidad de muestra U8**

La unidad de muestra U8 está comprendida del kilómetro 0+249.08 al 0+284.66, se identificaron daños como desprendimiento de los agregados a lo largo de once metros lineales de toda la muestra con un nivel de severidad alto, y tres huecos grandes con nivel de severidad alto.

### **De la unidad de muestra U15**

La unidad de muestra U15 está comprendida del kilómetro 0+498.16 al 0+533.74, se identificaron daños como desprendimiento de los agregados a lo largo de diez metros lineales de toda la muestra con un nivel de severidad alto, pulimento de los agregados a lo largo de 15 metros lineales y siete huecos pronunciados con nivel de severidad alto.

### **De la unidad de muestra U22**

La unidad de muestra U22 está comprendida del kilómetro 0+747.24 al 0+782.82, se identificaron daños como pulimento de los agregados en la mayor parte de la superficie, grietas de borde y en gran cantidad se pudieron identificar grietas longitudinales y transversales de baja severidad.

### **De la unidad de muestra U29**

La unidad de muestra U29 está comprendida del kilómetro 0+996.31 al 1+031.90, se identificaron daños como pulimento de los agregados en la mayor parte de la superficie, grietas de borde y en gran cantidad se pudieron identificar grietas longitudinales y transversales de baja severidad.

### **De la unidad de muestra U36**

La unidad de muestra U36 está comprendida del kilómetro 1+245.39 al 1+280.98, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en la gran parte de la superficie, y siete huecos de alta severidad.

### **De la unidad de muestra U43**

La unidad de muestra U36 está comprendida del kilómetro 1+494.47 al 1+530.05, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en casi toda la superficie, grietas de borde y un hueco de alta severidad.

### **De la unidad de muestra U50**

La unidad de muestra U50 está comprendida del kilómetro 1+743.55 al 1+779.13, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en casi toda la superficie, desnivel carril/berma en un nivel bajo de severidad, grietas de borde y diez huecos de alta severidad.

#### **De la unidad de muestra U57**

La unidad de muestra U57 está comprendida del kilómetro 1+992.63 al 2+028.21, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en la gran parte de la superficie, grietas de borde, pulimento de los agregados y tres huecos de alta severidad.

#### **De la unidad de muestra U64**

La unidad de muestra U64 está comprendida del kilómetro 2+241.71 al 2+277.29, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en varias áreas de la superficie, grietas de borde y por último pulimento de los agregados.

#### **De la unidad de muestra U71**

La unidad de muestra U71 está comprendida del kilómetro 2+490.79 al 2+526.37, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en varias áreas de la superficie, grietas de borde, pulimento de los agregados y por último siete huecos de alta severidad.

#### **De la unidad de muestra U78**

La unidad de muestra U71 está comprendida del kilómetro 2+739.86 al 2+775.45, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en varias áreas de la superficie, así como pulimento de los agregados, grietas de borde, piel de cocodrilo con un grado alto de severidad además de grietas longitudinales y transversales de mediana severidad.

#### **De la unidad de muestra U85**

La unidad de muestra U85 está comprendida del kilómetro 2+988.94 al 3+024.52, se identificó que toda la superficie presenta desprendimiento de agregados con una severidad alta.

#### **De la unidad de muestra U92**

La unidad de muestra U92 está comprendida del kilómetro 3+238.02 al 3+273.60, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en gran parte de la superficie, así como pulimento de los agregados, grietas de borde, además de grietas longitudinales y transversales de baja severidad y dos huecos de severidad alta.

#### **De la unidad de muestra U99**

La unidad de muestra U99 está comprendida del kilómetro 3+487.10 al 3+522.68, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en gran parte de la superficie, así como grietas de borde, además de grietas longitudinales y transversales de baja severidad y dos huecos de severidad alta.

#### **De la unidad de muestra adicional U4**

La unidad de muestra U4 está comprendida del kilómetro 0+106.75 al 0+142.33, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en gran parte de la superficie, así como grietas de borde de alta severidad, y cuatro huecos de severidad alta.

### **De la unidad de muestra adicional U19**

La unidad de muestra U19 está comprendida del kilómetro 0+640.49 al 0+676.07, se identificaron daños como pulimento de agregados en gran parte de la superficie, así como grietas longitudinales y transversales de severidad media y un hueco de severidad media también.

### **De la unidad de muestra adicional U33**

La unidad de muestra U33 está comprendida del kilómetro 1+138.64 al 1+174.23, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en gran parte de la superficie, así como un hueco de severidad alta.

### **De la unidad de muestra adicional U53**

La unidad de muestra U53 está comprendida del kilómetro 1+850.30 al 1+885.88, se identificaron daños como desprendimiento de agregados en gran parte de la superficie, así como grietas de borde de alta severidad, y cuatro huecos de severidad alta.

### **De la unidad de muestra adicional U67**

La unidad de muestra U67 está comprendida del kilómetro 2+348.45 al 2+384.04, se identificaron daños como desprendimiento y pulimento de agregados en gran parte de la superficie, así como grietas longitudinales y transversales de severidad baja, grietas de borde de alta severidad y un hueco de severidad alta.

### **De la unidad de muestra adicional U83**

La unidad de muestra U83 está comprendida del kilómetro 2+917.78 al 2+953.36, está unidad presenta desprendimiento de sus agregados en toda la superficie del pavimento con una severidad alta.

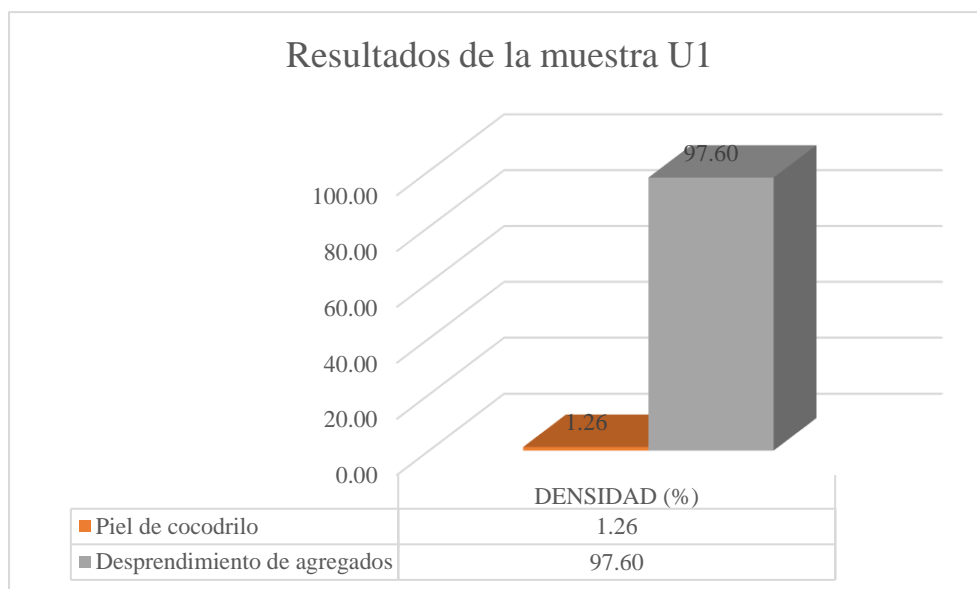
## Procesamiento de datos

### De la unidad de muestra U1

Podemos observar que la falla predominante en esta muestra es el desprendimiento de los agregados, se identifica que casi toda la superficie del pavimento presenta esta falla al tener una densidad del 97.60%, esto se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico, la severidad se considera como media porque la textura de la superficie es rugosa y ahuecada.

También podemos encontrar fallas de mucho menos densidad como piel de cocodrilo en 1.26%.

GRÁFICO 02: Resultados de la muestra U1

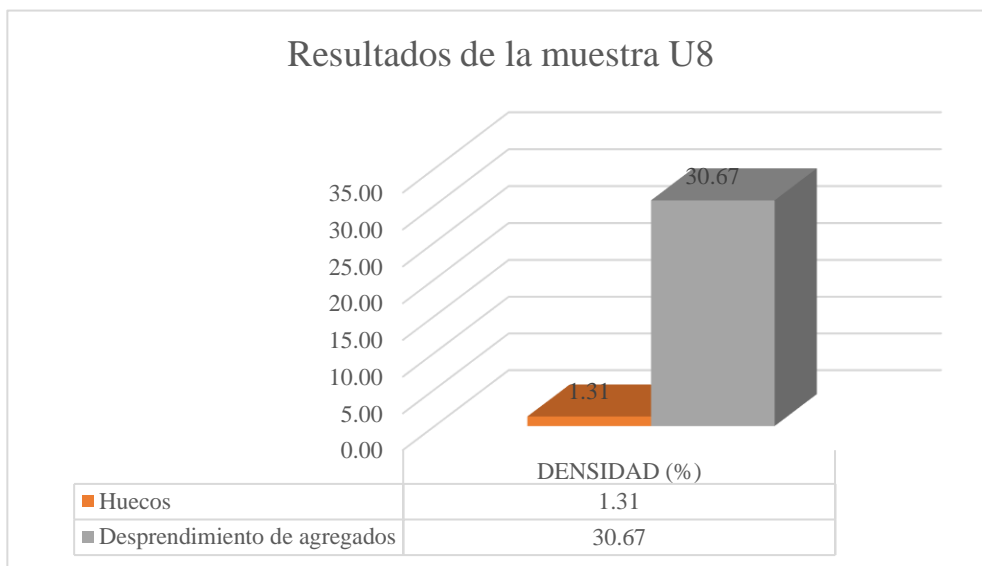


### De la unidad de muestra U8

Podemos observar que la falla predominante en esta muestra es el desprendimiento de los agregados al tener una densidad del 30.67%, esto se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico, la severidad se considera como alta debido a que la textura es muy rugosa y severamente ahuecada, los espacios entre los agregados tienen aberturas menores a 10 mm y profundidades que no sobrepasan los 13 mm.

También podemos encontrar fallas de mucho menos densidad como huecos de severidad alta en un 1.31%.

GRÁFICO 03: Resultados de la muestra U8

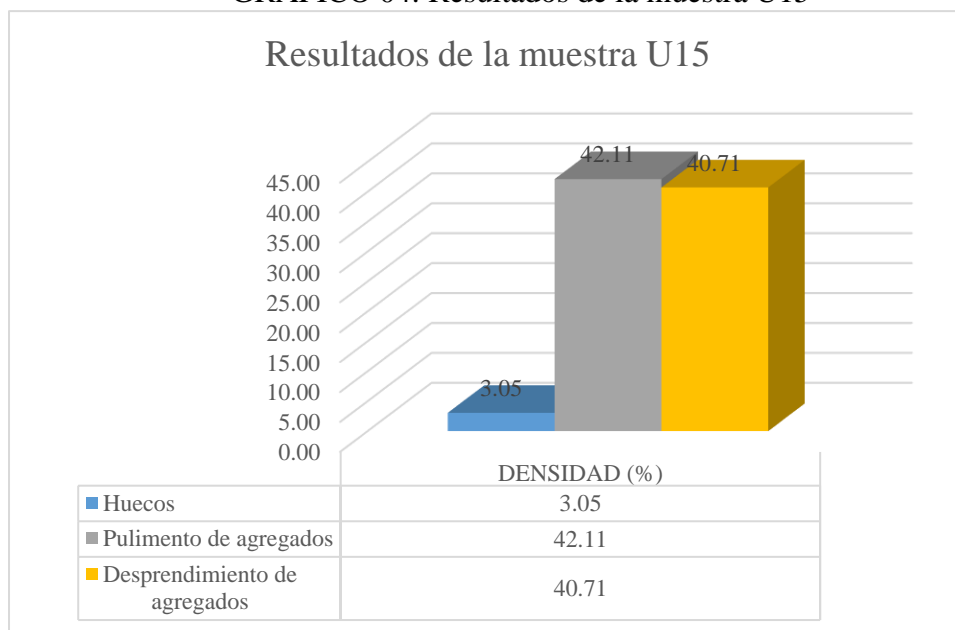


### De la unidad de muestra U15

Podemos observar que en esta muestra tanto el pulimento como desprendimiento de los agregados se encuentran presentes en diferentes áreas de la superficie; el primero se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico, la severidad se considera como alta con un 42.11% debido a que la textura es muy rugosa y severamente ahuecada; el segundo tiene una densidad de 40.71% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce.

También podemos encontrar fallas de mucho menos densidad como huecos de severidad alta en un 3.05%.

GRÁFICO 04: Resultados de la muestra U15

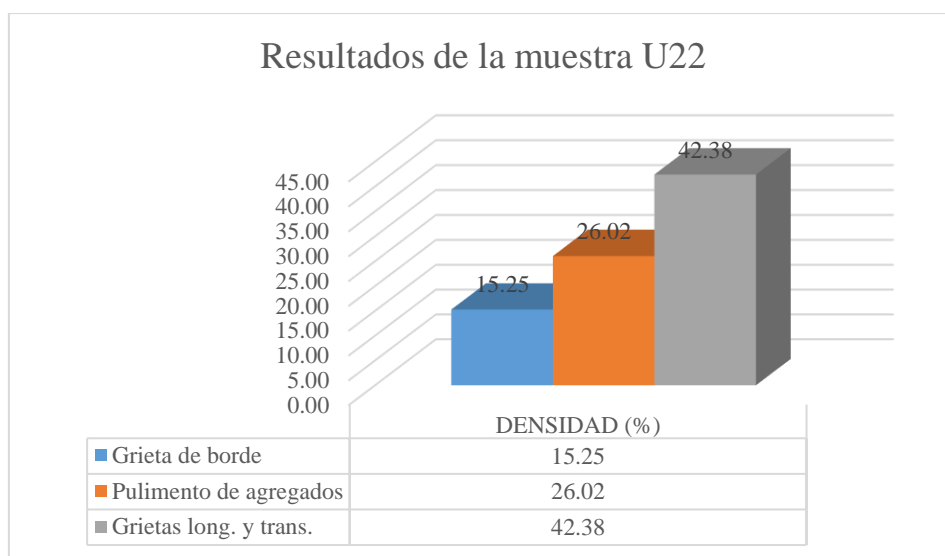


### De la unidad de muestra U22

Podemos observar que la falla predominante en esta muestra es el pulimento de los agregados al tener una densidad del 61.00 y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce, en segundo lugar, las grietas de borde de alta severidad con una densidad de 15.25%, son originadas generalmente debido a las condiciones del clima que debilitan la base o subrasante que estén próximas al pavimento.

También podemos encontrar fallas como grietas longitudinales y transversales en un 7.82% de baja severidad.

GRÁFICO 05: Resultados de la muestra U22

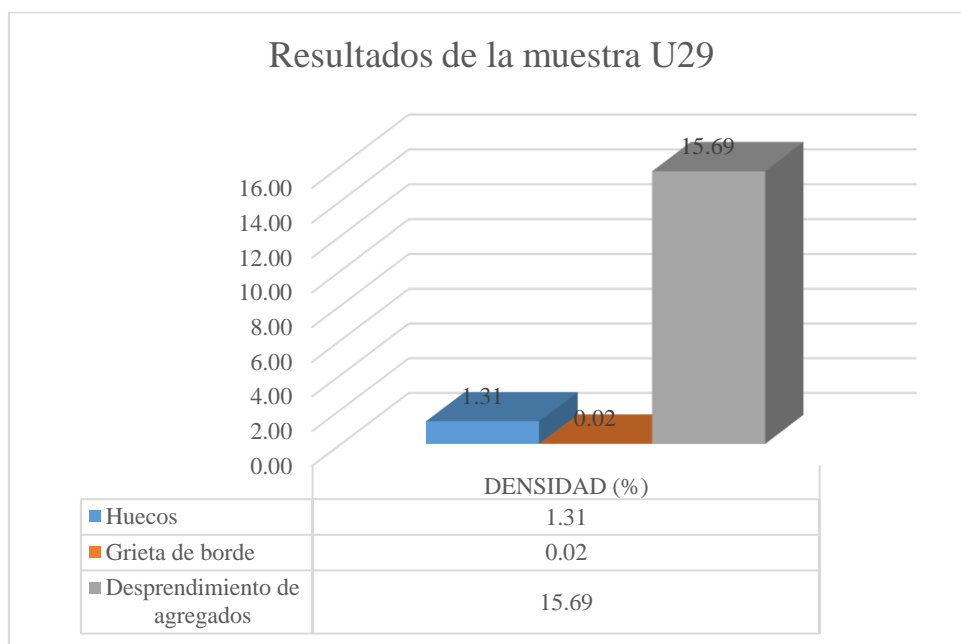


### De la unidad de muestra U29

Podemos observar que la falla predominante en esta muestra es el desprendimiento de los agregados al tener una densidad del 70.41% esto se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico, la severidad se considera como alta debido a que la textura es muy rugosa y severamente ahuecada, los espacios entre los agregados tienen aberturas menores a 10 mm y profundidades que no sobrepasan los 13 mm. En segundo lugar, identificamos la falla de grietas de borde de alta severidad que corresponde al 15.25% de densidad ya que presentaron una considerable fragmentación a lo largo del borde.

También podemos encontrar fallas como huecos en un 1.31% de alta severidad y con menos densidad encontramos la falla de grieta de borde con 0.02%.

GRÁFICO 06: Resultados de la muestra U29

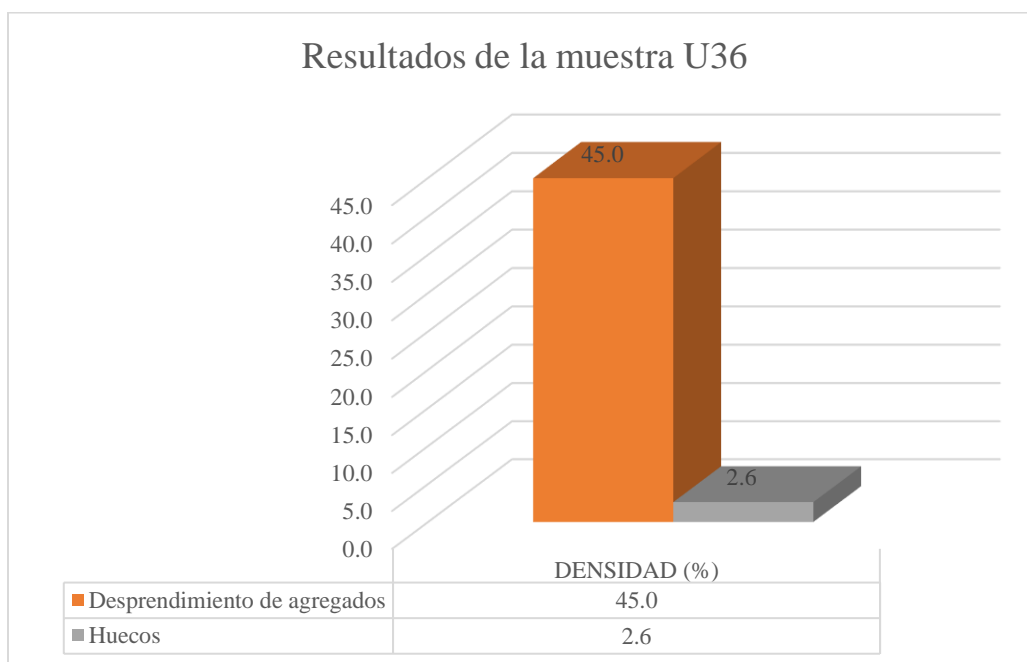


### De la unidad de muestra U36

Podemos observar que la falla predominante en esta muestra es el desprendimiento de los agregados al tener una densidad del 45.0% esto se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico, la severidad se considera como alta debido a que la textura es muy rugosa y severamente ahuecada.

También podemos encontrar fallas como huecos en un 2.6% de alta severidad.

