



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis del tratamiento de la superficie asfáltica aplicando
técnica : Otta Seal para mejorar la transitabilidad en carretera
Andahuaylas- Negromayo, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Huamán Urquizo, Hermelinda (ORCID: 0000-0003-2692-444X)

Oscoco Ccorisoncco, Rechir (ORCID: 0000-0003-4755-3609)

ASESOR:

Ms. Ing. Aybar Arriola, Gustavo Adolfo (ORCID: 0000-0001-8625-3989)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a nuestro señor creador porque me guio para seguir adelante y lograr mis objetivos, a mis padres Enrique y Virginia pues fueron los principales cimientos para la construcción de mi vida profesional.

HUAMÁN URQUIZO, Hermelinda

Gracias a la protección, la fortaleza y la sabiduría que me ha brindado Dios en cada uno de mis proyectos, y por haberme dado una familia maravillosa que me brindan su apoyo incondicional en los momentos difíciles y de logro. Es así que dedico todos mis proyectos y logros a Dios y mis familiares.

OSCCO CCORISONCCO, Rechir

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su amor inmenso para guiarnos y dotarnos de sabiduría en el camino de ser cada día mejores profesionales y por permitirnos concretizar nuestro proyecto de titulación.

A nuestro asesor de investigación, Ms. Ing. Aybar Arriola Gustavo Adolfo por habernos apoyado y guiado con sabiduría, paciencia y profesionalismo durante la ejecución del proyecto de investigación, hasta alcanzar con éxito el objetivo.

A la Universidad Cesar Vallejo del Perú, por brindarnos la oportunidad de seguir escalando y ser mejores profesionales en las ciencias de la ingeniería. También, por las herramientas y facilidades para culminar satisfactoriamente con el proceso de investigación.

A los integrantes del jurado evaluador, quienes nos ilustraron y aconsejaron para enriquecer el desarrollo de la investigación.

Índice de contenidos

CARÁTULA.....	iii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y diseño de investigación	24
3.2. Variables y operacionalización.....	24
3.3. Población, muestra y muestreo	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimientos	27
3.6. Método de análisis de datos.....	27
3.7. Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS.....	29
V. DISCUSIÓN.....	58
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES.....	622
REFERENCIAS.....	63
ANEXOS.....	688

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Operacionalización de variables</i>	25
Tabla 2	<i>Resultados de validación del instrumento</i>	27
Tabla 3	<i>Topografía de la carretera en estudio</i>	29
Tabla 4	<i>Estudio de daños en la carretera en estudio</i>	30
Tabla 5	<i>CBR para calicatas - tramo en estudio</i>	36
Tabla 6	<i>Eals de diseño</i>	36
Tabla 7	<i>Resumen de estudio de cantera</i>	37
Tabla 8	<i>Módulo resiliente para el tramo en estudio</i>	37
Tabla 9	<i>Resumen de parámetros de diseño</i>	38
Tabla 10	<i>Número estructural requerido</i>	38
Tabla 11	<i>Coefficiente de drenaje</i>	39
Tabla 12	<i>Espesores de diseño</i>	40
Tabla 13	<i>Solución básica planteada</i>	40
Tabla 14	<i>Porcentaje de cemento en base estabilizada</i>	41
Tabla 15	<i>Espesores recomendados con material granular estabilizado con cemento</i>	41
Tabla 16	<i>Tamaño medio y dimensiones mínima</i>	42
Tabla 17	<i>Vacíos en el agregado</i>	42
Tabla 18	<i>Características del agregado</i>	43
Tabla 19	<i>Merma</i>	43
Tabla 20	<i>Factor de corrección estado de superficie – S</i>	44
Tabla 21	<i>Factor de transito – T</i>	44
Tabla 22	<i>Resumen de factores de corrección</i>	45
Tabla 23	<i>Diseño preliminar</i>	46
Tabla 24	<i>Consideración después del tratamiento</i>	50

Tabla 25 <i>Presupuesto de la solución básica con material granular estabilizado con emulsión asfáltica y Slurry Seal - tramo II</i>	52
Tabla 26 <i>Presupuesto de la solución propuesta con material granular estabilizado con cemento y Otta Seal tramo – II</i>	53
Tabla 27 <i>Presupuesto de la solución básica con material granular estabilizado con emulsión asfáltica y Slurry Seal – progresiva 70+000 a 75+000</i>	56
Tabla 28 <i>Presupuesto de la solución propuesta con material granular estabilizado con cemento y Otta Seal – progresiva 70+000 a 75+000</i>	56
Tabla 29 <i>Presupuesto de conservación vial – solución básica</i>	57
Tabla 30 <i>Presupuesto de conservación vial – solución propuesta</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ilustración esquemática de varios tipos de superficies bituminosas	11
<i>Figura 2.</i> Aditivos	15
<i>Figura 3.</i> Diagrama de flujo para el procedimiento de diseño del Sellado Otta.....	17
<i>Figura 4.</i> Requisitos mínimos para el paso del rodillo y aplanadora	18
<i>Figura 5.</i> Procedimientos de diseño del Sellado Otta.	22
<i>Figura 6.</i> Topografía de la carretera km 70+000 - km 75+000.....	30
<i>Figura 7.</i> Estado de la plataforma km 70+000 – km 75+000	31
<i>Figura 8.</i> Drenaje y cunetas de la plataforma km 70+000 – km 75+000	32
<i>Figura 9.</i> Alternativa I	33
<i>Figura 10.</i> Alternativa II	34
<i>Figura 11.</i> Alternativa III	35
<i>Figura 12.</i> Planteamiento de nueva solución básica	41
<i>Figura 13.</i> A.P.U. Material estabilizado con emulsión asfáltica.....	54
<i>Figura 14.</i> A.P.U. Material estabilizado con cemento	54
<i>Figura 15.</i> A.P.U. Recubrimiento con Otta Seal	55

RESUMEN

La investigación, tuvo como objetivo principal analizar el tratamiento de la superficie asfáltica aplicando la técnica OTTA SEAL para mejorar la transitabilidad en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo, 2020. Tiene por propósito el estudio de la técnica Otta Seal como una alternativa en el mejoramiento del tratamiento superficial de la carretera que une Andahuaylas a Negromayo, del Km 70+000 al Km 75+000. El periodo de ejecución comprende el año 2020, se sustenta mediante las bases teóricas a cerca de la técnica de carpeta asfáltica Otta Seal, para lo cual se empleó la investigación del tipo descriptivo, con diseño de investigación no experimental, la muestra representa los 5 km de carretera Andahuaylas a Negromayo, del Km 70+000 al Km 75+000. Para ello se aplicó las fichas de observación como también las fichas de ensayo para determinar el estado en el que se encontraba el tramo en estudio antes de su intervención, diagnóstico y las posibles alternativas de solución.

