

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL



**Relación entre el índice de condición de pavimento PCI y
servicialidad actual (PSI) en la carretera Yungay – Mancos, Áncash
2025**

Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil

AUTOR:

Rurush Depaz, Edwin Jairo

ASESOR:

Solar Jara Miguel Angel

Código ORCID: 0000-0002-8661-418X

HUARAZ – PERÚ

2025

Índice General

Índice General	i
Índice de Tablas	ii
Índice de Figuras.....	iii
Palabras clave.....	iv
Constancia de Originalidad.....	v
Título	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
Introducción	9
Metodología	23
Resultados	27
Análisis y Discusión	42
Conclusiones.....	49
Recomendaciones.....	51
Referencias bibliográficas	52
Anexos.....	61

Índice de Tablas

Tabla 1. Mayor número de fallas por tramos	31
Tabla 2. Valores deducidos por tipo de falla.....	32
Tabla 3. Valores deducidos corregido.....	33
Tabla 4. Índice medio semanal.....	34
Tabla 5. Índice medio diario anual.....	34
Tabla 6. Ejes equivalentes por día por carril.....	35
Tabla 7. Ejes equivalentes por cada 8.2 Tn anual	36
Tabla 8. CBR al 95% y al 100%	37
Tabla 9. Análisis granulométrico	38
Tabla 10. Capacidad de carga admisible	39
Tabla 11. Estudio de suelos CBR para la base y subbase	40
Tabla 12. Prueba t para la correlacion entre PCI y PSI, hipótesis.....	42

Índice de Figuras

Figura 1. Daños totales en el pavimento carretera Yungay- Mancos.....	27
Figura 2. Daños totales Piel de Cocodrilo (PC) Yungay - Mancos.....	28
Figura 3. Daños totales Agrietamiento en bloque (Agrb)	28
Figura 4. Abultamientos y Hundimientos (AH).....	29
Figura 5. Grietas longitudinales y transversales (GLT)	29
Figura 6. Depresión	30
Figura 7. Parcheo	30
Figura 8. Densidad máxima vs humedad optima.....	37
Figura 9. Gráfico de análisis granulométrico por tamizado	38
Figura 10. Espesor AASHTO 93	41

Palabras clave:

Índice de condición de pavimento, servicialidad actual, carretera

Keywords:

Pavement condition index, current serviceability, road

Línea de investigación:

Línea de investigación: Transporte

Área OCDE: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería **Civil**

Constancia de Originalidad



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Relación entre el índice de condición de pavimento PCI y servicialidad actual (PSI) en la carretera Yungay - Mancos, Áncash 2025**" del (a) estudiante: **RURUSH DEPAZ EDWIN JAIRO**, identificado(a) con Código N° **1417200168**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **17%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 05 de diciembre de 2025

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTINEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

TÍTULO

**RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI Y
SERVICIALIDAD ACTUAL (PSI) EN LA CARRETERA YUNGAY –
MANCOS, ÁNCASH 2025**

RESUMEN

El propósito del estudio fue determinar la relación entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la vía, Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025. Donde se planteó una metodología descriptiva, de diseño no experimental, la muestra fue de 40 tramos de 200 metros del pavimento flexible de Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025. Los resultados fueron que los daños con más frecuencia son; la piel de cocodrilo, representando el 27.00%, seguidos por grietas longitudinales y transversales, y abultamientos y hundimientos, con un 23.00% cada uno. El PCI fue de 40.2, siendo el estado del pavimento regular. Los ejes equivalentes fueron de 743,168.6144 EE siendo Tp3, el CBR fue de 33.00% y la capacidad de carga de 1.5 kg/cm², la relación entre el espesor y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se modela a través de la fórmula $E = 6.55 ((5 - (0.0657 \ln(\text{IRI}) + 2.3912)))$. Concluyendo que, el $\text{PCI} = 15.5397 ((5 - (0.0657 \ln(\text{IRI}) + 2.3912)))$, demostrando correlación entre variables y abreviando el $\text{PCI} = 15.5397 (\text{PSI})$, siendo esta seleccionada específicamente por su practicidad y aplicabilidad directa a las condiciones particulares de este tramo vial.

ABSTRACT

The purpose of the study was to determine the relationship between the Pavement Condition Index (PCI) and the current Serviceability Index (PSI) on the Yungay - Mancos Road, KM 0+000 to 8+000, Áncash 2025. A descriptive, non-experimental design methodology was proposed, with a sample consisting of 40 sections of 200 meters of flexible pavement from Yungay - Mancos, KM 0+000 to 8+000, Áncash 2025. The results showed that the most frequent damages were alligator cracking, representing 27.00%, followed by longitudinal and transverse cracks, as well as bulging and depressions, each at 23.00%. The PCI was 40.2, indicating a fair pavement condition. The equivalent single axle load was 743,168.6144 ESALs with Tp3, the CBR was 33.00%, and the load-bearing capacity was 1.5 kg/cm². The relationship between thickness and the International Roughness Index (IRI) is modeled through the formula $E = 6.55 ((5 - (0.0657 \ln (IRI) + 2.3912)))$. In conclusion, $PCI = 15.5397 ((5 - (0.0657 \ln (IRI) + 2.3912)))$, demonstrating correlation between variables and abbreviating $PCI = 15.5397 (PSI)$. This relationship was specifically chosen for its practicality and direct applicability to the particular conditions of this road section.

INTRODUCCIÓN

Una carretera o autopista eventualmente se desgastará debido a la cantidad y el tipo de tráfico, así como al entorno local. Sin embargo, también es importante considerar los materiales que se utilizaron en su construcción, su calidad, la productividad del sistema de drenaje y en paralelo su nivel de atención que reciben, la cantidad y tipo de tráfico que lo utiliza, así como el entorno local. Sin embargo, también es importante considerar los materiales que se utilizaron en su construcción, su calidad, el buen funcionamiento de su sistema de su alcantarillado y el nivel de atención y mantenimiento que reciben.

Hoy en día, ante el mundo que cada vez evoluciona más y se hace más integrado, donde hay consecuentemente intercambios de bienes y servicios, lo vital es importante que son las carreteras, mismas que han ido creciendo de manera significativa y se han convertido en vías que realmente contribuyen a la competencia económica del mercado y al desarrollo social. La infraestructura vial que garantice la seguridad, la comodidad y la fluidez es esencial. Por este motivo, el pavimento, que es parte esencial del proyecto vial, debe estar en buenas condiciones.

El propósito de esta tesis es verificar la relación que existe entre el PSI y PCI en la vía, Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025, para garantizar la calidad y seguridad óptimas de esta infraestructura vial; así como también posibilitando la creación de estructuras más apropiadas y resilientes ante las condiciones reales de carga que enfrentan en su entorno operativo.

Según (Adeli, S., Najafi, V., Kashani, M., Motesharei, E., & Salehfard, R., 2021). En su estudio, “Desarrollo de una Relación entre el Índice de Condición del Pavimento y el Índice Internacional de Rugosidad en la Red Vial Rural”. Tuvo como objetivo, investigar la relación entre los valores PCI e IRI de la red vial rural. Utilizaron una metodología, descriptiva, correlacional. Los resultados fueron que, se desarrollaron y validaron tres modelos de regresión exponencial en tres intervalos IRI diferentes. El análisis de los resultados indicó que la regresión exponencial fue el mejor modelo para relacionar IRI y PCI. En estos modelos, se encontraron valores aceptables R^2 , iguales a 0.75, 0.76 y 0.59 para caminos de buena, regular y muy mala calidad,

respectivamente, indicando una buena relación entre IRI y PCI. Concluyeron que, el modelo tenía una alta precisión, donde el modelo propuesto es más aplicable para caminos sin las fallas mencionadas y red de caminos rurales de asfalto-pavimento.

Según (Al-Khateeb, G., & Khadour, N.,2021). En su investigación, “modelos PSI basados en fallas para pavimentos asfálticos de carreteras rurales”. Tuvo como objetivo, determinar cuál es el modelo de Índice de capacidad de servicio del pavimento (PSI) más óptimo. La metodología fue descriptiva, de carácter cuantitativo. Los resultados que obtuvieron fueron que, se desarrollaron dos modelos de regresión PSI que se pueden utilizar para pavimentos rugosos ($SV \geq 500$) y pavimentos lisos ($SV \leq 500$), respectivamente. Se encontró que las variables más significativas que afectan el PSI son la profundidad del surco, la desunión y los baches (combinados en una sola variable). Se encontró que el agrietamiento lineal y la profundidad del surco son la segunda variable significativa que afecta el PSI para pavimentos ásperos y pavimentos lisos, respectivamente. Por otro lado, la varianza de la pendiente tuvo un efecto relativamente mayor en el PSR de pavimentos lisos que en pavimentos irregulares.

Según (Vemuri, V., Ren, Y., Gao, L., Lu, P., & Song, L., 2021). En su estudio, “estimación del índice de condición del pavimento utilizando acelerómetros basados en teléfonos inteligentes para la ciudad de Houston”. Tuvo como objetivo, determinar el índice de condición de pavimento de la ciudad al menor costo. La metodología fue, descriptiva de enfoque cuantitativo. Los resultados fueron que, de los datos de aceleración, la aceleración promedio, la desviación estándar y la varianza mostraron una buena correlación con PCI. Los modelos de regresión lineal múltiple desarrollados a partir de estadísticas de datos de aceleración (ecuaciones 4 a 8) se pueden usar con alta precisión (R^2 mayor que 0,85) para predecir los valores PCI reales. El alto valor de R-cuadrado puede deberse al tamaño de muestra limitado. Las pruebas de repetibilidad mostraron que la variación entre los valores de aceleración promedio, mínimo y máximo para varias pruebas es mínima (dentro del 10.00%). Los valores de desviación estándar y varianza extraídos de los datos de aceleración mostraron una mayor variabilidad. Se deben realizar más pruebas para comprender este

comportamiento. Concluyeron que, la vibración de aceleración tiene una buena relación lineal con PCI (R^2 variable de 0,85 a 0,9). Donde los resultados de este estudio pueden ser útiles para el monitoreo continuo de bajo costo de las condiciones de la red vial.

Según (Lanado, L., 2021). En su investigación, “Determinación del índice de serviciabilidad e índice de condición del pavimento de la ruta cu-100 tramo Izcuchaca-Huarocondo, utilizando el rugosímetro de merlín y dron”. Tuvo como objetivo, establecer el estado del pavimento, por medio del PSI y PCI. La metodología, tuvo enfoque cualitativo, descriptivo, hipotética-deductiva. Los resultados fueron que el PSI promedio fue de 2.11 para el lado derecho de la vía y 2.38 para el lado izquierdo, además las fisuras predominantes fueron las fisuras en bloque con 31.00% y 11.00% de piel de cocodrilo, el PCI fue de 45 lo cual demuestra que el estado es regular. Concluyó que, tanto el PSI como PCI tienen una calificación de regular.

Vásquez, J. (2021). En su estudio, “Evaluación de la estructura del pavimento flexible aplicando el método índice de condición del pavimento (PCI) en la Avenida Las Américas, Chiclayo, Lambayeque”. Tuvo como objetivo, evaluar la estructura de este tipo de pavimento. La metodología fue cuantitativa, aplicada, descriptiva, y no experimental. Los resultados encontrados fueron que, encontraron condición regular y buena para el tramo estudiado, los PCI para el tramo I y II fueron 61.28 y 58.313, con calificación de bueno; no obstante, se encontró 24.00% de abultamiento y hundimiento, y 19.00% pulimiento de agregados. Concluyó, que el PCI final fue de 59.71 estando en estado bueno, no contando con un sistema de drenaje adecuado.

Según (Canchaco, E., 2021). En su tesis, “Evaluación de fallas en pavimento flexible, aplicando la metodología pci y estudio de regularidad superficial, carretera Platería-Acora, Puno, 2021”. Tuvo como objetivo, calcular el pavimento flexible por medio del PCI. La metodología fue, de carácter cualitativo, con diseño descriptivo. Los resultados fueron que, las condiciones en todo el tramo en su mayoría son fallados o el 57.00%, seguido de muy malo 16.00%, los niveles de seguridad fueron medias y altas, la falla que más se pudo visualizar fue la piel de cocodrilo con severidad alta en el 56.60% de casos, el PSI fue de 3.01 siendo regular en su condición. Concluyó que,

el PCI tuvo una puntuación de 16.52 clasificando al pavimento como muy malo y el PSI tuvo una puntuación superior a 2.75 siendo regular.

Según (Alania, N., 2021). En su tesis, “Evaluación de la serviciabilidad vial: Abra Toccto-Morochuco según índice de condición del pavimento y índice de rugosidad Internacional”. Tuvo como objetivo, calcular la serviciabilidad vial en este tramo, tomando en cuenta el PCI e IRI. La metodología fue aplicada, de nivel descriptivo-correlacional y comparativo. Los resultados fueron que, el PCI fue de 96.15 siendo excelente y el IRI fue de 3.38 o bueno. Concluyeron que, el PCI es más costoso que el IRI, no obstante, es mejor para analizar la serviciabilidad vial.

Fundamentación científica se revisaron las bases teóricas, comenzando por la revisión del estado de las infraestructuras viales, incluyendo los pavimentos flexibles. De acuerdo con la Revista internacional de ciencia y tecnología del transporte, se debe de tener en cuenta que este tipo de pavimentos, son ampliamente utilizados en carreteras y calles en muchos países debido a su capacidad para soportar cargas pesadas y resistir las deformaciones causadas por el tráfico (Bhandari, Luo, & Wang, 2023, p.2). Sin embargo, a medida que aumenta el tráfico y las cargas vehiculares, los pavimentos flexibles tienden a deteriorarse con el tiempo, lo que puede afectar negativamente su capacidad para brindar una adecuada serviciabilidad.

Según un informe de la Asociación Internacional de Carreteras (AIPCR), aproximadamente el 30.00% de las carreteras a nivel mundial tienen un estado de conservación deficiente, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el deterioro de los pavimentos puede provocar un aumento del 10.00% al 40.00% en los costos operativos y de mantenimiento de las carreteras (Chen, Lyu, Wang, & Sze, 2023, p.3). Además, un estudio realizado por la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y de Transporte (AASHTO) señala que aproximadamente el 14.00% de las carreteras en Estados Unidos presentan un índice de condición de pavimento (PCI) bajo, lo que indica un estado deficiente del pavimento y una serviciabilidad comprometida (Sisay, 2019, p.2).

Según el Banco Mundial, se estima que el deterioro de los pavimentos en los países de ingresos bajos y medianos representa una pérdida económica anual de

alrededor del 1% al 3% del Producto Interno Bruto (PIB) de cada país (World Bank, 2023, p.6).

Es necesario recalcar que la servicialidad actual, es un indicador que evalúa el estado general de un pavimento y su capacidad para proporcionar una superficie de rodadura segura y cómoda. Además el índice de condición de pavimento, indica un pavimento en mal estado, con problemas como grietas, deformaciones, baches y falta de uniformidad, lo que afecta negativamente la comodidad de los usuarios y la seguridad vial.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y Provías Nacional, se estima que un porcentaje significativo de la red vial peruana presenta deficiencias en sus pavimentos flexibles. De acuerdo con los datos disponibles, aproximadamente el 40.00% de las carreteras nacionales en el país exhiben un estado de conservación deficiente. Esto implica que cerca de 4 de cada 10 carreteras en el Perú enfrentan problemas relacionados con el deterioro de sus pavimentos flexibles (MTC, 2023, p.1)

Este alto porcentaje de deficiencias en los pavimentos flexibles del Perú tiene múltiples causas. Entre ellas se encuentran el aumento del tráfico, la falta de mantenimiento adecuado, las condiciones climáticas adversas y la calidad deficiente de los materiales utilizados en la construcción de los pavimentos (MTC, 2023). Estos factores contribuyen a un deterioro acelerado de las vías y afectan negativamente la servicialidad actual de los pavimentos flexibles en el país.

Se continuó con el pavimento flexible, alrededor del 95.00% de las vías en el mundo están construidas con pavimentos flexibles, los cuales se componen de cuatro capas: subrasante, subbase, base y capa superficial. La subrasante es el suelo natural sobre el cual se colocan las otras capas (Madeh, & El-Diraby, 2021).

Sobre la subbase se encuentra la capa base, la cual está compuesta principalmente por agregados de alta calidad de diferentes tamaños y está diseñada para soportar cargas. Finalmente, en la parte superior se sitúa la capa superficial, que está compuesta por una mezcla de agregados, materiales finos, relleno y un aglutinante

(Kumar, & Shukla, 2022). La principal diferencia entre los pavimentos rígidos y flexibles es el tipo de aglutinante utilizado. Para pavimentos flexibles, se emplea el betún, mientras que en los pavimentos rígidos se utiliza el cemento Portland (Smaida, et al., 2019).

En síntesis es una opción comúnmente utilizada en la construcción de carreteras debido a su capacidad para adaptarse a las deformaciones y cargas del tráfico, proporcionando una conducción cómoda y segura; denominándose a este como un sistema de construcción vial que permite una rápida y sencilla reparación de secciones dañadas o desgastadas

Del mismo modo, se revisó la composición y características de los pavimentos flexibles, estos están compuestos por varias capas superpuestas, cada una con una función específica (Kumar, & Shukla, 2022). Las capas típicas incluyen son; capa de rodadura, que es la capa superior del pavimento y está diseñada para resistir el desgaste causado por el tráfico (Smaida, Haddadi, & Nechnech, 2019). Capa de base, que está situada debajo de la capa de rodadura, la capa de base distribuye las cargas del tráfico a través del suelo subyacente (Smaida, et al., 2019). Subbase, donde algunos pavimentos flexibles también pueden incluir una capa de subbase debajo de la capa de base (Smaida, et al., 2019). La subrasante, que es la capa más profunda del pavimento y se encuentra directamente sobre el suelo natural (Smaida, et al., 2019).

Las principales características a tomar en cuenta son; flexibilidad y capacidad de deformación, que es una de las características principales es su capacidad para deformarse bajo cargas de tráfico. Esto se debe a la combinación de capas flexibles y materiales elásticos utilizados en su construcción, como el asfalto (Georgouli, Plati, & Loizos, 2021). La resistencia a la fatiga, que significa que pueden soportar las cargas repetidas del tráfico sin sufrir daños significativos. La capacidad de deformación y distribución de cargas ayuda a reducir tensiones (Georgouli, Plati, & Loizos, 2021). Y la buena capacidad de drenaje, que debido a su estructura porosa y a la presencia de capas granulares, se ayuda a evitar la acumulación de agua en la superficie del pavimento, lo que puede reducir el deslizamiento y mejorar la seguridad vial (Smaida, et al., 2019).

También se revisó sobre el Índice de Condición de Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés, Pavement Condition Index) es una medida estándar utilizada para evaluar el estado y la calidad de los pavimentos, proporciona una calificación numérica, permitiendo a los ingenieros y profesionales de transporte tomar decisiones sobre el mantenimiento y rehabilitación de las carreteras, permite a las autoridades viales priorizar las inversiones en mantenimiento y rehabilitación, identificar secciones críticas que requieren intervención inmediata y planificar estrategias de gestión a largo plazo (Putra, 2022 p. 191).

El PCI se basa en inspecciones visuales y evaluaciones sistemáticas de diferentes características del pavimento, como la rugosidad, el agrietamiento, la deformación, la oxidación, la textura, entre otros factores que afectan su rendimiento (Piryonesi., & El-Diraby, 2020). El proceso de evaluación del PCI comienza con la división de la carretera en secciones homogéneas llamadas "segmentos". Estos segmentos son tramos de longitud fija que comparten características similares en términos de tipo de pavimento, tráfico, entorno y edad (Nababan, 2023 p. 173).

La calificación se realiza en una escala de 0 a 100, donde un valor más alto indica un mejor estado del pavimento. Una puntuación de 100 representa un pavimento en perfectas condiciones, mientras que una puntuación de 0 indica un pavimento completamente deteriorado o no transitable (Kareem, & Shubber, 2021 p. 89).

En conclusión, el Índice de Condición de Pavimento (PCI) es una medida esencial en la evaluación y gestión de pavimentos. Proporciona una calificación numérica que refleja el estado general del pavimento y ayuda a tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento, rehabilitación y diseño de carreteras.

También se revisó sobre la servicialidad que es un concepto fundamental en la evaluación de pavimentos, y se refiere a la capacidad de un pavimento para satisfacer las demandas de tránsito de manera segura y cómoda. En el contexto de los pavimentos, se utilizan diferentes términos para describir la servicialidad en diferentes etapas de vida del pavimento, como la servicialidad inicial, final y actual (Nababan, 2023 p.24).

El PCI se ve afectado por una variedad de factores que contribuyen al deterioro de los pavimentos flexibles (Piryonesi, & El-Diraby, 2020).

Estos factores pueden incluir; cargas de tráfico, el tráfico pesado y continuo es uno de los principales factores que contribuyen al deterioro del pavimento flexible. Las cargas repetidas de los vehículos ejercen tensiones sobre el pavimento, lo que puede provocar fisuras, deformaciones y desgaste (Choi, & Do, 2019). Diseño y construcción deficiente, que puede incluir errores en la selección de materiales, espesores inadecuados de las capas, falta de compactación adecuada y deficiencias en la calidad de la construcción en general (Choi, & Do, 2019). El mantenimiento insuficiente, donde la falta de mantenimiento adecuado y oportuno es otro factor importante que contribuye al deterioro del pavimento flexible (Piryonesi, & El-Diraby, 2021). La calidad de los materiales, donde sí se utilizan materiales de baja calidad o inadecuados para las condiciones específicas, es probable que el pavimento sea más susceptible al agrietamiento, deformación y desgaste prematuro (Piryonesi, & El-Diraby, 2021).

Del mismo modo, se revisó la relación entre el PCI y la servicialidad actual, estos dos términos referentes al pavimento están estrechamente relacionados, ya que el PCI se utiliza como una medida objetiva para evaluar el estado y la calidad del pavimento, y la Servicialidad Actual se refiere al nivel de desempeño actual del pavimento (Bryce, Boadi, & Groeger, 2019). La relación entre el PCI y la Servicialidad Actual radica en que un pavimento con un PCI más alto, es decir, con una mejor condición, tiende a tener una mayor Servicialidad Actual. Esto se debe a que un pavimento en buen estado presenta menos defectos y deformaciones, lo que contribuye a una superficie más uniforme, segura y cómoda para los usuarios de la vía. Por otro lado, un pavimento con un PCI más bajo, indicando una condición deficiente, generalmente tendrá una menor Servicialidad Actual. Los defectos y deformaciones presentes en el pavimento pueden generar una superficie más rugosa, incómoda y menos segura para los usuarios de la vía (Albayati, 2023).

En cuanto a los métodos de evaluación y medición, existen varios métodos y técnicas utilizadas para evaluar el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la Servicialidad Actual en pavimentos flexibles. Estas herramientas permiten realizar una

evaluación objetiva y cuantitativa del estado y desempeño del pavimento (Albayati, 2023). A continuación, se presentan algunos de los métodos comunesmente utilizados; inspección visual, que consiste en realizar una revisión visual para identificar y registrar defectos y daños, como grietas, baches, deformaciones, desprendimientos, y otros deterioros visibles, se puede realizar a pie, en vehículos o mediante el uso de dispositivos de captura de imágenes (Ali, Heneash, Hussein, & Eskebi, 2022).

La medición de la rugosidad; donde al ser un indicador importante de la Servicialidad Actual, se utiliza un equipo de medición de rugosidad, para cuantificar y registrar las variaciones verticales de la superficie del pavimento. Estos datos se procesan para obtener índices de rugosidad, como el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), que se utilizan para evaluar la calidad de la superficie del pavimento (Issa, Sammaneh, & Abaza, 2022 p. 65).

Ensayos de deflexión; estos ensayos miden la respuesta del pavimento a una carga aplicada, generalmente mediante la aplicación de una carga puntual o un impacto en la superficie del pavimento y la medición de las deflexiones resultantes. Los datos de deflexión se utilizan para calcular parámetros como el módulo de elasticidad (Issa, et al., 2022).

En cuanto a la gestión y mantenimiento del pavimento, estos son componentes clave para garantizar su buen estado, prolongar su vida útil y optimizar su desempeño (Issa, et al., 2022). La implementación de un programa de gestión y mantenimiento efectivo permite identificar y abordar de manera oportuna los problemas y defectos del pavimento, minimizando el impacto en los usuarios de la vía y reduciendo los costos a largo plazo. Toma en cuenta; la inspección y evaluación, que es fundamental realizar inspecciones periódicas del pavimento para evaluar su condición y determinar las necesidades de mantenimiento. Esto implica realizar inspecciones visuales, utilizar técnicas de evaluación y recolectar datos sobre el estado del pavimento, como el PCI (Issa, et al., 2022 p. 191). La planificación y programación, que implica establecer prioridades en función de la condición del pavimento, el tráfico, el presupuesto y otros factores relevantes. La programación adecuada garantiza una distribución equitativa

de los recursos y la realización oportuna de las actividades de mantenimiento necesarias (Justo, & Ferreira, 2019).