GRÁFICO 07: Resultados de la muestra U36

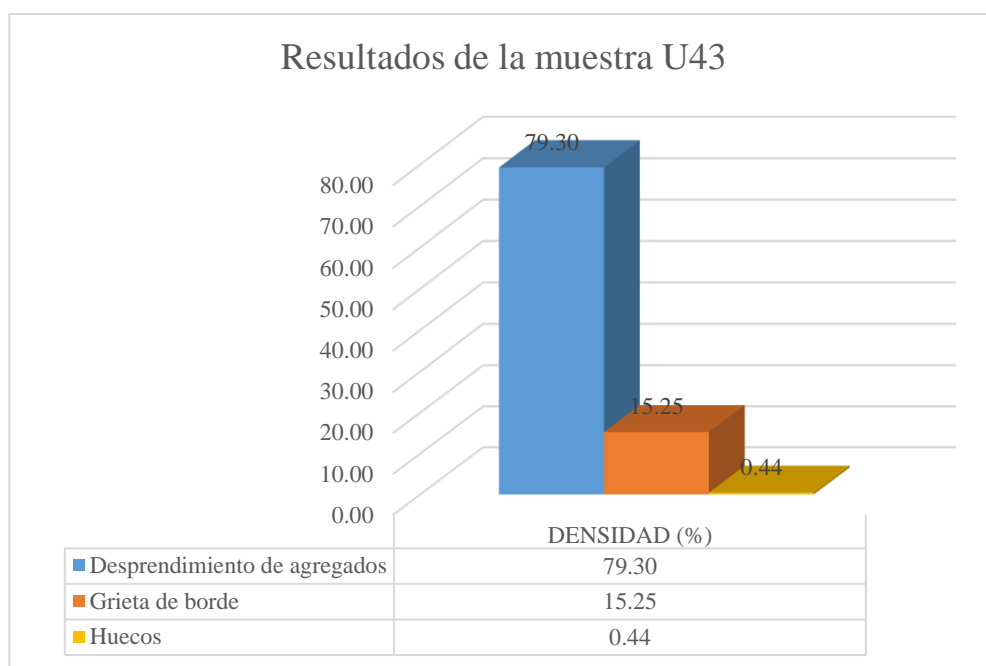


### **De la unidad de muestra U43**

Podemos observar que la falla predominante en esta muestra es el desprendimiento de los agregados al tener una densidad del 79.30% esto se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico, la severidad se considera como alta debido a que la textura es muy rugosa y severamente ahuecada. En segundo lugar, identificamos la falla de grietas de borde de alta severidad que corresponde al 15.25% de densidad ya que presentaron una considerable fragmentación a lo largo del borde.

También podemos encontrar fallas como huecos en un 0.44% de alta severidad.

GRÁFICO 08: Resultados de la muestra U43

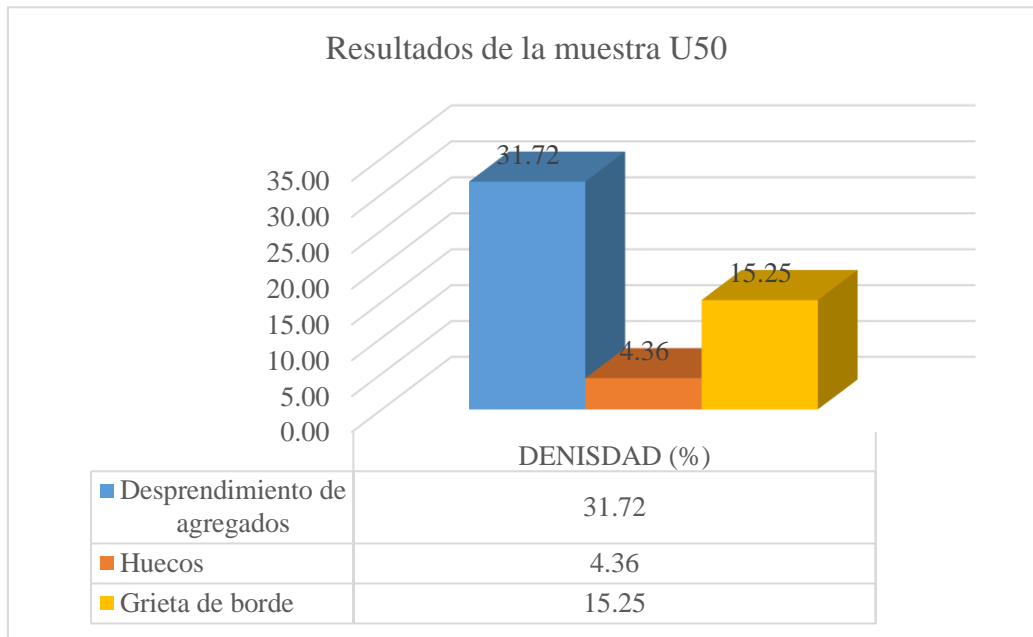


### **De la unidad de muestra U50**

Podemos observar que la falla predominante en esta muestra es el desprendimiento de los agregados al tener una densidad del 37.72% esto se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico, la severidad se considera como alta debido a que la textura es muy rugosa y severamente ahuecada. En segundo lugar, identificamos la falla de grietas de borde de alta severidad que corresponde al 15.25% de densidad ya que presentaron una considerable fragmentación a lo largo del borde.

También podemos encontrar fallas como huecos en un 4.36% de alta severidad.

GRÁFICO 09: Resultados de la muestra U50

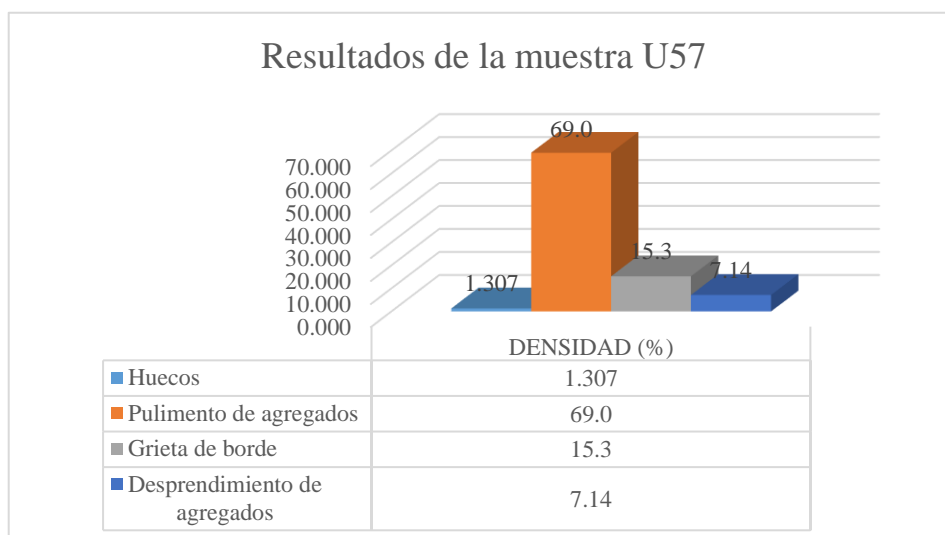


### De la unidad de muestra U57

Podemos observar que en esta muestra tanto el pulimento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 69% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce. En segundo lugar, se ubica la falla grieta de borde con una densidad de 15.3% que es generada por cambios en el clima lo que ocasiona que se debilite la base y subrasante que están próximas al borde del pavimento, el desprendimiento de los agregados se encuentra presente en diferentes áreas de la superficie; con un 7.14%.

También podemos encontrar fallas de mucho menos densidad como huecos de severidad alta en un 1.307%.

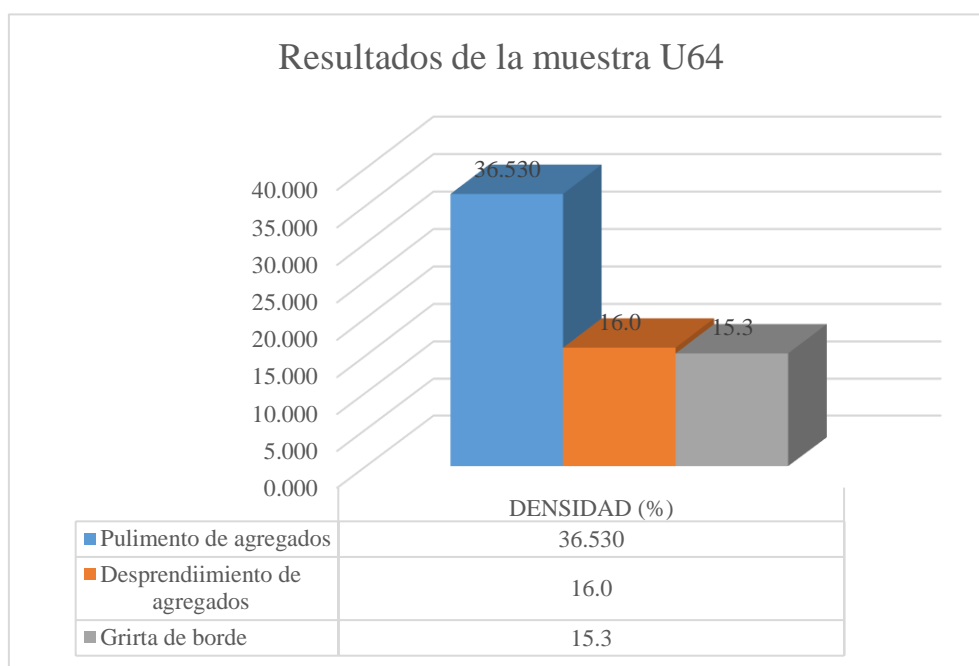
GRÁFICO 10: Resultados de la muestra U57



### **De la unidad de muestra U64**

Podemos observar que en esta muestra tanto el pulimento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 36.53% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce. En segundo lugar, se ubica la falla desprendimiento de los agregados con 16% de densidad ya que la severidad de la falla es alta, y con 15.3% de densidad las grietas de borde con un nivel de severidad alto y surgen porque los cambios en el clima ocasionan que se debilite la base y subrasante que están próximas al borde del pavimento.

GRÁFICO 11: Resultados de la muestra U64

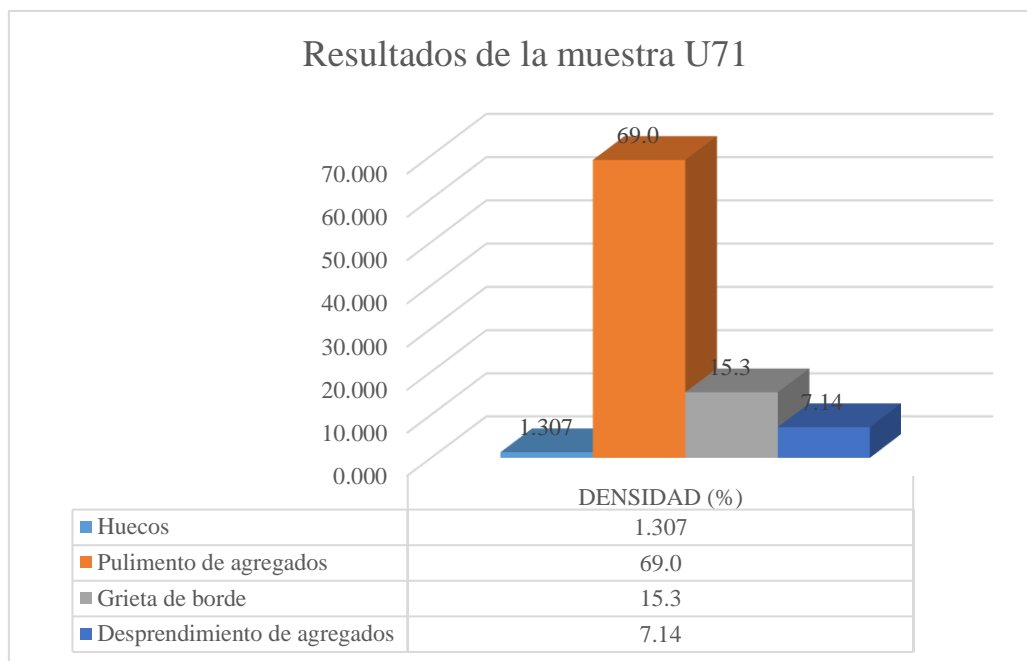


### **De la unidad de muestra U71**

Podemos observar que en esta muestra el pulimento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 69.0% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce. En segundo lugar, con 15.3% de densidad las grietas de borde con un nivel de severidad alto y surgen porque los cambios en el clima ocasionan que se debilite la base y subrasante que están próximas al borde del pavimento.

También podemos encontrar fallas como desprendimiento de los agregados con una severidad alta y con 7.14% de densidad, además de fallas como huecos de alta severidad en 1.31% .

GRÁFICO 12: Resultados de la muestra U71

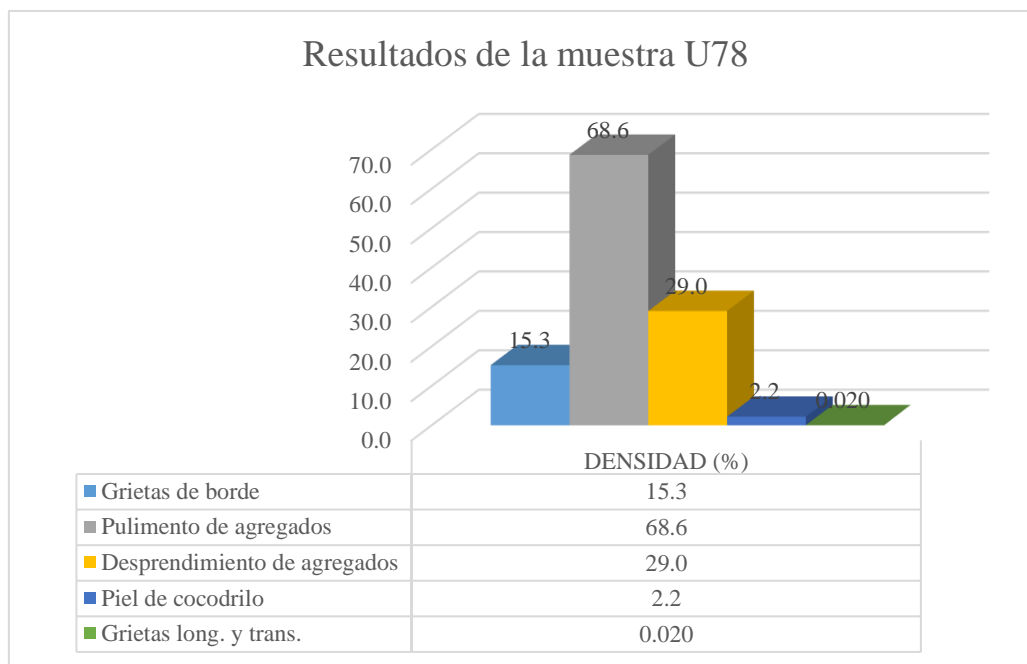


### **De la unidad de muestra U78**

Podemos observar que en esta muestra el pulimento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 68.6% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce. En segundo lugar, con 29% de densidad encontramos el desprendimiento de los agregados esto se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico, la severidad se considera como alta debido a que la textura es muy rugosa y severamente ahuecada, además podemos observar que las grietas de borde se hacen presentes con 15.3% de densidad y con alto nivel de severidad, estas surgen porque los cambios en el clima ocasionan que se debilite la base y subrasante que están próximas al borde del pavimento.

También podemos encontrar fallas como piel de cocodrilo con una densidad de 2.2% que es ocasionada por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica por la acción repetitiva de las cargas de tránsito, otras fallas son las grietas longitudinales y transversales con 0.02% de densidad sobre la superficie.

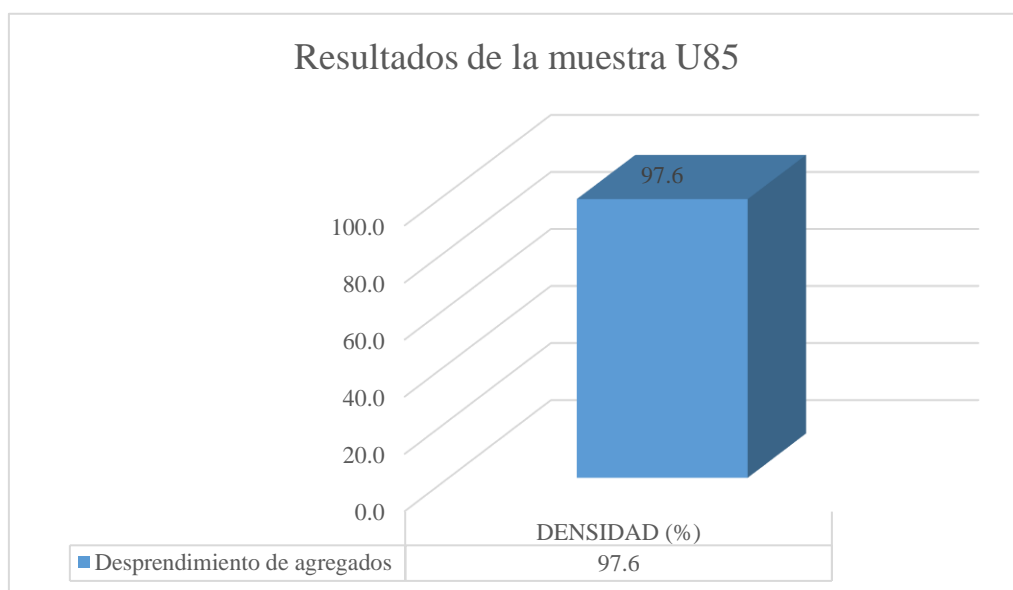
GRÁFICO 13: Resultados de la muestra U78



### De la unidad de muestra U85

Podemos observar que en esta muestra la única falla encontrada es el desprendimiento de los agregados, que abarca casi la totalidad de la muestra con una densidad de 97.6%, y de alta severidad, esto se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico o que la mezcla asfáltica que se ha usado es de pobre calidad, la severidad se considera como alta debido a que la textura es muy rugosa y severamente ahuecada.

GRÁFICO 14: Resultados de la muestra U85

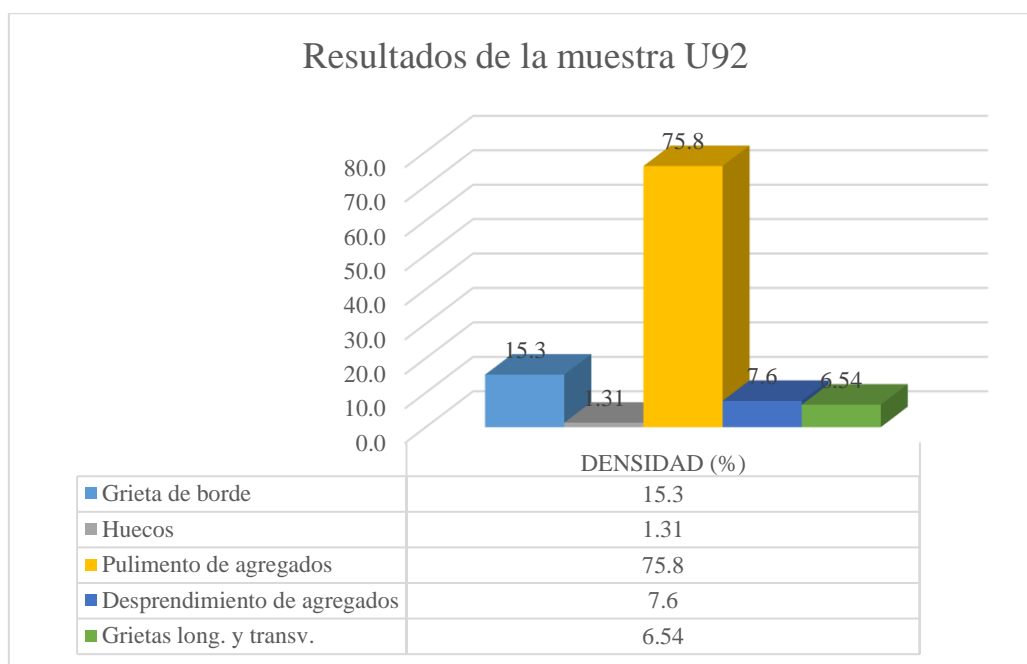


### De la unidad de muestra U92

Podemos observar que en esta muestra el pulimento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 75.8% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce. En segundo lugar, con 15.3% de densidad encontramos las grietas de borde con alto nivel de severidad, estas surgen porque los cambios en el clima ocasionan que se debilite la base y subrasante que están próximas al borde del pavimento, otra falla que resalta es el desprendimiento de los agregados en un 7.6% esto se debe a que el asfalto de la superficie ha perdido el ligante asfáltico, la severidad se considera como alta debido a que la textura es muy rugosa y severamente ahuecada, además podemos observar que las grietas longitudinales y transversales se hacen presentes en la unidad de muestreo con 6.54% de densidad y con bajo nivel de severidad.