Seguidamente se procedió a describir el diseño de carpeta de rodadura asfáltica Otta Seal realizado para el proyecto (estudios básicos, diseño y costos) respecto al tramo indicado.

Se determinó que la alternativa de solución aplicación de la carpeta de rodado asfáltica Otta Seal no contribuye a la capacidad estructural del pavimento. Sin embargo, es una alternativa de menor costo respecto a otros tipos de tratamiento en mantenimientos, menores costos de operación para los usuarios de las vías, mejor serviciabilidad y disminución o eliminación del polvo, puesto que recubre la superficie sella y evita la pérdida del material fino superior.

Palabras clave: Tratamiento Superficial, Otta Seal, mejoramiento de transitabilidad.

ABSTRACT

The main objective of the research was to analyze the treatment of the asphalt surface applying the OTTA SEAL technique to improve the trafficability in km 70 + 000 to km 75 + 000 of the Andahuaylas - Negromayo highway, 2020. Its purpose is to study the Otta Seal technique as an alternative to improve the surface treatment of the road that connects Andahuaylas to Negromayo, from Km 70 + 000 to Km 75 + 000. The execution period includes the year 2020, it is supported by the theoretical bases about the Otta Seal asphalt layer technique, for which descriptive research was used, with a non-experimental research design, the sample represents the 5 km from Andahuaylas to Negromayo highway, from Km 70 + 000 to Km 75 + 000. For this, the observation files were applied as well as the test files to determine the state in which the section under study was before its intervention, diagnosis and possible solution alternatives.

Next, the Otta Seal asphalt tread design was described for the project (basic studies, design and costs) with respect to the indicated section.

It was determined that the alternative solution application of the asphalt road mat Otta Seal does not contribute to the structural capacity of the pavement. However, it is a lower cost alternative to other types of maintenance treatment, lower operating costs for road users, better serviceability and reduction or elimination of dust, since it covers the surface, seals and prevents the loss of material fine top.

Keywords: Surface Treatment, Otta Seal, improvement of walkability.

I. INTRODUCCIÓN

La carretera Andahuaylas – Pampachiri – Negromayo se encuentra clasificada como Ruta Nacional (PE-30B), que se encuentra localizado en el distrito de Andahuaylas, provincia de Andahuaylas, región Apurímac. A la actualidad el primer tramo de Andahuaylas a Huancabamba, de 20.04 Km de longitud se encuentra ejecutada con el mejoramiento a nivel de Carpeta Asfáltica en Caliente, con un espesor de 7.50 cm, además del mejoramiento del trazo, obras de arte y drenajes. El segundo tramo que comprende Huancabamba a Negromayo, de una longitud de 154.51 Km, lo cual se viene interviniendo a nivel de afirmado de 30.00 cm de espesor con ancho de calzada de 6.00 metros.

Las autoridades en colaboración con la población, a través de los años vienen impulsando el mejoramiento de la transitabilidad en esta ruta, es así que formularon proyectos con diferentes técnicas de mejoramiento de la vía y con costos menores de ejecución. Al pasar el tiempo se están viendo por conveniente emplear otras técnicas que se emplean en otros países, y que resultaron con mayor beneficio a la población y de menor costo de ejecución y mantenimiento.

La vía Huancabamba a Negromayo cuenta con una carretera afirmada, que con el pasar del tiempo y las fuertes lluvias se deterioran con facilidad, de esta manera la carretera presenta baches, hundimiento, incalaminado y otras imperfecciones. Todo ello obstaculiza la transitabilidad vehicular, como también el malestar en la población por los prolongados viajes entre 8 y 10 horas hacia sus destinos. Por lo que se requiere nuevos estudios del diseño para el mejoramiento de la carretera Huancabamba a Negromayo.

Por tanto, es de gran urgencia proyectar otros tipos de mejoramiento o rehabilitación de carreteras a un bajo costo, ciertas compañías ya han empleado el mejoramiento o rehabilitación como soluciones de bajo costo de conservación periódica de carreteras respondiendo frente a los requerimientos de la transitabilidad de vehículos, el clima, sector y disponibilidad de los recursos. (MTC, 2014).

Además, es de suma importancia el mejoramiento de esta carretera, por que une e integra los pueblos con la costa peruana, generando el desarrollo económico, social

y la promoción de las riquezas turísticas como es el caso del bosque de piedras y los baños termales del distrito de Pampachiri.

Es por estas razones que se plantea el proyecto de investigación para analizar el tratamiento superficial con la carpeta de rodado asfáltica Otta Seal como una alternativa técnicamente y económicamente viable en el mejoramiento de la vía que une Andahuaylas y Negromayo.

Considerando los precedentes de investigación y el marco teórico se formula como **Problema general:** ¿De qué manera el análisis del tratamiento de la superficie asfáltica aplicando la técnica OTTA SEAL mejorará la transitabilidad en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo, 2020? **Problemas específicos: La primera.** -¿Cuáles son las condiciones actuales en las que se encuentra la carretera Andahuaylas - Negromayo, en el km. 70+000 al km. 75+000? **Segunda.** - ¿Cuál es el procedimiento del tratamiento superficial utilizando la técnica OTTA SEAL para el mejoramiento en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas – Negromayo? **Tercera.** - ¿Cuál es la viabilidad de la técnica OTTA SEAL con respecto a otras técnicas en el mejoramiento del tratamiento superficial en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas – Negromayo?

“ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE LA SUPERFICIE ASFALTICA APLICANDO TECNICA: OTTA SEAL PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN CARRETERA ANDAHUAYLAS - NEGROMAYO, 2020“

Siguiendo la secuencia del nuevo esquema del desarrollo del proyecto de investigación se presenta la justificación del problema. **Justificación de la investigación.** - Permitirá presentar una alternativa económicamente y técnicamente viable para el mejoramiento de la carretera de Andahuaylas a Negromayo, utilizando como tratamiento de la carpeta de rodadura asfáltica la técnica Otta Seal, el cual las autoridades y la población gestionarán ante las instancias del gobierno nacional para su ejecución.

El estudio de la carpeta de rodado asfáltica Otta Seal permitirá conocer a cerca de su funcionalidad en el tratamiento superficial para el mejoramiento de las carreteras; determinar en qué medida se asegura que los niveles de servicio

proporcionen una buena transitabilidad, seguridad y confort; además que se aminoren costos operativos, vehiculares y tiempo de viajes en provecho de los usuarios y la población de sectores involucrados del proyecto.

La investigación se sustenta en la necesidad latente de la población de contar con una carretera que garantice una adecuada transitabilidad vehicular, integrando los pueblos, mejorando la economía agrícola y ganadera, ampliando los mercados, minimizando los tiempos de viaje y costos de transporte, desarrollando el turismo local, y los puestos de trabajo que generan la ejecución de proyectos de esta naturaleza a favor de la población involucrada. **Importancia.** -La investigación desarrollada al respecto de la técnica Otta Seal en el tratamiento superficial de las carreteras permite conocer su comportamiento, funcionabilidad y serviciabilidad de esta técnica. Para determinar la viabilidad de esta técnica se realiza las pruebas y mediciones en el lugar de ejecución; por tanto, el Otta Seal debe poseer atribuciones que solucionen las actuales deficiencias en lo que se refiere al hundimiento, en calaminado y baches en la carretera que une Andahuaylas y Negromayo, por las intensas lluvias en la época de primavera y polvo por la escasez de humedad en invierno.

En la investigación ha sido necesario formular hipótesis. **Hipótesis general.** – El análisis del tratamiento en superficie asfáltica aplicando la técnica OTTA SEAL mejorara de manera significativa la transitabilidad en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas – Negromayo, 2020. **Hipótesis específicas primera.** - Se deberá mejorar la superficie para mejorar la transitabilidad aplicando la técnica OTTA SEAL en la carretera Andahuaylas - Negromayo, en el km 70+000 al km 75+000. **Segunda.** - El adecuado seguimiento del proceso constructivo del tratamiento superficial utilizando la técnica otta seal mejorará la transitabilidad de la carretera Andahuaylas – Negromayo en el km 70+000 al km 75+000. **Tercera.** - La utilización de la técnica OTTA SEAL en el mejoramiento del tratamiento de la superficie en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo, permitirá optimizar los costos económicos y sociales.

Dentro del Proceso de investigación se han trazado **objetivos**, siendo el **Objetivo general:** Analizar el tratamiento en superficie asfáltica aplicando la técnica OTTA SEAL para mejorar la transitabilidad en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera

Andahuaylas - Negromayo, 2020. **Objetivos específicos:** **Primera.** – Evaluar las condiciones actuales en las que se encuentra la carretera de Andahuaylas - Negromayo, en el km 70+000 al km 75+000. **Segunda.** - Describir el procedimiento del tratamiento en superficie utilizando la técnica OTTA SEAL para el mejoramiento en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas – Negromayo. **Tercera.** - Analizar la viabilidad de la técnica OTTA SEAL con respecto a otras técnicas en el mejoramiento del tratamiento superficial en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo.

II. MARCO TEÓRICO

Ante lo expuesto se detalla a continuación con los **antecedentes internacionales** se tiene Valero y Malagon (2018), en el trabajo de investigación que lleva por título: Diagnóstico para el mejoramiento del tramo de la vía Úmbita - Juncal localizado en el departamento de Boyacá, Colombia – 2018. Tesis de pregrado de la Universidad Católica de Colombia, la cual llegaron a las siguientes **conclusiones**: primero, se obtuvo la información del inventario vial en la alcaldía municipal de Úmbita donde se identificaron los puntos críticos y el estado de la vía. Segundo, con la observación directa de la vía se identificó la inexistencia de obras de arte en lo que respecta a las cunetas para poder drenar el agua de las lluvias y afluentes cercanos, además de las señalizaciones de tránsito que no se encuentran instaladas a lo largo de la vía. Tercero, como conclusión final plantea que la vía no cumple con el diseño geométrico de acuerdo a la norma INVIAS, por lo que se propone implementar el diseño vial con nuevo trazo, considerando las curvas verticales y horizontales, además de la ampliación de la calzada.

Narváez (2012), en la siguiente tesis titulada: *Impacto del mejoramiento de la vía El Rosal - Simón Bolívar en la calidad de vida de los habitantes del sector El Rosal, provincia de Pastaza*. Tesis de pregrado para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, el tipo de investigación es exploratorio y descriptivo. El autor plantea las siguientes conclusiones: el mejoramiento de la vía permitirá a los pobladores de El Rosal comercializar sus productos agrícolas como la papa, caña de azúcar, limones, papayas, naranjillas y otros productos, de esta manera incrementar su economía y calidad de vida. De acuerdo al resultado de la investigación, la vía se encuentra en malas condiciones y no permite el ingreso de vehículos pesados para poder comercializar los productos a gran escala.

Velásquez (2011), en el estudio de investigación: *Análisis comparativo de tratamientos Asfálticos aplicado en la Ruta Porvenir – Manantiales de la Provincia de Tierra del Fuego*. Tesis de pregrado de la Universidad de Magallanes – Chile, concluyo que: la utilización tanto de Otta Seal y Cape Seal permitió una carretera con cambio estético y muy servicial con un recorrido de buena calidad, libre de polvo y bache característico de las zonas rurales. Los dos tipos de tratamientos superficiales son excelentes métodos, ya que ambos no presentan deterioros

graves y que el Cape Seal tendría ligera ventaja en la vida útil más extensa que el Otta Seal, además estas técnicas ofrecen soluciones rápidas, de bajos costos y una vida útil de 5 a 6 años en perfectas condiciones. Es así que el costo total de emplear el Cape Seal es de 6,873 dólares por metro cuadrado, considerando las actividades de movimiento de tierra, drenajes, estructuras y otras obras para el mejoramiento de la vía; mientras que el costo total de emplear el Otta Seal es más barato en un 13% a 15% que la otra técnica.