También se revisó sobre el mantenimiento preventivo; que es una estrategia clave para preservar la condición del pavimento y evitar un deterioro prematuro. Esto puede incluir acciones como el sellado de fisuras, el parcheo de baches, la limpieza de drenajes, el reemplazo de capas de sellado y la aplicación de tratamientos superficiales (Justo, & Ferreira, 2019). El mantenimiento correctivo; se realiza en respuesta a problemas y defectos identificados en el pavimento. Esto implica la reparación de áreas dañadas, como grietas, baches y deformaciones, mediante técnicas como el fresado y la reposición de capas (Issa, et al., 2022).

La rehabilitación y reconstrucción; que en algunos casos, es necesario realizar actividades de rehabilitación o reconstrucción del pavimento para restaurar su capacidad estructural y funcional. Esto implica el reemplazo de capas dañadas, el mejoramiento de la estructura del pavimento y la renovación general del sistema (Issa, et al., 2022).

El monitoreo y evaluación continua, que implica recolectar datos sobre el desempeño del pavimento, realizar evaluaciones periódicas de la condición y ajustar las actividades de mantenimiento en consecuencia. El monitoreo continuo permite identificar problemas emergentes y realizar mejoras en el programa de gestión del pavimento (Justo, & Ferreira, 2019).

La investigación se justifica de manera teórica o científica; investigar la relación entre el Índice de Condición de Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la vía Carretera Yungay-Mancos, Áncash, proporcionará conocimientos fundamentales sobre el comportamiento de los pavimentos flexibles y su impacto en la calidad de la infraestructura vial. Esto contribuirá a la teoría del diseño y mantenimiento de pavimentos, fortaleciendo los fundamentos científicos y técnicos en el campo de la ingeniería de pavimentos.

Metodológicamente; la investigación permitirá evaluar y validar la metodología utilizada para determinar el PCI y la servicialidad en pavimentos

flexibles, especialmente en el contexto específico de la Carretera Yungay-Mancos. Esto ayudará a mejorar y ajustar los métodos existentes, identificar limitaciones y desarrollar nuevas herramientas de evaluación más precisas y confiables para la gestión de pavimentos en la región de Áncash.

De manera práctica; es crucial para la toma de decisiones en cuanto a la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos flexibles. Los resultados de la investigación pueden utilizarse para identificar deficiencias, priorizar acciones de mantenimiento y rehabilitación, y asignar recursos de manera eficiente para mejorar la calidad de las carreteras y la seguridad vial.

En lo social; la calidad de las carreteras y vías tiene un impacto directo en la vida de las personas, tanto en términos de seguridad como de comodidad de viaje. Investigar la relación entre el PCI y la servicialidad actual en la Carretera Yungay-Mancos permitirá mejorar la experiencia de los usuarios de la vía, reducir los riesgos de accidentes de tránsito y promover un transporte más eficiente y seguro. Esto beneficia directamente a la población local, así como a los visitantes y usuarios del transporte en la región.

Ambientalmente; la mejora de la calidad de los pavimentos y la optimización del mantenimiento contribuyen a la reducción del consumo de recursos naturales y la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la construcción y reparación de carreteras. Un mejor rendimiento de los pavimentos puede prolongar su vida útil y reducir la necesidad de reconstrucción frecuente, lo que a su vez disminuye el impacto ambiental asociado. En función a lo anterior se planteó como problema; ¿Cuál es la relación entre el Índice de Condición de Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la vía, Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025, para garantizar la calidad y seguridad óptimas de esta infraestructura vial; así como también posibilitando la creación de estructuras más apropiadas y resilientes ante las condiciones reales de carga que enfrentan en su entorno operativo?

Del mismo modo, se conceptualizó y operacionalizó de las variables siendo la variable independiente el Índice de condición de Pavimento (PCI), que es

una métrica que permite cuantificar el nivel de deterioro de un pavimento en función de su capacidad estructural, funcionalidad y apariencia. Esta evaluación se realiza mediante la recolección de datos sobre diversas deficiencias del pavimento y su posterior análisis para determinar un puntaje que refleje su estado general (Wahyuni, Said, & Syarkawi, 2022 p. 54).

Operacionalmente, se refiere a las evaluaciones de los niveles de daño y severidad, así como al cálculo de los intervalos de clasificación por secciones del Índice de Condición de Pavimento (PCI).

También se tomó en cuenta la evaluación de daños; la cual se refiere a la identificación y cuantificación de diversas deficiencias en el pavimento. Estas deficiencias pueden incluir grietas, baches, deformaciones, desprendimientos, entre otros. Cada tipo de daño se evalúa según su magnitud y extensión en la superficie de la carretera. La recopilación precisa de estos datos es crucial para una evaluación precisa del estado del pavimento (Issa, et al., 2022).

Niveles de Severidad; es la severidad de los daños identificados. La severidad se refiere al impacto o gravedad de cada deficiencia en términos de su potencial para afectar la integridad estructural y funcional del pavimento. La clasificación de la severidad puede variar desde daños menores que afectan principalmente la apariencia hasta daños graves que comprometen la seguridad y la funcionalidad del pavimento (Wahyuni, Said, & Syarkawi, 2022 p. 110).

Rangos PCI, este índice generalmente se expresa como un puntaje numérico que refleja el estado general del pavimento. Los rangos PCI pueden variar, pero comúnmente se dividen en categorías que van desde "excelente" hasta "fallido". Estos rangos proporcionan una indicación clara del estado del pavimento y sirven como base para la planificación de mantenimiento y rehabilitación (Justo, & Ferreira, 2019).

Se definió del mismo modo la variable dependiente; donde la servicialidad actual (PSI), es un indicador que evalúa la servicialidad de un pavimento a lo largo de su vida útil, considerando los efectos acumulativos del tráfico, el clima y el mantenimiento. Se calcula mediante la combinación de diferentes factores, como la rugosidad, las

deformaciones, las grietas y la funcionalidad del pavimento. Proporciona una medida de la calidad y la capacidad de servicio del pavimento en su estado actual (Nautiyal & Sharma, 2022).

Operacionalmente, Son las mediciones relacionadas al estudio de tráfico, rugosidad de superficie, capacidad de drenaje y determinación del índice de servicialidad final.

El estudio de tráfico es una fase esencial en la planificación y diseño de infraestructuras de transporte. Este estudio busca comprender y analizar el comportamiento de los vehículos y peatones en una determinada área. Se recopilan datos sobre el volumen de tráfico, la velocidad, los patrones de movimiento y otros factores relevantes. La información obtenida se utiliza para diseñar carreteras eficientes, gestionar la congestión y mejorar la seguridad vial. El estudio de tráfico contribuye a la toma de decisiones fundamentales para optimizar la movilidad en una región específica (Kareem, & Shubber, 2021).

La rugosidad de la superficie se refiere a la textura o irregularidad de la carretera. Esta característica tiene un impacto significativo en la comodidad del viaje, la seguridad vial y el desgaste de los vehículos. La medición de la rugosidad implica evaluar las variaciones en la elevación de la superficie de la carretera. Un pavimento demasiado rugoso puede aumentar la fatiga del conductor y acelerar el desgaste de los neumáticos y la suspensión del vehículo. En el diseño y mantenimiento de carreteras, se busca un equilibrio para lograr una rugosidad adecuada que garantice la seguridad y la comodidad del viaje (Madeh, & El-Diraby, 2021).

La capacidad de drenaje de una carretera se refiere a su capacidad para gestionar el agua de lluvia y evitar acumulaciones que puedan afectar la seguridad y la durabilidad del pavimento. Un sistema de drenaje eficiente es esencial para prevenir problemas como el deterioro del pavimento, la formación de charcos y la reducción de la visibilidad. Se emplean técnicas como la inclinación de la carretera, la instalación de cunetas y sistemas de drenaje superficial para garantizar la adecuada evacuación del agua. La capacidad de drenaje es crucial para mantener la integridad estructural del

pavimento y prevenir problemas asociados con la acumulación de agua (Nautiyal & Sharma, 2022).

El Índice de Servicialidad Final, es una métrica que integra varios aspectos evaluados en el diseño y mantenimiento de carreteras. Este índice puede considerar factores como el estudio de tráfico, la rugosidad de la superficie, la capacidad de drenaje y otros elementos relevantes. La idea es proporcionar una evaluación global que refleje la eficiencia, seguridad y funcionalidad general de una carretera. Este índice se utiliza para la toma de decisiones estratégicas, como la planificación de mejoras, la asignación de recursos y la evaluación del desempeño de una red de carreteras en su conjunto (Wahyuni, Said, & Syarkawi, 2022).

Del mismo modo, los Ejes Equivalentes (EE) son factores que tienen que ver con la equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman los vehículos pesados de cada tipo, sobre la estructura del pavimento, generalmente para calcular estos se hace un conteo de vehículos (Nautiyal & Sharma, 2022).

Del mismo modo, la hipótesis general, es que existe una relación directa y significativa entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la vía, Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025

Además, se planteó como objetivo general, determinar la relación entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la vía, Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025. Y como objetivos específicos, determinar los daños para pavimentos flexibles o asfálticos en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash. Identificar los rangos de calificación de PCI para el pavimento flexible en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash. Determinar los parámetros que influyen en el comportamiento del PCI en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash. Y, determinar la correlación entre la servicialidad y el espesor del pavimento en la Carretera Yungay-Mancos, Áncash.

METODOLOGÍA

La investigación por su finalidad será aplicada, se basará en la colaboración estrecha con organizaciones y sectores relevantes para identificar necesidades, diseñar intervenciones y evaluar su efectividad en el mundo real, además se caracteriza por ser orientada a resultados concretos y tangibles, con el fin de generar un impacto directo y práctico en el contexto en el que se lleva a cabo (De Franco, & Solórzano, 2021).

Según su alcance será no experimental; pues se centrará en la observación y la recopilación de datos existentes, utilizando técnicas como encuestas, entrevistas, análisis de contenido, estudios de caso y observación participante (Saldaña, & De los Godos, 2019). Bajo este diseño, el investigador buscará describir, comprender y analizar fenómenos y relaciones existentes en un contexto específico, sin intentar establecer relaciones de causalidad (Alban, Arguello, & Molina, 2021).

Tomando en cuenta su enfoque esta investigación será cuantitativa, es un enfoque científico que se basa en la recolección y el análisis de datos numéricos para obtener conclusiones objetivas y generalizables sobre fenómenos y relaciones entre variables (Jiménez, 2020). Se busca establecer relaciones causales y explicar fenómenos mediante la recopilación de datos cuantitativos que se pueden analizar de manera objetiva y estadística (Amaiquema, Vera, & Zumba, 2019).

Por su profundidad el estudio será descriptivo-correlacional. Pues la investigación descriptiva es una metodología que busca recopilar información detallada y precisa sobre una situación o fenómeno para entenderlo y describirlo de manera objetiva; es decir tiene como objetivo describir y analizar las características y las relaciones entre variables en un contexto determinado, donde se recopilan datos para describir y medir variables de interés sin manipular ni intervenir en las condiciones del entorno (Arias & Covinos, 2021). Además, el estudio correlacional, se utiliza para identificar y analizar las relaciones existentes entre variables, sin establecer relaciones de causa y efecto, es decir es un estudio que busca medir la intensidad y dirección de la relación entre variables, sin intervenir o manipular ninguna de ellas, para comprender cómo se comportan conjuntamente (Tejada, 2021).

La población será el pavimento flexible de Yungay – Mancos, KM 0+000 AL 8+000, Áncash 2025.

Definiéndose esto, la población es el grupo completo de personas o elementos que poseen las características específicas que el investigador desea investigar y generalizar los resultados (Del Carmen, 2019). Esta, representa la totalidad de la unidad de análisis que es relevante para la investigación, y puede estar compuesta por individuos, grupos, organizaciones u otros elementos. También es definida como el conjunto teórico de casos que cumple con los criterios de inclusión y está delimitado por las características relevantes para la investigación.

La muestra estará constituida por 40 tramos de 200 metros del pavimento flexible de Yungay – Mancos, KM 0+000 AL 8+000, Áncash 2025.

Esta es definida como un subconjunto de la población que se elige para participar en el estudio y representar las características de la población en general (Batanero, Begué, Gea, & Roa, 2019). También, es un grupo de individuos, elementos o unidades de análisis seleccionados de una población más amplia con el objetivo de realizar inferencias sobre la población.

El tipo de muestreo que se utilizará será el muestreo no probabilístico por conveniencia.

Este tipo de muestreo se basa en la selección de la muestra tomando en cuenta la accesibilidad y la disponibilidad de los participantes en función de la conveniencia del investigador, sin considerar la representatividad de la muestra respecto a la población (Urquiza, López, & Sandoval, 2019). Además, es un enfoque rápido y económico para seleccionar una muestra, ya que se eligen los casos más convenientes y accesibles para el investigador, sin requerir un proceso de selección complicado (Piedra, & Manqueros, 2021).

Se utilizó la observación y la encuesta; la primera, es una técnica que consistió en la recopilación sistemática y directa de datos a través de la observación cuidadosa y detallada de eventos, comportamientos o fenómenos en su entorno natural. Y la

segunda, es una herramienta valiosa en diversas áreas, que permite obtener datos cuantitativos que pueden ser analizados estadísticamente.

La observación es una estrategia de investigación que permite obtener información objetiva y precisa sobre el comportamiento, las interacciones y otros aspectos observables de los sujetos o fenómenos estudiados (Cisneros, Guevara, Urdánigo, & Garcés, 2022). En la observación, el investigador registra de manera sistemática lo que ocurre en el entorno de estudio, utilizando técnicas como la observación participante, la observación no participante, los registros audiovisuales u otras herramientas de recopilación de datos (Mendoza, & Avila, 2020). Del mismo modo, la encuesta, es una técnica de investigación que se utiliza para recopilar datos y obtener información sobre diferentes temas, opiniones, actitudes o características de una población o muestra específica y consiste en la formulación de un conjunto de preguntas estructuradas y estandarizadas (Cisneros, Guevara, Urdánigo, & Garcés, 2022).

Se aplicó una ficha de encuesta para medir el PSI propuesto por Quispe (2018) y el formato de exploración de condición de pavimento flexible para carreteras con superficie asfáltica (PCI), del mismo modo se utilizó las fichas de laboratorio.

Los instrumentos de recolección de información, se definen como herramientas diseñadas para recopilar datos de manera sistemática y estructurada en el proceso de investigación, estos son medios o dispositivos utilizados para obtener datos relevantes y necesarios para responder a las preguntas de investigación o alcanzar los objetivos del estudio (Sánchez, Fernández, & Díaz, 2021). Estos pueden ser cuestionarios, entrevistas, escalas de medición, observaciones, registros documentales u otras técnicas específicas adaptadas al contexto de la investigación (Useche, Artigas, Queipo, & Perozo, 2019).

La servicialidad y PCI fueron ordenadas en tablas en el programa Microsoft Excel; del mismo modo, para compararlas y obtener la correlación se llevará a cabo una codificación en el programa SPSS statistics v.27, en donde se realizaron las pruebas de correlación lineal y no lineal; para las pruebas de hipótesis se llevó a cabo la comparación de medias por medio de la prueba t de student y para el análisis de

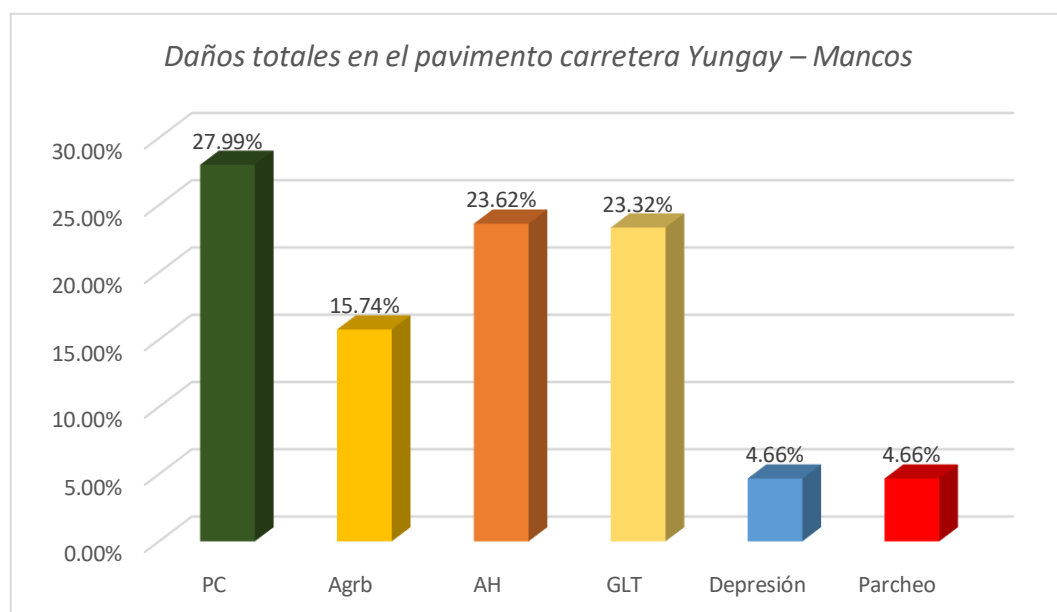
datos se comparó con el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC (2018), que es utilizada para evaluar si la diferencia entre las medias de dos grupos es probable que sea significativa desde el punto de vista estadístico o si es simplemente el resultado del azar

Resultados

Objetivo específico 1: Determinar los daños para pavimentos flexibles o asfálticos en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash.

Figura 1

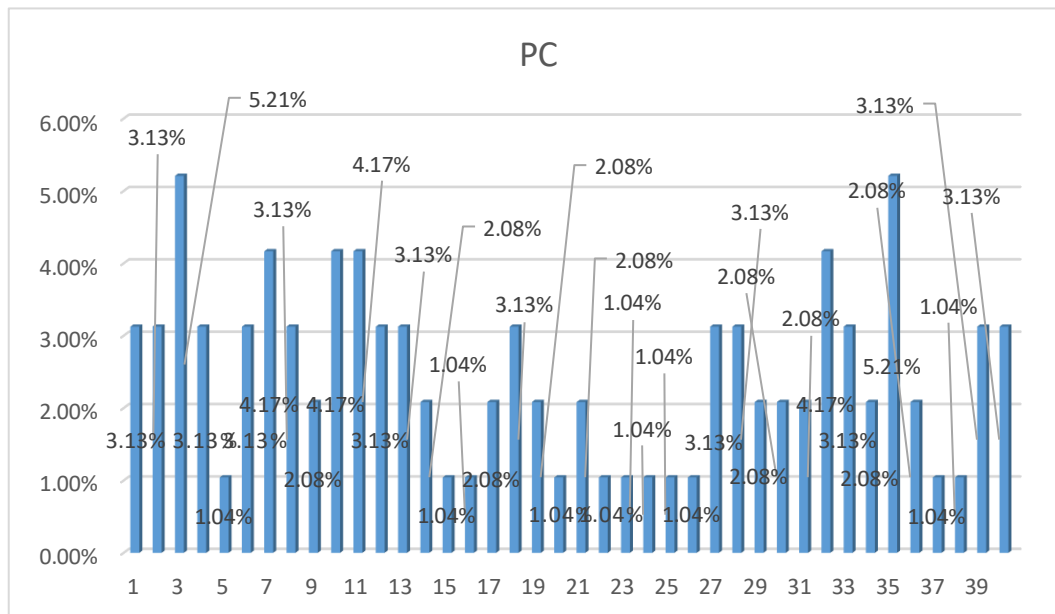
Daños totales en el pavimento carretera Yungay – Mancos



Se encontró que los daños fueron piel de cocodrilo 27.99%, los abultamientos y hundimientos 23.62%, las grietas longitudinales y transversales 23.32%, el agrietamiento en bloque 15.74%, la depresión y parcheo 4.66% cada una.

Figura 2

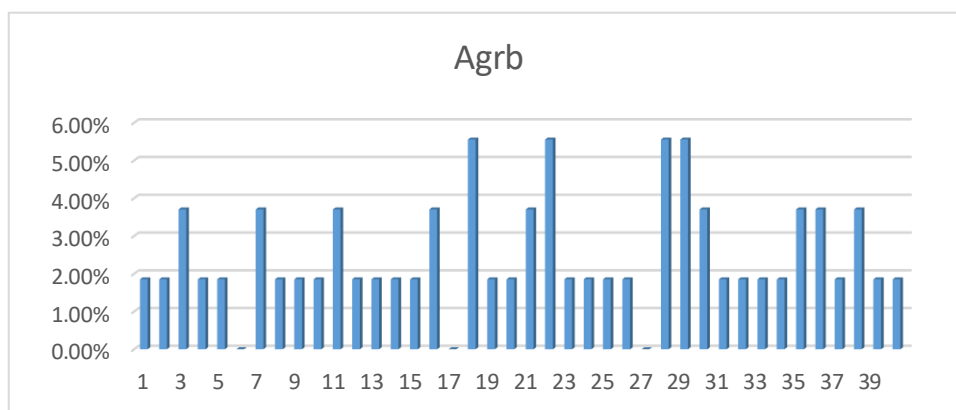
Daños totales Piel de Cocodrilo (PC) Yungay – Mancos



Los tramos 3 y 34 son los más críticos con daños identificados con daños de piel de cocodrilo, seguidos por el tramo 7, 11 y 32, en los primeros se observó una frecuencia de 5 y en los segundos una frecuencia de 4.

Figura 3

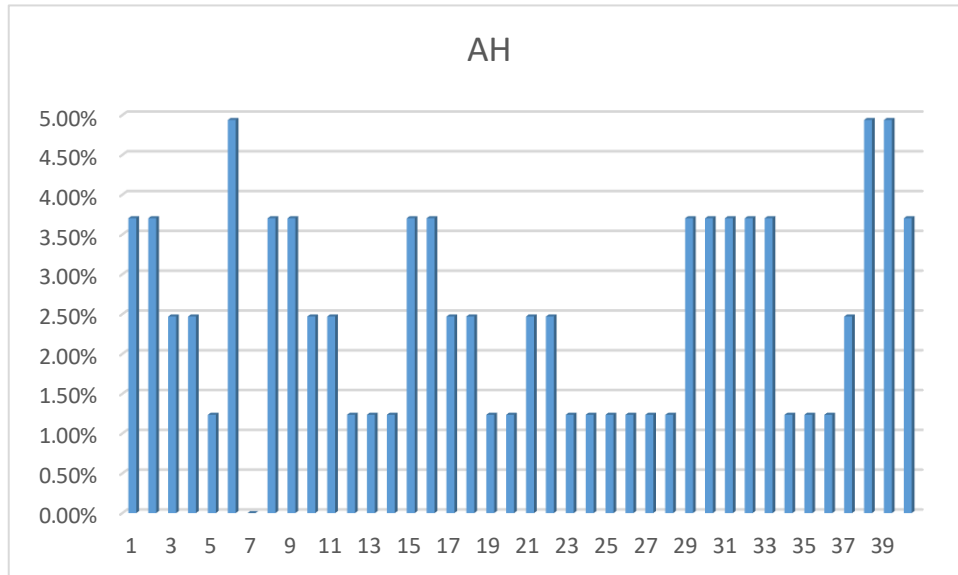
Daños totales Agrietamiento en bloque (Agrb)



Se encontró que el agrietamiento en bloque tuvo mayor frecuencia en los tramos 18,22, 28 y 29, repitiéndose 3 veces.

Figura 4

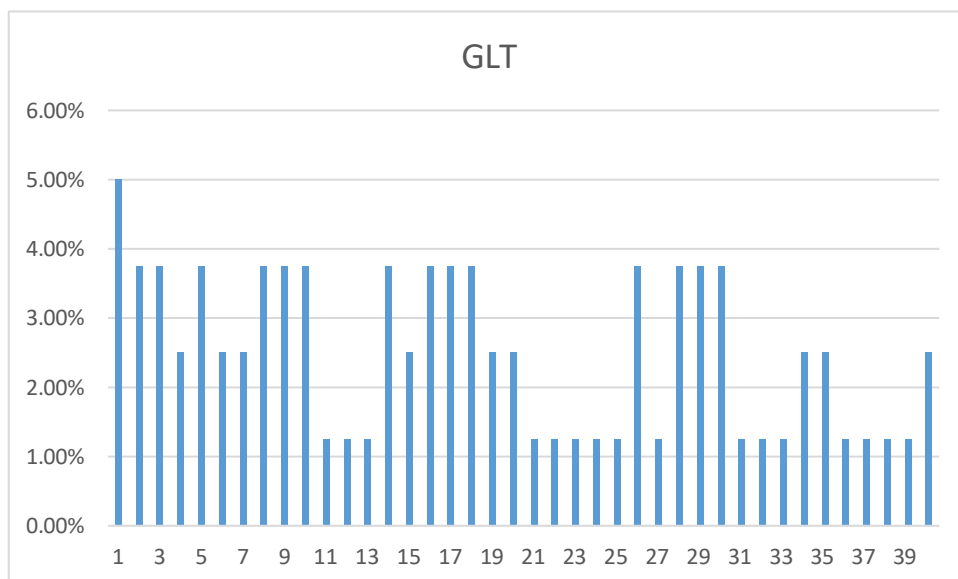
Abultamientos y Hundimientos (AH)



Se encontró que los abultamientos y hundimientos fueron más frecuentes en los tramos 6, 38 y 39 con frecuencias de 4.00.