También podemos encontrar fallas como huecos con 1.31% de densidad sobre la superficie.

GRÁFICO 15: Resultados de la muestra U92

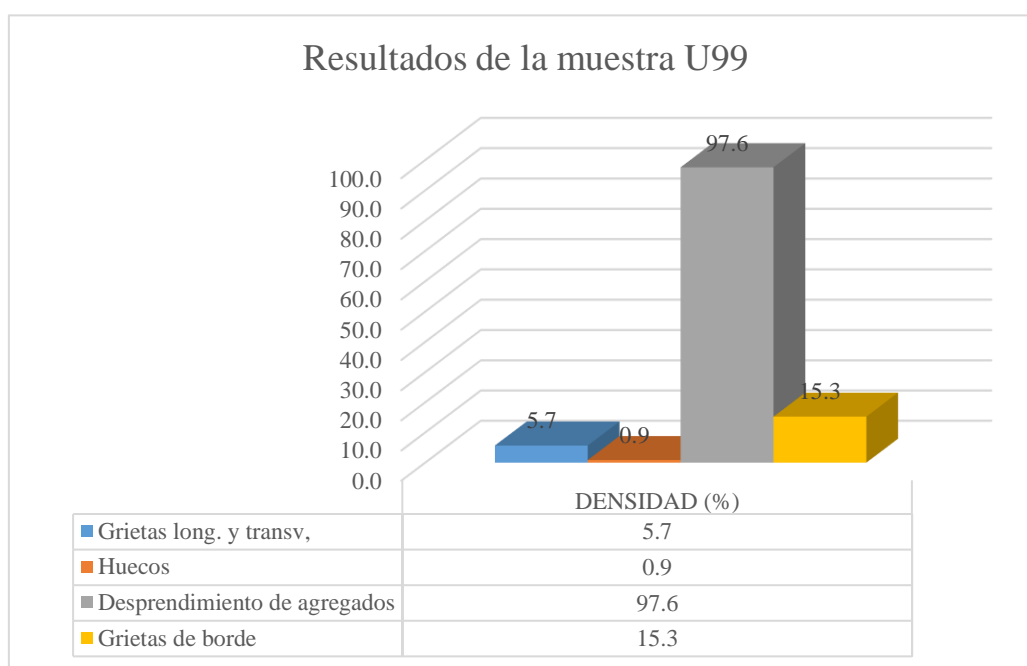


### De la unidad de muestra U99

Podemos observar que en esta muestra el desprendimiento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 97.6% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce. En segundo lugar, con 15.3% de densidad encontramos las grietas de borde con alto nivel de severidad, estas surgen porque los cambios en el clima ocasionan que se debilite la base y subrasante que están próximas al borde del pavimento, otra falla que resalta son las grietas longitudinales y transversales en un 5.7% y con bajo nivel de severidad.

También podemos encontrar fallas como huecos con 0.9% de densidad sobre la superficie.

GRÁFICO 16: Resultados de la muestra U99

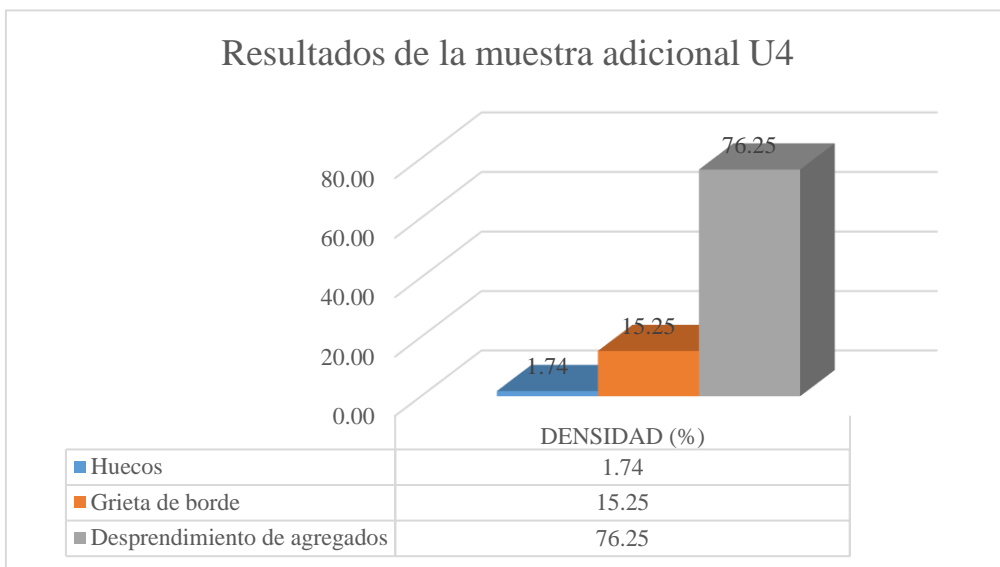


### De la unidad de muestra adicional U4

Podemos observar que en esta muestra el desprendimiento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 76.25% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce. En segundo lugar, con 15.3% de densidad encontramos las grietas de borde con alto nivel de severidad.

También podemos encontrar fallas como huecos de alta severidad con 1.74% de densidad sobre la superficie.

GRÁFICO 17: Resultados de la muestra adicional U4

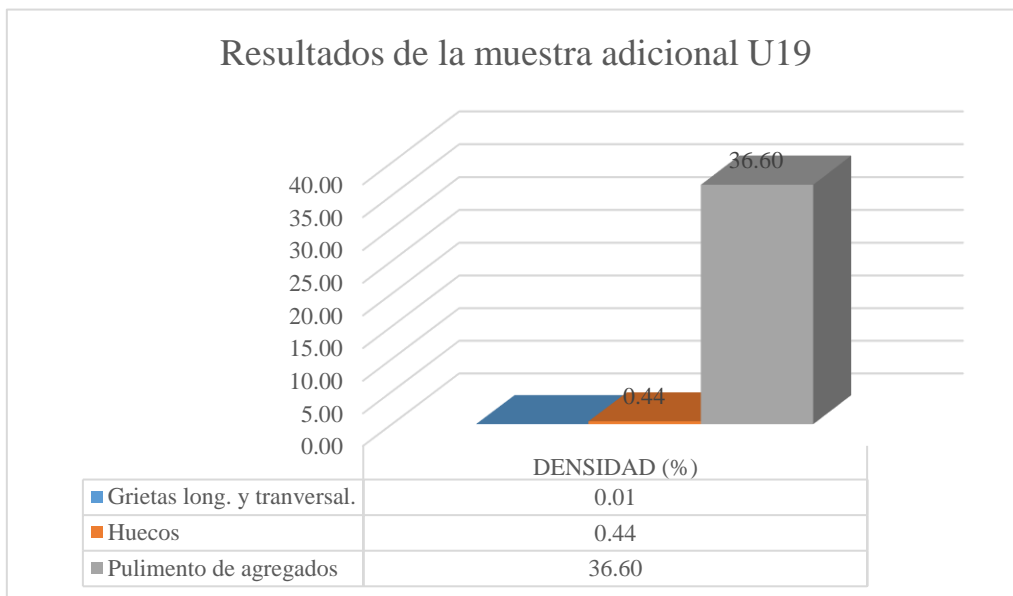


**De la unidad de muestra adicional U19**

Podemos observar que en esta muestra el pulimento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 36.60% .

También podemos encontrar fallas con mucho menos densidad como huecos 0.44% de densidad sobre la superficie y grietas longitudinales y transversales con 0.01% de densidad.

GRÁFICO 18: Resultados de la muestra adicional U19

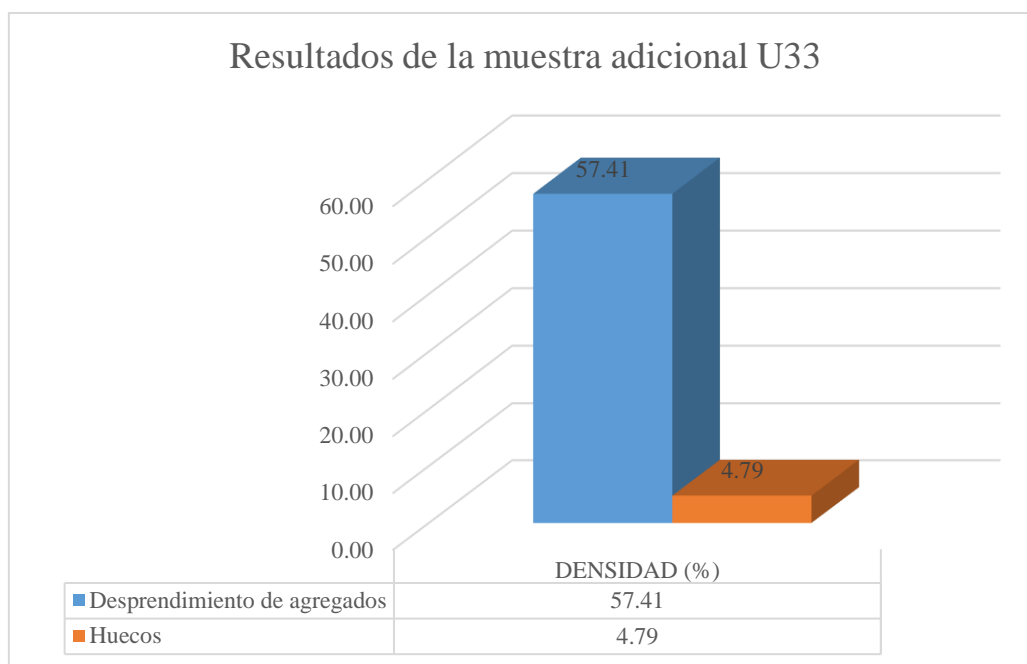


### **De la unidad de muestra adicional U33**

Podemos observar que en esta muestra el desprendimiento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 57.41% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce.

También podemos encontrar fallas como huecos con 4.79% de densidad sobre la superficie.

GRÁFICO 17: Resultados de la muestra adicional U33

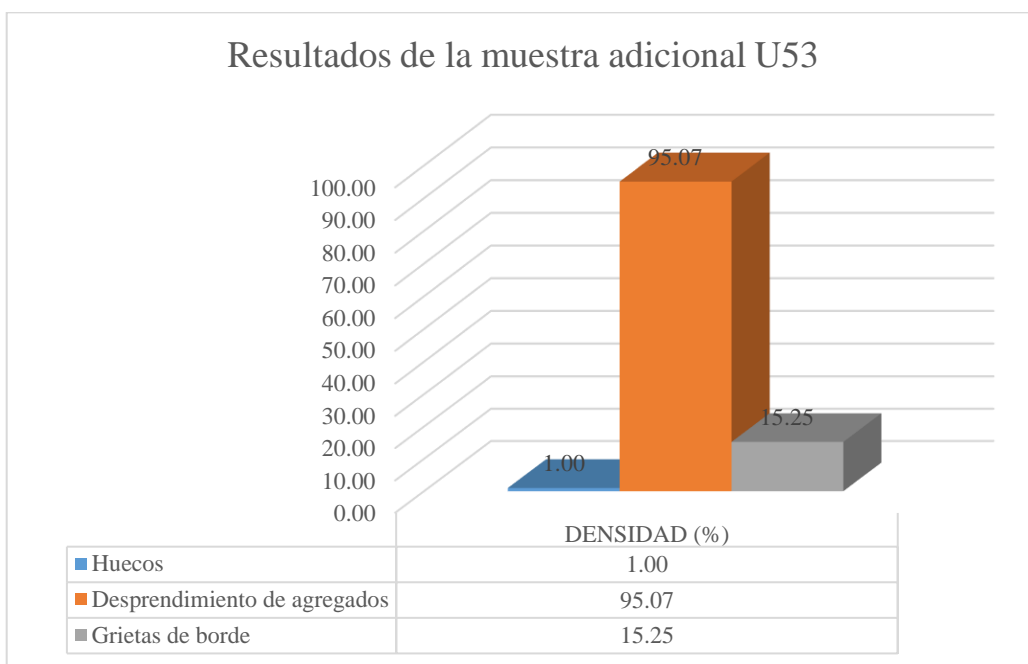


### **De la unidad de muestra U53**

Podemos observar que en esta muestra el desprendimiento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 95.07% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce. En segundo lugar, con 15.3% de densidad encontramos las grietas de borde con alto nivel de severidad, estas surgen porque los cambios en el clima ocasionan que se debilite la base y subrasante que están próximas al borde del pavimento.

También podemos encontrar fallas como huecos con 1% de densidad sobre la superficie.

GRÁFICO 18: Resultados de la muestra adicional U53

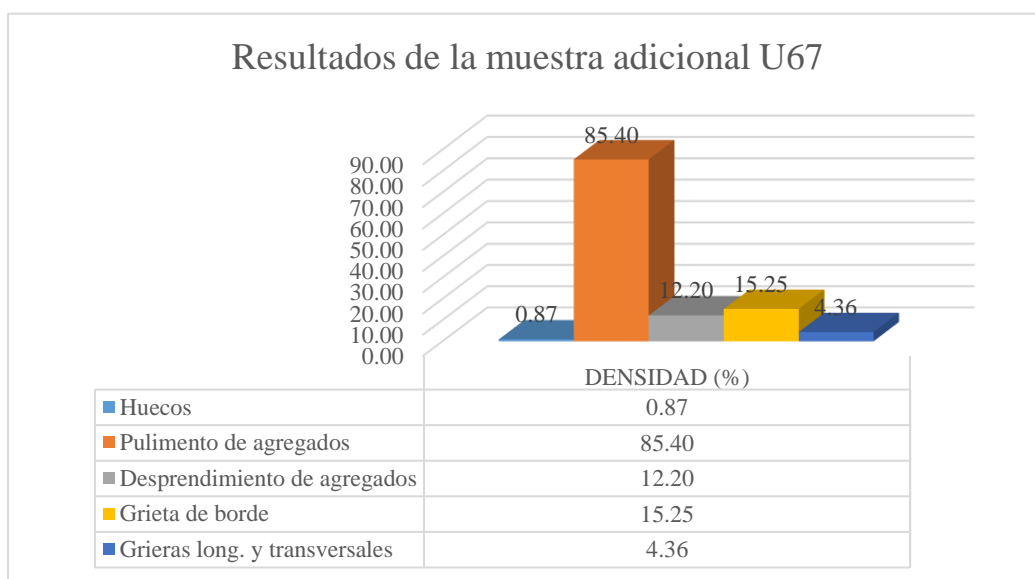


### De la unidad de muestra U67

Podemos observar que en esta muestra el pulimento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 85.40%. En segundo lugar, con 15.3% de densidad encontramos las grietas de borde con alto nivel de severidad, estas surgen porque los cambios en el clima ocasionan que se debilite la base y subrasante que están próximas al borde del pavimento, otra falla que resalta es el desprendimiento de agregados con 12.20% de densidad.

También podemos encontrar fallas como las grietas longitudinales y transversales en un 4.36% y con bajo nivel de severidad y huecos con 0.9% de densidad sobre la superficie.

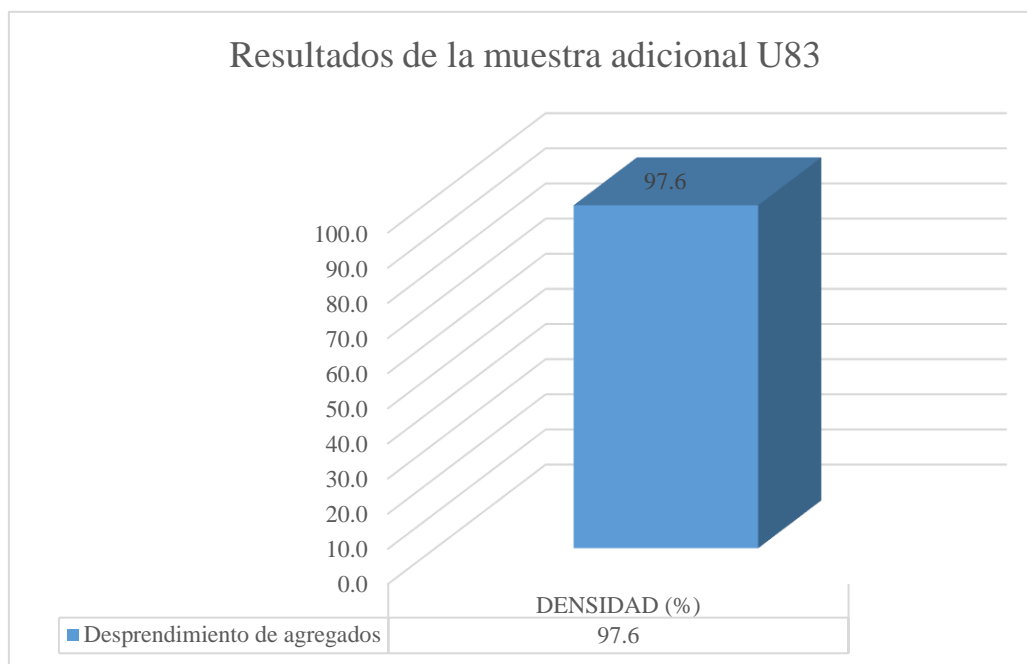
GRÁFICO 19: Resultados de la muestra adicional U67



### **De la unidad de muestra U83**

Podemos observar que en esta muestra el desprendimiento de los agregados es la falla predominante, tiene una densidad de 97.6% y sucede cuando la adherencia del agregado de la superficie con las llantas de los vehículos se reduce.

GRÁFICO 19: Resultados de la muestra adicional U83



### **Análisis de datos**

De las fases anteriores se ha recopilado y analizado la información, lo que nos permite conocer que, las fallas que presentan las muestras son piel de cocodrilo (1), grietas de borde (7), grietas longitudinales y transversales (10), pulimento de los agregados (12), huecos (13) y desprendimiento de los agregados (19); Son 6 tipos de fallas los que inciden en la mayoría de las muestras del pavimento.

TABLA 27: Tipo de daño según unidad de muestreo.

Unidad de muestreo	Progresiva	Daños					
		1	7	10	12	13	19
U1	0+000.00 - 0+035.58	X	-	-	-	-	X
U4*	0+106.75 - 0+142.33	-	X	-	-	-	X
U8	0+249.08 - 0+284.66	-	-	-	-	X	X
U15	0+498.16 - 0+533.74	-	-	-	X	X	X
U19*	0+640.49 - 0+676.07	-	-	X	X	X	-
U22	0+747.24 - 0+782.02	-	X	X	X	-	-
U29	0+996.31 - 1+031.90	-	X	-	-	X	X

<b>U33*</b>	1+138.64 – 1+174.23	-	-	-	-	X	X
<b>U36</b>	1+245.39 - 1+280.98	-	-	-	-	X	X
<b>U43</b>	1+494.47 - 1+530.05	-	X	-	-	X	X
<b>U50</b>	1+743.55 - 1+779.13	-	X	-	-	X	X
<b>U53*</b>	1+850.30 – 1+885.88	-	X	-	-	X	X
<b>U57</b>	1+992.63 - 2+028.21	-	X	-	X	X	X
<b>U64</b>	2+206.12 - 2+241.71	-	X	-	X	-	X
<b>U67*</b>	2+348.45 – 2+284.04	-	X	X	X	X	X
<b>U71</b>	2+490.79 - 2+526.37	-	X	-	X	X	X
<b>U78</b>	2+739.86 - 2+775.45	X	X	X	X	-	X
<b>U83*</b>	2+917.78 – 2+953.36	-	-	-	-	-	X
<b>U85</b>	2+988.94 - 3+024.52	-	-	-	-	-	X
<b>U92</b>	3+238.02 - 3+273.60	-	X	X	X	X	X
<b>U99</b>	3+487.10 - 3+522.68	-	X	X	-	X	X

()\*: Muestras adicionales.