Para conocer más ampliamente la investigación realizada sobre el pavimento flexible se ha realizado y analizado investigación a **nivel nacional**.- Ramírez (2020), en la siguiente investigación titulada: *evaluación técnica y de costo entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín - 2019*, Tesis de pregrado para obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Científica del Perú, la investigación es del tipo descriptivo, las conclusiones a las que llegó a las siguientes: de acuerdo al manual de carreteras DG-2018 tanto como el Slurry Seal y Otta Seal son consideradas carreteras pavimentadas, la vida útil del diseño Otta Seal es de 5 años a diferencia del diseño Slurry Seal de 3 años, además existe diferencia en el tiempo de ejecución que al considerar el tramo en estudio de acuerdo al análisis del diagrama de Gantt la ejecución para el diseño Otta Seal es de 50 días y para el diseño Slurry Seal de 60 días. En cuanto el costo de ejecución, el costo de implementar el diseño Otta Seal es de S/.17.82 por metro cuadrado, mientras la implementación del diseño Slurry Seal es de S/. 24.48 por metro cuadrado, de esta manera existe diferencia de costos ya que el Slurry Seal requiere de la aplicación del imprimado sobre la calzada.

Zamudio (2018), en su investigación que se titula: *Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel de pavimento flexible tramo Parubamba - Shitabamba, distrito y provincia de Cajabamba - Cajamarca*. Tesis de pregrado para obtener el título profesional de ingeniera civil en la Universidad César Vallejo - Perú, se planteó el tipo de investigación descriptivo y diseño no experimental, en conclusión, manifiesta: de acuerdo al levantamiento topográfico el suelo no cumple con el CBR estipulado en las normas, por lo que se opta el estudio de una cantera que tiene un CBR de 63.58% para poder reemplazar el material en el tramo. Además, se diseñó

las obras de arte como es el caso de las cunetas triangulares, alcantarillas de paso de agua y badenes. De acuerdo al diseño geométrico de la vía se clasifica en tercera clase, con velocidad de tránsito de 40 km/h y con longitudes de pendiente de 9.04%. En cuanto al impacto ambiental que pudiera generar la ejecución del proyecto se identificó tanto positivos y negativos.

Briceño (2017), efectuó la investigación titulada: *propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel afirmado entre los tramos del caserío de Nueva Delicia Chinchupata, distrito de Chillia - provincia de Patate - La Libertad 2017*. Tesis de pregrado para optar el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Privada de Trujillo, la investigación es del tipo descriptivo. Se pudo concluir que: al realizar el levantamiento topográfico se identificó una carretera accidentada con pendientes de hasta 51% y 100%. De acuerdo al estudio de suelo presentó un suelo regular y bueno con un CBR entre 12.85% y 18.15%. En cuanto al estudio hidrológico se determinó una cuneta de 0.30 x 0.75 m. concerniente al diseño geométrico se consignó una carretera de tercera clase, velocidad de tránsito de 30km/h, pendientes máximas de 10% y la ubicación de las señalizaciones verticales donde requiera.

Joya y Pezo (2015), en la investigación titulada: *evaluación económica de los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal en carreteras de bajo volumen: caso: ruta PE-12A tramo III puente Huarochirí - Sihuas y caso: ruta PE-28C tramo V San Francisco Puerto - Ene*. Tesis de pregrado para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Ricardo Palma, en el cual llegó a las siguientes conclusiones: el Otta Seal es un tratamiento superficial mono capa ya que no requiere de la imprimación. En cuanto a la vida útil, el diseño Otta Seal se proyectó para diez años con fallas en las curvas por las peladuras, en cuanto al diseño Slurry Seal presentó más fallas en la vía como baches, ahuellamientos y grietas. Los costos de mantenimiento periódico tanto rutinario son más económicos para el diseño Otta Seal. La aplicación de estos diseños está llevando a contar con carreteras vecinales con mejoramientos notables para la transitabilidad de los vehículos y beneficios a las poblaciones.

Tito (2014), en su tesis por experiencia profesional titulada: *mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo IV, pertenece a la ruta PE*

- 28B. Tesis de pregrado para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Ricardo Palma - Perú, las conclusiones que se llegó son: en la ejecución del proyecto vial se concluyó satisfactoriamente, observándose del proceso actividades adicionales como el mejoramiento de la calzada en algunas partes de la vía, ejecutándose mayores metrados, además de las lluvias no previstas ocasionaron mayores gastos adicionales. El mejoramiento de la carretera otorgó mejores beneficios económicos a la población de la región Apurímac, intercomunicando Ayacucho - Apurímac - Cuzco.

En las Teorías relacionadas al tema vamos a indagar más sobre el mejoramiento de la carretera: "Una carretera es una habituación del espacio o terreno que cumpla con el ancho conveniente, pendiente adecuado y alineamiento el cual permita la movilización de coches, automóviles, vehículos entre otros". (Crespo, 2004).

Mantenimiento Rutinario de carreteras "Son actividades permanentes que son ejecutadas para conservar a través de niveles de servicio en una vía, ya sean actividades manuales o mecánicas como perfilado, limpieza, roce, bacheo y eliminación de materiales por deslizamientos" (MTC, 2008).

Mantenimiento Periódico de carreteras "Son trabajos ejecutan y se programan, siendo realizados para conservar a través de los niveles de servicio. Estos trabajos consisten en reposición de material granular, perfilado, reconstrucción de obras de arte como alcantarillas y puentes" (MTC, 2008).

Rehabilitación de carreteras "Son actividades que se realizan para dar una mejor serviciabilidad de la vía con el fin de que la carretera tenga sus originales características, del mismo modo considerando su nuevo periodo de servicio" (MTC, 2008).

Mejoramiento de carreteras "Es un conjunto de trabajos que mejora la superficie dejándola en buenas condiciones, incrementando el ancho de carretera y comprende actividades como modificación, transformación y geometría, de una trocha o una carretera afirmada" (MTC, 2008).

Construcción nueva de carreteras "Es la construcción o ejecución de obras viales con tipologías y diseños las cuales deben estar conforme con la normatividad

vigente, además de sus pertinentes estudios elaborados de acuerdo al tipo de proyecto a ejecutar” (MTC, 2008).