Figura 5

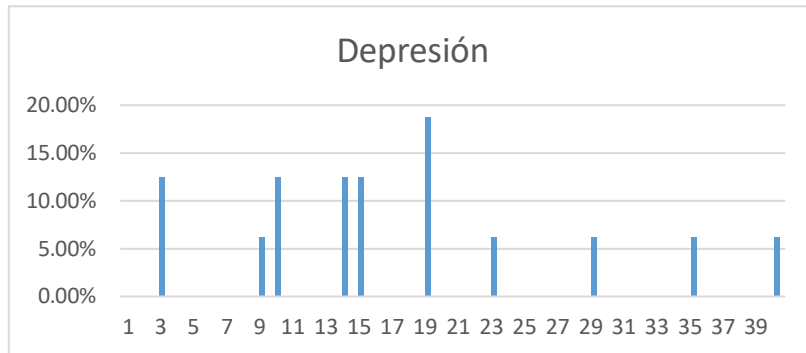
Grietas longitudinales y transversales (GLT)



Se encontró mayor frecuencia de grietas longitudinales y transversales en el tramo 1 con frecuencia de 4.

Figura 6

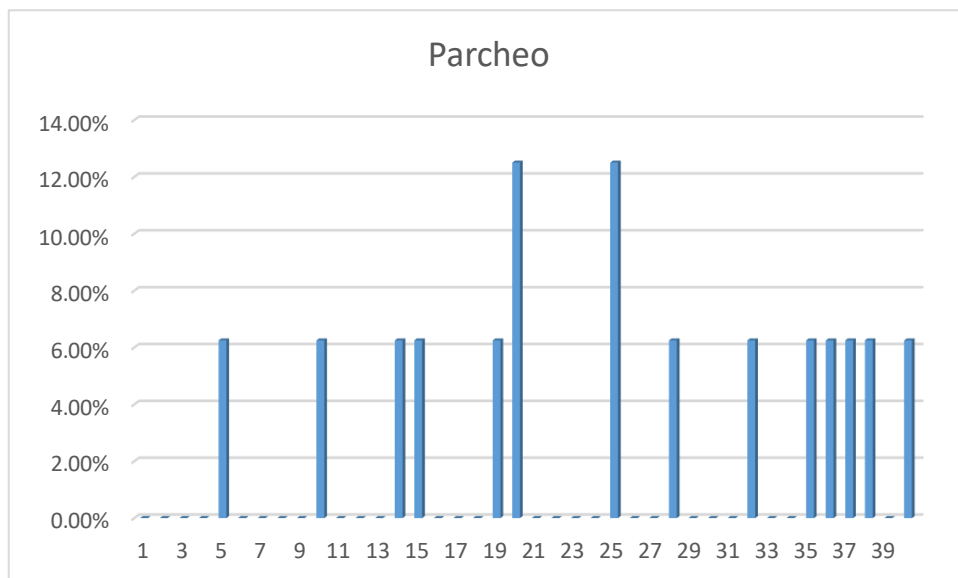
Depresión



Del mismo modo, se encontró que la depresión fue superior en el tramo 19 con 3 repeticiones.

Figura 7

Parcheo



Finalmente, la mayor repetición de parcheo se identificó en el tramo 20 y 25 con 2 repeticiones cada una.

Tabla 1*Mayor número de fallas por tramos*

TRAMO	TRAMO (Km)		PC	Agrib	AH	GLT	Depresión	Parcheo	Total
1	0+000.00	0+200.00	3.13%	1.85%	3.70%	5.00%	0.00%	0.00%	13.68%
2	0+200.00	0+400.00	3.13%	1.85%	3.70%	3.75%	0.00%	0.00%	12.43%
3	0+400.00	0+600.00	5.21%	3.70%	2.47%	3.75%	12.50%	0.00%	27.63%
4	0+600.00	0+800.00	3.13%	1.85%	2.47%	2.50%	0.00%	0.00%	9.95%
5	0+800.00	1+000.00	1.04%	1.85%	1.23%	3.75%	0.00%	6.25%	14.13%
6	1+000.00	1+200.00	3.13%	0.00%	4.94%	2.50%	0.00%	0.00%	10.56%
7	1+200.00	1+400.00	4.17%	3.70%	0.00%	2.50%	0.00%	0.00%	10.37%
8	1+400.00	1+600.00	3.13%	1.85%	3.70%	3.75%	0.00%	0.00%	12.43%
9	1+600.00	1+800.00	2.08%	1.85%	3.70%	3.75%	6.25%	0.00%	17.64%
10	1+800.00	2+000.00	4.17%	1.85%	2.47%	3.75%	12.50%	6.25%	30.99%
11	2+000.00	2+200.00	4.17%	3.70%	2.47%	1.25%	0.00%	0.00%	11.59%
12	2+200.00	2+400.00	3.13%	1.85%	1.23%	1.25%	0.00%	0.00%	7.46%
13	2+400.00	2+600.00	3.13%	1.85%	1.23%	1.25%	0.00%	0.00%	7.46%
14	2+600.00	2+800.00	2.08%	1.85%	1.23%	3.75%	12.50%	6.25%	27.67%
15	2+800.00	3+000.00	1.04%	1.85%	3.70%	2.50%	12.50%	6.25%	27.85%
16	3+000.00	3+200.00	1.04%	3.70%	3.70%	3.75%	0.00%	0.00%	12.20%
17	3+200.00	3+400.00	2.08%	0.00%	2.47%	3.75%	0.00%	0.00%	8.30%
18	3+400.00	3+600.00	3.13%	5.56%	2.47%	3.75%	0.00%	0.00%	14.90%
19	3+600.00	3+800.00	2.08%	1.85%	1.23%	2.50%	18.75%	6.25%	32.67%
20	3+800.00	4+000.00	1.04%	1.85%	1.23%	2.50%	0.00%	12.50%	19.13%
21	4+000.00	4+200.00	2.08%	3.70%	2.47%	1.25%	0.00%	0.00%	9.51%
22	4+200.00	4+400.00	1.04%	5.56%	2.47%	1.25%	0.00%	0.00%	10.32%
23	4+400.00	4+600.00	1.04%	1.85%	1.23%	1.25%	6.25%	0.00%	11.63%
24	4+600.00	4+800.00	1.04%	1.85%	1.23%	1.25%	0.00%	0.00%	5.38%
25	4+800.00	5+000.00	1.04%	1.85%	1.23%	1.25%	0.00%	12.50%	17.88%
26	5+000.00	5+200.00	1.04%	1.85%	1.23%	3.75%	0.00%	0.00%	7.88%
27	5+200.00	5+400.00	3.13%	0.00%	1.23%	1.25%	0.00%	0.00%	5.61%
28	5+400.00	5+600.00	3.13%	5.56%	1.23%	3.75%	0.00%	6.25%	19.92%
29	5+600.00	5+800.00	2.08%	5.56%	3.70%	3.75%	6.25%	0.00%	21.34%
30	5+800.00	6+000.00	2.08%	3.70%	3.70%	3.75%	0.00%	0.00%	13.24%
31	6+000.00	6+200.00	2.08%	1.85%	3.70%	1.25%	0.00%	0.00%	8.89%
32	6+200.00	6+400.00	4.17%	1.85%	3.70%	1.25%	0.00%	6.25%	17.22%
33	6+400.00	6+600.00	3.13%	1.85%	3.70%	1.25%	0.00%	0.00%	9.93%
34	6+600.00	6+800.00	2.08%	1.85%	1.23%	2.50%	0.00%	0.00%	7.67%
35	6+800.00	7+000.00	5.21%	3.70%	1.23%	2.50%	6.25%	6.25%	25.15%
36	7+000.00	7+200.00	2.08%	3.70%	1.23%	1.25%	0.00%	6.25%	14.52%
37	7+200.00	7+400.00	1.04%	1.85%	2.47%	1.25%	0.00%	6.25%	12.86%

38	7+400.00	7+600.00	1.04%	3.70%	4.94%	1.25%	0.00%	6.25%	17.18%
39	7+600.00	7+800.00	3.13%	1.85%	4.94%	1.25%	0.00%	0.00%	11.17%
40	7+800.00	8+000.00	3.13%	1.85%	3.70%	2.50%	6.25%	6.25%	23.68%
Total			100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	

Los tramos con mayor número de fallas desde Yungay hasta mancos fueron el tramo número 3 que va desde los 0+400.00 km hasta los 0+600.00 km con un total de 27.63% de fallas, el tramo 10 que va desde los 1+800.00 km hasta los 2+000.00 km con 30.99% de fallas y el tramo número 29 y 35 que va desde los 5+600.00 km y los 6+800.00 km con 21.34% y 25.15%, y el tramo 40 con 23.68% de fallas estas fallas son con respecto al 100% de las evaluadas.

Objetivo específico 2:

Identificar los rangos de calificación de PCI para el pavimento flexible en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash.

Tabla 2

Valores deducidos por tipo de falla

Falla	Número de fallas identificadas	Cantidades Totales	Densidad	Valor deducido VD
Piel de cocodrilo	96.00	20.88	6.96%	41.00
Exudación	2.00	1.16	0.39%	0.00
Agrietamiento en bloque	54.00	31.32	10.44%	16.52
Abultamientos y Hundimientos	81.00	5.85	1.95%	17.35
Corrugación	4.00	2.32	0.77%	0.00
Depresión	16.00	9.28	3.09%	14.10
Grietas de borde	1.00	0.58	0.19%	0.00
Grietas Long y Transversales	80.00	46.40	15.47%	22.08
Parcheo	16.00	10.45	3.48%	17.19
Huecos	5.00	6.00	2.00%	0.00

Se encontró que los valores deducidos fueron máximos para la piel de cocodrilo 41.00.

Tabla 3*Valores deducidos corregido*

Nº	Valores Deducidos						VDT	q	VDC
1	41.00	17.35	17.19	17.16	16.52	14.10	123.32	6	59.8
2	17.35	17.19	17.16	16.52	14.10	2.00	84.32	5	43.2
3	17.19	17.16	16.52	14.10	2.00	2.00	68.97	4	37.8
4	17.16	16.52	14.10	2.00	2.00	2.00	53.78	3	25.94
5	16.52	14.10	2.00	2.00	2.00	2.00	22.10	2	29.85
6	14.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	24.10	1	24.1
								Max VDC	59.8
								PCI	40.2

Una vez obtenidos los valores deducidos se obtuvo un valor deducido máximo de 59.8; y un PCI de 40.2.

Objetivos específico 3.

Para determinar los parámetros que influyen en el comportamiento del PCI en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, se tomaron en cuenta estudios de laboratorio y de campo, comenzando por el cálculo de ejes equivalentes en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash, siendo estos factores que determinan los ejes de los vehículos de acuerdo a los conteos realizados durante un día.

Tabla 4*Índice medio semanal*

Vehículos	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Promedio
Autos	189	173	164	157	182	161	159	169
Pickup	18	25	22	19	21	23	17	21
Combis	16	19	17	17	19	22	18	18
Microbuses	8	6	5	6	6	7	8	7
Camiones (2E)	10	12	14	14	15	13	14	13
Camiones (3E)	6	8	8	9	9	7	8	8
Camiones (4E)	4	5	4	4	6	5	4	5
Semi Tráiler (2S1/2S2)	3	3	4	3	3	3	3	3
Semi Tráiler (3S1/3S2)	2	2	2	2	2	1	2	2
Semi Tráiler (>=3S3)	2	2	3	3	3	3	2	3
Total	258	255	243	234	266	245	235	248

Para el cálculo de ejes equivalentes se hizo el conteo del índice medio semanal de vehículos que transitan por la vía encontrando que estos varían de 234 hasta los 266 vehículos, y los más frecuentes fueron los autos.

Tabla 5*Índice medio diario anual*

Tipos de vehículos	IMD	FCE	IMDA
Autos	169	1.0118	171
Pickup	21	1.0055	21
Combis	18	1.0118	19
Microbuses	7	1.0118	7
Camiones (2E)	13	1.0055	13
Camiones (3E)	8	1.0055	8
Camiones (4E)	5	1.0055	5
Semi Tráiler (2S1/2S2)	3	1.0055	3
Semi Tráiler (3S1/3S2)	2	1.0055	2
Semi Tráiler (>=3S3)	3	1.0055	3
Total	248	1.0055	249

Del mismo modo se calculó el índice medio diario anual siendo este de 249 vehículos.

Tabla 6*Ejes equivalentes por día por carril*

Tipo de vehículos	IMD pi	Fd	Fc	Fvpi	Fpi	EE (día- carril)
Autos, pickup, combis, ómnibus	214.8571	1.00	0.80	0.0000	1.00	0.00
Camiones (2E)	13.14286	1.00	0.80	3.4772	1.00	36.56
Camiones (3E)	7.857143	1.00	0.80	2.3205	1.00	14.59
Camiones (4E)	4.571429	1.00	0.80	2.526	1.00	9.24
Semi Tráiler (2S1/2S2)	3.142857	1.00	0.80	2.3157	1.00	5.82
Semi Tráiler (3S1/3S2)	1.857143	1.00	0.80	3.2695	1.00	4.86
Semi Tráiler (>=3S3)	2.571429	1.00	0.80	2.2901	1.00	4.71
Total						75.78

Siendo el total diario de ejes equivalentes por carril de 75.78.

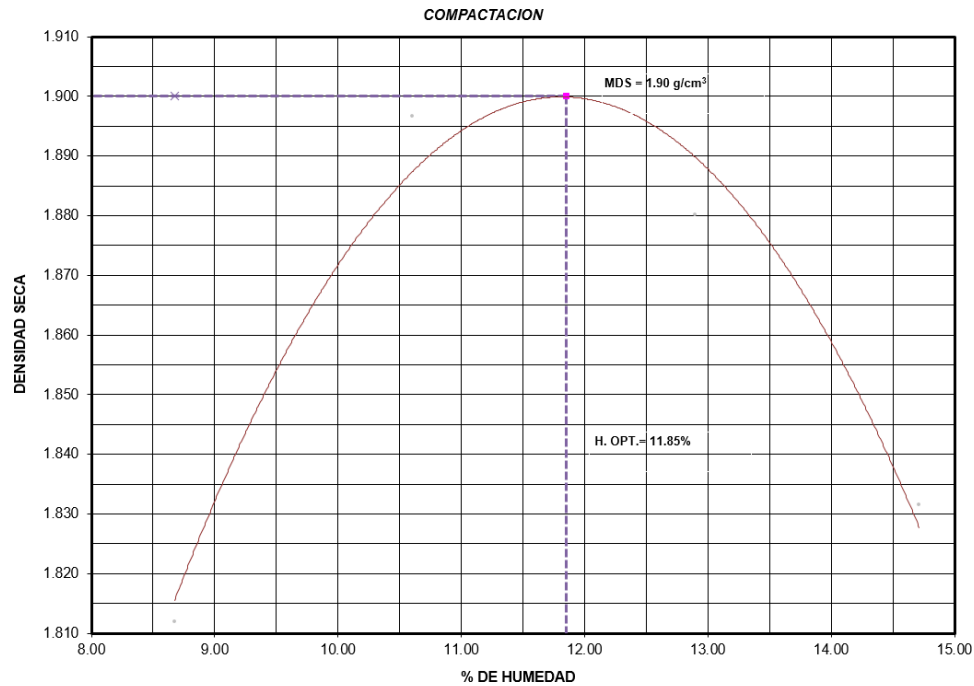
Tabla 7*Ejes equivalentes por cada 8.2 Tn anual*

Configuración vehicular	EE (día- carril)	Fca.	Nrep de EE 8.2 Tn
Autos, pickup, combis, ómnibus	0.0000		
Camiones (2E)	36.5603	26.87	358566.7181
Camiones (3E)	14.5860	26.87	143052.9243
Camiones (4E)	9.2379	26.87	90601.5865
Semi Tráiler (2S1/2S2)	5.8223	26.87	57102.8066
Semi Tráiler (3S1/3S2)	4.8575	26.87	47640.5944
Semi Tráiler (>=3S3)	4.7111	26.87	46203.9845
Total			743168.6144

Finalmente se calculó el total de ejes equivalentes por año tomando en cuenta el peso de 8.2 toneladas, siendo este de 743168.6144.

Figura 8

Densidad Máxima vs Humedad Optima



Se encontró que la densidad máxima fue de 1.90 grs/cm³ y que la humedad Optima fue de 11.85%.

Tabla 8

CBR al 95.00% y al 100.00%

Penetración (PULG)	C.B.R.A 95% De máxima densidad seca	C.B.R. A 100% De máxima densidad seca
0.1"	18.00%	33.00%

Del mismo modo se determinó que el CBR fue de 18.00% al 95.00% y al 100.00% de densidad máxima seca fue de 33.00% lo que indica una resistencia moderada del suelo siendo la densidad seca de 1.85 grs/cm³.

Tabla 9

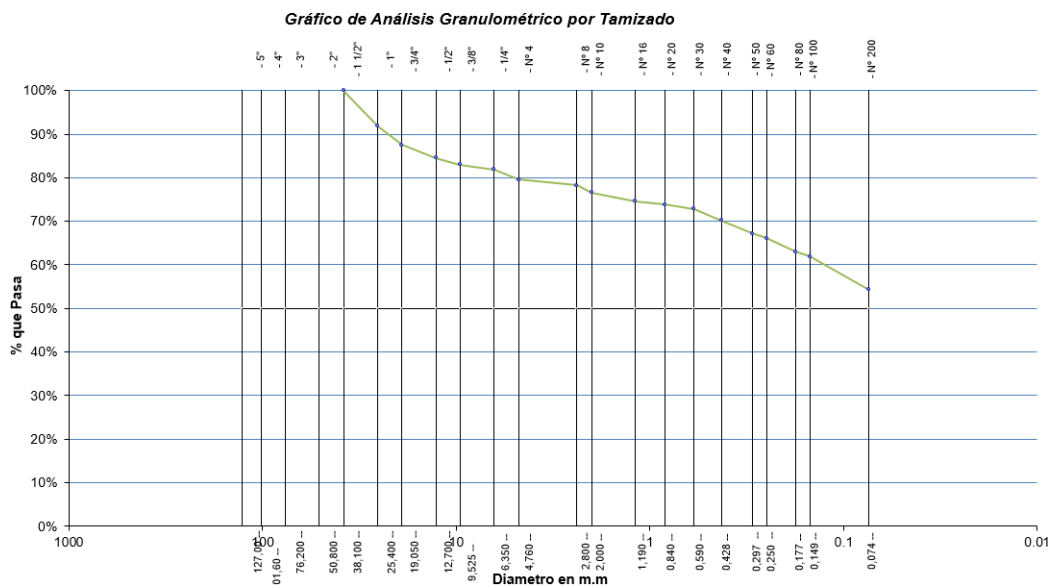
Análisis granulométrico

	Símbolo	SM
ASTM D-2487	Nombre de grupo	Arena arcillosa de alta plasticidad; mezcla de regular arena, arcilla y poca grava.

De acuerdo al análisis granulométrico se encontró que el suelo pertenece al grupo SM de acuerdo a la ASTM D-2487 siendo esta descrita como arena arcillosa de alta plasticidad; con mezcla de regular arena, arcilla y poca grava; esto describe un suelo franco arcilloso de alta plasticidad.

Figura 9

Gráfico de análisis granulométrico por tamizado



De acuerdo al gráfico de análisis granulométrico el contenido de grava fue de 20.70% de grava, 51.70% de arena y finos 27.6%.

Tabla 10*Capacidad de carga admisible*

DATOS	
C	PESO DEL RECIPIENTE (g)
θ	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO(g)
g	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO(g)
B	1.00 m
L	1.00 m
D	1.00 m
Factor de capacidad de Carga	
Nq	11.72
Nc	22.08
Ny	12.35
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE ULTIMO $q_{ult} = 4.56 \text{ Kg/cm}^2$	
qa CON UN FACTOR DE SEGURIDAD F.S. = 3	
$q_a = 1.507 \text{ Kg/cm}^2$	
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	
$q_a = 1.50 \text{ Kg/cm}^2$	

Capacidad portante Meyerhoff			
	[kN/m ²]	[kN]	[kN/m ²]
q_{ult} =	433.13	q =	433.13
	[t/m ²]		[t]
q_{ult} =	44.17	q =	44.17
	[Kg/cm ²]		[Kg]
q_{ult} =	4.42	q =	44166.24
			[Kg/cm ²]
		Q_{amm} =	144.38
			[t/m ²]
		Q_{amm} =	1.47
			[Kg/cm ²]
		Q_{amm} =	1.47

De acuerdo a los estudios de laboratorio se encontró una capacidad de carga de 1.50 kg/cm² es decir 15000 kg/ m². Del mismo modo se determinó que la capacidad portante para la subestructura fue de 433.13 kN/m². Se debe tener en cuenta que la estructura evaluada tuvo 50 cm de altura.

Tabla 11*Estudio de suelos CBR para la base y subbase*

Tramo	Calicata	Base CBR	Subbase CBR
3	C1	91.00%	33.00%
10	C2	93.00%	31.00%
29	C3	95.00%	34.00%
35	C4	96.00%	36.00%
40	C5	96.00%	36.00%

A partir de la extracción de 5 muestras para la base y subbase se evaluó el CBR para los tramos con mayores daños encontrando que el CBR en la subbase varió entre 31.00% a 36.00%, lo que significa que el suelo puede soportar cargas moderadas, pero aun así podría necesitar refuerzos para aplicaciones de tráfico pesado, además esto no cumple con los requisitos de diseño del MTC que señala que el mínimo CBR debe de ser el 40.00%. Del mismo modo, en la base se encontraron CBRs mayores variando entre 91.00% y 96.00%, no cumpliendo con lo recomendado por el MTC que sugiere un CBR del 100.00% para esta estructura.

Objetivo específico 4:

Determinar la correlación entre la servicialidad y el espesor del pavimento en la Carretera Yungay-Mancos, Áncash.

Figura 10

Espesor AASHTO 93

The screenshot shows the 'Diseño de Pavimento Flexible' (Flexible Pavement Design) software interface. The title bar indicates it is for 'pavimR (Para diseñar Pavimentos)'. The menu bar includes 'Archivo', 'Pavimento', and 'Ayuda'. The main window is titled 'Diseño de Pavimento Flexible' and 'Ecuación AASHTO 93'. It contains several input fields and buttons:

- Serviciabilidad Inicial y Final:** PSI Inicial: 4, PSI Final: 2.
- Confiableidad [Zr] y Desviación Estandar [So]:** Zr: -1.645, So: 0.35.
- Seleccionar dato que tiene:** Radio buttons for 'Espesor D' and 'Eje W18'. 'Eje W18' is selected, with a value of 743168.6144.
- Módulo de Reacción de la Subrasante:** K: 317.92 pci.
- Resultado:** D: 8.68679 plg.
- Legend:** pci = Libras /pulgadas^3 [lb/plg^3], psi = Libras /pulgadas^2 [lb/plg^2], plg = Pulgadas.
- Buttons:** 'Calcular' (Calculate), 'Insertar' (Insert), and 'Limpiar' (Clear).

El espesor calculado ideal fue del pavimento fue de 22.06 cm o 8.68 pulgadas no obstante en la realidad el espesor varió de 15.00 cm a 16.65 cm. Del mismo modo la relación espesor IRI es mediante la siguiente ecuación

$$E = 6.55((5 - (0.0657 \ln(IRI) + 2.3912))$$

Siendo la relación con la servicialidad para el pavimento en estudio es de 6.55 por servicialidad (S).

$$E = 6.55(PSI)$$

Finalmente, para determinar la relación entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la vía, Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025.