**TABLA 28: Código por cada tipo de daño.**

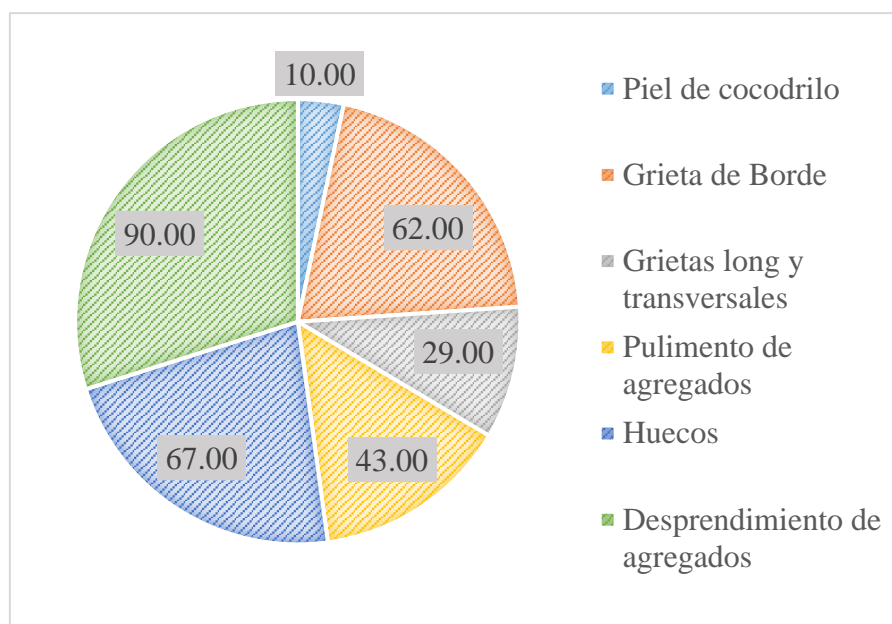
No.	Daño	No.	Daño
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.
2	Exudación.	12	Pulimentos de agregados
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.
6	Depresión.	16	Desplazamiento
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica.
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados.
10	Grietas long. y transversal.		

La información anterior nos permite conocer en que porcentaje se encuentran las fallas que hemos encontrado en el pavimento, considerando que se tiene un total de 15 muestras seleccionadas al azar y 6 de manera adicional, esa información está reflejada en la tabla 27.

**TABLA 29: Porcentaje de incidencia por tipo de daño.**

No.	DAÑO	UNIDAD	PORCENTAJE (%)
<b>1</b>	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	10%
<b>7</b>	Grieta de Borde	ml	62%
<b>10</b>	Grietas long. y transversales	ml	29%
<b>12</b>	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>	43%
<b>13</b>	Huecos	und	67%
<b>19</b>	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>	90%

GRÁFICO 21: Muestras que presentan un tipo de daño en porcentajes.



Posteriormente, se procede a calcular el valor del PCI de cada una de las 15 muestras escogidas al azar y las 6 muestras adicionales, esto nos permite encontrar una clasificación para el estado en el que se encuentra la muestra, donde 0 es un valor que representa un estado fallado y 100, en cambio, un estado excelente.

Ilustración 60. Rangos de calificación del PCI.

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		
RANGO		CLASIFICACIÓN
100	85	EXCELENTE
84	70	MUY BUENO
69	55	BUENO
54	40	REGULAR
39	25	MALO
24	10	MUY MALO
9	0	FALLADO

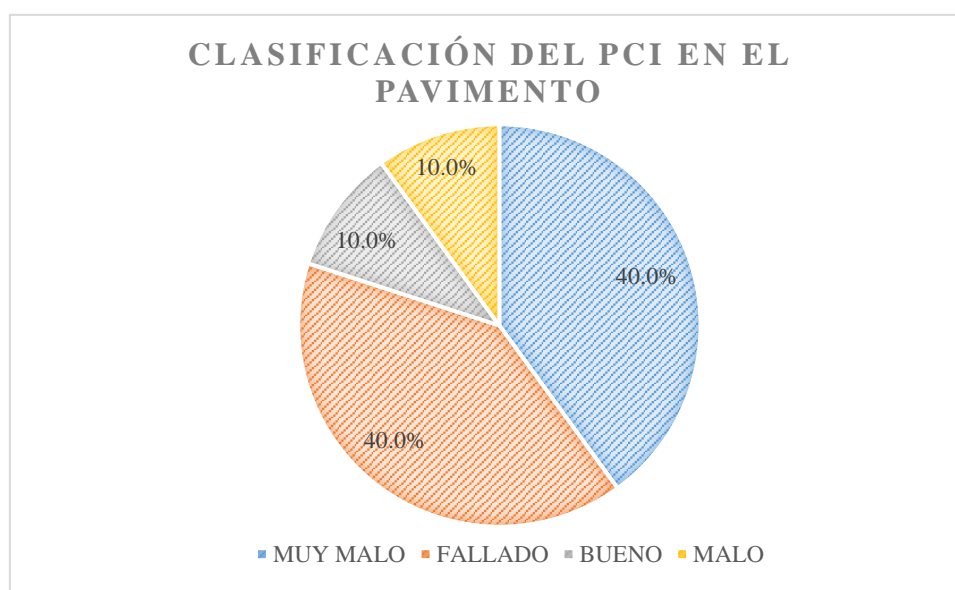
El procedimiento se realiza restando 100 menos Valor Máximo Deducido, la respuesta es el valor del PCI de las unidades de muestreo que fueron elegidas de manera aleatoria.

TABLA 30: Valor PCI y estado de las unidades de muestreo aleatorias.

Unidad de muestreo	Progresiva	Valor Máximo Deducido	PCI	Estado
U1	0+000.00 - 0+035.58	85	15	MUY MALO
U4*	0+106.75 - 0+142.33	92	8	FALLADO
U8	0+249.08 - 0+284.66	81	19	MUY MALO

<b>U15</b>	0+498.16 - 0+533.74	98	2	FALLADO
<b>U19*</b>	0+640.49 - 0+676.07	42	58	BUENO
<b>U22</b>	0+747.24 - 0+782.02	44	56	BUENO
<b>U29</b>	0+996.31 - 1+031.90	99	1	FALLADO
<b>U33*</b>	1+138.64 - 1+174.23	86	14	MUY MALO
<b>U36</b>	1+245.39 - 1+280.98	92	8	FALLADO
<b>U43</b>	1+494.47 - 1+530.05	87	13	MUY MALO
<b>U50</b>	1+743.55 - 1+779.13	98	2	FALLADO
<b>U53*</b>	1+850.30 - 1+885.88	93	7	FALLADO
<b>U57</b>	1+992.63 - 2+028.21	86	14	MUY MALO
<b>U64</b>	2+206.12 - 2+241.71	64	36	MALO
<b>U67*</b>	2+348.45 - 2+284.04	84	16	MUY MALO
<b>U71</b>	2+490.79 - 2+526.37	76	24	MUY MALO
<b>U78</b>	2+739.86 - 2+775.45	94	6	FALLADO
<b>U83*</b>	2+917.78 - 2+953.36	78	22	MUY MALO
<b>U85</b>	2+988.94 - 3+024.52	78	22	MUY MALO
<b>U92</b>	3+238.02 - 3+273.60	67	33	MALO
<b>U99</b>	3+487.10 - 3+522.68	95	5	FALLADO

GRÁFICO 22: Clasificación del PCI en el pavimento.



Para el cálculo del PCI de la sección del pavimento, según el Manual PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras [20] si la selección de las unidades de muestreo a inspeccionar ha sido realizada mediante la técnica aleatoria sistemática, y además se consideraron muestras aleatorias, se tomará para el cálculo del PCI de la sección la siguiente fórmula:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

$$PCI_R: 17.1$$

$$PCI_A: 13.4$$

$$N: 15$$

$$A: 6$$

$$PCI_S = 15.62$$

El valor del PCI de la sección es de 15.84, considerando que se encuentra en el rango de 24 – 10, se puede decir que se clasifica como un pavimento de condición muy malo.

**TABLA 31: Cálculo del PCI de la sección del pavimento.**

Unidad de muestreo	Progresiva	PCI
U1	0+000.00 - 0+035.58	15
U4*	0+106.75 - 0+142.33	8
U8	0+249.08 - 0+284.66	19
U15	0+498.16 - 0+533.74	2
U19*	0+640.49 - 0+676.07	58
U22	0+747.24 - 0+782.02	56
U29	0+996.31 - 1+031.90	1
U33*	1+138.64 - 1+174.23	14
U36	1+245.39 - 1+280.98	8
U43	1+494.47 - 1+530.05	13
U50	1+743.55 - 1+779.13	2
U53*	1+850.30 - 1+885.88	7
U57	1+992.63 - 2+028.21	14
U64	2+206.12 - 2+241.71	36
U67*	2+348.45 - 2+284.04	16
U71	2+490.79 - 2+526.37	24
U78	2+739.86 - 2+775.45	6
U83*	2+917.78 - 2+953.36	22
U85	2+988.94 - 3+024.52	22
U92	3+238.02 - 3+273.60	33
U99	3+487.10 - 3+522.68	5

El daño repetitivo en la mayoría de las unidades de muestro es el desprendimiento de los agregados considerado como un daño superficial por el Manual de Inventarios Viales 2014 [21], el nivel de severidad en todas las unidades es alto, porque el desprendimiento del ligante y el agregado es considerable y la textura de la superficie es muy rugosa, además está severamente ahuecada, la manera de tratar el desprendimiento de los agregados con niveles de severidad grandes es con un tratamiento superficial o en todo caso nueva carpeta asfáltica.

En gran medida la causa del daño es el envejecimiento de la carpeta de rodadura por la falta de mantenimiento a lo largo de los años, sin embargo, considerando factores como el clima, que para esa zona y en estaciones de verano es soleado la exposición a la radiación favorece a la oxidación del ligante y por ende al descubrimiento de los agregados, y las grandes cantidades de precipitaciones causadas por el fenómeno del niño pueden saturar la superficie del pavimento en combinación con la presión de las ruedas de los vehículos, provocar una erosión hidráulica.

### **Evaluación Estructural**

Los trabajos de campo han sido dirigidos a la obtención de la información necesaria para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante un programa de exploración directa, habiéndose ejecutado (04) calicatas a cielo abierto; distribuidas de tal manera que cubran toda el área de estudio y que nos permita obtener con bastante aproximación la conformación litológica de los suelos.

#### **Ubicación de los registros**

A continuación, se detalla en el siguiente gráfico El muestreo para la siguiente investigación en la fase de evaluación estructural está representado por 03 calicatas de 1.5 metros de profundidad, establecido según el Manual de carreteras, ubicadas al 25%, 50% y 75% de la longitud total del tramo vial.

Ilustración 61. Ubicación de los registros exploratorios.



TABLA 32: Ubicación de los registros exploratorios.

Calicata	Coordenadas
C1	626386.00 m E – 9234017.00 m S
C2	626620.00m E – 9233023.00 m S
C3	626850.00 m E – 9232056.00 m S

Adicionalmente se hizo una calicata en la progresiva 1+100.00 con la finalidad de esclarecer algunos resultados sobre el material, obtenidos en los ensayos anteriores.

La calicata adicional se encuentra en las coordenadas 626426.63 m E - 9233841.81 m S

Ilustración 62. Ubicación del registro exploratorio adicional.



Es importante mencionar que en la exploración del suelo se encontró carpeta asfáltica de 2” de espesor, que hasta la profundidad de 1.50 metros no se encontró napa freática y que el material que conforma la base y subbase granular en los primeros dos kilómetros es el mismo.

Se le realizaron ensayos a la carpeta asfáltica, con la finalidad de conocer su espesor, estabilidad, flujo y la gradación de los agregados de la mezcla, para ello se realizó la extracción de diamantina con broca de diámetro nominal de 4”, que de acuerdo con la norma INV E – 758 [23], se recomienda tomar un mínimo de tres testigos.

Las muestras fueron distribuidas a lo largo de todo el pavimento en estudio al 25%, 50% y 75% de la longitud total del pavimento, como se muestra en la ilustración

Ilustración 63. Ubicación de las pruebas de diamantina 4".

**TABLA 33: Coordenadas de las pruebas de diamantina.**

Muestra	Coordenadas
M1	626318.00 m E – 9234335.00 m S
M2	626685.00 m E– 9232747.00 m S
M3	627000.00 m E– 9231383.00 m S

### Ensayos de laboratorio

Las pruebas efectuadas son las siguientes:

- ✓ **Densidad In situ – Método cono de arena MTC E-117**

**TABLA 34: Porcentaje de compactación por capa.**

Calicata	Capa	Porcentaje de compactación (%)	Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )
C1	Subbase	99	2.19
	Base	98	2.19
C2	Subbase	93	1.86
	Base	99	2.19
C3	Subbase	95	1.9
	Base	98	2.19

Tanto base como subbase granular deben estar compactadas al 98%, en el caso de la base granular el porcentaje de compactación es aceptable en las tres calicatas, sin embargo, la subbase granular no ha llegado a su compactación óptima en la calicata 2 y 3.

- ✓ **Análisis granulométrico por tamizado AASHTO T 88**

El análisis granulométrico para la sub-base granular se describe de la siguiente manera:

**TABLA 35: Porcentaje que pasa en peso de la sub-base granular.**

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso
50 mm. (2")	100%
25 mm. (1")	94.13%
9.5 mm (3/8")	75.67%
4.75 mm. (N.º4)	61.03%
2.0 mm (N.º10)	43.03%
425 um. (N.º40)	15.70%
75 um. (N.º200)	5.87%

De acuerdo con la tabla 402-01 del Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas [22] corresponde a una gradación B, es un suelo bueno, de arena bien graduada con arcilla y grava.

El análisis granulométrico para la base granular se describe de la siguiente manera:

**TABLA 36: Porcentaje que pasa en peso de la base granular**

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso
50 mm. (2")	100%
25 mm. (1")	87.80%
9.5 mm (3/8")	58.47%
4.75 mm. (N.º4)	39.93%
2.0 mm (N.º10)	24.60%

425 um. (N.º40)	9.93%
75 um. (N.º200)	6%

De acuerdo con la tabla 402-01 Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas [22] corresponde a una gradación B, es un suelo bueno, grava pobremente graduada con limo y arena.

El análisis granulométrico del material existente en la subrasante se describe de la siguiente forma:

**TABLA 37: Porcentaje de material en la subrasante**

Calicata	% de material en la subrasante		
	Grava	Arena	Arcillas y limos
C1	0.00	13.41	86.6
C2	0.00	41.19	58.81
C3	0.00	65.76	34.25
CA	0.00	45.90	54.11

✓ **Límites de Atterberg ASTM D 4318**

**TABLA 38: Límites de Atterberg en subrasante, sub-base y base granular.**

Calicata	Capa	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
C-1	Subrasante	32.66	17.49	14.72
	Base	34.83	26.98	7.85
C-2	Subrasante	29.70	20.67	9.03
	Subbase	23.98	15.83	8.06
	Base	34.83	26.98	7.85
C-3	Subrasante	20.61	15.11	5.50
	Subbase	23.98	15.83	8.06
	Base	34.83	26.98	7.85
C-A	Subrasante	33.25	18.08	15.17

El índice de plasticidad para la base y subbase granular presentan valores por arriba del máximo requerido por la EG 2014 para altitudes menores a 3000 msnm., esto se debe a la presencia de finos, además podemos decir que es un suelo arcilloso.

**TABLA 39: Índice de plasticidad requerido en sub-base y base granular.**

Calicata	Capa	Requerimiento según norma <3000 msnm	Resultado de laboratorio	Observación
C-1	Base	4% máx.	7.85	NO CUMPLE
C-2	Subbase	6% máx.	8.06	NO CUMPLE

	Base	4% máx.	7.85	NO CUMPLE
C-3	Subbase	6% máx.	8.06	NO CUMPLE
	Base	4% máx.	7.85	NO CUMPLE

De la siguiente tabla podemos observar que ninguna muestra cumple con el requerimiento de la norma, que por encontrarnos a menos de 3000 msnm el índice plástico deber ser como máximo 4% en la base granular y 6% en la subbase granular.

**TABLA 40: Límite líquido requerido en subbase granular.**

Calicata	Capa	Requerimiento según norma <3000 msnm	Resultado de laboratorio	Observación
Todas	Subbase	25% máx.	23.98	CUMPLE

Con respecto al Límite líquido requerido en la subbase granular que para altitudes menores a 3000 msnm es 25% máximo, con un valor de 23.98 nos encontramos dentro del rango.

✓ **Clasificación de Suelos AASHTO M 145, ASTM D 2487**

La exploración de la subrasante permite conocer que está formada por suelos donde predominan las arenas, arcillas y limos inorgánicos de mediana a baja plasticidad, cuya consistencia es media.

De acuerdo con los resultados del análisis granulométrico el suelo de la subrasante de las calicatas C1, C2 y CA es un suelo en rango regular a malo, sin embargo, el suelo de la C3 puede considerarse como bueno.

**TABLA 41: Clasificación AASHTO y SUCS del material de la subrasante**

Calicata	Profundidad (m)	C. AASHTO	C. SUCS
C1	0.40 – 1.50	A-6(7)	CL
C2	0.40 – 1.50	A-4(3)	SC
C3	0.50 – 1.50	A-2-4(0)	SC-SM
CA	0.45 – 1.50	A-6(3)	SC

La exploración de la subbase granular nos muestra que el material es una arena bien graduada con arcilla y grava.

Para el caso de la base granular el material es una grava pobremente graduada con limo y arena.

**TABLA 42: Clasificación AASHTO y SUCS del material de la subbase y base granular.**

<b>Capa</b>	<b>C. AASHTO</b>	<b>C. SUCS</b>
Base granular	A-2-4(0)	GP-GM
Subbase granular	A-2-4 (0)03	SW-SC1

✓ **Humedad Natural ASTM D2216**

Mediante el ensayo de humedad natural se conoce el porcentaje de humedad de un suelo, de los ensayos de laboratorio se han obtenido los siguientes resultados, que posteriormente deben ser equiparados con la humedad óptima que nos brinda el ensayo Proctor.

**TABLA 43: Contenido de humedad.**

<b>Calicata</b>	<b>Humedad Natural (%)</b>		
	<b>Base granular</b>	<b>Subbase granular</b>	<b>Subrasante</b>
C1	1.20	1.20	9.17
C2	2.00	3.89	8.76
C3	1.50	4.10	15.33
CA	1.56	1.56	12.48

✓ **Contenido de sales NTP 339.152 (BS 1377)**

Mediante el ensayo se conoce el porcentaje de sales de un suelo, de los ensayos de laboratorio se han obtenido los siguientes resultados para el material que conforma la subrasante, de acuerdo con las recomendaciones de la NTP 339.152 (BS 1377), se indica que el suelo en estudio se encuentra dentro del rango “SEVERO” concentración de sales.

**TABLA 44: Contenido de sales.**

<b>Calicata</b>	<b>Contenido de sales (%)</b>
	<b>Subrasante</b>
C1	0.31
C2	0.37
C3	0.38

✓ **Proctor Modificado AASHTO T 180**

Se realiza con la finalidad de conocer la máxima densidad seca (MDS) y el contenido óptimo de humedad (OCH).