Tratamiento superficial “Es la colocación y conformación de base imprimada o cualquier otra en una o más capas, de asfalto como agregados o de ser el caso aditivo” (MTC, 2013).

Agregados pétreos “Estos se emplean para la construcción del tratamiento superficial y deben ejecutar cumpliendo las exigencias de normas de calidad” (MTC, 2013).

Materiales bituminosos. - Al respecto MTC (2013) afirma que los materiales bituminosos deben ser aplicados de acuerdo a las exigencias y lo que se menciona en el proyecto los cuales podrían ser: Asfaltos diluidos, cemento asfáltico, emulsión asfáltica catiónica

Aditivos para el mejoramiento de adherencia. - “Se emplea siempre y cuando sea requerido por el supervisor o el proyecto lo indique” (MTC, 2013).

Tratamiento superficial simple (TS) “En el expediente se deberá mencionar el material bituminoso a emplear, la granulometría, la tasa de aplicación y el material pétreo los cuales determinaran de acuerdo a lo cual indica el proyecto que es admitido por el supervisor” (MTC, 2013).

Tratamiento superficial múltiple (TM) “Consiste en la aplicación de más de dos capas de materiales pétreos, ligantes bituminosos, la cantidad adecuada de aplicación y del material pétreo constituirán el expediente técnico los cuales deben ser aprobados por el supervisor” (MTC, 2013).

Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes “Se debe eliminar todo tipo de exceso de los agregados concluido con la compactación en cada una de las capas, limpiando la superficie para que no quede nada de material suelto sobre la superficie” (MTC, 2013).

Iniciación al tránsito “La actividad de tránsito sobre la capa recientemente ejecutada debe evitarse en el periodo de 24 horas a partir de su terminación, deberán ir a una velocidad superior a los 30 km/h siempre tomando medidas preventivas” (MTC, 2013).

Reparaciones “Si las actividades ejecutadas presentan imperfecciones o defectos, serán rechazados y remplazados a costo y riesgo del contratista conservador, el mismo que será aprobado por el Supervisor” (MTC, 2013).

Controles “Se aplica de acuerdo a la normatividad que figura en el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (MTC, 2013).

Calidad del trabajo ejecutado. Al culminar los trabajos programados, el resultado deberá mostrar la plataforma uniforme, ajustarse pendientes y rasantes determinadas en el estudio definitivo. El trayecto entre el eje y el borde del pavimento no puede ser inferior a lo señalado en los planos aprobados en el estudio definitivo. (MTC, 2013).

Funciones de las superficies bituminosas. Las superficies bituminosas son un componente integral de los caminos pavimentados y cumplen un número de funciones que ofrecen muchas ventajas sobre los caminos no sellados. (Overby, 1999). Estas incluyen: Suministro de superficies durables e impermeables que sellan y protegen el pavimento del ingreso de humedad y de la consecuente pérdida de resistencia y degradación del material. Suministra una superficie anti-patinaje que puede resistir fuerzas abrasivas y destructivas ocasionadas por el tránsito y el medio ambiente. Previene la formación de arrugas, polvo y barro. Generalmente, permite un manejo seguro a altas velocidades mejorando los costos de operación y mantenimiento de los vehículos. Como todo camino bituminoso, la resistencia del pavimento debe ser la adecuada para soportar la carga de tránsito.

Tipos de superficies. - Según Overby (1999) alrededor del mundo se han utilizado y se siguen utilizando varios tipos de superficies bituminosas; las cuales incluyen: Tratamientos de Superficies (Brea), Sellos de Capa Asfáltica, Método de Sellado Otta, Concreto Asfáltico (diverso grosor), etc.

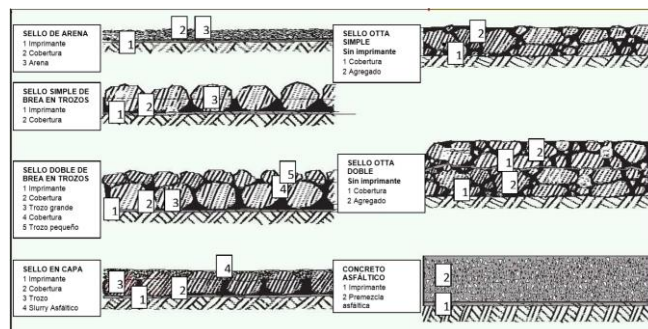


Figura 1. Ilustración esquemática de varios tipos de superficies bituminosas

Fuente: Guía Para el Uso del Método de Sellado Otta

Factores que influyen en su elección. - Al respecto Verby (1999) afirma que la elección de la superficie bituminosa en cualquier medio será afectada por los siguientes factores: El medio ambiente (climatología, contaminación acústica, etc.). Tipo de pavimento (propiedades de flexibilidad, resistencia, etc.). El requerimiento de condiciones de tránsito de calidad. Elementos económicos y financieros. Componentes operativos como la geometría, el tráfico, condiciones de la superficie, etc. Estrategias en el ámbito de mantenimiento y la construcción. La seguridad en la textura de la plataforma, obstrucción con el tráfico, etc. Características de los materiales aprovechables.

Una vez identificado los requisitos técnicos y ambientales que debe contener la plataforma, el siguiente paso corresponde a la comparación de las superficies alternativas en cuanto al ciclo de vida útil, para luego evaluar la viabilidad económica. El análisis de viabilidad también deberá contener los costos de mantenimiento y operación. (Verby, 1999).

Método Otta Seal. - Es una carpeta de rodadura asfáltica que se utiliza en los caminos de tierra no pavimentadas, donde el volumen de tránsito es bajo. Inicialmente esta técnica fue desarrollada en Noruega, más adelante se fue masificando en la región por el bajo costo y fácil ejecución en cualquier territorio, en especial en beneficio de las comunidades rurales. (Verby, 1999).

Descripción y tipos. - Al respecto Verby (1999) afirma que OTTA SEAL está compuesta de una superficie bituminosa de 16 a 32 mm, consiste en una mezcla de materiales compuestos por tierra natural y de piedra chancada combinada en capas relativamente suaves (baja viscosidad), con o sin cobertura de arena. Según el autor existen tipos de Otta Seal considerando el tipo de agregado, el número de capas y la presencia de arena, los cuales son: Sellado Otta Simple con tipo de agregado abierto, medio o denso con o sin cobertura de arena. Sellado Otta Doble con tipo de agregado abierto, medio o denso con o sin cobertura de arena.