Tabla 12

Prueba T para la correlación entre el PCI y PSI, hipótesis

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv.	Beta		
PCI	82.464	3.684	0.409	2.727	0.005

Tomando en cuenta una significancia de 0.05, se desarrolló una ecuación para la vía tomando en cuenta el PCI, el IRI y la servicialidad, demostrando la relación entre variables; siendo la ecuación:

$$PCI = 15.5397((5 - (0.0657 \ln (IRI) + 2.3912))$$

$$PCI = 15.5397(PSI)$$

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para, determinar los daños para pavimentos flexibles o asfálticos en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash.

La investigación reveló diversas formas de deterioro en el pavimento, siendo la presencia de la denominada "piel de cocodrilo" la más prevalente, con un alarmante 27.00% de los casos. Esta manifestación específica de deterioro se ha identificado en un total de 96 instancias, lo que destaca su importancia y gravedad en la problemática del pavimento.

Además de la piel de cocodrilo, se detectaron abultamientos e hundimientos en 81 ocasiones, constituyendo el 23.00% del total. Asimismo, las grietas longitudinales y transversales también se destacaron como causantes significativos de deterioro, representando cada una el 23.00% del total de casos. Estos resultados coinciden en gran medida con las conclusiones de Lanado (2021), quien destacó las fisuras en bloque con un 31.00% y un 11.00% de casos de piel de cocodrilo. Además, los hallazgos de Vásquez (2021) respaldan la gravedad de los daños, reportando un 24.00% de abultamiento y hundimiento, y un 19.00% de pulimiento de agregados.

En consonancia con estas preocupantes cifras, Canchaco (2021) aborda la situación de manera general, indicando que la mayoría de las condiciones del pavimento son deficientes, alcanzando un elevado 57.00% de fallas. Este panorama pone de manifiesto niveles de seguridad intermedios o bajos en la infraestructura vial, subrayando la urgencia de intervenciones y mejoras para garantizar la seguridad y durabilidad de la carretera.

En respuesta a estos resultados, se hace imperativo llevar a cabo reparaciones inmediatas en las áreas más afectadas, tales como la piel de cocodrilo, abultamientos y grietas. Estas reparaciones deben realizarse utilizando materiales de alta calidad para asegurar una solución duradera. Asimismo, se propone la implementación de un programa regular de mantenimiento preventivo, diseñado para abordar problemas antes de que se conviertan en daños significativos, preservando así la integridad y funcionalidad del pavimento a lo largo del tiempo.

En síntesis, los datos obtenidos confirman que los daños más prominentes son los asociados con la piel de cocodrilo, representando el 27.00% del total, seguidos de cerca por las grietas longitudinales y transversales, así como los abultamientos y hundimientos, ambos con un 23.00% cada uno. Estos resultados respaldan la urgencia de intervenciones y mejoras para asegurar la calidad y seguridad de la infraestructura vial.

Identificar los rangos de calificación de PCI para el pavimento flexible en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash.

Una vez analizados y deducidos los valores correspondientes, se obtuvo un valor máximo deducido de 59.8 y un Índice de Condición del Pavimento (PCI) de 40.2 para la carretera Yungay – Mancos. Cabe destacar que este valor se encuentra dentro del rango establecido de 40-55, lo cual clasifica al pavimento como regular. Es importante subrayar que la evaluación del PCI puede variar dependiendo de las características específicas de cada pavimento y la metodología utilizada en su evaluación.

Este resultado es consistente con la investigación de Nur, Sugeng, & Susanto (2019), quienes encontraron rangos variables de 56 a 70 para clasificar la condición del pavimento como buena. Sin embargo, destacan que los resultados más frecuentes son condiciones regulares, ya sea utilizando el PCI u otros métodos de evaluación de pavimentos. Contrariamente, Bryce, Boadi y Groeger (2019) sostienen, basándose en informes sobre PCI, que la mayoría de los pavimentos tienen condiciones buenas o muy buenas, con valores entre 60 y 100. No obstante, se debe tener en cuenta que 100 representa una condición perfecta, y esta postura es refutada, ya que no es necesariamente aplicable a todos los casos.

En el contexto específico de nuestro estudio, Lanado (2021) también encontró resultados similares, con un PCI de 45, clasificando el estado del pavimento como regular. Por otro lado, Vásquez (2021) identificó valores de PCI de 61.28 y 58.313 para diferentes tramos, considerando estos valores como buenos. No obstante, señala la ausencia de un drenaje adecuado en los diseños, lo cual podría afectar la durabilidad del pavimento. Es esencial tener en cuenta que la antigüedad de la vía desempeña un

papel crucial en la evaluación del PCI, ya que a mayor antigüedad, es probable que se presenten mayores daños en la vía.

Contrastando con estas observaciones, Canchaco (2021) encontró un PCI de 16.52, clasificando el pavimento como muy malo. Alania (2021), por otro lado, reportó un PCI de 96.15, considerado como excelente, mientras que Aranibar & Saavedra (2019) encontraron un PCI de 19.5, catalogando la condición del pavimento como muy mala. Estas disparidades en los resultados evidencian la variabilidad en el estado de los pavimentos en el país y resaltan la necesidad de un enfoque más proactivo en el mantenimiento de estas infraestructuras.

En síntesis, el PCI encontrado para la carretera Yungay – Mancos de 40.2 se sitúa dentro del rango de 40-55, clasificando al pavimento como regular. Este análisis subraya la importancia de considerar diversos factores, como la antigüedad de la vía y la implementación de un mantenimiento adecuado, para obtener evaluaciones más precisas y abordar de manera efectiva el estado variable de los pavimentos en el país.

Determinar los parámetros que influyen en el comportamiento del PCI en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000

El cálculo del total de ejes equivalentes por año, considerando un peso de 8.2 toneladas, arrojó un valor significativo de 743168.6144. Este resultado es de suma importancia, ya que clasifica al tráfico como Tp3, ubicándose en el rango específico de $> 500,000$ EE y $\leq 750,000$ EE. La magnitud de este valor no solo proporciona información sobre la cantidad de vehículos que transitan por la zona, sino también sobre el peso que estos ejes representan para el pavimento, del mismo modo se determinó una capacidad de carga de 1.50 kg/cm² y el suelo que pertenece al grupo SM de acuerdo a la ASTM D-2487 siendo arena arcillosa de alta plasticidad y un CBR de 33.00%, los daños en el pavimento probablemente se den porque no se está tomando en cuenta adecuadamente la capacidad de carga adecuada o el suelo regularmente compacto de acuerdo al CBR. Estos datos son esenciales en el diseño de pavimentos, ya que permite dimensionar estructuras más resistentes y duraderas, acorde a las exigencias reales del tráfico.

La relevancia de considerar el número de ejes equivalentes en el diseño de pavimentos ha sido resaltada por Al-Khateeb & Khadour (2021), quienes destacan que esta variable es crucial para lograr pavimentos óptimamente diseñados, capaces de resistir las cargas impuestas por el tráfico a lo largo del tiempo. De manera similar, Vemuri et al. (2021) subrayan la importancia de clasificar los pavimentos teniendo en cuenta los ejes equivalentes, reforzando la idea de que esta información es esencial para un diseño adecuado.

En el contexto específico de Perú, Alania (2021) destaca la importancia de calcular este valor en todos los diseños de pavimentos. Aunque reconoce que el enfoque del Ministerio puede primar en el mantenimiento por razones de eficiencia económica, enfatiza la necesidad de reconsiderar el diseño de los pavimentos. Esto se debe a factores como fenómenos naturales, fallas geológicas y condiciones meteorológicas locales que, a menudo, no son debidamente considerados y podrían comprometer la durabilidad y resistencia del pavimento.

Aranibar & Saavedra (2019) complementan esta perspectiva al señalar que las clasificaciones más frecuentes de tráfico son Tp2 y Tp3. En este contexto, la clasificación encontrada de Tp3 para los ejes equivalentes subraya la importancia de hacer hincapié en esta categoría específica al diseñar y evaluar pavimentos.

En conclusión, el resultado obtenido de 743168.6144 ejes equivalentes por año, considerando el peso de 8.2 toneladas, revela la magnitud del tráfico en la zona y clasifica de manera inequívoca al tráfico como Tp3. Este dato debe ser considerado como un parámetro crucial en el diseño y mantenimiento de pavimentos, permitiendo estructuras más adecuadas y resilientes a las condiciones reales de carga que enfrentan en su entorno operativo.

Determinar la correlación entre la servicialidad y el espesor del pavimento en la Carretera Yungay-Mancos, Áncash. El análisis del espesor reveló un valor ideal de 22.06 cm o 8.68 pulgadas, sin embargo, al medir el espesor en el terreno, se encontró que variaba en el rango de 15.00 cm a 16.65 cm. La relación entre el espesor y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se establece mediante la fórmula $E=6.55 ((5-(0.0657 \ln(\text{IRI})+2.3912))$), siendo la relación con la servicialidad $E=6.55(S)$. Aunque Adeli et

al. (2021) describen esta relación considerando más variables, este estudio ha optado por una formulación más sencilla. No obstante, es fundamental destacar que la servicialidad también está intrínsecamente ligada al IRI, como señala Al-Khateeb & Khadour (2020), quienes sugieren que incorporar factores ambientales en esta relación podría enriquecer su descripción.

A pesar de que Bryce, Boadi, y Groeger (2019) no aborden explícitamente la relación entre el espesor y la servicialidad, es imperativo reconocer que ambas variables están estrechamente interconectadas. La consideración conjunta de estas dos dimensiones es esencial para obtener una evaluación completa del estado del pavimento. En una perspectiva similar, Lanado (2021) no describe la relación específica entre el espesor y la servicialidad, pero subraya la importancia de incorporar otros factores para comprender completamente la relación con el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Estos factores adicionales pueden incluir aspectos como el tráfico, las condiciones climáticas y la calidad de los materiales utilizados en la construcción del pavimento.

La relación entre el espesor y la servicialidad es un aspecto crucial en el diseño y mantenimiento de pavimentos, ya que impacta directamente en la capacidad del pavimento para proporcionar un servicio funcional y seguro a los usuarios. La fórmula utilizada en este estudio simplifica la relación para facilitar el análisis, pero es importante reconocer que la interacción entre el espesor y la servicialidad es un fenómeno multidimensional que puede involucrar diversos factores.

En síntesis, aunque la relación entre el espesor y la servicialidad se ha formulado de manera sencilla en este estudio, es esencial tener en cuenta la complejidad de esta interacción. La consideración de otros factores, como aquellos mencionados por Al-Khateeb & Khadour (2021) y Lanado (2021), puede enriquecer la comprensión de esta relación y mejorar las estrategias de diseño y mantenimiento de pavimentos para garantizar un rendimiento óptimo y duradero.

En la determinación de la relación entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025, se estableció una fórmula simplificada: $PCI=15.5397 ((5-$

$(0.0657 \ln(\text{IRI}) + 2.3912)$). Esta relación, resumida como $\text{PCI} = 15.5397 (\text{PSI})$, ha sido seleccionada por su practicidad específica para este tramo de la vía.

El enfoque adoptado en este estudio, aunque simple, es eficaz y adecuado para el propósito de evaluación de pavimentos en este contexto. Adeli et al. (2021) describe relaciones entre variables con un nivel de aceptación del 0.75, mientras que nuestro modelo demuestra una relación aceptable al 95%, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.95 y una significancia del 0.05. Este alto nivel de precisión es esencial para obtener evaluaciones confiables y respaldar decisiones de mantenimiento y diseño de pavimentos.

La importancia de estas relaciones sencillas también se destaca en la investigación de Vemuri et al. (2020), quienes determinaron una relación con un R^2 superior al 0.85, indicando una alta precisión. Subrayan la relevancia de estas relaciones para el monitoreo continuo de bajo costo, lo cual es crucial para implementar estrategias de mantenimiento eficientes y económicamente viables.

En comparación con Nur et al. (2019), cuyas ecuaciones muestran una relación entre PCI y PSI con diferentes variables, es fundamental reconocer que, aunque modelos más complejos pueden ofrecer mayor detalle, es crucial considerar la facilidad de medición de las variables. En este sentido, se favorece la utilización de variables que sean prácticas y fácilmente medibles por todos los profesionales involucrados en la evaluación del pavimento.

Se sugiere encarecidamente llevar a cabo estudios de correlación continuos entre PCI y PSI, ya que esto contribuirá significativamente a la reducción de costos asociados con la evaluación de fallas de pavimento. La comprensión de estas relaciones proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias efectivas de mantenimiento, optimizando así los recursos disponibles y garantizando la durabilidad y funcionalidad de la infraestructura vial. En última instancia, la simplificación de las relaciones entre PCI y PSI, al tiempo que se asegura la precisión necesaria, es clave para la aplicabilidad práctica de estas herramientas en el ámbito de la gestión de pavimentos.

En síntesis, se ha desarrollado una fórmula simplificada, $PCI=15.5397 ((5-(0.0657 \ln (IRI)+2.3912)))$, para establecer la relación entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la Carretera Yungay – Mancos, en el tramo comprendido entre el kilómetro 0+000 al 8+000, Áncash, en el año 2023. Esta fórmula, representada de manera más concisa como $PCI=15.5397 (PSI)$, ha sido elegida específicamente por su practicidad y aplicabilidad directa a las condiciones de este tramo vial.

CONCLUSIONES

Los daños más trascendentales en el tramo son; la piel de cocodrilo el problema más prevalente, representando el 27.00% del total. A este le siguen de cerca las grietas longitudinales y transversales, así como los abultamientos y hundimientos, ambos con un 23.00% cada uno. Estos hallazgos subrayan la imperiosa necesidad de implementar intervenciones y mejoras sustanciales para garantizar la calidad y seguridad óptimas de nuestra infraestructura vial.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) calculado para la carretera Yungay–Mancos, que alcanza 40.2, se ubica dentro del intervalo de 40-55, categorizando el estado del pavimento como regular.

El resultado de 743,168.6144 ejes equivalentes por año, teniendo en cuenta un peso de 8.2 toneladas, destaca la considerable intensidad del tráfico en la zona, clasificándolo de manera definitiva como Tp3, la capacidad de carga de 1.50 kg/cm² y el suelo que pertenece al grupo SM de acuerdo a la ASTM D-2487 siendo arena arcillosa de alta plasticidad y un CBR de 33.00%, estos parámetros son esenciales en el proceso de diseño y mantenimiento de pavimentos, posibilitando la creación de estructuras más apropiadas y resilientes ante las condiciones reales de carga que enfrentan en su entorno operativo.

La relación entre el espesor y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se modela a través de la fórmula $E = 6.55 ((5 - (0.0657 \ln(\text{IRI}) + 2.3912))$, siendo la relación con la servicialidad expresada como $E = 6.55 (\text{PSI})$. Se ha simplificado la formulación de la relación entre el espesor y la servicialidad en este estudio, es crucial reconocer la complejidad inherente a esta interacción.

Se ha desarrollado una fórmula simplificada, $\text{PCI} = 15.5397 ((5 - (0.0657 \ln(\text{IRI}) + 2.3912))$, para establecer la relación entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la Carretera Yungay–Mancos, en el tramo del kilómetro 0+000 al 8+000 en Áncash durante el año 2025. Esta expresión, más concisamente representada como $\text{PCI} = 15.5397 (\text{PSI})$, ha sido seleccionada

específicamente por su practicidad y aplicabilidad directa a las condiciones particulares de este tramo vial.

RECOMENDACIONES

Considerando los daños destacados en la carretera, se recomienda presentar los datos a los tomadores de decisiones para llevar a cabo un análisis más detallado de la piel de cocodrilo y las grietas longitudinales y transversales, así como los abultamientos y hundimientos identificando las causas subyacentes de estos problemas específicos lo cual permitirá diseñar intervenciones más precisas y efectivas para mejorar la calidad y seguridad de la infraestructura vial.

Se sugiere realizar evaluaciones más frecuentes para monitorear cualquier cambio en el pavimento y tomar medidas preventivas o correctivas según sea necesario. Un mantenimiento proactivo puede ayudar a prolongar la vida útil del pavimento y optimizar la seguridad vial.

Se recomienda considerar medidas adicionales en el diseño y mantenimiento de pavimentos para garantizar la durabilidad y seguridad bajo condiciones de carga significativas. La implementación de tecnologías y materiales resilientes puede ser clave para mitigar el impacto del tráfico intenso en la zona y que sean acordes a la capacidad de carga.

Se sugiere realizar investigaciones adicionales para comprender mejor la complejidad de esta interacción e implementarse en proyectos del tramo para diseño de pavimentos. Esto puede incluir análisis más profundos de variables adicionales que podrían afectar la relación y conducir a formulaciones más precisas y robustas.

Del mismo modo, se sugiere realizar validaciones continuas con datos de campo para verificar su eficacia en condiciones variables. La adaptabilidad de la fórmula a diferentes escenarios puede ser evaluada mediante comparaciones con mediciones reales para garantizar su aplicabilidad y precisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeli, S., Najafi, V., Kashani, M., Motesharei, E., & Salehfard, R. (2021). Development of a Relationship between Pavement Condition Index and International Roughness Index in Rural Road Network. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1-9.
- Alania, N. (2020). Evaluación de la serviciabilidad vial: Abra Toccto-Morochuco según índice de condición del pavimento y índice de rugosidad Internacional.
- Alban, G., Arguello, A., & Molina, N. (2021). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173.
- Albayati, A. (2023). A review of rutting in asphalt concrete pavement. *Open Engineering*, 13(1), 20220463.
- Ali, A., Heneash, U., Hussein, A., & Eskebi, M. (2022). Predicting Pavement Condition Index Using Fuzzy Logic Technique. *Infrastructures*, 7(7), 91.
- Al-Khateeb, G., & Khadour, N. (2021). Distress-based PSI models for asphalt pavements of rural highways. *Journal of Civil Engineering*, 14(2).
- Amaiquema, F., Vera, J., & Zumba, I. (2019). Enfoques para la formulación de la hipótesis en la investigación científica. *Conrado*, 15(70), 354-360.
- Aranibar, M., & Saavedra, K. (2019). Determinación del estado actual del pavimento mediante la medición del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) en la vía principal Izcuchaca-Huarocondo. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3151>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Obtenido de: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Batanero, C., Begué, N., Gea, M., & Roa, R. (2019). El muestreo: una idea estocástica fundamental. *Suma*, 90, 41-47.

- Bhandari, S., Luo, X., & Wang, F. (2023). Understanding the effects of structural factors and traffic loading on flexible pavement performance. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 12(1), 258-272.
- Blaauw, S., Maina, J., Mturi, G., & Visser, A. (2022). *Flexible pavement performance and life cycle assessment incorporating climate change impacts. Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104, 103203. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920922000335>
- Bryce, J., Boadi, R., & Groeger, J. (2019). Relating pavement condition index and present serviceability rating for asphalt-surfaced pavements. *Transportation Research Record*, 2673(3), 308-312.
- Cai, X., Fu, L., Zhang, J., Chen, X., & Yang, J. (2021). Damage analysis of semi-flexible pavement material under axial compression test based on acoustic emission technique. *Construction and Building Materials*, 239, 117773.
- Canchaco, E. (2021). *Evaluación de fallas en pavimento flexible, aplicando la metodología pci y estudio de regularidad superficial, carretera Platería–Acora, Puno, 2021*. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58816>
- Chen, F., Lyu, J., Wang, T., & Sze, N. (2023). Exploring the association between quantified road safety target attributes and their success: An empirical analysis from OECD countries using panel data. *Journal of Safety Research*, 85, 296-307.
- Choi, S., & Do, M. (2019). Development of the road pavement deterioration model based on the deep learning method. *Electronics*, 9(1), 3.
- Cisneros, A., Guevara, A., Urdánigo, J., & Garcés, J. (2022). Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia. *Domino de las Ciencias*, 8(1), 1165-1185.
- De Franco, M., & Solórzano, J. (2021). Paradigmas, enfoques y métodos de investigación: análisis teórico. *Mundo Recursivo*, 3(1), 1-24.

- Del Carmen, S. (2019). *Muestra Probabilística y No Probabilística*. Obtenido de: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/108928>
- Dong, J., Meng, W., Liu, Y., & Ti, J. (2021). A framework of pavement management system based on IoT and big data. *Advanced Engineering Informatics*, 47, 101226.
- García, T., Montalbán, L., Llopis, D., Lepech, M., Sanz, M., & Pellicer, E. (2022). Incorporating pavement deterioration uncertainty into pavement management optimization. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(6), 2062-2073.
- Georgouli, K., Plati, C., & Loizos, A. (2021). Autonomous vehicles wheel wander: Structural impact on flexible pavements. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(3), 388-398.
- Hammad, H., Ashraf, M., Abbas, F., Bakhat, H., Qaisrani, S., Mubeen, M., & Awais, M. (2019). Environmental factors affecting the frequency of road traffic accidents: a case study of sub-urban area of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 11674-11685.
- Hassan, S. (2021). *Calibration of IRI-based PSI Equation using Updated Quarter-Car Parameters*. West Virginia University.
- Issa, A., Sammaneh, H., & Abaza, K. (2022). Modeling pavement condition index using cascade architecture: classical and neural network methods. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 46(1), 483-495.
- Isradi, M., Rachmansyah, L., Rifai, A., Mufhidin, A., & Prasetijo, J. (2022). Analysis of Damage for Flexible and Rigid Pavement Using Pavement Condition Index (PCI) and Bina Marga Methods (Case Study: Narogong Cileungsi–Bantar Gebang Highway). *International Journal of Transportation and Infrastructure*, 6(1), 30-37.
- Jiménez, L. (2020). Impacto de la investigación cuantitativa en la actualidad. *Convergence Tech*, 4(IV), 59-68.

- Justo, R., & Ferreira, A. (2019). Pavement maintenance considering traffic accident costs. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 12, 562-573.
- Kareem, S., & Shubber, K. (2021). Pavement condition index (PCI) for some highways collector selected in Najaf city implemented with PAVER software. *In Journal of Physics: Conference Series*, (1) 1895, p. 012- 021). IOP Publishing.
- Kumar, P., & Shukla, S. (2022). Flexible pavement construction using different waste materials: A review. *Materials Today: Proceedings*.
- Lanado, L. (2021). *Determinación del índice de serviciabilidad e índice de condición del pavimento de la ruta cu-100 tramo Izcuchaca-Huarocondo, utilizando el rugosímetro de merlín y dron*. Obtenido de:
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6466104>
- López, N., Jiménez, C., & Díaz, V. (2022). Ética del cuidado en estudiantes de Ingeniería. Obtenido de:
https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UCATOLICA2_460921e01a90b462f7561edec37b9c2f
- Madeh, S., & El-Diraby, T. (2021). Using machine learning to examine impact of type of performance indicator on flexible pavement deterioration modeling. *Journal of Infrastructure Systems*, 27(2), 04021005.
- Mendoza, S., & Avila, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(17), 51-53.
- Miah, M., Oh, E., Chai, G., & Bell, P. (2020). An overview of the airport pavement management systems (APMS). *International Journal of Pavement Research and Technology*, 13, 581-590.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2023). Consultar el estado de la Red Vial Nacional de Provías Nacional. Obtenido de:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapas_viales.html

- Mubaraki, M., & Sallam, H. (2021). The most effective index for pavement management of urban major roads at a network level. *Arabian Journal For Science And Engineering*, 46, 4615-4626.
- Nababan, R. (2023). *Analisa kondisi perkerasan permukaan jalan menggunakan metode surface distress index (SDI) dan present serviceability index (PSI) jalan lubuk pakam-galang*. Obtenido de: <https://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/8449>
- Nautiyal, A., & Sharma, S. (2022). Methods and factors of prioritizing roads for maintenance: a review for sustainable flexible pavement maintenance program. *Innovative infrastructure solutions*, 7(3), 190.
- Nhan, T., & Tai, H. (2020). *Evaluating the possible use of high modulus asphalt mixtures in flexible pavements in Vietnam*. In *ICSCEA 2019*. Proceedings of the International Conference on Sustainable Civil Engineering and Architecture (pp. 701-708). Springer Singapore.
- Nur, W., Sugeng, B., & Susanto, E. (2019). Relationship between the Pavement Condition Index (PCI), Present Serviceability Index (PSI), and Surface Distress Index (SDI) on Soekarno Hatta Road, Bandung. *Institut Teknologi Bandung*, 26(2), 111-120.
- Oreto, C., Massotti, L., Biancardo, S., Veropalumbo, R., Viscione, N., & Russo, F. (2021). BIM-based pavement management tool for scheduling urban road maintenance. *Infrastructures*, 6(11), 148.
- Paz, T., De Melo, R., De Moraes, L., Oliveira, L., & De Azevedo, A. (2022). Development of a flexible pavement condition index for urban road network. *Transportes*, 30(2), 2553-2553.
- Piedra, J., & Manqueros, J. (2021). *El muestreo y su relación con el diseño metodológico de la investigación*. *Manual de temas nodales de la investigación cuantitativa*. Un abordaje didáctico., 81.