**TABLA 45: Proctor Modificado: Material de la subrasante**

Calicata	Subrasante	
	Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Óptimo de humedad (%)
C1	1.80	13.97
C2	1.90	11.3
C3	1.95	10.04
CA	1.86	12.82

**TABLA 46: Proctor Modificado: Material de la base y subbase granular**

Capa	Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Óptimo de humedad (%)
Base granular	2.19	7.8
Subbase granular	2	8.9

En la comparación de la humedad óptima con la humedad natural, podemos observar que en la mayoría de los casos para las 3 capas (subrasante, base y subbase granular) la segunda está por debajo de los valores óptimos, esto quiere decir que con el paso del tiempo el suelo ha ido perdiendo porcentaje de agua en sus poros, el rango para las arenas es de 1.9 gr/cm<sup>3</sup> a 2.1 gr/cm<sup>3</sup>, para la subrasante estamos dentro de los rangos y para la base y subbase granular que son gravas el rango es de 2.1 gr/cm<sup>3</sup> a 2.3 gr/cm<sup>3</sup>.

✓ **California Bearing Ratio (CBR) AASHTO T 193**

Este ensayo permite conocer el soporte del suelo al 95% de la MDS calculada con el ensayo Proctor Modificado.

**TABLA 47: CBR: Material de la subrasante.**

Calicata	Subrasante
	CBR al 95% de la MDS
C1	5.6
C2	6.1
C3	6.9
CA	7.70

Para el caso de la subrasante los CBR comprendidos entre 3 a 6% corresponden a una subrasante pobre, que es el caso de las calicatas 1,2 y 3, para el caso de la calicata CA su subrasante es considerada regular.

**TABLA 48: CBR: Material de la base y subbase granular.**

Capa	CBR al 95% de la MDS
Base granular	29
Subbase granular	22.5

De acuerdo con la EG 2014 el CBR mínimo requerido para subbase granular es 40% y para base granular ( $\geq 10^6$ ) es 100%, en ambos casos el CBR está por debajo de lo requerido.

✓ **Ensayo de estabilidad de Marshall ASTM D 1559**

El ensayo de estabilidad es para conocer

**TABLA 49: CBR: Material de la base y subbase granular.**

Muestra	1	2	3
%C.A. En peso de la mezcla	6.26	5.73	5.41
% Agregado grueso en peso de la mezcla	64.66	71.10	64.19
% Agregado fino en peso de la mezcla	35.34	28.90	35.81
Estabilidad sin corregir (KG)	790.00	814.00	833
Factor de Estabilidad	1.01	1.00	1.01
Estabilidad Corregida (4x5) KGs	797.90	814.00	841
Flujo (mm)	3.50	3.60	4.10

✓ **Granulometría**

El ensayo de granulometría se realizó para conocer la gradación del agregado utilizado para la mezcla asfáltica.

**TABLA 50: Granulometría de los agregados.**

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso (%)			Especificaciones
	M1	M2	M3	
1"				
¾"	93.75	98.62	83.05	100
½"	87.50	90.83	80.19	80-100
3/8"	81.90	86.70	73.90	70-88
1/4"	72.41	77.18	67.81	
N°04	64.66	71.10	64.19	51-68
N°08	48.71	60.32	55.43	
N°10	45.69	57.11	52.38	38-52
N°16	39.22	47.82	44.19	
N°20	34.91	40.25	38.10	
N°30	29.74	31.77	31.62	
N°40	25.43	25.34	26.86	17-28

N°50	17.24	14.79	17.90	
N°80	10.13	8.37	10.10	8-17
N°100	6.68	5.50	6.29	
(N.°200)	1.72	1.26	0.95	4-8
< N° 200	0	0	0	

### Propuesta de Intervención

La última parte del estudio es redactar una propuesta de intervención que solucione los problemas que presenta el tramo en estudio con la finalidad de devolverle al pavimento su condición operacional para la comodidad y seguridad del usuario.

De acuerdo con los resultados de la evaluación superficial a través del método de PCI, la condición del pavimento es muy mala, las fallas predominantes son de alta severidad y de tipo superficial según el manual de mantenimiento y conservación, las posibles medidas correctivas para este tipo de daños serán las detalladas a continuación:

**TABLA 51: Medidas correctivas por tipo de daño.**

Tipo de daño	Porcentaje de incidencia	Medida correctiva
Desprendimiento de los agregados	90%	Carpeta asfáltica, tratamiento superficial
Huecos	67%	Rehabilitación o reconstrucción

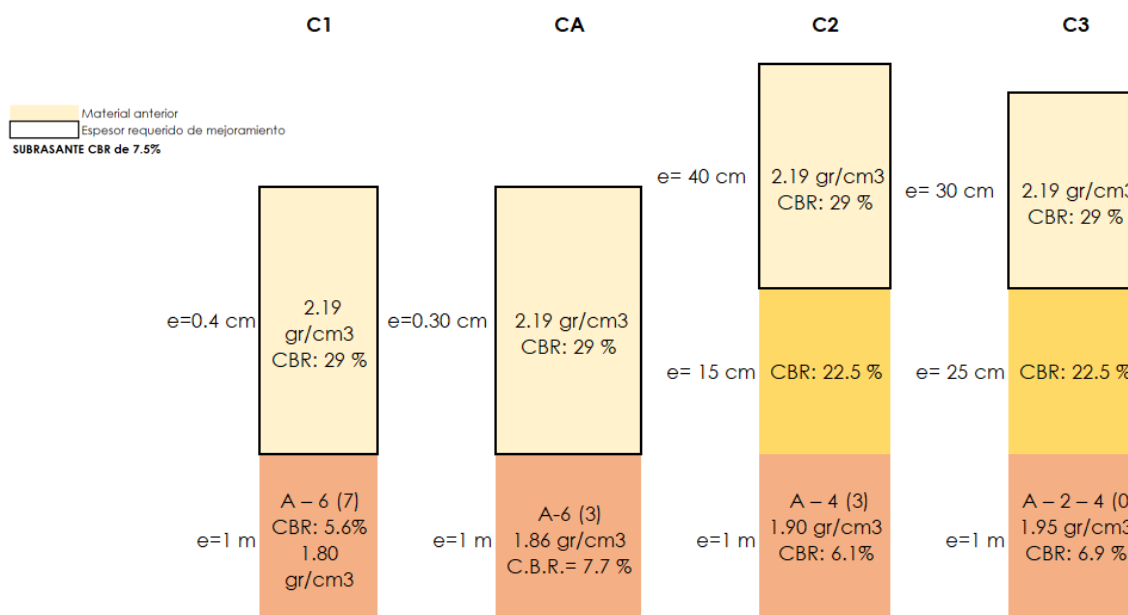
Debemos tomar en cuenta que el estudio de tráfico y los ensayos a las propiedades de los materiales que conforman la subbase y base granular nos han brindado resultados con los que sabemos que realizar solo un tratamiento superficial a la carpeta de rodadura sería un solución que ayude en la medida de lo posible a solucionar los daños a corto plazo, ya que el volumen de tránsito de hace años atrás no es el mismo al actual, además los CBR de la subrasante, subbase y base granular no están alcanzando el requerimiento mínimo de la norma de especificaciones 2014, entonces no podemos ignorar estas deficiencias que existen por debajo de la carpeta asfáltica y solo realizar un tratamiento superficial, existen tramos en los que la capeta del pavimento se encuentran completamente desprendida, y no podría rescatarse de ninguna forma, para que esto no vuelva a suceder nosotros necesitamos una propuesta de intervención con resultados que sigan funcionando bien a largo plazo, por ello se ha planteado la siguiente propuesta:

El diseño de un nuevo paquete estructural, sobre una subrasante de CBR mejorado

La propuesta considera conservar las capas de subbase y base granular existentes a fin de usarlas como parte del mejoramiento de la subrasante de la siguiente manera, obteniendo así CBR de subrasante entre categorías regular y buena.

**TABLA 52: CBR ponderados y espesores de mejoramiento.**

CALICATA	Capa	ESPESOR (m)	CBR (%)	CBR PONDERADO (%)	CATEGORÍA
C1	1	0.4	29	6.67	REGULAR
	2	1.1	5.6		
CA	1	0.3	29	8.19	BUENA
	2	1.05	7.7		
C2	1	0.4	29	7.19	REGULAR
	2	0.15	22.5		
	3	1.1	6.1		
C3	1	0.3	29	7.71	REGULAR
	2	0.25	22.5		
	3	1	6.9		



**Ilustración 64. Perfil con espesores de mejoramiento.**

Con el perfil mostrado, obtenemos un CBR de diseño que es 7.5%, que se encuentra en la categoría de subrasante regular, con lo que procedemos a realizar el diseño.

Para el diseño del pavimento se empleará el método AASHTO 1993, para el que se tomarán las siguientes consideraciones:

De acuerdo con el estudio de tráfico el número de repeticiones es 1914734, que corresponde a un tipo de tráfico TP6.

Por el mejoramiento aplicado a la subrasante el CBR es de 7.5%, subrasante regular S2.

Para la desviación estándar, tomando en cuenta que se ha efectuado un estudio de tráfico se adopta para pavimentos flexibles un valor de  $S_o=0.45$ .

El nivel de confiabilidad es de 85% por considerarse un tipo de tráfico TP6 (Ver tabla 04) y la probabilidad es de  $Z_R=-1.036$ .

Con respecto a los niveles de serviciabilidad el Índice de serviciabilidad inicial ( $P_o$ ) para un tipo de tráfico TP6 es de 4 (Ver tabla 06) y el Índice de serviciabilidad final ( $P_f$ ) es de 2.5 (Ver tabla 07).

Módulo resiliente en PSI para un CBR de 7.5% es de 9277 psi.

Los coeficientes estructurales considerados para calcular el número estructural se rigen bajo las siguientes consideraciones:

- Coeficiente estructural  $\alpha_1$  que representa la capa superior del pavimento, carpeta asfáltica en caliente módulo 2965 Mpa a 20°C, por lo tanto, será 0.170.
- Coeficiente estructural  $\alpha_2$  que representa la base granular del pavimento, base granular 80% CBR compactada al 100% MDS, por lo tanto, será 0.052.
- Coeficiente estructural  $\alpha_3$  que representa la subbase granular del pavimento, subbase granular 40% CBR compactada al 100% MDS, por lo tanto, será 0.047.

El coeficiente de drenaje por ser un proyecto en la zona Costera, en donde llueve moderadamente en verano y muy pocas veces el resto del año, la topografía es relativamente plana, por lo tanto, estimamos que el tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cerca a la saturación es de 5-25% calidad buena de drenaje, por lo tanto,  $m_1=m_2=1.0$ . por ser ambos del mismo material.

Después de conocer todas las consideraciones del diseño, tendríamos lo siguiente:

**TABLA 53: Resumen de resultados del diseño de la estructura del pavimento.**

<b>Periodo de Diseño</b>						10 años
<b>Número de ejes equivalentes</b>						1.915E+06
<b>Módulo Resiliente (psi)</b>						9277
<b>Nivel de Confianza</b>						85%
<b>Factor de Confiabilidad</b>						-1.036
<b>Desviación estándar</b>						0.45
<b>Serviciabilidad Inicial</b>						4
<b>Serviciabilidad Final</b>						2.5
<b>Índice se serviciabilidad</b>						1.5
<b>Número estructural Requerido</b>						3.50
Asfalto			$\alpha_1$	0.170	D1 (cm)	5
Base	m1	1.10	$\alpha_2$	0.052	D2 (cm)	25
Subbase	m2	1.10	$\alpha_3$	0.047	D3 (cm)	25
<b>Espesor total del pavimento</b>						(cm) 55

Número estructural propuesto	SN'	3.57
------------------------------	-----	------

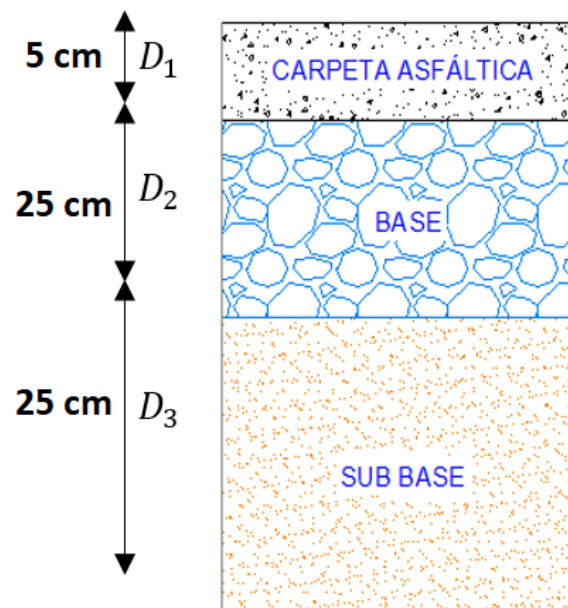


Ilustración 65. Paquete estructural.

## Conclusiones

Se realizó la evaluación superficial y estructural de la carretera playa Lobos ubicada en el distrito de Puerto Eten, provincia de Chilayo, la cual tiene una longitud total de 4 kilómetros, el ancho de la calzada es de 6.30 metros. El IMDa del tramo estudiado es de 200 veh/día, que de acuerdo con el Manual de Carreteras [19] corresponde a una carretera de tercera clase. Los vehículos que transitan con más frecuencia son el camión 2E y el semi Trayler T3S3 que representan el 36.50% y 30.50% de la distribución respectivamente.

De la evaluación superficial mediante el método PCI sabemos que los daños recurrentes en la mayoría de las muestras de inspección son desprendimiento de los agregados, huecos, grietas de borde, pulimento de los agregados, grietas longitudinales y transversales y piel de cocodrilo representadas por el 90%, 67%, 62%, 43%, 29% y 10% de incidencia respectivamente.

El desprendimiento de los agregados es el daño que más ha afectado la carpeta de rodadura, considerado como un daño superficial por el Manual de Inventarios Viales 2014 [21], el nivel de severidad en todas las unidades es alto, porque el desprendimiento del ligante y el agregado es considerable y la textura de la superficie es muy rugosa, además está severamente ahuecada.

Se inspeccionaron mediante el método del PCI 15 muestras escogidas al azar y 6 muestras adicionales, de las cuales 40% corresponden a un estado muy malo, 40% a un estado fallado, 10% a un estado bueno y 10% restante a un estado malo; El valor del PCI del tramo en estudio es de 15.84, tomando en cuenta, que se encuentra en el rango de 24 – 10, se clasifica como un pavimento de condición muy malo.

La evaluación estructural se realizó mediante 4 calicatas de 1.50 metros de profundidad para conocer las características del material de la base, subbase y subrasante. Se pudo observar que el espesor del asfalto es de aproximadamente 5 cm, base granular 25 cm y subbase 15 cm, no se encontró nivel freático.

La subrasante está formada por suelos donde predominan las arenas, arcillas y limos inorgánicos de mediana a baja plasticidad, cuya consistencia es media, tiene CBR entre 5.6% y 7.70% lo que indica que es una subrasante pobre a regular,

La granulometría de la subbase y base granular corresponde a una gradación B, la primera es una grava pobremente graduada con limo y arena, según la clasificación AASHTO es A-2-4(0)03 y el material de la segunda corresponde a una arena bien graduada con arcilla y grava, el A-2-4(0), el índice de plasticidad es alto, más del 4% que es el mínimo establecido por la norma.

El CBR de la subbase y base granular es de 22.5% y 29% respectivamente, se encuentran por debajo del mínimo recomendado por la norma que es 40% y 80%.

Para las 3 capas (subrasante, base y subbase granular) la humedad natural está por debajo de la humedad óptima, esto quiere decir que con el paso del tiempo el suelo ha ido perdiendo porcentaje de agua en sus poros.

La propuesta de intervención conlleva el diseño de un nuevo paquete estructural de 7.5 cm de espesor de carpeta asfáltica, 20 cm de base granular y 20 cm de subbase granular, para un periodo de diseño de 10 años, con un mejoramiento del CBR de la subrasante utilizando el material de las capas de subbase y base granular existentes.

**Recomendaciones**

Se recomienda realizar una evaluación técnica, económica y ambiental de la propuesta de intervención brindada a fin de conocer los costos que conllevaría realizarla.

De ser el caso de ejecutar la propuesta de intervención brindada se recomienda realizar un plan de mantenimientos periódicos al tramo vial con el fin de mantener a largo plazo la condición operacional.

Para la evaluación superficial se recomienda utilizar equipos de medición calibrados para medir longitud exacta de las unidades de muestreo y tener menos error en campo, además de señalizar adecuadamente con conos la zona de trabajo para evitar accidentes.

## Referencias

- [1] INDECI, «Proyecto INDECI PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES,» 2011.
- [2] J. M. Díaz Cárdenas, «Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles,» Bogotá D.C., 2014.
- [3] M. J. Sanchez Alfonzo, «Evaluación integral de la vía local Cumaná – Cumanacoa (1001); progresiva 0+000 (puente Aliviadero Manzanares) hasta progresiva 10+000 (vía Cumanacoa), de los municipios Sucre y Montes del estado Sucre,» Puerto la Cruz - Venezuela, 2010.
- [4] P. B. Leguía Loarte y H. F. Pacheco Risco, «Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima,» Lima, 2016.
- [5] . E. B. Tacza Herrera y B. O. Rodriguez Paez, «Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado,» Lima, 2018.
- [6] M. A. Correa Vásquez y L. G. Del Carpio Molero , «Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura,» Piura, 2019.
- [7] L. E. Quintana Díaz, «Aplicación del Método Índice de Condición del Pavimento para Evaluar la Superficie de Rodadura de la Carretera Reque - Puerto Eten,» Chiclayo, 2018.
- [8] M. Campos Cruz, «Evaluación del pavimento flexible por el método del PCI, calle Dorado cuadra 1- 10 del distrito Jose Leonardo Ortiz – Chiclayo,» Chiclayo, 2019.
- [9] B. S. Carrera Huertas y L. I. Dávila Monteza, «Evaluación del pavimento flexible para la rehabilitación de la avenida Las Américas tramo km 0+000 al km 2+045 ubicada en el distrito de Chiclayo – Lambayeque,» Chiclayo, 2019.
- [10] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014.
- [11] Ministerio de Economía y Finanzas, Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación, 2015.
- [12] UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN, Pavimentos Texto guía, 2004.

- [13] ASTM D6433, «Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys». United States.».
- [14] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, «Manual de Ensayos de Materiales,» 2014.
- [15] I.N.V. E – 758 – 07, «MÉTODO DE EXTRACCION DE TESTIGOS EN PAVIMENTOS TERMINADOS Y OTRAS OBRAS ESTRUCTURALES».
- [16] ASTM D6927, «Método De Prueba Estándar Para Estabilidad Marshall Y Flujo de Mezclas De Asfalto,» 2015.
- [17] ASTM D 2172 y AASHTO T 164, «ENSAYO LAVADO DE ASFALTO (ASTM D 2172 y AASHTO T 164),» 2013.
- [18] Colegio de Ingenieros del Perú, «CÓDIGO DEONTOLÓGICO DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ,» 2012.
- [19] Ministerio de Transportes y Comunicaciones , «Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos",» Lima, 2013.
- [20] L. R. Vásquez Varela, «Pavement Conditio Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras,» Manizales, 2002.
- [21] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Manual de Inventarios Viales,» 2014.
- [22] INVIAS, «EXTRACCIÓN DE TESTIGOS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS INV E – 758 – 13,» 2012.
- [23] Comunicaciones, Ministerio de Transporte y, «Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción,» 2014.