Ventaja de la utilización de Otta Seal. - De acuerdo con Verby (1999) algunas de las ventajas del uso del Otta Seal son: La construcción de los caminos es posible

hacer en áreas remotas, donde las maquinarias son difíciles de instalar por el costo alto. El costo de mantenimiento es relativamente bajo. La flexibilidad y durabilidad de la plataforma se ajusta a todo tipo de pavimentos de baja capacidad de rodadura.

Desventajas de la utilización de Otta Seal. - De acuerdo con Verby (1999) algunas de las desventajas del uso del Otta Seal son: La apariencia con el método Otta Seal en los 6 primeros meses presenta inconsistencia y exceso de brea en algunos puntos del camino, lo que puede suponer una impresión errónea de la menor calidad a diferencia de otras técnicas convencionales de brea. La superficie demora de 8 a 12 semanas para asentarse y presentar un aspecto mucha más uniforme y consistente, parecida a un trabajo de alta calidad.

Agregado en la utilización de Otta Seal. - El agregado en la utilización de Otta Seal Al respecto Verby (1999) menciona que existen algunos materiales como agregados para la utilización en el tratamiento Otta Seal, los agregados de baja resistencia se pueden utilizar con normalidad a diferencia con el uso en otros métodos, estos son: Piedra coral. Tierra natural molida y cernida obtenida tanto de rocas pétreas expuesta al ambiente y de gravas de arena. Material morrena, en condición de cernida o molida. Material de los ríos y lagos, como tierra o arena cernida. Material laterita o granito descompuesto y cernidos. Material variado de tipos de roca, en condición de molida y cernida.

Agregados molidos y cernidos. - Los materiales se deben procesar removiendo tanto las partículas grandes y excesivamente pequeñas, para tener una consistencia que cumpla con las exigencias para el uso del Otta Seal, estos agregados que mayormente se utilizan es la gravilla chancada y piedra chancada. (Verby, 1999).

Requisitos de los agregados. - Verby (1999) menciona que los materiales deben presentar algunas características para la utilización del Otta Seal, estos son: Tamaño; el máximo es de 16 mm hasta 19 mm. Contenido de partículas finas; menores a 0.075 mm., y no deben exceder el 10%. Escamosidad; para la piedra chancada el descascaramiento no debe exceder los 30. Sellado con cobertura de arena; el producto no debe contener materia orgánico ni restos de arcilla, el material debe poseer matiz de 6.7 mm.

Verby, (1999) indica que la correcta elección de la cobertura para los Sellos Otta es crítica ya que su desempeño y buenos resultados requieren que, tanto el tipo de cobertura como el índice de aplicación sean los adecuados para las propiedades del agregado. Las coberturas de los Sellos Otta deben ser: Deben ser lo suficientemente suaves como para cubrir inicialmente las partículas finas del agregado. Deben ser lo suficientemente suaves como para introducirse en los vacíos del matiz del agregado por la operación de rodamiento o tránsito. Debe permanecer suave el tiempo suficiente para alcanzar el matiz del agregado en un tiempo de 4 a 8 semanas. Debe ser capaz de emplearse en gran magnitud en un solo pulverizado. Además de lo anterior, existen otras propiedades que deberían cumplirse en cualquier sello bituminoso: La cobertura debe ser lo suficientemente viscosa para aportar la estabilidad adecuada luego del curado del sello al inicio. Debe ser lo suficientemente durable para construir un ciclo de vida útil. Debe ser de bajo costo económico. Debe ser lo más amigable con el medio ambiente.

Tipos de cobertura. - Verby, (1999) afirma que existen tipos de cobertura y su uso potencial en el Otta Seal, a continuación, detalla alguno de ellos: Brea con grado de penetración; La brea con grado de penetración de 80/100 o 150/200 utilizada en Sellos de Brea convencionales NO deben usarse JAMAS en los Sellos Otta ya que no cumplen con sus especificaciones, el tipo con mayor dureza para Sellos Otta es de 150/200. Brea rebajada; para el Otta Seal la brea rebajada más utilizada es con una viscosidad de MC 3000 y MC 800. Emulsión de brea; las emulsiones son, generalmente, difíciles de aplicar en grandes cantidades sin que se rebalsen por los lados o por las cunetas y nunca se mantienen lo suficientemente suaves. Alquitrán; el Alquitrán no ha sido utilizado en los Sellos Otta ya que tienden a endurecer más rápido que la brea y comprometer el tiempo de vida útil del sello. Además, el Alquitrán posee ciertas desventajas ambientales por lo que no se recomienda su uso. Brea modificada; las coberturas modificadas con caucho, SBS, SBR, PVA u otro elemento no han sido empleadas con los Otta Seal.

Propiedades de cobertura. - Según Verby (1999) las coberturas aplicables al Otta Seal de acuerdo al rango de viscosidad son los siguientes: La más suave se obtiene con la brea rebajada MC 800. La condición de media se obtiene con la brea

rebajada MC 3000. La más dura se obtiene con Brea de grado de penetración 150/200.

Estos tipos de coberturas generalmente están disponibles directamente de las refinerías. El proceso de fabricación en las refinerías generalmente varía. La brea 150/200 es generalmente una brea 80/100 suavizada (fundida). La brea disminuida es frecuentemente producida de una reserva más dura que 80/100 la cual ha sido disminuida con cierto tipo de kerosene conocido como parafina y que le da la debida viscosidad. Durabilidad de la brea rebajada La durabilidad a largo plazo de la brea rebajada (MC 300 y MC 800) disponible localmente no siempre es aceptable. Esto se debe al proceso de producción que involucra una mezcla a base de brea dura. La mejor durabilidad se logra al producir brea disminuida en el mismo lugar de construcción a partir de una base de brea suave como la brea de grado de penetración 150/200 o 80/100 en lugar de utilizar brea modificada por el fabricante.