- Pietersen, R. (2022). *Automated Method for Airfield Pavement Condition Index Determination*. (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Piryonesi, S., & El-Diraby, T. (2020). Data analytics in asset management: Cost-effective prediction of the pavement condition index. *Journal of Infrastructure Systems*, 26(1), 04019036.
- Piryonesi, S., & El-Diraby, T. (2021). Using machine learning to examine impact of type of performance indicator on flexible pavement deterioration modeling. *Journal of Infrastructure Systems*, 27(2), 04021005.
- Prabhu, A., Arpith, S., Vahida, K., Kumar, D., Bhat, A., & Kumar, A. (2021). *Overlay Design of Flexible Pavements Using Benkelman Beam Deflection Method—A Case Study*. Trends in Civil Engineering and Challenges for Sustainability: Select Proceedings of CTCS 2019, 475-491.
- Putra, E. (2022). Road Damage Analysis Pavement Condition Index (PCI) Method Jl. Raya Bypass Pandaan, Pandaan-Malang, East Java. (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- Quispe, H. (2018). *Correlación de las metodologías Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y el Índice de Servicialidad Presente (PSI) en la avenida Bolognesi, tramo: Av. Huancavelica–Av. Ferrocarril–El Tambo*. Universidad Continental
- Saldaña, J., & De los Godos, L. (2019). Diseños de investigación para tesis de posgrado. *Revista Peruana de Psicología y Trabajo Social*, 7(2), 71-76.
- Sánchez, M., Fernández, M., & Diaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista científica UISRAEL*, 8(1), 107-121.
- Sarira, F., Widaryanto, L., & Mashadi, A. (2022). Pavement Condition Index (PCI) Method for Road Damage Analysis. In *ICSET: International Conference on Sustainable Engineering and Technology* 1 (1), pp. 17-23).

- Sharma, M., Kumar, P., & Suman, S. (2019). A review of pavement condition rating models for flexible pavements. *Int Res J Eng Technol*, 6, 2218-2223.
- Shon, H., Cho, C, Byon, Y., & Lee, J. (2022). *Autonomous condition monitoring-based pavement management system. Automation in Construction*, 138, 104222.
- Shtayat, A., Moridpour, S., Best, B., Shroff, A., & Raol, D. (2020). A review of monitoring systems of pavement condition in paved and unpaved roads. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(5), 629-638.
- Sidess, A., Ravina, A., & Oged, E. (2021). A model for predicting the deterioration of the pavement condition index. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(13), 1625-1636.
- Sisay, Z. (2019). Evaluation of functional characteristics of pavements and developing relationship of deflection and roughness data with other pavement distress. Obtenido de: <https://www.semanticscholar.org/paper/EVALUATION-OF-FUNCTIONAL-CHARACTERISTICS-OF-AND-OF-Sisay/bdea809aa215a9d6ed5f6a4f265a3048ff8c3b81>
- Smaida, A., Haddadi, S., & Nechnech, A. (2019). Improvement of the mechanical performance of dune sand for using in flexible pavements. *Construction and Building Materials*, 208, 464-471.
- Syahputra, H. (2022). *Analysis of Flexible Pavement Damage in Mojokerto East Java Bypass Road with Pavement Condition Index (PCI) Method*. (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- Tejada, M. (2021). Manual de investigaciones con fines de graduación y titulación.
- Turkane, S., & Chouksey, S. (2022). Design of flexible pavement thickness using stabilized high plastic soil by means of fly ash-based geopolymer. *International Journal of Pavement Engineering*, 1-15.

- Ullas, S., & Bindu, C. (2021). *Review Paper on Pavement Condition Assessment. In Current Trends in Civil Engineering: Select Proceedings of ICRACE 2020* (pp. 155-164). Springer: Singapore.
- Urquizo, S., López, K., & Sandoval, B. (2019). Software estadístico para el cálculo de la muestra y los tipos de muestreo. *FIMAQ Investigación y Docencia*, 3(1).
- Useche, M., Artigas, W., Queipo, B., & Perozo, E. (2019). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos*. Disponible en: https://www.academia.edu/97580770/T%C3%A9cnicas_e_instrumentos_recoleccion%C3%B3n_de_datos
- Vásquez, J. (2021). *Evaluación de la estructura del pavimento flexible aplicando el método índice de condición del pavimento (PCI) en la Avenida Las Américas, Chiclayo, Lambayeque*. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/67670>
- Vemuri, V., Ren, Y., Gao, L., Lu, P., & Song, L. (2020). *Pavement condition index estimation using smartphone based accelerometers for city of Houston. In Construction Research Congress 2020: Infrastructure Systems and Sustainability* (pp. 522-531). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Wahyuni, A., Said, L., & Syarkawi, M. (2022). Analisis Tingkat Kerusakan Permukaan Jalan dengan Metode International Roughness Index (IRI) dan Pavement Condition Index (PCI) Menggunakan Alat Mata Garuda: Studi Kasus Jalan Nasional Gatot Subroto Watampone. *Jurnal Konstruksi: Teknik. Infrastruktur dan Sains*, 1(4), 1-13.
- Wang, Z., Guo, N., Wang, S., & Xu, Y. (2021). Prediction of highway asphalt pavement performance based on Markov chain and artificial neural network approach. *The Journal of Supercomputing*, 77, 1354-1376.
- World Bank. (2023). *Roads and Employment Project*. <https://n9.cl/sescct>
- Yuniarti, R., Ahyudanari, E., & Prastyanto, C. A. (2022). Alternative Bituminous Binder for Sustainable Flexible Pavement: A Review. In IOP Conference

Series: *Earth and Environmental Science* 1 (971), p. 012013). IOP Publishing.

Zarei, S., Ouyang, J., Yang, W., & Zhao, Y. (2020). Experimental analysis of semi-flexible pavement by using an appropriate cement asphalt emulsion paste. *Construction and Building Materials*, 230, 116994.

Zagvozda, M., Dimter, S., Moser, V., & Barišić, I. (2019). Application of GIS technology in pavement management systems. *Građevinar*, 71(04.), 297-304.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz operacional de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento	Escala de Medición
Índice de Condición de Pavimento (PCI)	El Índice de Condición de Pavimento (PCI) es un indicador técnico cuantitativo que permite evaluar el estado superficial de un pavimento flexible o rígido, mediante la identificación, clasificación y cuantificación de los diferentes tipos de fallas presentes, así como su severidad y densidad.	El Índice de Condición de Pavimento (PCI) se operacionalizó mediante la inspección visual directa de unidades de muestra previamente delimitadas en la carretera Yungay – Mancos. Para ello, se aplicó el procedimiento establecido en la norma ASTM D6433, registrando los tipos de fallas, el nivel de severidad (bajo, medio y alto) y la densidad de daño expresada en porcentaje de área afectada.	Tipos de fallas superficiales	Grietas longitudinales Grietas transversales Piel de cocodrilo Desprendimiento Baches	Observación directa en campo	Ficha de inspección visual PCI (ASTM D6433)	Nominal
			Severidad de fallas	Baja Media Alta	Inspección visual técnica	Formato de evaluación PCI	Ordinal
			Densidad de fallas	Porcentaje de área afectada (%)	Medición en campo	Formato PCI y croquis de unidades de muestra	Cuantitativa (Razón)
			Valor deducido	Valor deducido individual Valor deducido corregido	Cálculo técnico	Hoja de cálculo PCI	Cuantitativa (Intervalo)
			Estado del pavimento	Excelente Bueno Regular Malo Muy malo Fallado	Análisis de resultados	Tabla de clasificación PCI	Ordinal

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento	Escala de Medición
Diseño de Cimentación	El diseño de cimentación se define como el proceso técnico de análisis y dimensionamiento de los elementos estructurales encargados de transmitir las cargas de una edificación hacia el suelo de fundación, asegurando la estabilidad, resistencia y seguridad de la estructura	El diseño de cimentación se operacionalizó a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, principalmente el ensayo de corte directo, que permitió determinar los valores de cohesión y ángulo de fricción interna del suelo. Con estos parámetros se calculó la capacidad portante última y admisible del terreno	Condición funcional	Nivel de confort del usuario Percepción de calidad de rodadura	Encuesta técnica / Evaluación visual	Ficha de evaluación PSI	Ordinal
			Rugosidad superficial	Presencia de irregularidades Deformaciones visibles	Observación directa	Guía de inspección visual	Ordinal
			Seguridad vial	Adherencia superficial Presencia de defectos peligrosos	Inspección técnica	Lista de verificación	Ordinal
			Índice PSI	Valor numérico PSI (0 – 5)	Cálculo técnico	Formato de evaluación PSI	Cuantitativa (Intervalo)
			Nivel de servicio	Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo	Análisis de resultados		

Anexo 2: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo general	Objetivo específico	Hipotesis	Metodologia
¿Cuál es la relación entre el Índice de Condición de Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la vía, Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025?	Determinar la relación entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la vía, Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025.	• Determinar los daños para pavimentos flexibles o asfálticos en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash. • Identificar los rangos de calificación de PCI para el pavimento flexible en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash. • Determinar los parámetros que influyen en el comportamiento del PCI en la vía Carretera Yungay-Mancos, KM 0+000 al 8+000 • Determinar la correlación entre la servicialidad y el espesor del pavimento en la Carretera Yungay-Mancos, Áncash.	Existe una relación directa y significativa entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la servicialidad actual (PSI) en la vía, Carretera Yungay – Mancos, KM 0+000 al 8+000, Áncash 2025	Diseño: El diseño de la investigación es experimental, tipo aplicada

Anexo 3: Instrumentos de Medición

Modelo de encuesta para medir PSI

Quispe, H. (2018).

MODELO DE ENCUESTA PARA MEDIR EL PSI

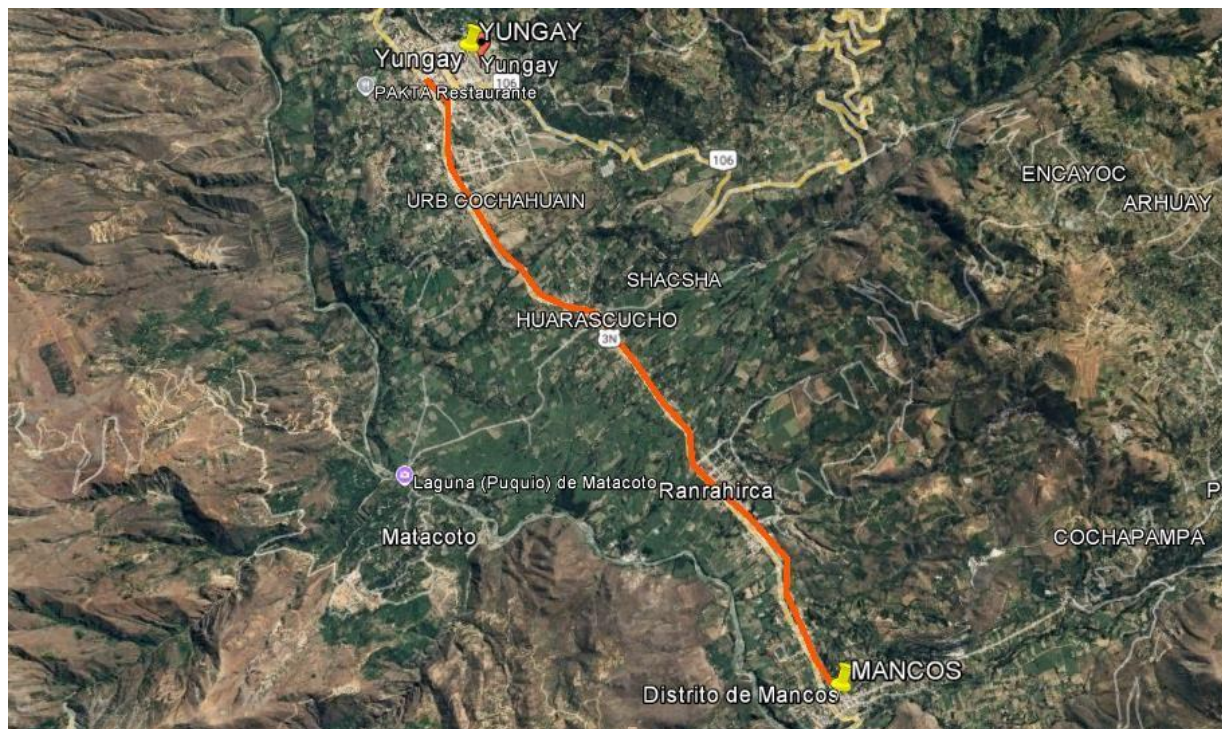
Nombres y Apellidos:

N° DE TRAMOS	CALIFICACION	TRANSITABILIDAD
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m²)				
INSPECCIONADA POR			FECHA			
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Anexo 4: Fotografía de la unidad de muestra Yungay-Mancos



Anexo 5. Resultado de Laboratorio



CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R) ASTM D 1883

Página 1 de 7

TESIS: RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI Y SERVICIALIDAD ACTUAL (PSI) EN LA CARRETERA YUNGAY - MANCOS, ANCASH

SOLICITANTE: EDWIN JAIRO RURUSH DEPAZ

LUGAR: YUNGAY - MANCOS

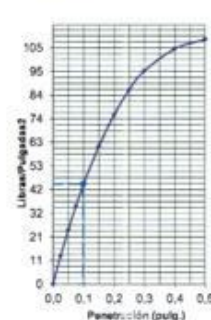
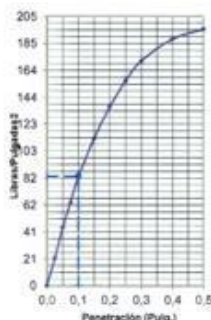
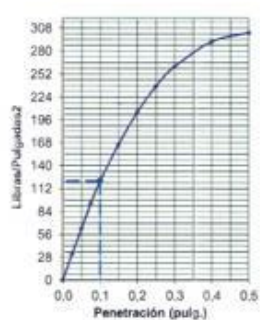
CALICATA: 01

PROGRESIVA: PROG. KM 00-150

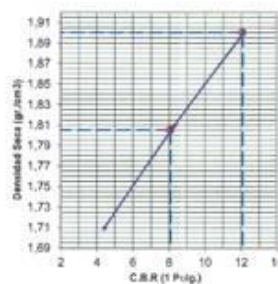
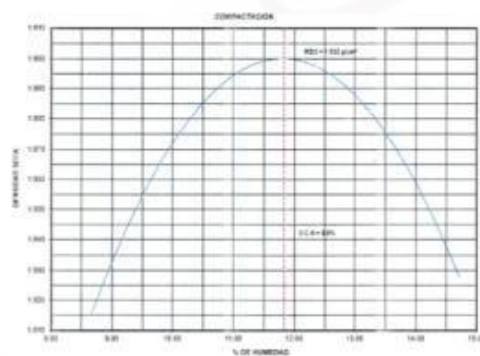
56 Golpes-C.B.R:33.00%

25 Golpes-C.B.R:18.00%

16 Golpes-C.B.R:18.00%



PENETRACIÓN (PULG)	C.B.R. A 95% DE MÁXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MÁXIMA DENSIDAD SECA
0.1"	18.00%	33.00%




JHON FRAY LUIS BARRETO PALMA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 47285
 Maestría en Ingeniería Estructural y Geotécnica



CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R) ASTM D 1883

Página 2 de 7

TESIS: RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI Y SERVICIALIDAD ACTUAL (PSI) EN LA CARRETERA YUNGAY - MANCOS, ÁNCASH

SOLICITANTE: EDWIN JAIRO RURUSH DEPAZ

LUGAR: YUNGAY - MANCOS

CALICATA: 01

PROGRESIVA: PROG. KM 00-150

Molde N°	4		5		6	
N° De Capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	12		25		56	
Muestra	Satura	Sin Saturar	Saturada	Sin Saturar	Saturada	Sin saturar
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000		6000		6000	
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8765		8895		9195	
Peso del molde (gramos)	4325		4195		4260	
Peso del suelo húmedo (grs.)	4440		4700		4935	
Volumen del molde (cc)	2323		2323		2323	
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.91		2.02		2.12	
Densidad seca (grs./cm3)	1.76		1.85		1.95	

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN	
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
		320	0	0	145	0	0	410	0	0

NO EXPANSIVO

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-56 Golpes			MOLDE N°02 25 Golpes			MOLDE N°03- 10 Golpes		
	DIAL	CORRECCIÓN		DIAL	CORRECCIÓN		DIAL	CORRECCIÓN	
		CARGA	CARGA UNITARIA		CARGA	CARGA UNITARIA		CARGA	CARGA UNITARIA
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	12	174	58	9	144	48	3	84	28
0.050	25	302	101	20	253	84	6	114	38
0.075	43	481	160	36	411	137	8	134	45
0.100	62	669	223	48	530	177	11	164	55
0.150	107	1115	372	86	709	236	19	243	81
0.200	161	1650	550	87	917	306	26	312	104
0.250	205	2087	696	101	1056	352	33	382	127
0.300	239	2424	808	113	1175	392			



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

Página 3 de 7

TESIS: RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI Y SERVICIALIDAD ACTUAL (PSI) EN LA CARRETERA YUNGAY – MANCOS, ÁNCASH

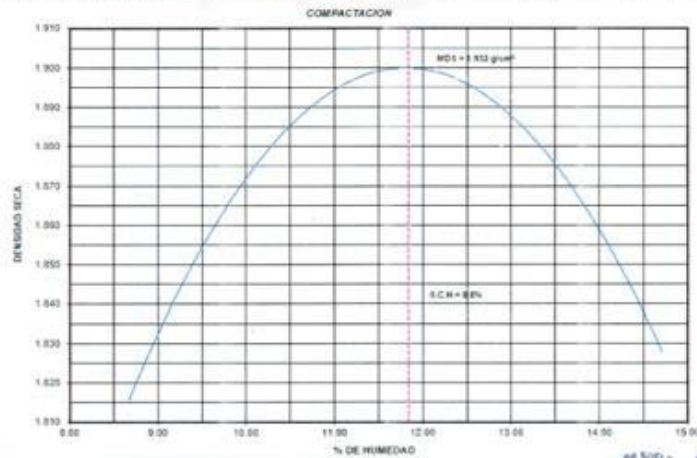
SOLICITANTE: EDWIN JAIRO RURUSH DEPAZ

LUGAR: YUNGAY - MANCOS

CALICATA: 01

PROGRESIVA: PROG. KM 00-150

Molde N°	1	Volumen de Molde (cc) 2097		Tipo de Molde: 6		Temperatura de secado (°C): 110	
N° De Capas	5	Golpes (N°) 56		Peso de Molde (gr): 6574		Método: C	
N° de golpes por capa		12		25		56	
Muestra	N°	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO - MOLDE	Grs	9744	10413	10984	10515		
PESO DEL MOLDE	Grs	6574	6574	6574	6574		
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs	3170	3819	4410	3941		
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/cc	1.51	1.83	2.10	1.88		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2		
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs	1840	167.80	155.80	181.6		
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs	176.80	159.80	147.10	168.90		
PESO DE LA CAPSULA	Grs	49.50	48.60	48.50	48.90		
PESO DEL AGUA	Grs	7.2	7.6	8.7	12.70		
PESO DEL SUELO SECO	Grs	127.30	111.20	98.60	120.00		
HUMEDAD	%	5.70	7.00	8.80	10.60		
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/cc	1.43	1.71	1.932	1.70		



Activar Windows

Oficina: Jr. Hualcan N° 240 - Huaraz - Telf.: 043509230 - 943048865 - 942918776 - WhatsApp: 943048865 - 942918776
Email: geoestructura@gmail.com - jbarretop@gmail.com - informes@geoestruct.com.pe

www.geoestruct.com.pe



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D22

Página 4 de 7

TESIS: RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI Y SERVICIALIDAD ACTUAL (PSI) EN LA CARRETERA YUNGAY - MANCOS, ÁNCASH

SOLICITANTE: EDWIN JAIR RURUSH DEPAZ

LUGAR: YUNGAY - MANCOS

CALECATA: 01

PROGRESIVA: PROG. KM 00-150

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que	Especificaciones
Ø (mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	
5"	127.00				
4"	101.60				
3"	75.00				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	100.00%	
1"	25.40	103.00	3.03%	96.80%	
3/4"	19.050	93.00	2.74%	93.80%	
1/2"	12.700	182.30	5.66%	87.30%	
3/8"	9.525	75.80	2.23%	84.00%	
1/4"	6.350	112.20	3.30%	81.20%	
Nº 4	4.750	156.00	4.59%	76.10%	
Nº 8	2.380	332.00	9.77%	68.67%	
Nº 10	2.000	328.40	9.67%	65.40%	
Nº 16	1.190	223.60	6.58%	52.43%	
Nº 20	0.840	260.00	7.65%	44.77%	
Nº 30	0.600	203.00	5.98%	38.80%	
Nº 40	0.425	260.00	7.65%	31.14%	
Nº 50	0.297	208.00	6.12%	25.02%	
Nº 60	0.250	196.10	5.77%	19.25%	
Nº 80	0.177	185.00	5.45%	13.80%	
Nº 100	0.149	272.00	8.01%	5.00%	
Nº 200	0.074	197.00	5.80%	0.00%	
Fondo	0.01	0.00	0.00%	0.00%	
PESO INICIAL	3397.40				

SUCS =	SP	AASHTO =	A-6(4)
LL =	33.37	WT =	
LP =	21.26	WT+SAL =	
IP =	12.11	WSAL =	

Observaciones :
Clasificación de suelos

ASTM D-2487	SÍMBOLO	SM
	NOMBRE DE GRUPO	ARENA ARCILLOSA DE ALTA PLASTICIDAD; MEZCLA DE REGULAR ARENA, ARCILLA Y POCA GRAVA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
GEOSTRUCT
JHON FRAY LUIS BARRETO PALMA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 47265
Maestría en Ingeniería Estructural y Geotécnica

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D22

Página 5 de 7

TESIS: RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI Y SERVICIALIDAD ACTUAL (PSI) EN LA CARRETERA YUNGAY – MANCOS, ÁNCASH

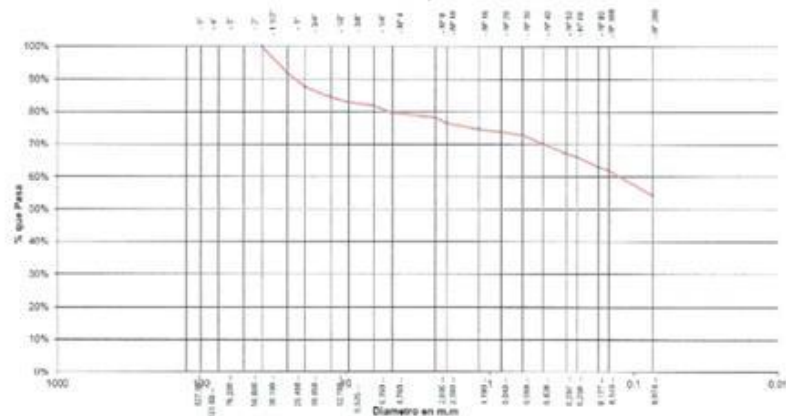
SOLICITANTE: EDWIN JAIRO RURUSH DEPAZ

LUGAR: YUNGAY - MANCOS

CALICATA: 01

PROGRESIVA: PROG. KM 00-150

Gráfico de Análisis Granulométrico por Tamizado



Pedregal mayor 2"		Grava		Arena		Limo		Arcilla	
Distribución - ASTM		Grava		Arena		Limo		Arcilla	
Distribución - AND 110		Grava		Arena		Limo		Arcilla	

GRAVA (%) = 20.70	ARENA (%) = 51.70	FINOS (%) = 27.6
-------------------	-------------------	------------------

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS
GEOSTRUCT
S.R.L.