**Anexos****ANEXO 01: PLANO DE UBICACIÓN**  
**(adjuntado al final)**

**ANEXO 02: FICHA MODELO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS DEL ESTUDIO DE TRÁFICO.**



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	KM 1 AL 5 DE LA CARRETERA PL		
SENTIDO	S ←		N →
UBICACIÓN	PUERTO ETEN		
DIA	1		

ESTACION	PUERTO ETEN		
CODIGO DE LA ESTACION			
DIA Y FECHA	Lunes	23	8 21

HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
8:00-9:00	S									6	4				1	5					16
	N									2	0				0	0					2
9:00-10:00	S									4	3				1	2					10
	N									3	4				1	4					12
10:00-11:00	S									3	4		1		0	3					11
	N									5	4		0		1	2					12
11:00-12:00	S									1	3		0		0	3					7
	N									2	3		1		0	5					11
12:00-13:00	S									3	4					6					13
	N									1	3					6					10
13:00-14:00	S									6	2					2					10
	N									3	3					4					10
14:00-15:00	S									4	1		1		1	6					13
	N									9	4		1		1	2					17
15:00-16:00	S									6	4					3					13
	N									5	0					4					9
16:00-17:00	S									1	0					1					2
	N									1	2					2					5
17:00-18:00	S									8	4					4					16
	N									5	4					5					14
18:00-19:00	S									1	1					2					4
	N									7	3					3					13
19:00-20:00	S									0						0					0
	N									1						1					2
<b>PARCIAL:</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>87</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>75</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	


ENCUESTADOR : Adriana Rojas Samamé

JEFE DE BRIGADA :

ING.RESPONS:


SUPERV.MTC :

### ANEXO 03: FICHAS PARA LA RECOECCIÓN DE DATOS – PCI

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						FOTOGRAFÍA	
<b>ZONA:</b> Carretera Playa Lobos - Puerto Eten <b>ABCISA INICIAL:</b> 0+000.00 <b>ABCISA FINAL:</b> 0+035.58 <b>UNIDAD DE MUESTREO:</b> U1 <b>ÁREA DE MUESTREO (m2):</b> 229.51 <b>INSPECCIONADA POR:</b> Adriana Rojas Samamé <b>FECHA:</b> 22/09/2021							
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	UNIDAD	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	DENSIDAD%
			LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD		
1	m2	H	2.9	1		2.9	1.26
19	m2	M	35	6.4		224	97.60
VALORES DEDUCIDOS DE LAS FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	Q
Piel de cocodrilo	m2	H	2.9	1.26	45	123	2.00
Desprendimiento de agregados	m2	M	224	97.60	78		
$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$						3	
VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS							
VALORES DEDUCIDOS					VDT	Q	CDV
78	45				123	2	84
78	2				80	1	80
<b>HDV</b>						84	
<b>PCI</b>						16	
<b>CLASIFICACIÓN</b>						MUY MALO	





EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						FOTOGRAFÍA	
<b>ZONA:</b> Carretera Playa Lobos - Puerto Eten <b>ABCISA INICIAL:</b> 0+747.24 <b>ABCISA FINAL:</b> 0+782.82 <b>UNIDAD DE MUESTREO:</b> U22 <b>ÁREA DE MUESTREO (m2):</b> 229.51 <b>INSPECCIONADA POR:</b> Adriana Rojas Samamé <b>FECHA:</b> 22/09/2021							
<b>No.</b> <b>Daño</b>		<b>No.</b> <b>Daño</b>					
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	UNIDAD	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	DENSIDAD%
			LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD		
7	ml	H	35			35	15.3
10	ml	L	0.5		0.002	0.5	0.2
10	ml	L	0.5		0.002	0.5	0.2
10	ml	L	0.27		0.002	0.27	0.1
10	ml	L	0.22		0.002	0.22	0.1
12	m2	H	35	1.7		59.5	25.9
12	m2	H	35	2.3		80.5	35.1
10	ml	L	3		0.004	3	1.3
10	ml	L	0.6		0.002	0.6	0.3
10	ml	L	0.46		0.004	0.46	0.2
10	ml	L	0.4		0.003	0.4	0.2
10	ml	L	11		0.01	11	4.8
10	ml	L	1		0.003	1	0.4

VALORES DEDUCIDOS DE LAS FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT	Q
Grieta de borde	ml	H	35	15.25	29	62	3.00
Grietas long. y trans.	ml	L	97.27	42.38	8		
Pulimento de agregados	ml	L	59.72	26.02	25		
$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$						8	
VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS							
VALORES DEDUCIDOS					VDT	Q	CDV
29	25	8			62	3	40
38	10	2			50	2	36
38	2	2			42	1	42
<b>HDV</b>						42	
<b>PCI</b>						58	
<b>CLASIFICACIÓN</b>						<b>BUENO</b>	












EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						FOTOGRAFÍA	
<b>ZONA:</b> Carretera Playa Lobos - Puerto Eten <b>ABCISA INICIAL:</b> 2+241.71 <b>ABCISA FINAL:</b> 2+277.29 <b>UNIDAD DE MUESTREO:</b> U64 <b>ÁREA DE MUESTREO (m2):</b> 229.51 <b>INSPECCIONADA POR:</b> Adriana Rojas Samamé <b>FECHA:</b> 22/09/2021							
<b>No.</b> <b>Daño</b>		<b>No.</b> <b>Daño</b>					
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	UNIDAD	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	DENSIDAD%
			LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD		
12	m2	H	13.1	6.4		83.84	36.5
19	m2	H	3.9	2.5		9.75	4.2
19	m2	H	6	1.7		10.2	4.4
7	ml	H	35			35	15.3
19	m2	H	12	1.4		16.8	7.3
VALORES DEDUCIDOS DE LAS FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT	Q
Pulimento de agregados	m2	H	83.8	36.530	10	94	3.00
Desprendimiento de agregados	m2	H	36.8	16.0	55		
Grieta de borde	ml	H	35.0	15.3	29		
$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$						5	
VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS							
					VDT	Q	CDV
55	29	10			94	3	60
55	29	2			86	2	62
55	2	2			59	1	62
						HDV	62
						PCI	38
						CLASIFICACIÓN	
						MALO	















EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO		FOTOGRAFÍA	
ZONA:	Carretera Playa Lobos - Puerto Eten		
ABCISA INICIAL:	1+850.30		
ABCISA FINAL	1+885.88		
UNIDAD DE MUESTREO	U53		
ÁREA DE MUESTREO (m2)	229.51		
INSPECCIONADA POR	Adriana Rojas Samamé		
FECHA	22/09/2021		
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>
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	UNIDAD	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES			TOTAL	DENSIDAD%
			LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD		
13	und	H	1	0.6	0.045	1	0.4
19	m2	H	2	2.9		5.8	2.5
7	ml	H	35			35	15.3
19	m2	H	7	6.3		44.1	19.2
19	m2	H	26	3.7		96.2	41.9
19	m2	H	2	3.5		7	3.1
19	m2	H	7	0.1		0.7	0.3
19	m2	H	26	2.7		70.2	30.6

VALORES DEDUCIDOS DE LAS FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VD	VDT	Q
Huecos	und	H	1	1.00	52	159	3.00
Desprendimiento de agregados	m2	H	218.2	95.07	78		
Grietas de borde	ml	H	35	15.25	29		
$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$						3	

VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS							
					VDT	Q	CDV
78	52	29			159	3	93
78	52	2			132	2	87
78	2	2			82	1	82

<b>HDV</b>	93
<b>PCI</b>	7
<b>CLASIFICACIÓN</b>	
FALLADO	





## ANEXO 04: AUTORIZACIÓN PARA ENSAYOS



### MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ETEN PUERTO

Creado el 19 de Diciembre de 1906 - Según Ley N° 448  
 AV. SAN MARTÍN N° 128  
 RUC: 20191574665



## AUTORIZACION

El que suscribe, el ING° ABNER I. NAMOC VILLEGAS; jefe de la Subgerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano de la Municipalidad Distrital de Puerto Eten.

Deja constancia mediante el presente que la **señorita** Adriana Cecilia Rojas Samamé estudiante de la carrera Ingeniería Civil – Ambiental del alma mater Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de la ciudad de Chiclayo, cuenta con el permiso correspondiente para la elaboración de los estudios topográficos, Mecánica de Suelos y otros, para el proyecto de tesis: "EVALUACION SUPERFICIAL y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE y PROPUESTA TECNICA DEL TRAMO VIAL COMPRENDIDO ENTRE EL KM1 y EL km5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS".

Así mismo debo señalar que a la fecha **NO EXISTE** registro alguno en el banco de inversiones del proyecto mencionado.

Se expide la presente autorización para los fines correspondientes

Puerto Eten, 01 de Junio del 2021.

Atentamente,

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ETEN PUERTO  
  
 Ing. Abner I. Namoc Villegas  
 SUBGERENCIA DE DIU

Ing. Abner I. Namoc Villegas  
 Subg. de Infraestructura y Desarrollo Urbano  
 CIP N° 135607

**¡Eten Puerto, avanza contigo!**

CC  
 Avila

**eten  
 puerto**  
 en tu corazón



**ANEXO 05: PLANO DE UBICACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO**  
**(Adjuntado al final)**

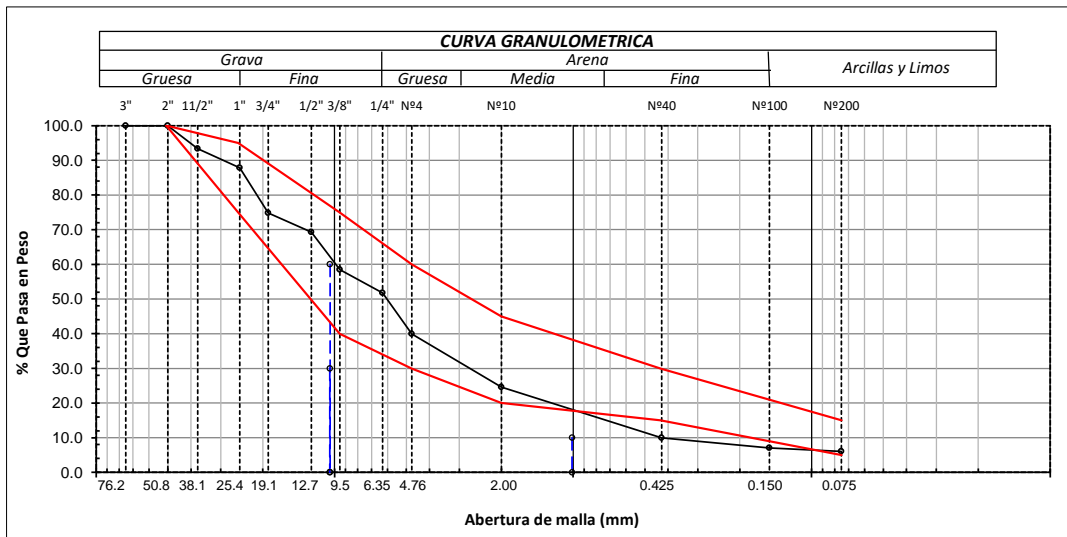
**ANEXO 06: ENSAYOS DE LABORATORIO**



**LABORATORIO LINUS E.I.R.L.**  
**SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS**  
**PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**  
**RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI**  
**RUC. 20605369139**

**MATERIAL EXISTENTE – BASE**

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D422 / N.T.P. 339.128) (GRADACION "B")							
<b>SOLICITANTE :</b> BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME <b>PROYECTO :</b> EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS <b>UBICACIÓN :</b> DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE <b>MATERIAL :</b> MATERIAL EXISTENTE (BASE) <b>FECHA :</b> 26.10.2021							
ABERTURA MALLA		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	76.200						PESO TOTAL : 6000.0 g.
2 1/2"	63.500				100.00		PESO LAVADO : 360.0 g.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>100.0</b>	
1 1/2"	38.100	400.00	6.67	6.67	93.33		LIMITE LIQUIDO : 34.83 %
1"	25.400	332.00	5.53	12.20	87.80	<b>75 - 95</b>	LIMITE PLASTICO : 26.98 %
3/4"	19.050	780.00	13.00	25.20	74.80		INDICE PLASTICIDAD : 7.85 %
1/2"	12.700	328.00	5.47	30.67	69.33		CLASIF. AASHTO : <b>A-2-4 (0)</b>
3/8"	9.525	652.00	10.87	41.53	58.47	<b>40 - 75</b>	CLASIF. SUCS : <b>GP-GM</b>
1/4"	6.350	400.00	6.67	48.20	51.80		DESCRIPCIÓN DEL SUELO : <b>BUENO</b>
Nº4	4.760	712.00	11.87	60.07	39.93	<b>30 - 60</b>	<i>Grava pobremente graduada con limo y arena</i>
Nº10	2.000	920.00	15.33	75.40	24.60	<b>20 - 45</b>	
Nº20	0.840	624.00	10.40	85.80	14.20		
Nº40	0.425	256.00	4.27	90.07	9.93	<b>15 - 30</b>	
Nº50	0.300	80.00	1.33	91.40	8.60		
Nº100	0.150	92.00	1.53	92.93	7.07		MODULO DE FINEZA : <b>6.601</b>
Nº200	0.075	64.00	1.07	94.00	6.00	<b>5 - 15</b>	Coef. Uniformidad : 10.4
< Nº 200	FONDO	360.00	6.00	100.00	0.00		Coef. Curvatura : 10.39



Observaciones: \_\_\_\_\_

**Mario Ramirez Dejo**  
 GERENTE GENERAL  
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683 - 16

E-Mail = [mario.rdz@hotmail.com](mailto:mario.rdz@hotmail.com)

**OSCAR LUQUIÑOS RODRIGUEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 31338



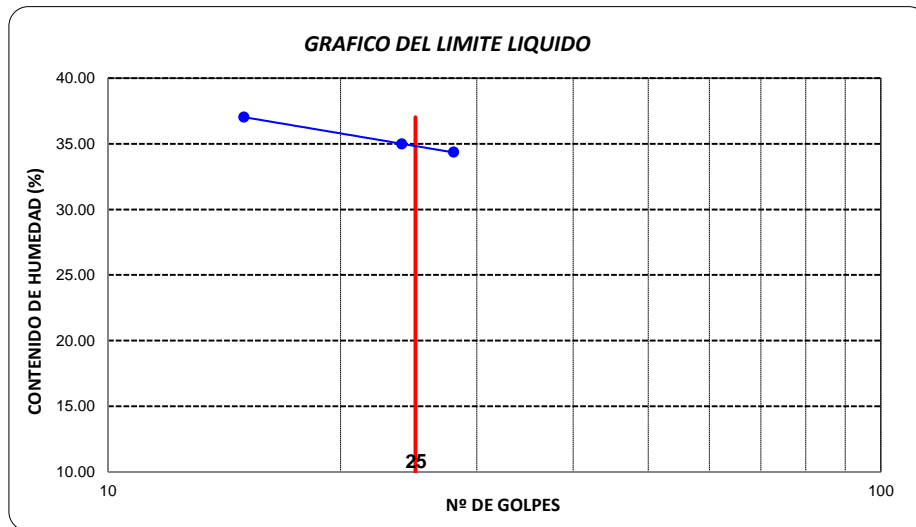
# LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS  
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI

RUC. 20605369139


LIMITES DE ATTERBERG (ASTM - D423 / N.T.P. 339.129)						
<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME					
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS					
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE					
<b>MATERIAL</b>	: MATERIAL EXISTENTE (BASE)					
<b>FECHA</b>	: 26.10.2021					
DATOS DE ENSAYO		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
N° de tarro		420	424	429	403	---
N° de golpes		15	24	28	---	---
Tarro + suelo húmedo		60.90	65.06	64.87	51.36	---
Tarro + suelo seco		55.17	58.85	57.96	48.87	---
Agua		5.73	6.21	6.91	2.49	---
Peso del tarro		39.70	41.10	37.85	39.64	---
Peso del suelo seco		15.47	17.75	20.11	9.23	---
Porcentaje de humedad		37.04	34.99	34.36	26.98	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	34.83
Límite Plástico	26.98
Índice de Plasticidad	7.85

MUESTRA: M - 1	
Clasificación SUCS	GP-GM
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)

Observaciones: \_\_\_\_\_

  
**Mario Ramirez Dejo**  
 GERENTE GENERAL  
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683

E-Mail = mario.rd8@hotmail.com

  
**OSCAR LUQUIÑOS RODRIGUEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 31338



# LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS  
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI

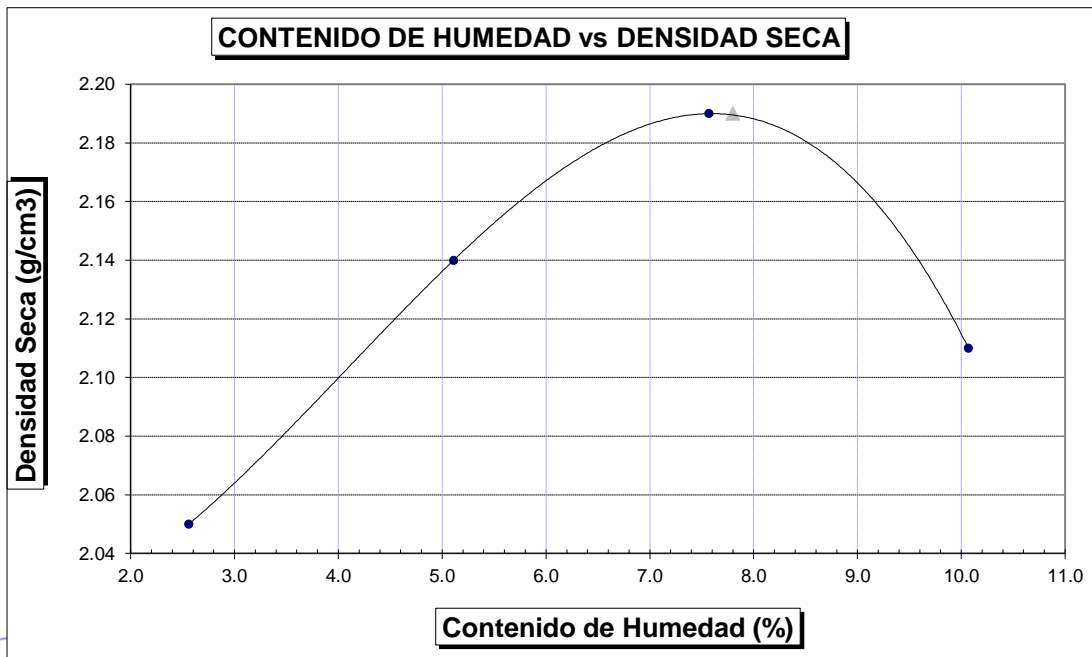
RUC. 20605369139

SOLICITANTE	: BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME
PROYECTO	: EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS
UBICACION	: DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE
MATERIAL	: MATERIAL EXISTENTE (BASE)
FECHA	: 26.10.2021

## PROCTOR MODIFICADO AASHTO T - 180 D

MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	2050	cm <sup>3</sup>	---	pie <sup>3</sup>
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	6355	6663	6888	6806
- Peso de Molde	(g)	2050	2050	2050	2050
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4305	4613	4838	4756
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2.100	2.250	2.360	2.320
- Recipiente N°		517	522	378	80
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	44.57	42.44	47.89	47.09
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	44.01	41.42	46.15	44.69
- Tara	(g)	22.15	21.44	23.16	20.85
- Peso de Agua	(g)	0.56	1.02	1.74	2.40
- Peso de Suelo Seco	(g)	21.86	19.98	22.99	23.84
- Contenido de agua	(%)	2.56	5.11	7.57	10.07
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	2.05	2.14	2.19	2.11

Máxima Densidad Seca : 2.19 gr/cm<sup>3</sup>  
Optimo Contenido de Humedad : 7.80 %



CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683

Mario Ramirez Dejo  
GERENTE GENERAL  
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

E-Mail = mario\_rdz@hotmail.com



OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 31338



# LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS  
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI

RUC. 20605369139

## ENSAYO CALIFORNIA BEARNING RATIO

SOLICITANTE : BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME  
 PROYECTO : EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA  
 TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO  
 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS  
 UBICACION : DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE  
 MATERIAL : MATERIAL EXISTENTE (BASE)  
 FECHA : 26.10.2021