Proceso de licuado en el lugar de la construcción. - Verby (1999) afirma que es preferible utilizar brea disminuida en el mismo lugar de construcción por las siguientes razones: Para obtener la debida viscosidad de la brea (utilizando la cortadora adecuada). Utilizando el mejor tipo de brea como base. Para poder suavizar la brea en forma "permanente" y mejorar su grado de penetración (se debe fundir). Para mejorar la durabilidad de la brea (fundiéndola). Para simplificar el manejo y almacenamiento de los diferentes tipos de brea requeridos en la construcción (rebajándolas o fundiéndolas).

Aditivos para rebajar la brea. - Verby (1999) afirma que el proceso de disminución de la brea se realiza al añadir aceites volátiles que producen una reducción temporal de la viscosidad de la cobertura. La volatilidad del aceite utilizado influirá en el tipo de brea producida en términos de su capacidad para ser curada de forma rápida, media o lenta. La figura muestra el material utilizado para disminuir la brea con sus respectivos tipos de brea obtenidos.

Grado de la Brea rebajada	Aditivo	Nota
RC (Curado rápido)	Petróleo	Peligroso, no usar
MC (Curado medio)	Kerosene (parafina fuerte parafina de iluminación, JetA1 combustible de avión)	Perfecto
SC (Curado lento)	Diesel o aceite de motor	Curado muy lento

Figura 2. Aditivos

Fuente: *Guía Para el Uso del Método de Sellado Otta*

Aditivos anti-rajaduras.- Verby (1999), infiere que la adherencia entre la brea y el agregado depende del mayor contacto posible entre los dos materiales. El resquebrajamiento ocurre cuando se rompe la unión entre la superficie del agregado y la brea por acción del agua que desplaza la brea ya que el agua tiene mayor tensión superficial que la brea. Al agregar una pequeña cantidad de aditivo anti resquebrajamiento a la brea, la tensión superficial del agua disminuye y la brea es capaz de humedecer la superficie del agregado. En general, este tipo de agentes tienen la finalidad de: Promover la adhesión de la cobertura con el agregado humedad. Prevenir la pérdida de adhesión por si ocurren lluvias inmediatamente después de la construcción. Proporcionar una adecuada adhesión durante la construcción.

El uso de estos agentes es recomendado siempre que se use gravilla o tierra natural con alto contenido de partículas finas. Sin embargo, se ha reportado un buen desempeño sin el uso de estos aditivos. Cuando se utiliza material chancado o molido se debe realizar un análisis de laboratorio para determinar la necesidad de utilizar un aditivo.

Manejo y dosis de aditivos anti-resquebrajamiento; Verby (1999) manifiesta que los aditivos son corrosivos y requieren del uso de guantes de protección, así como lentes de seguridad durante su manejo y operación. Los aditivos líquidos pueden derramarse y salpicar por lo que requieren de un manejo especial. Algunos aditivos “sólidos” pueden parecer líquidos dependiendo de la temperatura del ambiente y

deben ser tratados con igual precaución. La dosis normal de aditivo es de 0.5% a 0.8% por peso de brea. El apéndice A muestra las tablas de conversión Mas/Volumen.

Imprimante. - Verby (1999) justifica el uso de imprimante debido al alto índice de absorción de la brea, su calidad de aplicación depende de lo siguiente: Tipos de imprimante; la brea rebajada con un rango de viscosidad de 30 a 140cSt (MC 30 o MC 70) es, generalmente, utilizada como base imprimante. Los imprimantes de alquitrán tienen serias desventajas ambientales y no se recomienda como imprimantes base. Rango de aplicación; el imprimante es aplicado con un rango entre 0.8 y 1.2 l/m². La base calcárea requiere de rangos de aplicación de alto índice y baja viscosidad a diferencia de las bases hechas de otro material. Si la base contiene un alto porcentaje de sales solubles, se requiere de rangos de aplicación altos o del uso de una emulsión especial de fijación.

Factores que influyen en el diseño. - El diseño del Otta Seal se basa en métodos empíricos en lugar de los métodos más racionales usados en los Sellos de Brea convencionales. Según Verby (1999) los principios que rigen el diseño del Otta Seal se basan en la inter-relación entre el agregado utilizado, la viscosidad de la cobertura y los rangos de pulverizado, lo que significa que los tipos de cobertura siempre deben ser los adecuados para el tipo de agregado producido. Los Sellos Otta pueden ser construidos como una capa simple o doble, con o sin cobertura de arena, y la elección de un tipo particular de Sellos Otta depende de las siguientes consideraciones: propiedades del agregado, volumen de tránsito. costos de construcción, tiempo de vida útil requerido.

Sellado Otta Doble.- “Este tipo de sellado es el más durable, pero también es el más caro y se recomienda para caminos de alto volumen de tránsito. Este tipo de sellos es poco recomendado debido a su alto costo y mínimos beneficios” (verby, 1999).

Sellado Otta Simple con sello de cobertura de arena.- Verby (1999) indica que la combinación de un Sellos Otta Simple seguido de un sello con cobertura de arena es una opción más barata que el Sellos Otta Doble. Pero, sin embargo, su vida útil puede ser más corta, aunque más económica para caminos con un AADT menor

de 500. Los beneficios de utilizar sellos con cobertura de arena son: Mayor retención de rocas en el sello inferior. Mejor durabilidad debido al grosor de la cobertura y a la formación de una superficie de textura densa. Protege al agregado en el sello inferior si se utiliza materiales de baja calidad. Reduce el riesgo de daño en caso de imperfecciones de la capa inferior.