JHON FRAY LUIS BARRETO PALMA
INGENIERO CIVIL
R.G. CIP N° 47205
Maestría en Ingeniería Estructural y Geotécnica





ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL NTP

339.127/ASTM D2216

Página 6 de 7

TESIS: RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI Y SERVICIALIDAD ACTUAL (PSI) EN LA CARRETERA YUNGAY - MANCOS, ÁNCASH

SOLICITANTE: EDWIN JAIRO RURUSH DEPAZ

LUGAR: YUNGAY - MANCOS

CALICATA: 01

PROGRESIVA: PROG. KM 00-150

EXPANSIÓN

CALICATA	C-01	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD (m)
		MUESTRA	3.50

	N° DEL RECIPIENTE	13	14	
2	PESO DEL RECIPIENTE (g)	19.15	18.80	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO(g)	65.40	77.20	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO(g)	61.90	72.60	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA (3) - (4) (g)	3.60	4.60	
6	PESO DEL SUELO SECO (4) - (2) (g)	42.70	53.80	PROMEDIO
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (5)* 100% / (6)	26	312	8.4



JHON FRAJ LUIS BARRETO PALMA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 47255
Maestría en Ingeniería
Estructural y Geotécnica



CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Página 7 de 7

TESIS: RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO PCI Y SERVICIALIDAD ACTUAL (PSI) EN LA CARRETERA YUNGAY - MANCOS, ÁNCASH

SOLICITANTE: EDWIN JAIRO RURUSH DEPAZ

LUGAR: YUNGAY - MANCOS

CALICATA: 01

PROGRESIVA: PROG. KM 00-150

EXPANSIÓN

POR TERZAGHI $q_u = 1.3c + Nc + \gamma DfN_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

DATOS				
C	PESO DEL RECIPIENTE (g)		B	1.00 m
θ	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO(g)		L	1.00 m
g	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO(g)		D	1.00 m
Factor de capacidad de Carga				
Nq	11.72		Ny	12.35
Nc	22.08			
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE ULTIMO $q_{ult} = 4.56 \text{ Kg/cm}^2$ qa CON UN FACTOR DE SEGURIDAD F.S. = 3 $q_a = 1.507 \text{ Kg/cm}^2$				
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE $q_a = 1.50 \text{ Kg/cm}^2$				



JHON FRAY LUIS BARRETO PALMA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 47285
 Maestría en Ingeniería Estructural y Geotécnica





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 476 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 390-2022
Fecha de emisión : 2022-07-04

1. Solicitante : BARRETO PALMA JOHN FRAYLUIB - "GEOSTRUCT-LAB.
MECANICA SUELOS"
Dirección : JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : ELE INTERNATIONAL
Modelo de Prensa : 36-0650/06
Serie de Prensa : 1009000036
Capacidad de Prensa : 100 t

Marca de indicador : ELE INTERNATIONAL
Modelo de Indicador : 1886B0033
Serie de Indicador : 1886-1-3696

Marca de Transductor : ELE INTERNATIONAL
Modelo de Transductor : PA-21R/700bar/80096.14C
Serie de Transductor : 13017

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH
04 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 106-2021	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	15.2	15.1
Humedad %	41	41

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 476 - 2022

Página 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	9905	9901	0,95	0,99	9903,0	0,98	0,04
20000	19812	19805	0,94	0,98	19808,5	0,97	0,03
30000	29718	29709	0,94	0,97	29713,5	0,96	0,03
40000	39646	39604	0,89	0,99	39625,0	0,95	0,11
50000	49520	49503	0,96	0,99	49511,5	0,99	0,03
60000	59417	59404	0,97	0,99	59410,5	0,99	0,02
70000	69348	69311	0,93	0,98	69329,5	0,97	0,05

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 1,0098x - 2,8809$

Donde : x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

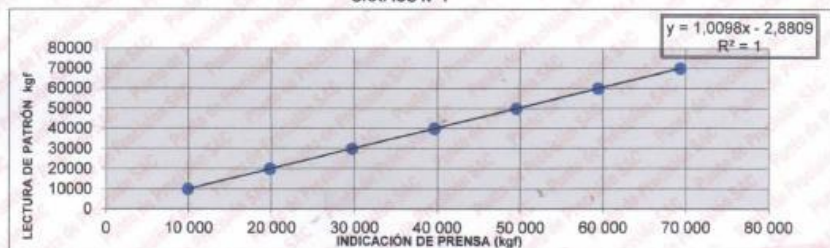
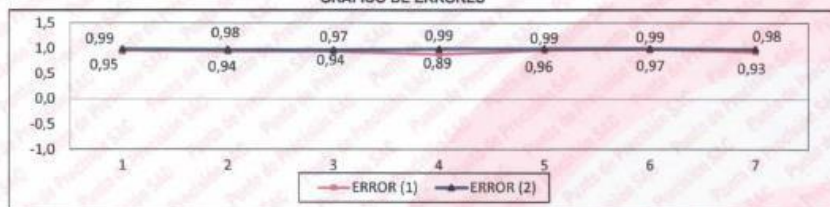


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2006 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 390-2022
Fecha de emisión : 2022-07-05

1. Solicitante : BARRETO PALMA JOHN FRAYLUIS - "GEOSTRUCT-LAB.
MECANICA SUELOS"
Dirección : JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : ELE INTERNATIONAL
Modelo de Copa : 24-0435
Serie de Copa : NO INDICA
Procedencia de Copa : USA

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH
04 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM. Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	15,5	15,3
Humedad %	40	41

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2006 - 2022

Página : 2 de 2

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE								RANURADOR		
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE			EXTREMO CURVADO		
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c
DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDAD DE LA COPA	Copa desde la guía del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO	ESPESOR	BORDE CORTANTE	ANCHO
MEDIDA TOMADA	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	53,49	2,22	27,05	49,33	50,49	150,10	125,00	10,05	2,48	13,15
	53,80	2,21	27,05	49,42	50,49	150,02	125,05	10,32	2,21	13,05
	53,62	2,22	27,05	49,52	50,49	150,11	125,07	10,04	2,49	13,01
	53,71	2,20	27,05	49,61	50,50	149,98	125,06	10,03	2,46	13,16
	53,55	2,17	27,05	49,70	50,49	150,07	125,01	10,08	2,32	13,08
	53,68	2,22	27,05	49,58	50,51	150,07	125,05	10,30	2,33	12,93
PROMEDIO	53,64	2,21	27,05	49,53	50,50	150,06	125,04	10,14	2,38	13,06
MEDIDAS STANDARD	54,00	2,00	27,00	47,00	50,00	150,00	125,00	10,00	2,00	13,50
TOLERANCIA ±	0,5	0,1	0,5	1,0	2,0	2,0	2,0	0,05	0,1	0,1
ERROR	-0,36	0,21	0,05	2,53	0,50	0,06	0,04	0,14	0,38	-0,44

	Rango según norma	Medida encontrada
Resiliencia	77 % a 90 %	85 %

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-402-2022

Página: 1 de 3

Expediente : T 390-2022
Fecha de Emisión : 2022-07-06

1. Solicitante : BARRETO PALMA JOHN FRAYLUIS -
"GEOSTRUCT-LAB. MECANICA SUELOS"
Dirección : JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : VALTOX
Modelo : LDC30N
Número de Serie : NO INDICA
Alcance de Indicación : 30 kg
División de Escala de Verificación (e) : 5 g
División de Escala Real (d) : 5 g
Procedencia : NO INDICA
Identificación : NO INDICA
Tipo : ELECTRÓNICA
Ubicación : LABORATORIO
Fecha de Calibración : 2022-07-04

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

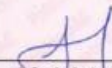
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de BARRETO PALMA JOHN FRAYLUIS - "GEOSTRUCT-LAB. MECANICA SUELOS"
JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-402-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	14,9	14,9
Humedad Relativa	41,0	41,0

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-018-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0056-2022

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29,980 kg para una carga de 30,000 kg

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

		Inicial		Final			
		Temp. (°C)		14,9		14,9	
Medición Nº	Carga L1=	15,0000 kg		Carga L2=		30,0000 kg	
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	
1	15,000	3,5	-1,0	30,000	3,0	-0,5	
2	15,000	3,0	-0,5	30,000	3,5	-1,0	
3	15,000	4,5	-2,0	30,005	4,0	3,5	
4	15,000	4,0	-1,5	30,000	4,5	-2,0	
5	15,000	4,5	-2,0	30,000	3,5	-1,0	
6	15,000	3,5	-1,0	30,005	4,0	3,5	
7	15,000	3,0	-0,5	30,000	4,5	-2,0	
8	15,000	3,5	-1,0	30,000	3,5	-1,0	
9	15,000	4,0	-1,5	30,000	3,0	-0,5	
10	15,000	4,5	-2,0	30,000	3,5	-1,0	
Diferencia Máxima		1,5				5,5	
Error máximo permitido ±		15 g		±		15 g	



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISION S.A.C.



Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-402-2022
Página: 3 de 3

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

		3		4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
--	--	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 15 g

ENSAYO DE PESAJE

ENFOQUE PRACTICO									
		Initial		Final					
		Temp. (°C)		14,9		14,9			
Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
0,0500	0,050	3,5	-1,0						
0,1000	0,100	3,0	-0,5	0,5	0,100	4,5	-2,0	-1,0	5
0,5000	0,500	3,5	-1,0	0,0	0,500	4,0	-1,5	-0,5	5
2,5000	2,500	4,5	-2,0	-1,0	2,500	4,5	-2,0	-1,0	5
5,0000	5,000	4,0	-1,5	-0,5	5,000	3,5	-1,0	0,0	10
7,0000	7,000	4,5	-2,0	-1,0	7,000	4,0	-1,5	-0,5	10
10,0000	10,000	3,5	-1,0	0,0	10,000	3,5	-1,0	0,0	10
15,0000	15,000	3,0	-0,5	0,5	15,000	4,0	-1,5	-0,5	15
20,0000	20,000	3,5	-1,0	0,0	20,000	4,5	-2,0	-1,0	15
25,0000	25,005	4,0	3,5	4,5	25,005	3,5	4,0	5,0	15
30,0000	30,000	4,5	-2,0	-1,0	30,000	4,5	-2,0	-1,0	15

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 6,90 \times 10^{-6} \times R$$

Incetidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{8,42 \times 10^6 g^2 + 3,12 \times 10^{-8} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_z: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 477 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 390-2022
Fecha de emisión : 2022-07-05

1. Solicitante : BARRETO PALMA JOHN FRAYLUIB - "GEOSTRUCT-LAB.
MECANICA SUELOS"
Dirección : JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH

2. Instrumento de Medición : ESCLERÓMETRO
Marca : ELE INTERNATIONAL
Modelo : NO INDICA
Serie : 1N0325
Alcance de Escala : 10 - 100 Rockwell

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH
04 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
La calibración se realizó por comparación con yunque patrón

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOHIGRÓMETRO	RADIO SHACK	1AT-0102-2022	INACAL - DM
YUNQUE PATRÓN		EFP-11	

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	15,2	15,2
Humedad %	42	42

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 477 - 2022

Página : 2 de 2

Resultados

REPETICIÓN	YUNQUE PATRÓN	LECTURA DE ESCLERÓMETRO	CORRECCIÓN DEL ESCLERÓMETRO
	Rockwell	Rockwell	Rockwell
1	63,6	66	-2,4
2	63,6	68	-4,4
3	63,6	66	-2,4
4	63,6	66	-2,4
5	63,6	68	-4,4
6	63,6	66	-2,4
7	63,6	68	-4,4
8	63,6	68	-4,4
9	63,6	66	-2,4
10	63,6	68	-4,4

YUNQUE PATRÓN	63,6	Rockwell
PROM. DE LECTURA ESCLERÓMETRO	67,0	Rockwell
PROMEDIO DE ERROR	-3,4	Rockwell

ERROR DE IMPACTO



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-348-2022

Página 1 de 5

Expediente : T 390-2022
Fecha de emisión : 2022-07-05

1. Solicitante : BARRETO PALMA JOHN FRAYLUIS -
"GEOSTRUCT-LAB. MECANICA SUELOS"
Dirección : JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH

2. Instrumento de medición : ESTUFA
Alcance de medición : NO INDICA
Resolución del indicador : 0,1 °C
Alcance del selector : NO INDICA
Punto de calibración : 110 °C ± 5 °C
Marca : ORION
Modelo : HL 01
Procedencia : NO INDICA
Numero de serie : 13050102
Código de identificación : NO INDICA
Fecha de calibración : 2022-07-04

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de calibración

La calibración se realizó según la PC-018 "Procedimiento de calibración para medios isotermicos usando aire como medio conductor".

4. Lugar de calibración

JR. HUALCAN NRO. 240 - HUARAZ - ANCASH



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-348-2022
Página 2 de 5

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	15,2	15,2
Humedad relativa (%hr)	41,0	41,0

6. Trazabilidad

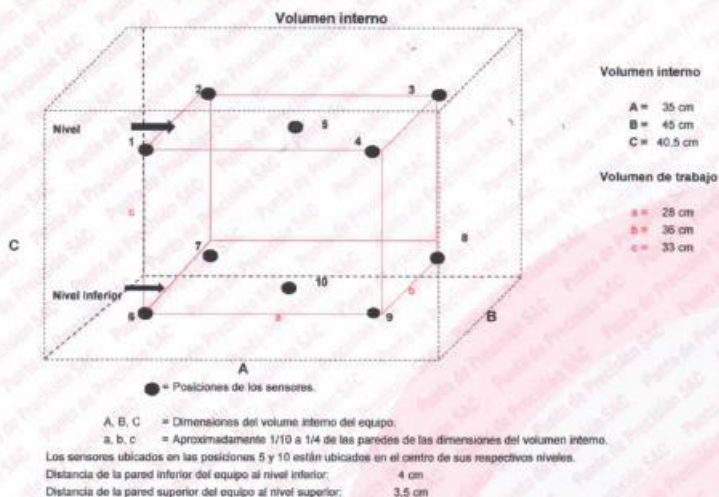
Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	N° de Certificado	Trazabilidad
Termómetro digital de 10 sensores termopares tipo K con una incertidumbre en el orden de 0,13 °C a 0,16 °C.	0093-TPES-C-2021	PESATEC PERÚ S.A.C.

7. Observaciones

- La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada apartir de la incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura $k=2$. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.
- Se colocó una etiqueta adhiriendo al instrumento de medición con la indicación "CALIBRADO".
- La carga para la prueba consistió en bandeja de acero.
- Se seleccionó el selector del equipo en 110 °C, para obtener una temperatura de trabajo aproximada a 110 °C.

8. Ubicación dentro del volumen interno del equipo



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-348-2022
Página 3 de 5

9. Resultados de la calibración

Temperaturas registradas en el punto de calibración : 110 °C ± 5 °C

Tiempo hh:mm	Indicador del equipo (°C)	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C										T. prom. °C	ΔT. °C
		Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8	Posición 9	Posición 10		
00:00	113,5	113,2	112,8	112,7	113,2	112,7	118,4	111,7	116,7	110,7	118,4	114,0	7,7
00:02	111,5	110,6	111,0	111,6	110,5	111,0	116,0	109,3	115,4	109,1	117,0	112,1	7,9
00:04	108,9	107,7	107,4	109,0	108,2	107,5	113,7	107,5	112,7	106,2	114,2	109,4	8,0
00:06	109,8	108,5	108,7	110,2	109,0	108,6	114,5	108,5	114,0	106,9	114,7	110,3	7,8
00:08	110,1	109,8	109,3	111,3	110,0	110,1	116,2	109,6	114,6	107,8	117,0	111,6	9,2
00:10	112,3	111,3	111,7	111,9	112,1	111,4	117,9	110,1	115,8	109,8	117,5	112,9	8,1
00:12	113,5	113,2	112,8	112,7	113,2	112,7	118,4	111,7	116,7	110,7	118,4	114,0	7,7
00:14	111,5	110,5	111,0	111,6	110,5	111,0	116,0	109,3	115,4	109,1	117,0	112,1	7,9
00:16	108,9	107,7	107,4	109,0	108,2	107,5	113,7	107,5	112,7	106,2	114,2	109,4	8,0
00:18	109,8	108,5	108,7	110,2	109,0	108,6	114,5	108,5	114,0	106,9	114,7	110,3	7,8
00:20	110,1	109,8	109,3	111,3	110,0	110,1	116,2	109,6	114,6	107,8	117,0	111,6	9,2
00:22	112,3	111,3	111,7	111,9	112,1	111,4	117,9	110,1	115,8	109,8	117,5	112,9	8,1
00:24	113,5	113,2	112,8	112,7	113,2	112,7	118,4	111,7	116,7	110,7	118,4	114,0	7,7
00:26	111,5	110,5	111,0	111,6	110,5	111,0	116,0	109,3	115,4	109,1	117,0	112,1	7,9
00:28	108,9	107,7	107,4	109,0	108,2	107,5	113,7	107,5	112,7	106,2	114,2	109,4	8,0
00:30	109,8	108,5	108,7	110,2	109,0	108,6	114,5	108,5	114,0	106,9	114,7	110,3	7,8
00:32	110,1	109,8	109,3	111,3	110,0	110,1	116,2	109,6	114,6	107,8	117,0	111,6	9,2
00:34	112,3	111,3	111,7	111,9	112,1	111,4	117,9	110,1	115,8	109,8	117,5	112,9	8,1
00:36	113,5	113,2	112,8	112,7	113,2	112,7	118,4	111,7	116,7	110,7	118,4	114,0	7,7
00:38	111,5	110,5	111,0	111,6	110,5	111,0	116,0	109,3	115,4	109,1	117,0	112,1	7,9
00:40	108,9	107,7	107,4	109,0	108,2	107,5	113,7	107,5	112,7	106,2	114,2	109,4	8,0
00:42	109,8	108,5	108,7	110,2	109,0	108,6	114,5	108,5	114,0	106,9	114,7	110,3	7,8
00:44	110,1	109,8	109,3	111,3	110,0	110,1	116,2	109,6	114,6	107,8	117,0	111,6	9,2
00:46	112,3	111,3	111,7	111,9	112,1	111,4	117,9	110,1	115,8	109,8	117,5	112,9	8,1
00:48	113,5	113,2	112,8	112,7	113,2	112,7	118,4	111,7	116,7	110,7	118,4	114,0	7,7
00:50	111,5	110,5	111,0	111,6	110,5	111,0	116,0	109,3	115,4	109,1	117,0	112,1	7,9
00:52	108,9	107,7	107,4	109,0	108,2	107,5	113,7	107,5	112,7	106,2	114,2	109,4	8,0
00:54	109,8	108,5	108,7	110,2	109,0	108,6	114,5	108,5	114,0	106,9	114,7	110,3	7,8
00:56	110,1	109,8	109,3	111,3	110,0	110,1	116,2	109,6	114,6	107,8	117,0	111,6	9,2
00:58	112,3	111,3	111,7	111,9	112,1	111,4	117,9	110,1	115,8	109,8	117,5	112,9	8,1
01:00	113,5	113,2	112,8	112,7	113,2	112,7	118,4	111,7	116,7	110,7	118,4	114,0	7,7

T. Promedio	110,3	110,2	111,2	110,5	110,3	116,2	109,5	114,9	108,5	116,6	Temperatura promedio general (°C)
T. Máximo	113,2	112,8	112,7	113,2	112,7	118,4	111,7	116,7	110,7	118,4	
T. Mínimo	107,7	107,4	109,0	108,2	107,5	113,7	107,5	112,7	106,2	114,2	
DTT	5,5	5,4	3,8	5,0	5,2	4,7	4,3	4,0	4,5	4,2	111,8

Tabla de resumen de resultados

Magnitudes obtenidas	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima temperatura registrada durante la calibración	118,4	0,2
Mínima temperatura registrada durante la calibración	106,2	0,2
Desviación de temperatura en el tiempo (DTT)	5,5	0,1
Desviación de temperatura en el espacio (DTE)	8,1	0,1
Estabilidad (Δ)	2,75	0,04
Uniformidad	9,2	0,1



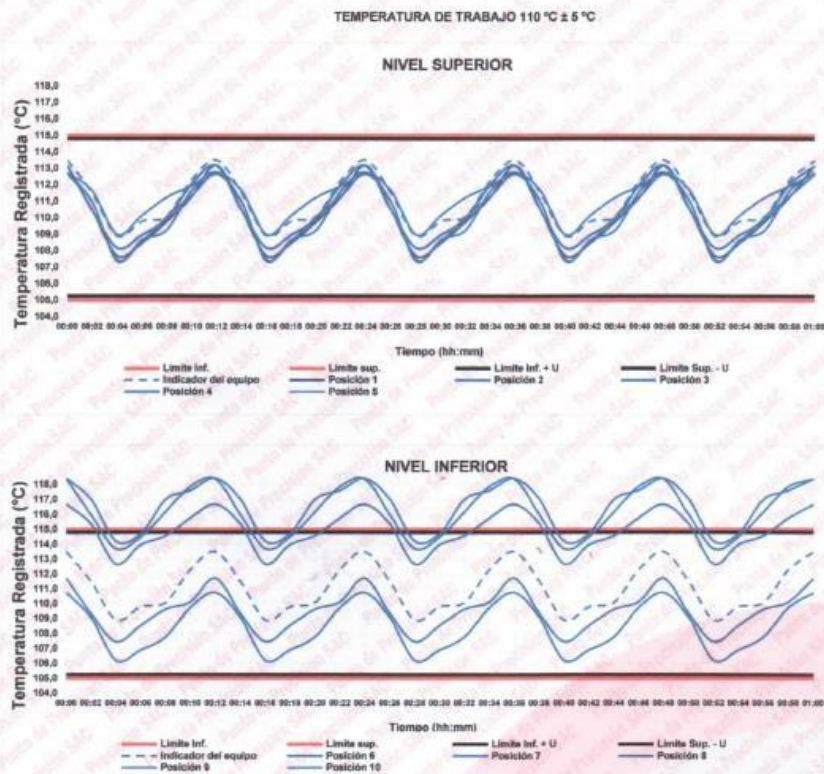
Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-348-2022
Página 4 de 5

10. Gráfico de resultados durante la calibración del equipo



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-348-2022

Página 5 de 5

Nomenclatura

T. prom	: Temperatura promedio de los sensores por cada intervalo.
ΔT	: Diferencia entre máxima y mínima temperaturas en cada intervalo de tiempo.
T. Promedio	: Promedio de las temperaturas convencionalmente verdaderas durante el tiempo total
T. Máximo	: La máxima de las temperaturas convencionalmente verdaderas durante el tiempo total
T. Mínimo	: La mínima de las temperaturas convencionalmente verdaderas durante el tiempo total
DTT	: Desviación de temperatura en el tiempo.

Declaración de cumplimiento

El Medio Isotermo, Cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

El Medio Isotermo, No cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

El Medio Isotermo, No se puede concluir si cumple o no cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

☐☒☐

Fotografía interna del equipo.



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

ANEXO 5. Curvas de valores deducidos para PCI

1. Piel de cocodrillo

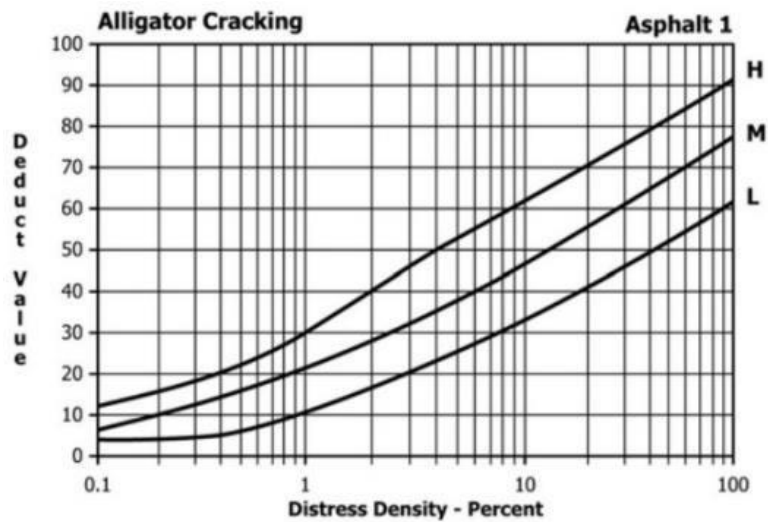


FIG. X3.1 Alligator Cracking

. Curvas de valor deducido para falla piel de cocodrilo.