### C.B.R.

MOLDE N°	17		32		43	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	11,296	11,379	11,373	11,493	11,142	11,380
PESO DEL MOLDE (g)	6,236	6,236	6,436	6,436	6,404	6,404
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	5060	5143	4937	5057	4738	4976
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	2.36	2.40	2.30	2.36	2.21	2.32
CAPSULA N°	284	306	335	363	377	407
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	53.82	63.59	62.46	59.79	45.93	71.05
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	51.48	60.26	59.54	56.13	44.10	65.65
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	2.34	3.33	2.92	3.66	1.83	5.4
PESO DE CAPSULA (g)	21.53	23.71	23.90	20.46	20.84	23.13
PESO DE SUELO SECO (g)	29.95	36.55	35.64	35.67	23.26	42.52
HUMEDAD (%)	7.81%	9.11%	8.19%	10.26%	7.87%	12.70%
DENSIDAD SECA	2.19	2.20	2.13	2.14	2.05	2.06

### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
NO REGISTRA											

### PENETRACION

PENETRACION pulg.	CARGA ESTANDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 17				MOLDE N° 32				MOLDE N° 43			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%
0.020		27.70	324	108.00		20.00	234	78.00		12.10	141	47.00	
0.040		57.70	675	225.00		41.80	489	163.00		25.10	294	98.00	
0.060		84.40	987	329.00		61.00	714	238.00		36.70	429	143.00	
0.080		110.80	1296	432.00		80.30	939	313.00		47.90	561	187.00	
0.100	1000	138.50	1620	540.00	54.00	100.30	1173	391.00	39.10	60.00	702	234.00	23.40
0.200	1500	225.60	2640	880.00		163.30	1911	637.00		97.70	1143	381.00	
0.300		286.70	3354	1118.00		207.40	2427	809.00		124.10	1452	484.00	
0.400		332.30	3888	1296.00		240.50	2814	938.00		144.10	1686	562.00	
0.500		346.20	4050	1350.00		250.80	2934	978.00		150.00	1755	585.00	

Mario Ramirez Dejo  
GERENTE GENERAL  
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683

E-Mail = mario\_rdz@hotmail.com

OSCAR LUQUIÑOS RODRIGUEZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 31338



# LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

## SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

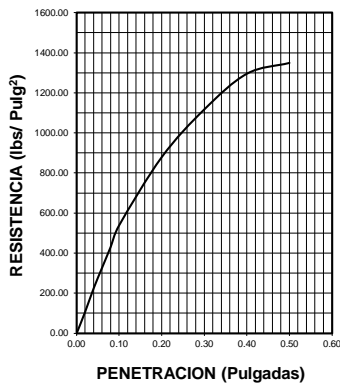
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI  
**RUC. 20605369139**

**SOLICITANTE** : BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME  
**PROYECTO** : EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA  
 TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO  
 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS  
**UBICACION** : DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : MATERIAL EXISTENTE (BASE)  
**FECHA** : 26.10.2021

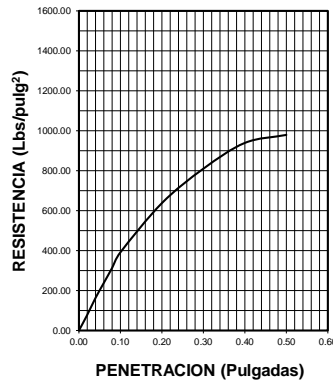
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.19
Humedad Optima (%)	7.80

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	54.00
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	29.00

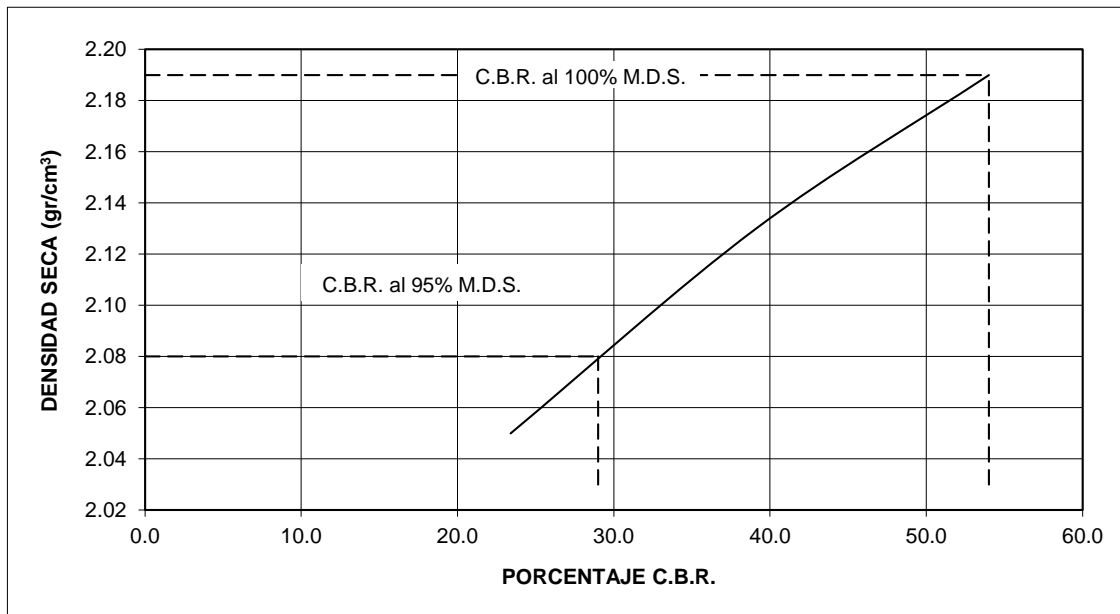
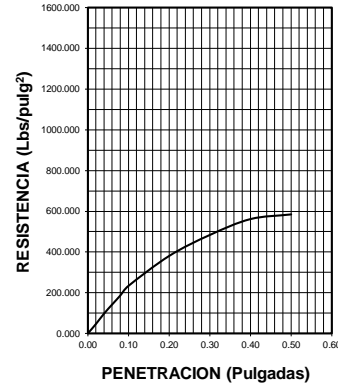
**56 GOLPES**



**25 GOLPES**



**12 GOLPES**



*(Signature)*  
**Mario Ramirez Dejo**  
 GERENTE GENERAL  
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683 - 20

E-Mail = mario\_rdz@hotmail.com

*(Signature)*  
**OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 31338



# LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS  
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI

RUC. 20605369139

SOLICITANTE	: BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME
PROYECTO	: EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS
UBICACIÓN	: DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE
MATERIAL	: MATERIAL EXISTENTE
METODO	: RESTITUCION DE ARENA
FECHA	: 26.10.2021


DENSIDAD IN SITU				
DETERMINACION	MATERIAL	MATERIAL EXISTENTE (BASE)		
		C1M1	C2M1	C3M1
KM/ESTACA/BUZON	CALICATA			
LADO/CAPA/PROF.	PROF.	12 cm.	12 cm.	12 cm.
1.-	Peso del Material + Bolsa	2,370.00	2,140.00	2,330.00
2.-	Peso de la Bolsa	0.00	0.00	0.00
3.-	Peso de Material Neto	2,370.00	2,140.00	2,330.00
4.-	Peso de la Arena + Frasco	5,200.00	5,092.00	5,110.00
5.-	Peso de la Arena que queda+Frasco	2,071.00	2,120.00	1,990.00
6.-	Peso de la Arena en el embudo	1,630.00	1,630.00	1,630.00
7.-	Peso de la Arena en el hueco	1,499.00	1,342.00	1,490.00
8.-	Densidad de la Arena	1.42	1.42	1.42
9.-	Volumen del Hueco	1,056.00	945.00	1,049.00
10.-	Peso de la Grava seca al aire	541.00	422.00	395.00
11.-	Volumen de la Grava desplazada	212.99	166.14	155.51
12.-	Peso Neto del Suelo	1,829.00	1,718.00	1,935.00
13.-	Volumen del Suelo	843.01	778.86	893.49
14.-	Densidad Húmeda	2.17	2.21	2.17
15.-	% de Contenido de Humedad	1.20	2.00	1.50
16.-	Densidad Seca	2.14	2.17	2.14
17.-	Máxima Densidad determinada	2.19	2.19	2.19
18.-	Porcentaje de Compactación	98.00%	99.00%	98.00%
19.-	Porcentaje de Compac. Especif.			
20.-	Espesor Compactado			

CONTROL DE HUMEDAD	
1.- N° RECIPIENTE	HUMEDAD CONTROLADA CON SPEEDY

Observaciones :

LAS MUESTRAS SE TOMARON IN SITU.

  
CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683  
Mario Ramirez Dejo  
GERENTE GENERAL  
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



E-Mail = mario\_rd8@hotmail.com

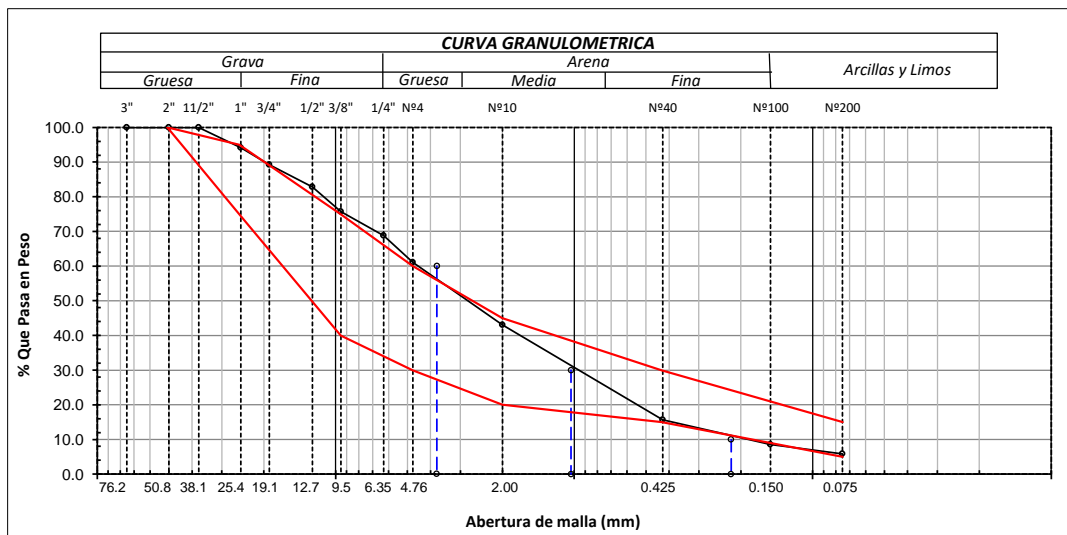
  
OSCAR LUQUIÑOS RODRIGUEZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 31338



**LABORATORIO LINUS E.I.R.L.**  
**SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS**  
**PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**  
**RESOLUCION Nº 031616-2019/DSD - INDECOPI**  
**RUC. 20605369139**

**MATERIAL EXISTENTE - SUB BASE**

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D422 / N.T.P. 339.128) (GRADACION "B")							
SOLICITANTE : BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME							
PROYECTO : EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS							
UBICACIÓN : DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE							
MATERIAL : MATERIAL EXISTENTE (SUB-BASE)							
FECHA : 26.10.2021							
ABERTURA MALLA		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	76.200						PESO TOTAL : 6000.0 g.
2 1/2"	63.500				100.00		PESO LAVADO : 352.0 g.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>100.0</b>	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITE LIQUIDO : 23.89 %
1"	25.400	352.00	5.87	5.87	94.13	<b>75 - 95</b>	LIMITE PLASTICO : 15.83 %
3/4"	19.050	296.00	4.93	10.80	89.20		INDICE PLASTICIDAD : 8.06 %
1/2"	12.700	380.00	6.33	17.13	82.87		CLASIF. AASHTO : <b>A-2-4 (0)</b>
3/8"	9.525	432.00	7.20	24.33	75.67	<b>40 - 75</b>	CLASIF. SUCS : <b>SW-SC</b>
1/4"	6.350	410.00	6.83	31.17	68.83		DESCRIPCIÓN DEL SUELO : <b>BUENO</b>
Nº4	4.760	468.00	7.80	38.97	61.03	<b>30 - 60</b>	<b>Arena bien graduada con arcilla y grava</b>
Nº10	2.000	1080.00	18.00	56.97	43.03	<b>20 - 45</b>	
Nº20	0.840	980.00	16.33	73.30	26.70		
Nº40	0.425	660.00	11.00	84.30	15.70	<b>15 - 30</b>	
Nº50	0.300	190.00	3.17	87.47	12.53		
Nº100	0.150	240.00	4.00	91.47	8.53		MODULO DE FINEZA : <b>5.218</b>
Nº200	0.075	160.00	2.67	94.13	5.87	<b>5 - 15</b>	Coef. Uniformidad : 17.1
< Nº 200	FONDO	352.00	5.87	100.00	0.00		Coef. Curvatura : 1.29



Observaciones: \_\_\_\_\_

*(Signature)*  
**Mario Ramirez Dejo**  
 GERENTE GENERAL  
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE Nº 717 - PAVIMENTOS LAMBAYEQUE - CEL. 954853683 -

E-Mail = mario.rdz@hotmail.com

*(Signature)*  
**OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 31338



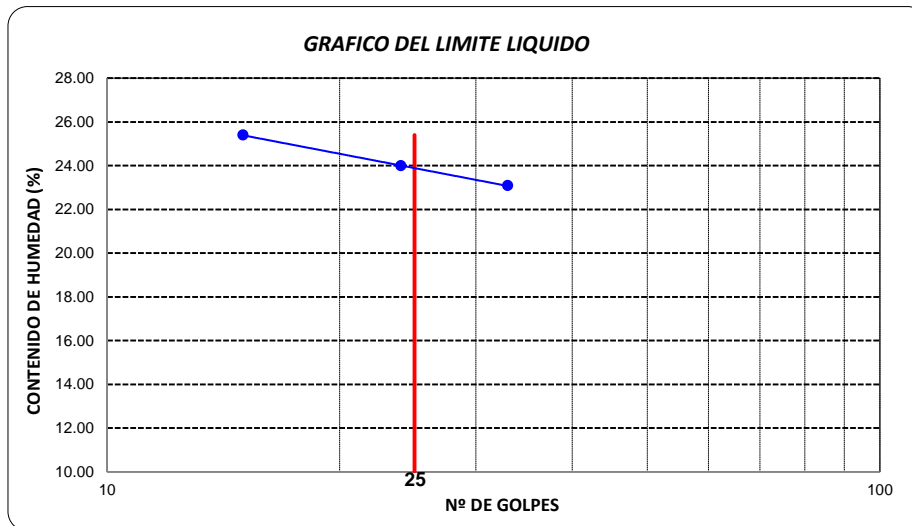
# LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS  
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI

RUC. 20605369139

LIMITES DE ATTERBERG (ASTM - D423 / N.T.P. 339.129)						
<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME					
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS					
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE					
<b>MATERIAL</b>	: MATERIAL EXISTENTE (SUB-BASE)					
<b>FECHA</b>	: 26.10.2021					
DATOS DE ENSAYO		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
N° de tarro	402	427	407	448	---	---
N° de golpes	15	24	33	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	62.98	66.15	67.96	54.64	---	---
Tarro + suelo seco	58.14	61.03	62.49	52.58	---	---
Agua	4.84	5.12	5.47	2.06	---	---
Peso del tarro	39.08	39.69	38.79	39.57	---	---
Peso del suelo seco	19.06	21.34	23.7	13.01	---	---
Porcentaje de humedad	25.39	23.99	23.08	15.83	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	23.89
Límite Plástico	15.83
Índice de Plasticidad	8.06

MUESTRA:	M - 1
Clasificación SUCS	SW-SC
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)

Observaciones:

**Mario Ramirez Dejo**  
GERENTE GENERAL  
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683 -  
E-Mail = mario\_rd8@hotmail.com

**OSCAR LUQUIÑOS RODRIGUEZ**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 31338



# LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS  
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI

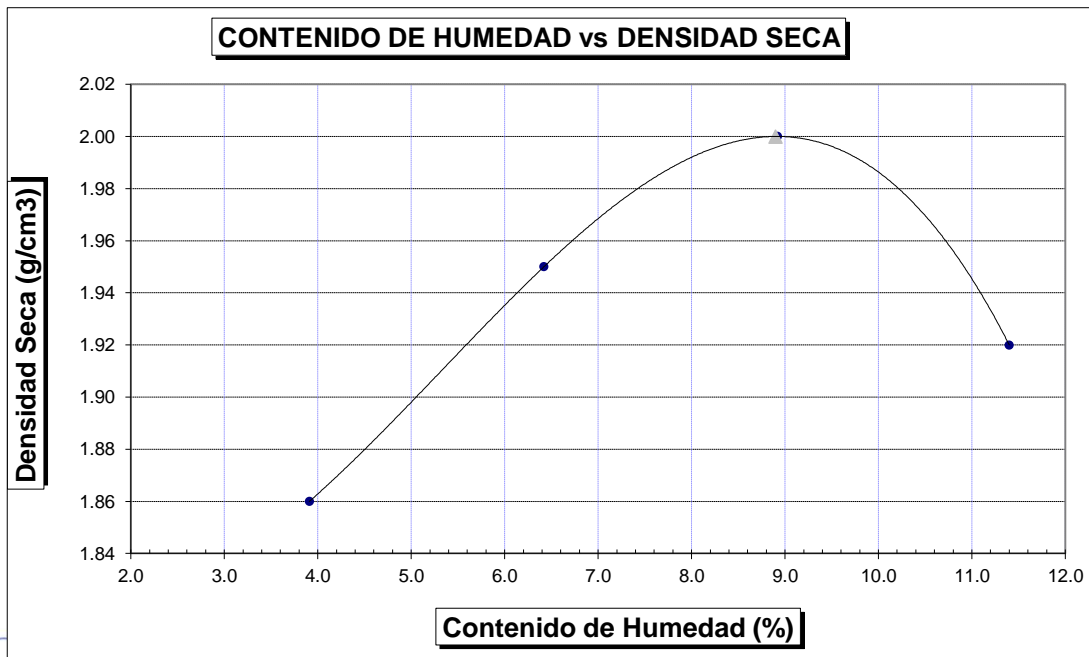
RUC. 20605369139

SOLICITANTE	: BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME
PROYECTO	: EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS
UBICACION	: DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE
MATERIAL	: MATERIAL EXISTENTE (SUB-BASE)
FECHA	: 26.10.2021

## PROCTOR MODIFICADO AASHTO T - 180 D

MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	2050	cm <sup>3</sup>	---	pie <sup>3</sup>
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	6007	6294	6519	6437
- Peso de Molde	(g)	2050	2050	2050	2050
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	3957	4244	4469	4387
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.930	2.070	2.180	2.140
- Recipiente N°		154	132	233	194
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	43.10	40.52	43.66	43.75
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	42.29	39.31	41.71	41.16
- Tara	(g)	21.56	20.46	19.85	18.45
- Peso de Agua	(g)	0.81	1.21	1.95	2.59
- Peso de Suelo Seco	(g)	20.73	18.85	21.86	22.71
- Contenido de agua	(%)	3.91	6.42	8.92	11.40
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	1.86	1.95	2.00	1.92

Máxima Densidad Seca : 2.00 gr/cm<sup>3</sup>  
Optimo Contenido de Humedad : 8.90 %



*(Handwritten signature in blue ink)*

*(Handwritten signature in blue ink)*

CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683

Mario Ramirez Dejo  
GERENTE GENERAL  
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

E-Mail = mario\_r8@hotmail.com



OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 31338



**LABORATORIO LINUS E.I.R.L.**  
**SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS**  
**PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**  
**RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI**  
**RUC. 20605369139**