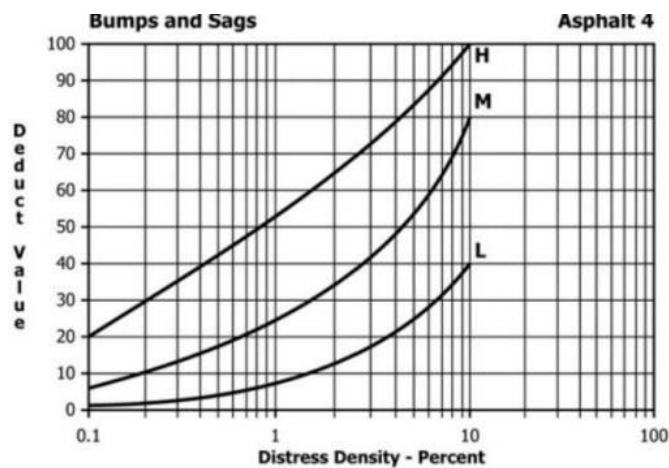
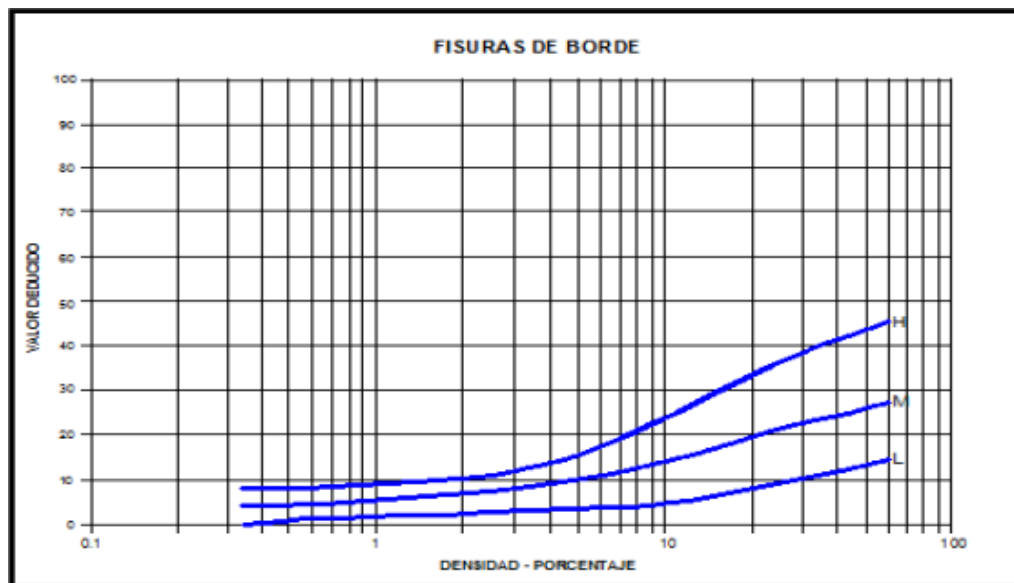


FIG. X3.4 Bumps and Sags

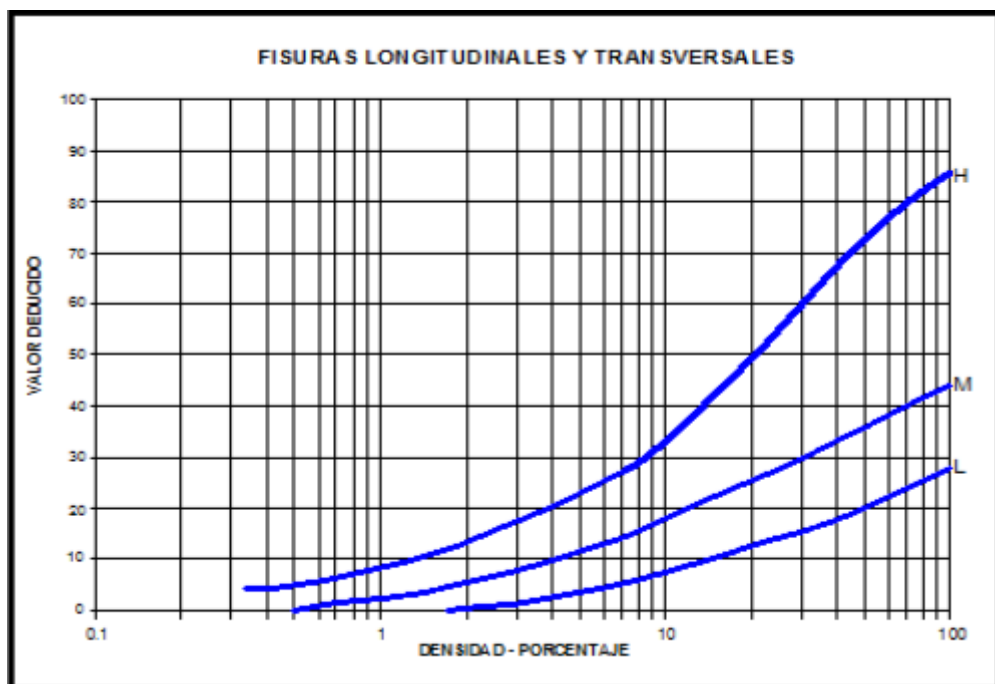
. Curvas de valor deducido para hundimientos.

2. Fisura de borde



Curvas de valor deducido para falla de fisuras de borde.

3. Fisuras longitudinales y transversales



Curvas de valor deducido para falla de fisuras longitudinales y transversales.

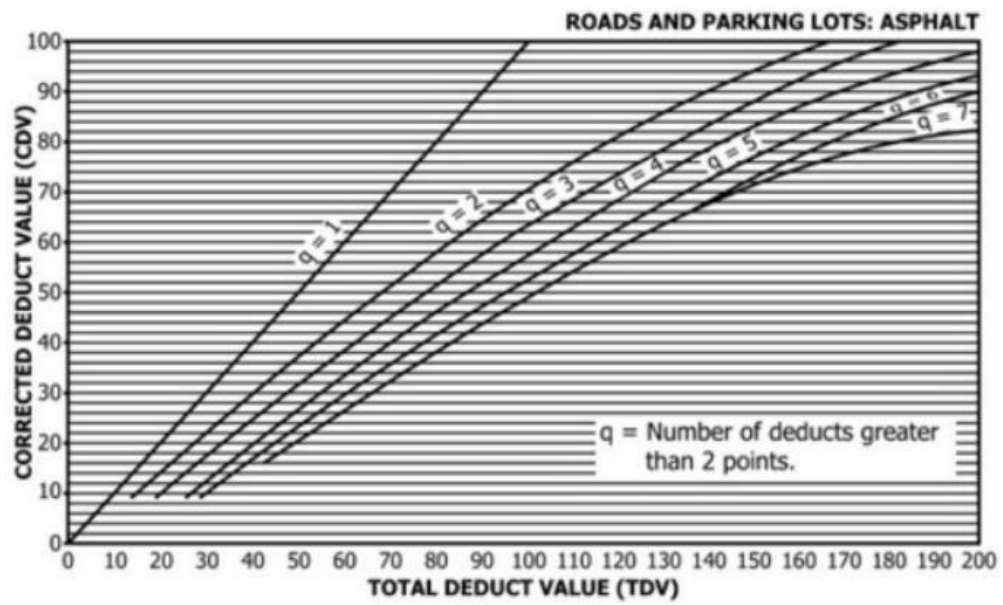
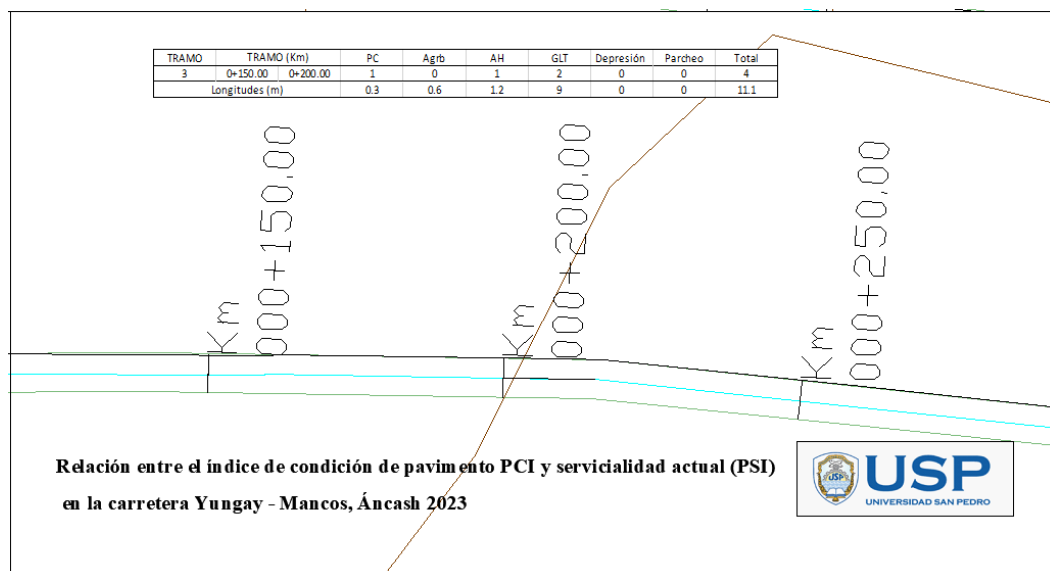
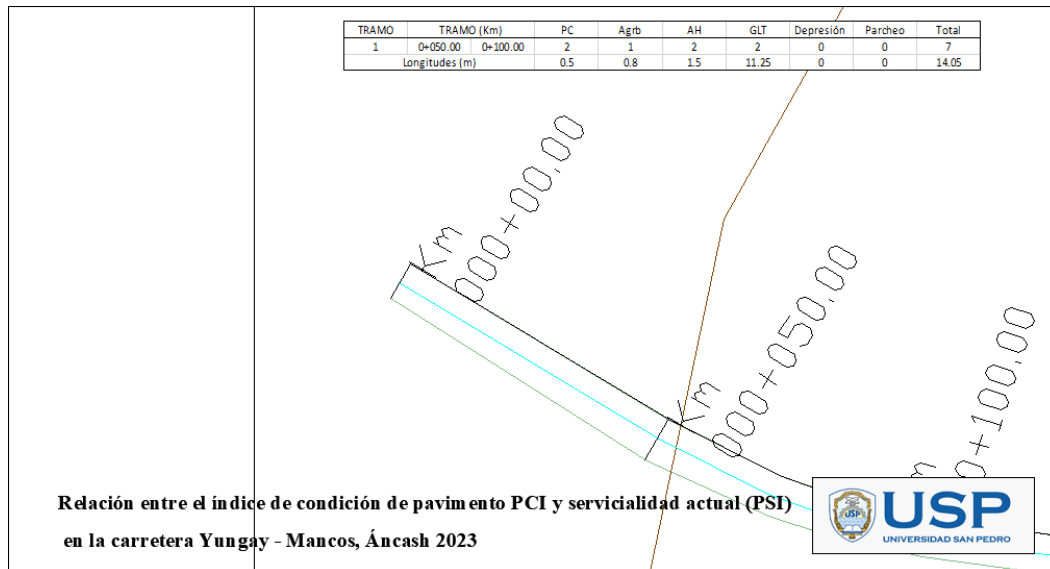
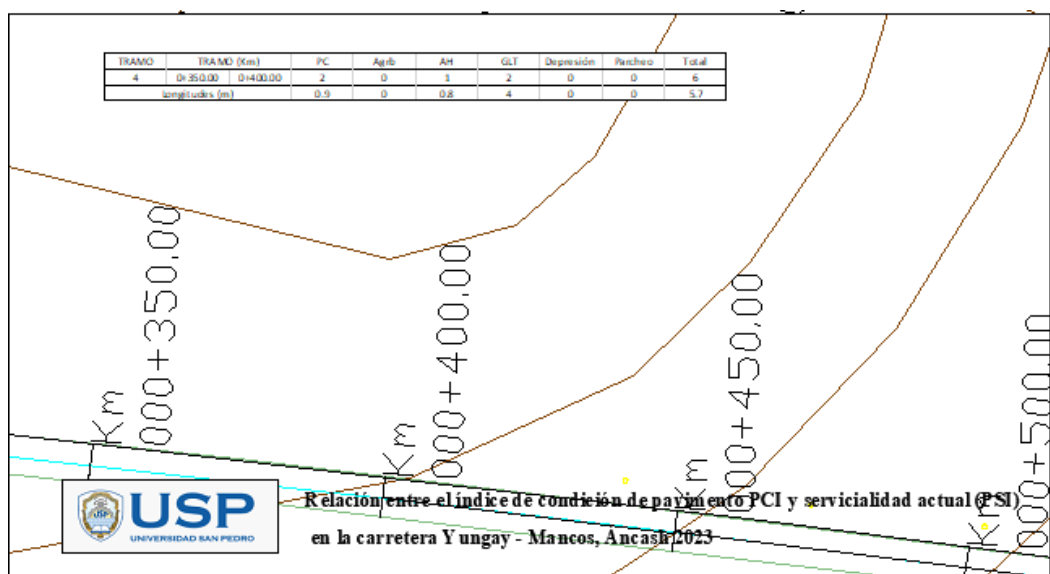
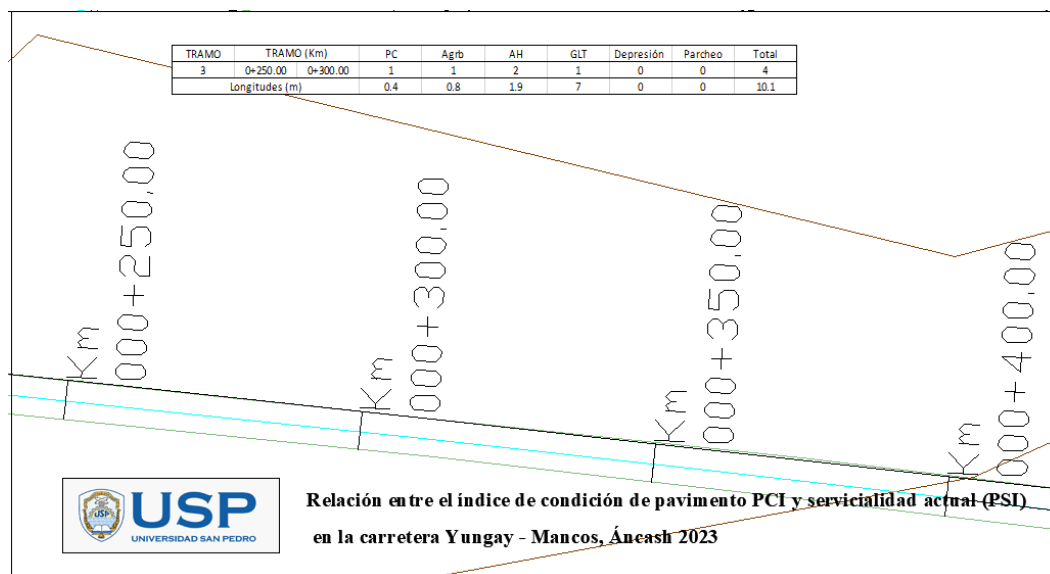


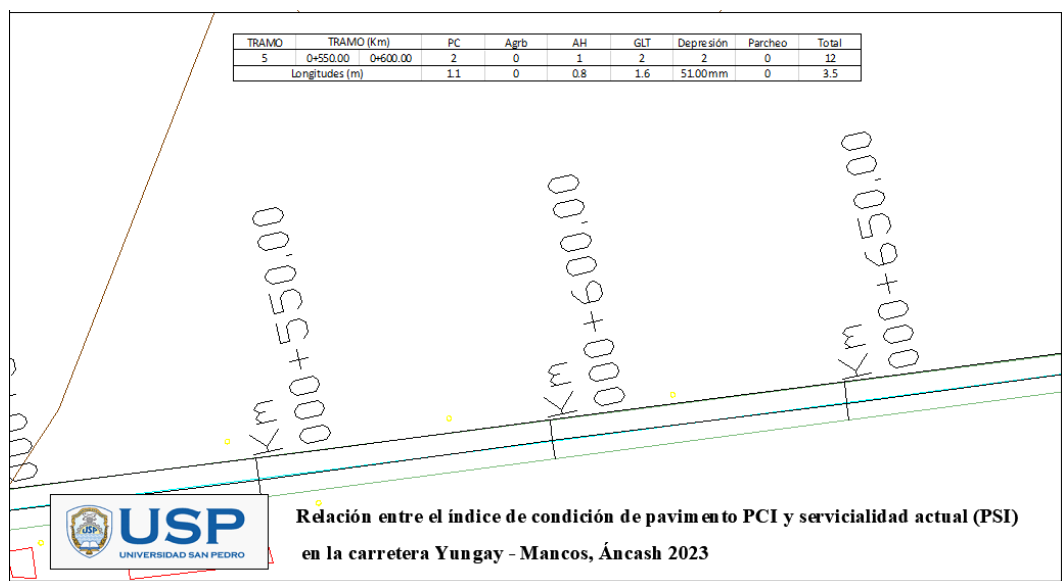
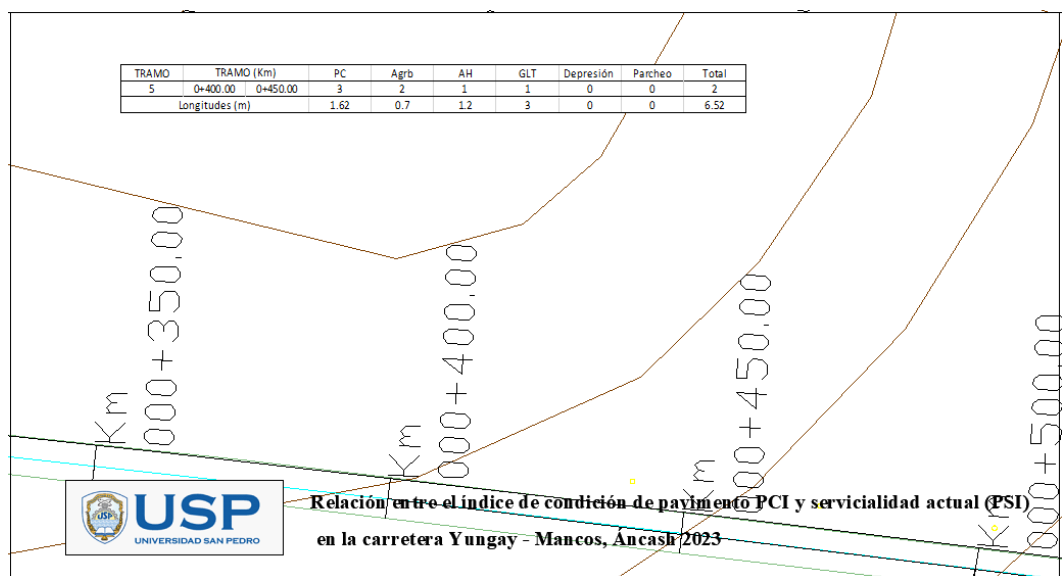
FIG. X3.27 Total Deduct Value

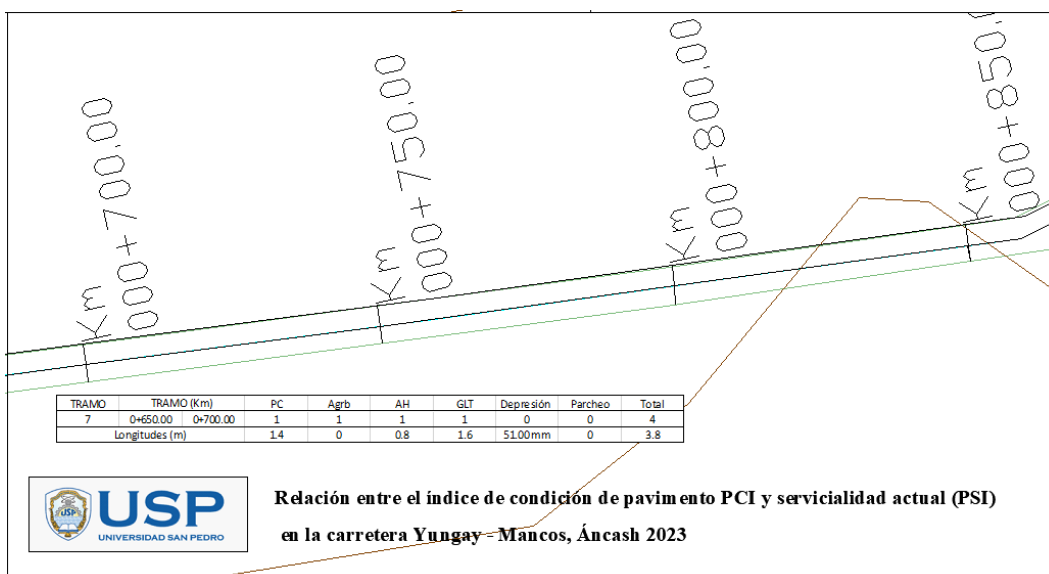
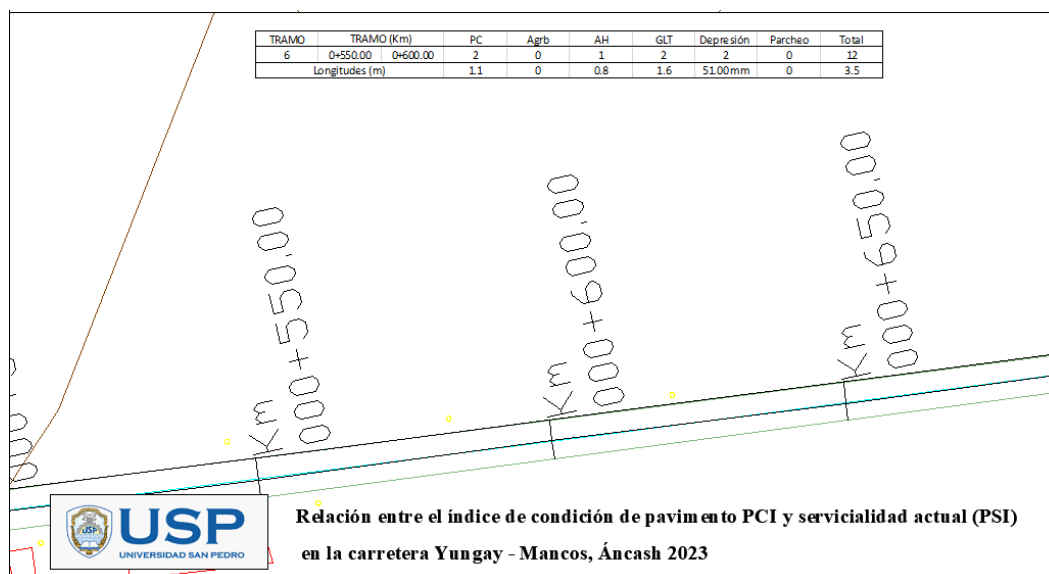
Curvas de valor total deducido.

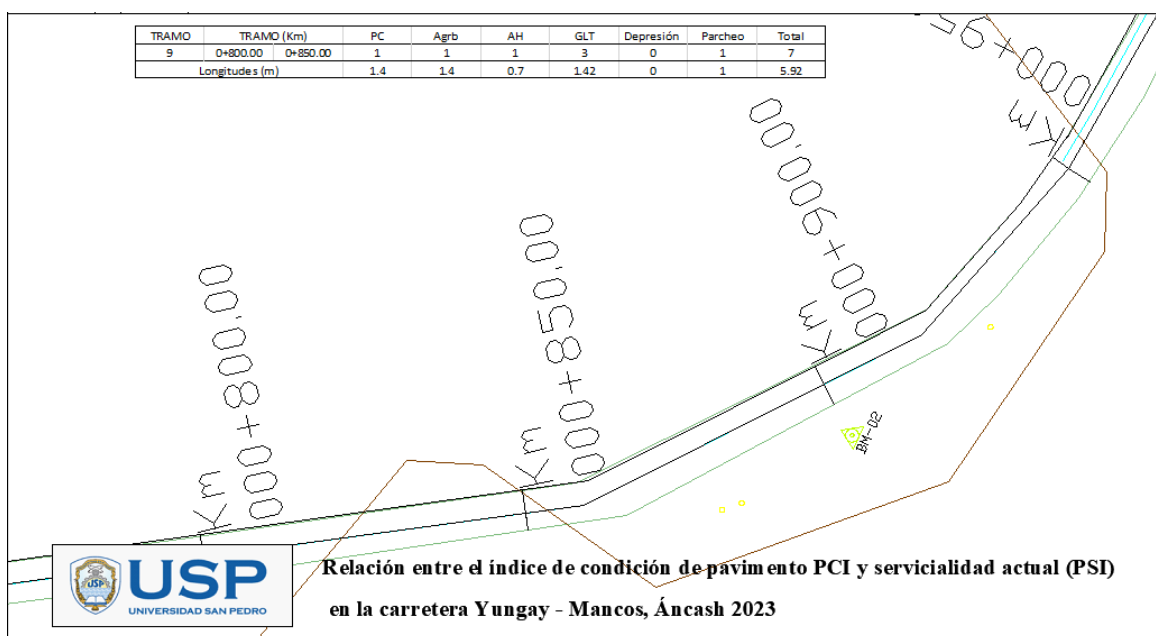
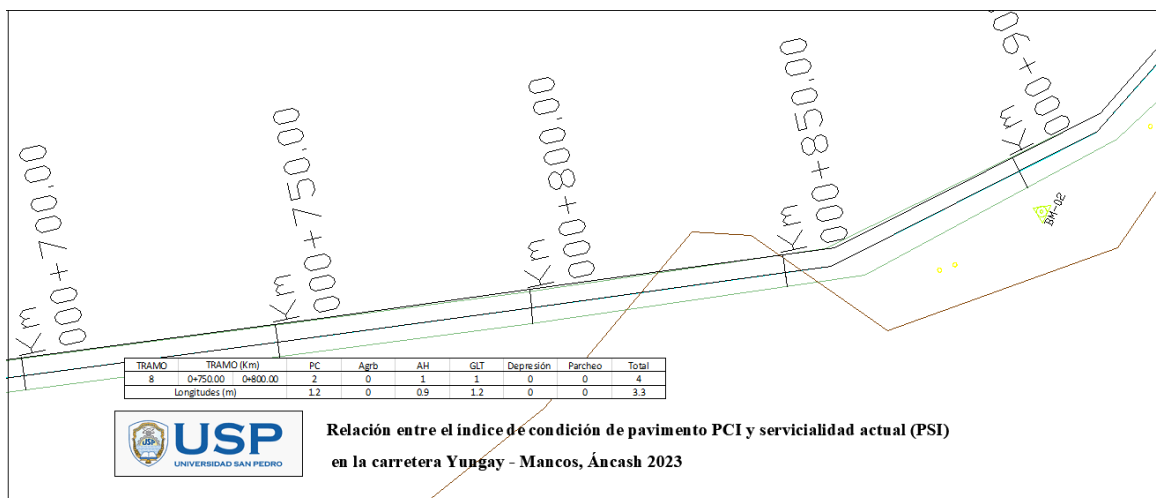
Anexo 7: Planos según los Tramos

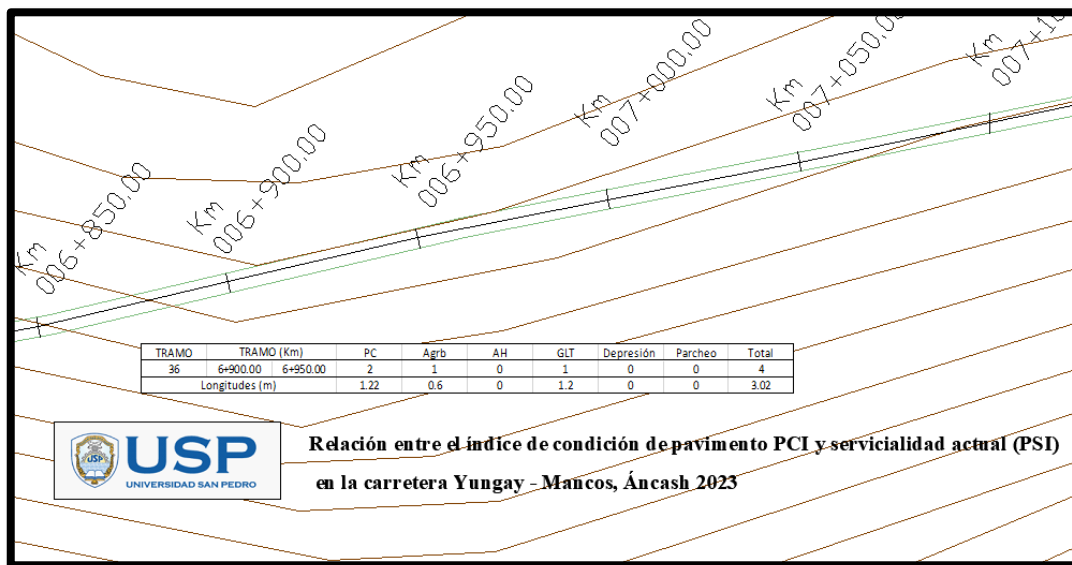
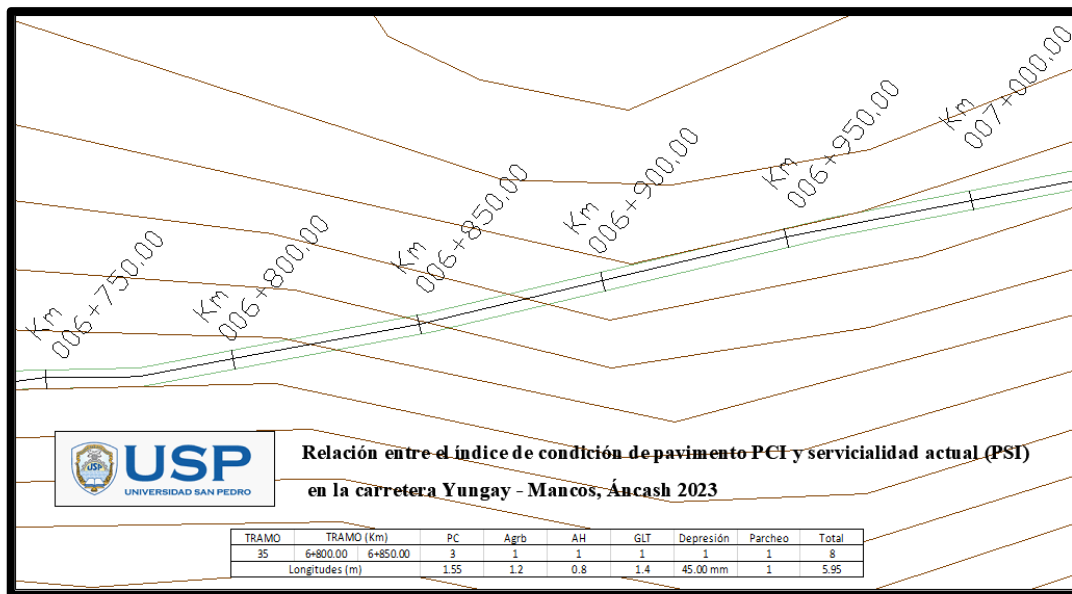




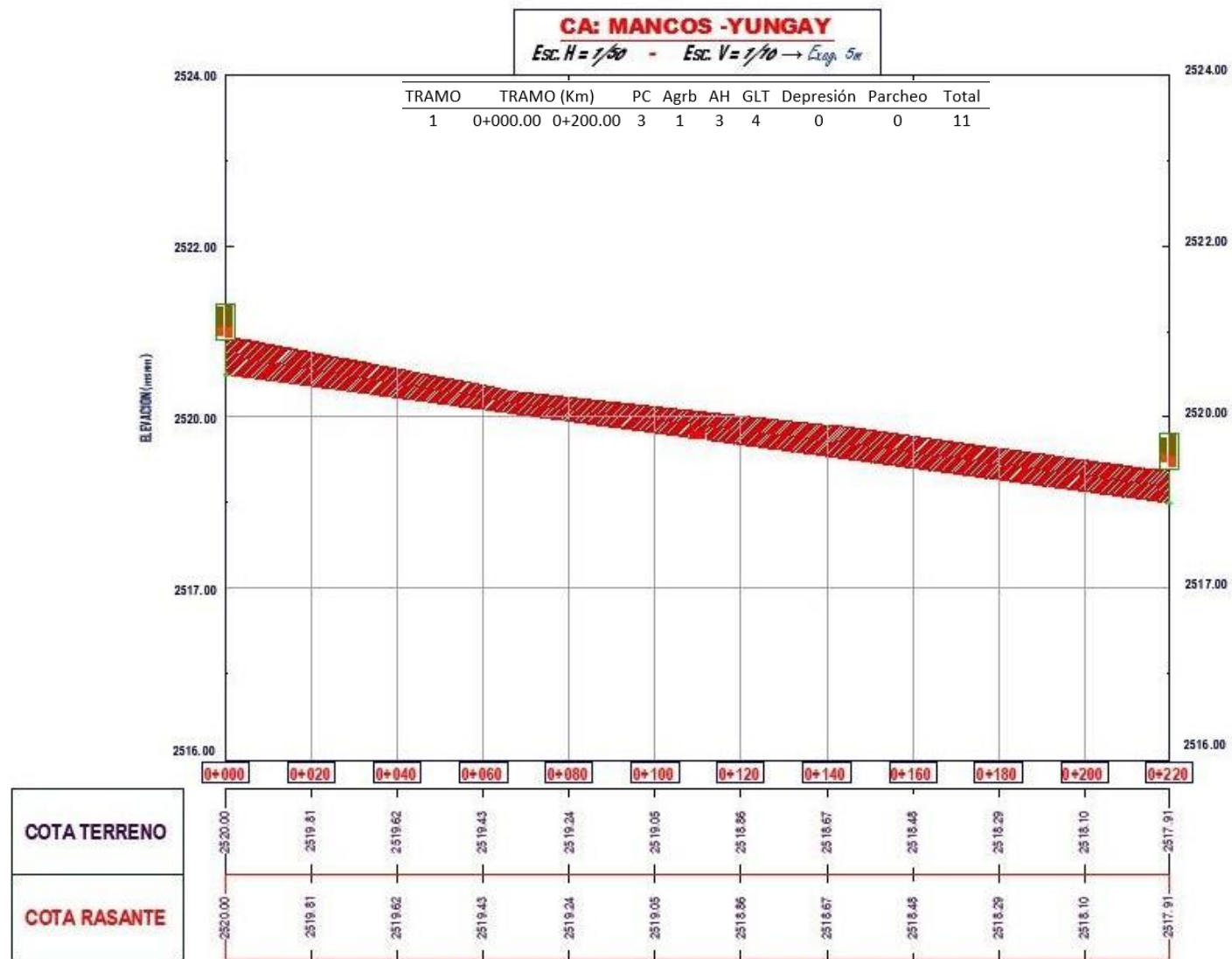


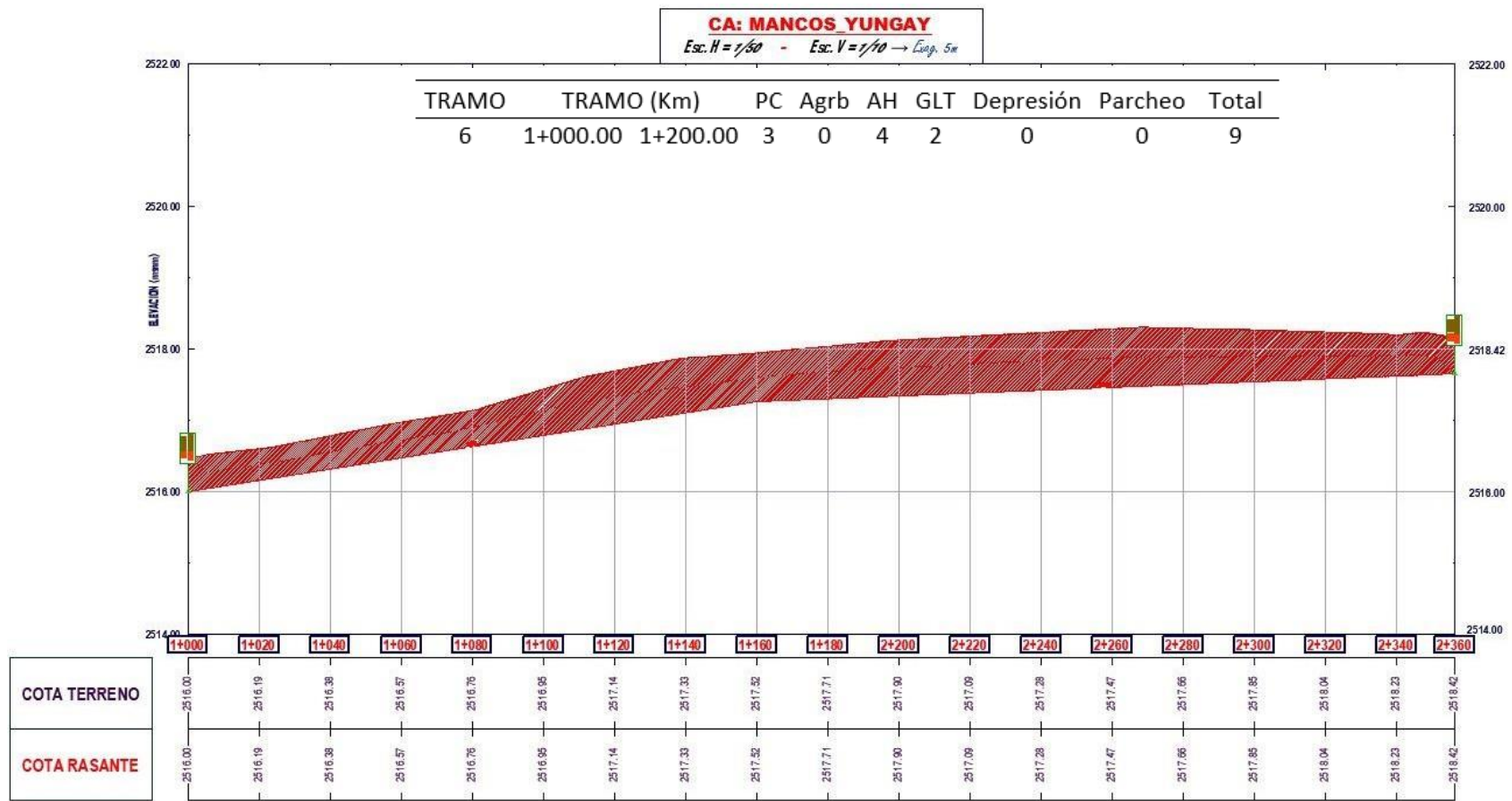


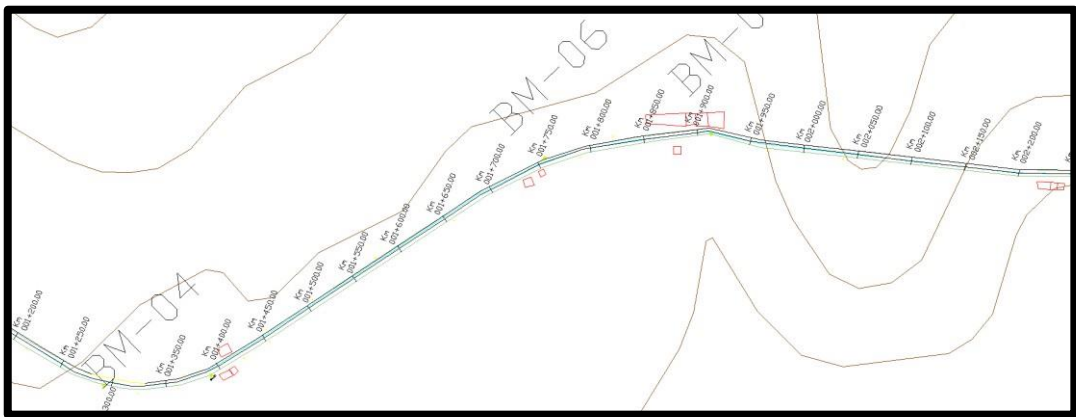
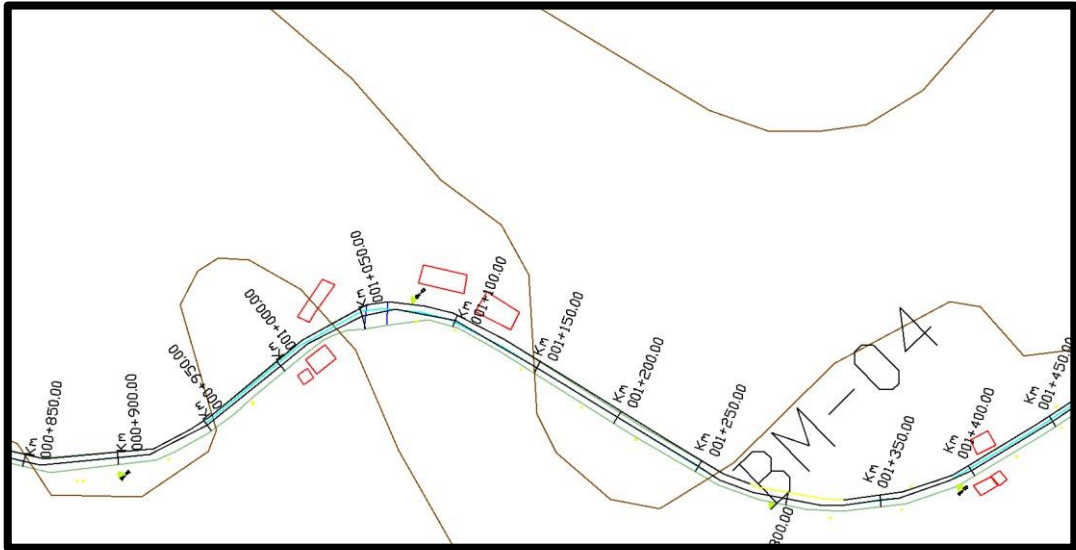
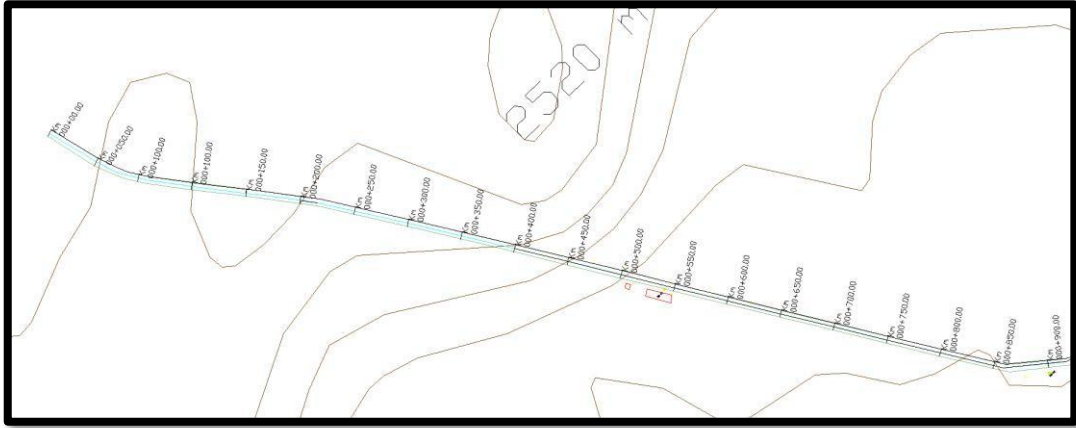


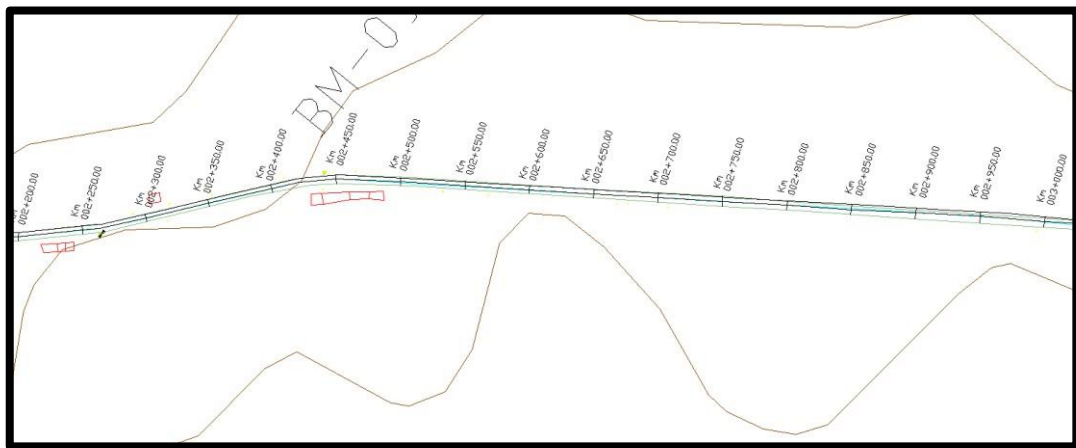
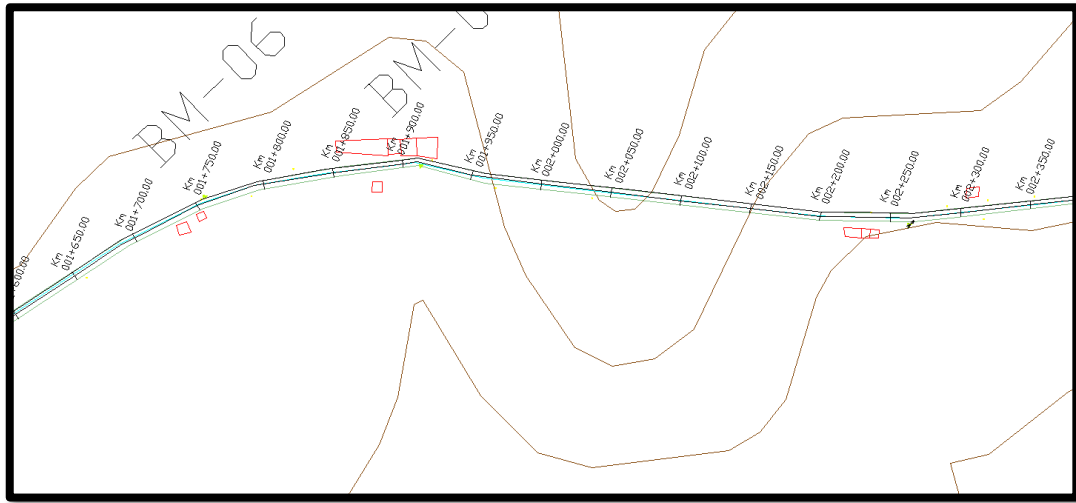


TRAMO	TRAMO (Km)		PC	Agrb	AH	GLT	Depresión	Parqueo	Total
6	1+000.00	1+200.00	3	0	4	2	0	0	9









Anexo: Formato de publicación en el repositorio institucional


USP
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Información del Autor			
RURUSH DEPAZ FOWIO JAIRO		72783534	arurushlapaz@gmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
☒ Tesis	☐ Trabajo de Suficiencia Profesional	☐ Trabajo Académico	☐ Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional			
☐ Bachiller	☒ Título Profesional	☐ Título Segunda Especialidad	☐ Maestría ☐ Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
"Relación entre el índice de condición de pavimento PCI y serviciabilidad actual (PSI) en la carretera Yungay-Huaco, Ancash 2025"			
5. Programa Académico			
INGENIERIA CIVIL			
6. Tipo de Acceso al Documento			
☒ Abierto o Público ¹ (info:eu-repo/semantics/openAccess)		☐ Acceso restringido ⁴ (info:eu-repo/semantics/restrictedAccess) ^(*)	
☐ Embargo (Máximo 24 meses) (info:eu-repo/semantics/embargoedAccess)		Fecha de Liberación de embargo: ____ / ____ / ____ (Formato: día / mes / año)	
(*) En caso de restringido y embargo sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS ⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. ⁶



Huella Digital

Chimbote 16 01 26



Firma

Importante

1. Según Resolución del Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2.

2. Ley N° 30035, Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM.

3. Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de firma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

4. En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONYTEC-DEG (Numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.

5. Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.

6. Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales -RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

UNIVERSIDAD SAN PEDRO | Repositorio Institucional Digital

Anexo 9: Reporte de similitud

Relación entre el índice de condición de pavimento PCI y servicialidad actual (PSI) en la carretera Yungay – Mancos, Áncash 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
6	www.virtualpro.co Fuente de Internet	<1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1%
10	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
11	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	

		<1 %
12	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to ueb Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.risti.xyz Fuente de Internet	<1 %
18	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
22	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1 %
24	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
25	repositoriocdim.esap.edu.co	

	Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	<1 %
27	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
30	libros.cienciadigital.org Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Universidad de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %
32	Submitted to American College of Education Trabajo del estudiante	<1 %
33	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
34	Submitted to Universidad Politécnica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %
35	repositorio.cuc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
36	relopezbriega.github.io Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
38	Submitted to Universidad de Manizales Trabajo del estudiante	<1 %
39	upc.aws.openrepository.com	

	Fuente de Internet	<1 %
40	www.tdx.cat Fuente de Internet	<1 %
41	www.verdaddelpueblo.com Fuente de Internet	<1 %
42	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
43	michelleforboston.com Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
49	1library.co Fuente de Internet	<1 %
50	acervodigital.ufpr.br Fuente de Internet	<1 %
51	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
52	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
53	www.ohchr.org Fuente de Internet	<1 %

54	www.portada.info Fuente de Internet	<1 %
55	www.theinsightpartners.com Fuente de Internet	<1 %
56	digibug.ugr.es Fuente de Internet	<1 %
57	news.caribseek.com Fuente de Internet	<1 %
58	repositorio.ulp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	<1 %
60	www.calidadensalud.org.ar Fuente de Internet	<1 %
61	www.gjcpp.org Fuente de Internet	<1 %
62	biblioteca.ciencialatina.org Fuente de Internet	<1 %
63	digitalcommons.usf.edu Fuente de Internet	<1 %
64	dspace.aepro.com Fuente de Internet	<1 %
65	dstnew2.flywheelsites.com Fuente de Internet	<1 %
66	hospitaldechillan.cl Fuente de Internet	<1 %
67	idoc.tips Fuente de Internet	<1 %
68	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

69	repositorio.unemi.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
70	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
71	revistaespacios.com Fuente de Internet	<1 %
72	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
73	www.cumbresdelasamericas.org Fuente de Internet	<1 %
74	www.imt.mx Fuente de Internet	<1 %
75	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %

☐ Excluir citas ☐ Apagado ☐ Excluir coincidencias: < 6 words
☐ Excluir bibliografía ☐ Activo