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME  
**PROYECTO** : EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA  
 TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO  
 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS  
**UBICACION** : DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : MATERIAL EXISTENTE (SUB-BASE)  
**FECHA** : 26.10.2021

**C.B.R.**

MOLDE N°	11		26		37	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	11,291	11,371	11,367	11,476	11,136	11,352
PESO DEL MOLDE (g)	6,624	6,624	6,824	6,824	6,792	6,792
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4667	4747	4543	4652	4344	4560
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	2.18	2.22	2.12	2.17	2.03	2.13
CAPSULA N°	149	171	200	228	242	272
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	46.30	56.08	54.99	52.21	38.34	63.42
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	44.09	52.87	52.15	48.74	36.71	58.26
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	2.21	3.21	2.84	3.47	1.63	5.16
PESO DE CAPSULA (g)	19.22	21.40	21.59	18.15	18.53	20.82
PESO DE SUELO SECO (g)	24.87	31.47	30.56	30.59	18.18	37.44
HUMEDAD (%)	8.89%	10.20%	9.29%	11.34%	8.97%	13.78%
DENSIDAD SECA	2.00	2.01	1.94	1.95	1.86	1.87

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
NO REGISTRA											

**PENETRACION**

PENETRACION pulg.	CARGA ESTANDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 11				MOLDE N° 26				MOLDE N° 37			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%
0.020		20.00	234	78.00		14.60	171	57.00		8.70	102	34.00	
0.040		41.80	489	163.00		30.30	354	118.00		17.90	210	70.00	
0.060		61.00	714	238.00		44.40	519	173.00		26.40	309	103.00	
0.080		80.00	936	312.00		57.90	678	226.00		34.60	405	135.00	
0.100	1000	100.00	1170	390.00	39.00	72.60	849	283.00	28.30	43.30	507	169.00	16.90
0.200	1500	163.10	1908	636.00		118.20	1383	461.00		70.50	825	275.00	
0.300		206.90	2421	807.00		150.30	1758	586.00		89.70	1050	350.00	
0.400		240.00	2808	936.00		174.10	2037	679.00		104.10	1218	406.00	
0.500		250.00	2925	975.00		181.50	2124	708.00		108.50	1269	423.00	

**Mario Ramirez Dejo**  
 GERENTE GENERAL  
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683 -  
 E-Mail = mario\_rdr8@hotmail.com

**OSCAR LUQUIÑOS RODRIGUEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 31338



# LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS  
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI

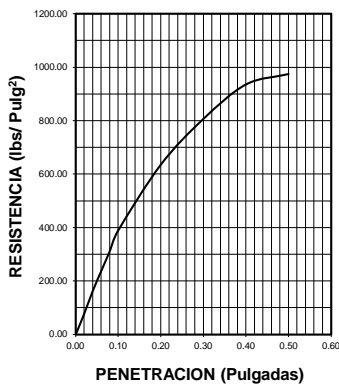
RUC. 20605369139

**SOLICITANTE** : BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME  
**PROYECTO** : EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA  
 TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO  
 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS  
**UBICACION** : DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : MATERIAL EXISTENTE (SUB-BASE)  
**FECHA** : 26.10.2021

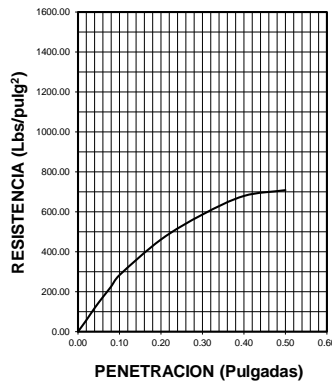
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.00
Humedad Optima (%)	8.90

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	39.00
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	22.50

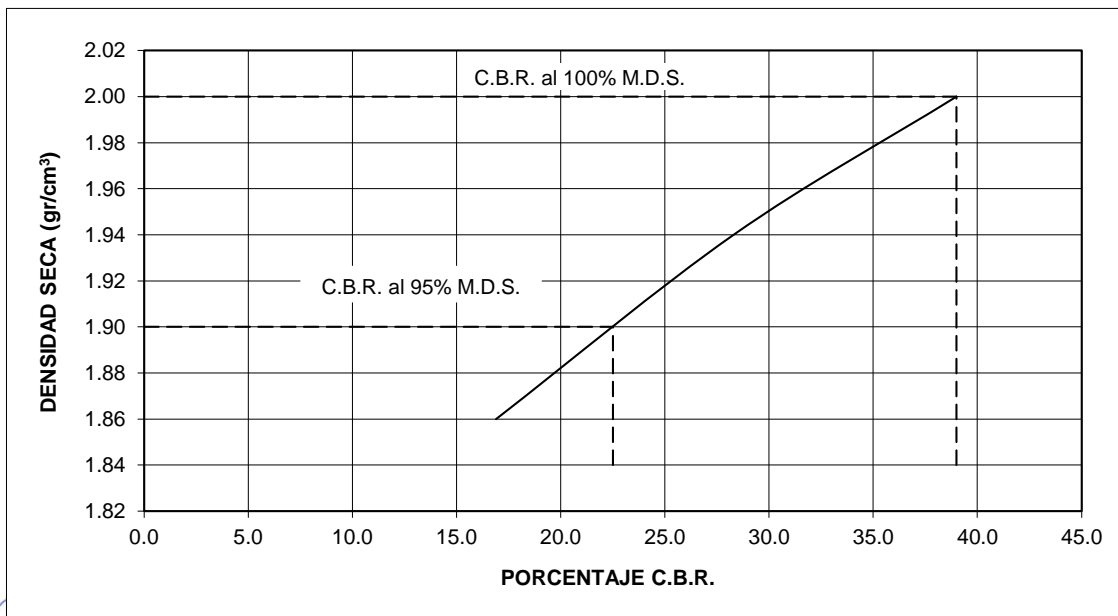
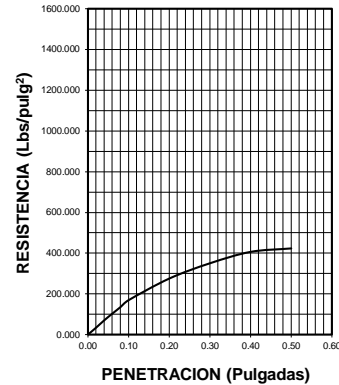
**56 GOLPES**



**25 GOLPES**



**12 GOLPES**



*(Handwritten signature in blue ink)*

*(Handwritten signature in blue ink)*

CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - PAVIMENTOS LAMBAYEQUE - CEL. 954853683

Mario Ramirez Dejo  
GERENTE GENERAL  
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

E-Mail = mario\_rd8@hotmail.com



OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 31338



**LABORATORIO LINUS E.I.R.L.**  
**SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS**  
**PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**  
**RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI**  
**RUC. 20605369139**

<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER - ADRIANA ROJAS SAMAME
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION SUPERFICIAL, ESTRUCTURAL Y PROPUESTA TECNICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL KILOMETRO 1 AL 5 DE LA CARRETERA PLAYA LOBOS
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO PUERTO ETEN, PROVINCIA CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE
<b>MATERIAL</b>	: MATERIAL EXISTENTE
<b>METODO</b>	: RESTITUCION DE ARENA
<b>FECHA</b>	: 26.10.2021

**DENSIDAD IN SITU**

DETERMINACION	MATERIAL	MATERIAL EXISTENTE (SUB-BASE)	
		C2	C3
KM/ESTACA/BUZON	CALICATA		
LADO/CAPA/PROF.	PROF.	12 cm.	12 cm.
1.- Peso del Material + Bolsa		2,750.00	2,900.00
2.- Peso de la Bolsa		0.00	0.00
3.- Peso de Material Neto		2,750.00	2,900.00
4.- Peso de la Arena + Frasco		5,900.00	6,020.00
5.- Peso de la Arena que queda+Frasco		2,350.00	2,410.00
6.- Peso de la Arena en el embudo		1,530.00	1,530.00
7.- Peso de la Arena en el hueco		2,020.00	2,080.00
8.- Densidad de la Arena		1.42	1.42
9.- Volumen del Hueco		1,423.00	1,465.00
10.- Peso de la Grava seca al aire		---	---
11.- Volumen de la Grava desplazada		---	---
12.- Peso Neto del Suelo		2,750.00	2,900.00
13.- Volumen del Suelo		1,423.00	1,465.00
14.- Densidad Húmeda		1.93	1.98
15.- % de Contenido de Humedad		3.89	4.10
16.- Densidad Seca		1.86	1.90
17.- Máxima Densidad determinada		2.00	2.00
18.- Porcentaje de Compactación		93.00%	95.00%
19.- Porcentaje de Compac. Especif.			
20.- Espesor Compactado			

**CONTROL DE HUMEDAD**

1.- N° RECIPIENTE	HUMEDAD CONTROLADA CON SPEEDY
-------------------	-------------------------------

**Observaciones :** LAS MUESTRAS SE TOMARON IN SITU.

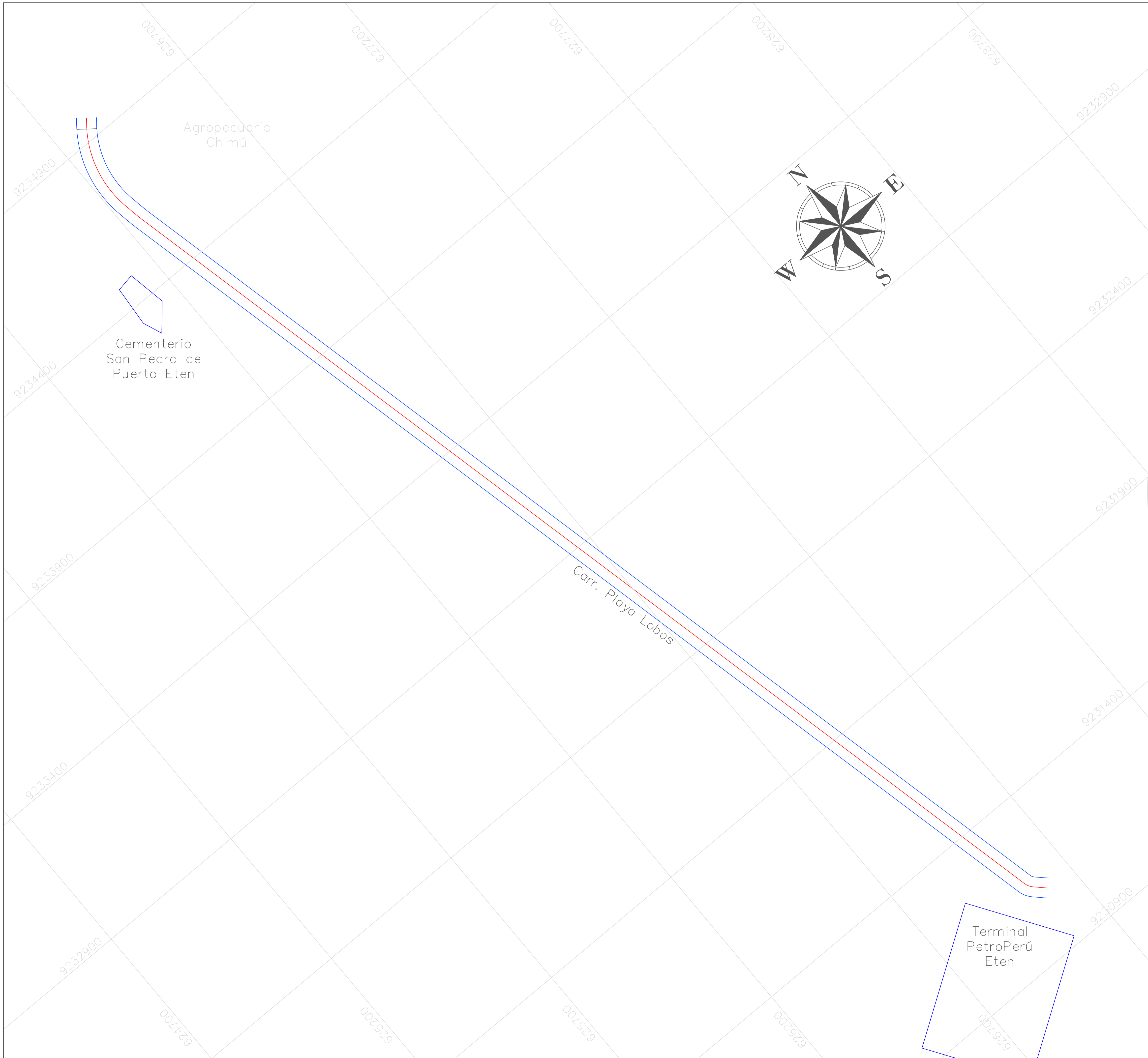
**Mario Ramirez Dejo**  
GERENTE GENERAL  
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683

E-Mail = [mario.rd8@hotmail.com](mailto:mario.rd8@hotmail.com)


**OSCAR LUQUIÑOS RODRIGUEZ**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 31338

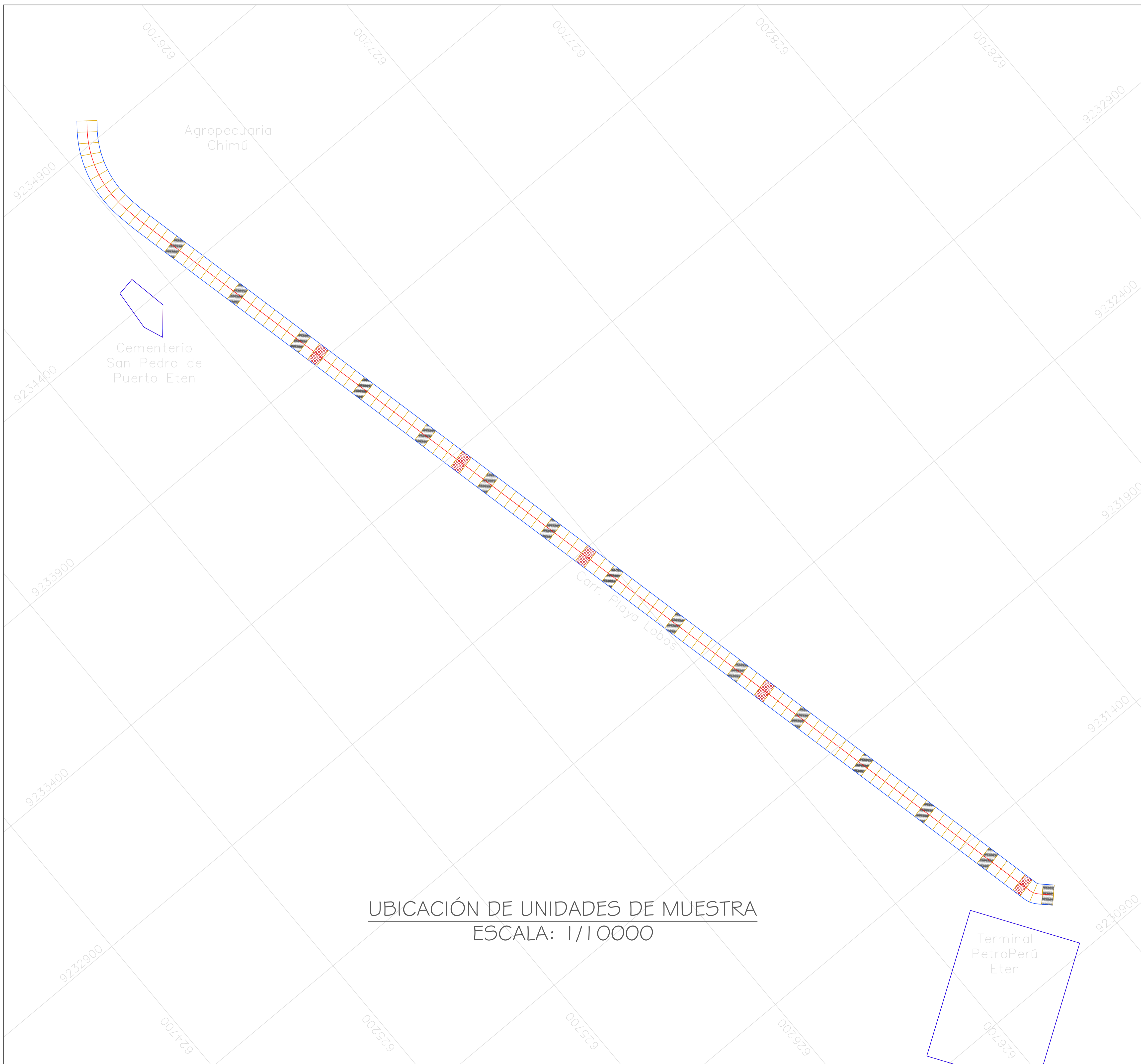
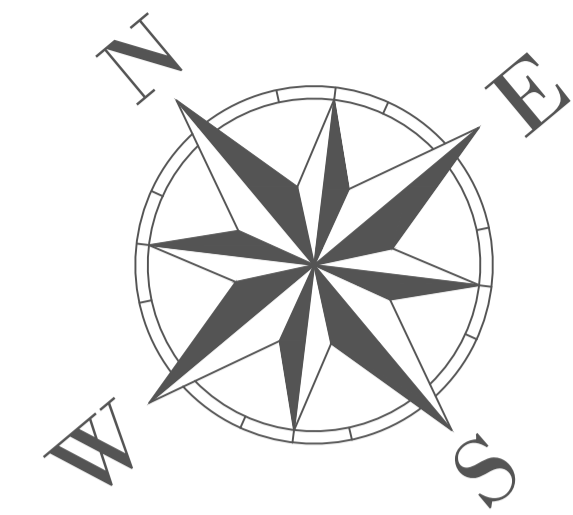


MAPA DE LA REGIÓN LAMBAYEQUE



MAPA DE LA PROVINCIA DE CHICLAYO

	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL			
	PLANO: TRAZO DE EJE DE CARRETERA PLAYA LOBOS			
	PROYECTO: EVALUACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
	DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE	PROVINCIA: CHICLAYO	DISTRITO: PIMENTEL	LAMINA: P-
PLANO: ADRIANA ROJAS SAMAMÉ				
ASIGNATURA: TESIS II	ESCALA: 1/10000		FECHA: SEPTIEMBRE 2022	



UBICACIÓN DE UNIDADES DE MUESTRA  
ESCALA: 1/10000

Muestras aleatorias		
Unidad de muestra	Progresiva	Área (m2)
U1	0+000.00 - 0+035.58	229.510
U8	0+249.08 - 0+284.66	229.510
U15	0+498.16 - 0+533.74	229.510
U22	0+747.24 - 0+782.02	229.510
U29	0+996.31 - 1+031.90	229.510
U36	1+245.39 - 1+280.98	229.510
U43	1+494.47 - 1+530.05	229.510
U50	1+743.55 - 1+779.13	229.510
U57	1+992.63 - 2+028.21	229.510
U64	2+206.12 - 2+241.71	229.510
U71	2+490.79 - 2+526.37	229.510
U78	2+739.86 - 2+775.45	229.510
U85	2+988.94 - 3+024.52	229.510
U92	3+238.02 - 3+273.60	229.510
U99	3+487.10 - 3+522.68	229.510
Muestras adicionales		
Unidad de muestra	Progresiva	Área (m2)
U4*	0+106.75 - 0+142.33	229.510
U33*	1+138.64 - 1+174.23	229.510
U53*	1+850.30 - 1+885.88	229.510
U67*	2+348.45 - 2+284.04	229.510
U83*	2+917.78 - 2+953.36	229.510

LEYENDA	
MUESTRAS ALEATORIAS	
MUESTRAS ADICIONALES	



ASIGNATURA:

TESIS II

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL			
PLANO: MUESTRAS CARRETERA PLAYA LOBOS			
PROYECTO: EVALUACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE	PROVINCIA: CHICLAYO	DISTRITO: PIMENTEL	LAMINA:
PLANO: ADRIANA ROJAS SAMAME			
ESCALA: 1/10000	FECHA: SEPTIEMBRE 2022		