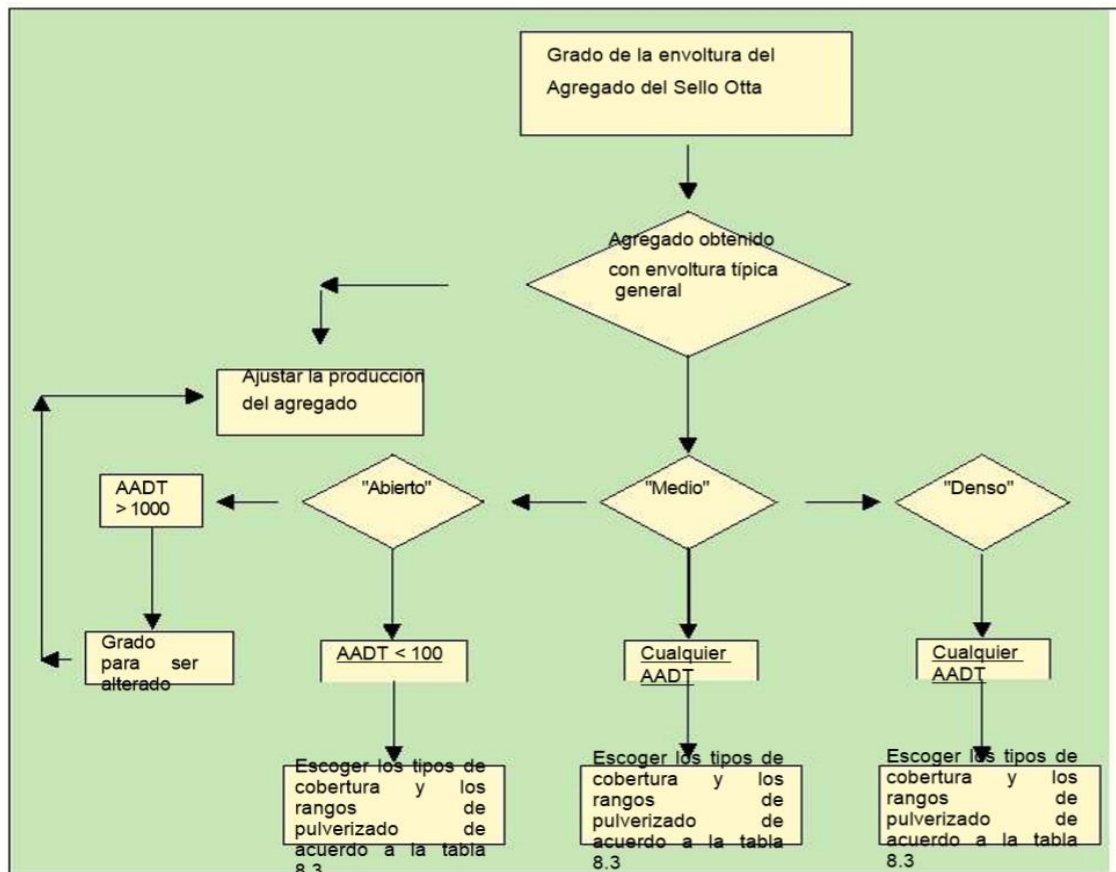


Figura 3. Diagrama de flujo para el procedimiento de diseño del Sellado Otta
Fuente: Guía Para el Uso del Método de Sellado Otta

La construcción de los Sellos Otta es generalmente similar a la construcción de los Sellos de Brea convencionales. La cobertura es pulverizada sobre la superficie seguida por la aplicación y rodamiento del agregado. Sin embargo, el uso de imprimante no es primordial cuando se trata de los Sellos Otta. (Verby, 1999).

Preparación de la ruta de la base. - Verby (1999) menciona que una buena unión entre la base y la superficie es tan importante para Otta Seal como para los Sellos de Brea convencionales, pero cuando se trata de Otta Seal el uso del imprimante no es primordial: Base sin imprimante; para facilitar la penetración del polvo en la base antes del procedimiento del vaciado, es imprescindible limpiar con un poco de

agua. Base con imprimante; se prepara la superficie con el tratamiento del imprimante adoptando la empleabilidad al igual que otros sellos bituminosos.

Operaciones de sellado. - Verby (1999), para la construcción de los Sellos Otta se debe prestar atención a los siguientes puntos: Se obtiene buenos resultados si la breca ha sido presionada contra el agregado de manera uniforme y bien distribuida en las llantas de la máquina esparcidora de trozos de breca. No se debe realizar muchos rodamientos sobre el Sello Otta. Se requiere un mínimo de 2 rodillos neumáticos con un peso mínimo de 12 toneladas o más para el día de la construcción. Aplicar presión sobre toda el área. Se requiere un mínimo de 15 pasadas con el rodillo neumático sobre toda el área, incluyendo los bordes. Se debe permitir el flujo de tránsito comercial inmediatamente después del paso del rodillo neumático, esto ayudará al asentamiento de la mezcla. El límite máximo de velocidad permitido es de 40 a 50 km/h durante las 2 a 3 semanas posteriores. Limpiar cualquier exceso de agregado desprendido de la superficie.

Rodillo después del tratamiento	Requisitos mínimos
<u>El día de la construcción</u>	15 pasadas con el rodillo neumático (peso > 12 ton.) <u>+ 1 pasada de la aplanadora</u>
<u>Siguientes dos días después de la construcción</u>	15 pasadas con rodillo neumático (peso > 12 ton.)
<u>2-3 semanas después de la construcción</u>	<u>Limpiar el exceso de agregado</u>
Nota: Se requieren dos rodillos neumáticos como mínimo. Uno solo retrasaría la operación.	

Figura 4. Requisitos mínimos para el paso del rodillo y aplanadora

Fuente: Guía Para el Uso del Método de Sellado Otta

Inspecciones de verificación y seguimiento. - Es esencial realizar inspecciones de verificación y seguimiento a las superficies de los Sellos Otta para asegurarse que cualquier defecto sea corregido. La inspección debe realizarse durante los primeros 6 a 7 días del sellado, especialmente si existen cambios en las condiciones del clima; como por ejemplo, si llueve o si existe un cambio radical de temperatura. Los

cambios bruscos del volumen de tránsito también pueden afectar la superficie recientemente construida. (Verby, 1999).

Cuidados inmediatos pos construcción. - Verby (1999) afirma que para construir un camino bajo el método de Sellado Otta se deben tener en cuenta ciertos cuidados post-construcción los cuales deben cumplirse a cabalidad. Estos cuidados incluyen el paso adicional del rodillo y aplanadora para volver a impregnar la base con el agregado que se haya soltado debido al tránsito de vehículos. Estos cuidados se detallan a continuación: A los dos días iniciales después de la construcción; luego del sellado, se debe pasar el rodillo neumático con la finalidad de asegurar que todas las partículas dentro de la cobertura sean cubiertas. Es necesario un mínimo diario de 15 pases del rodillo neumático y que cubra el área. A las 2 a 3 semanas siguientes luego de la construcción; el agregado que ha sido desprendido por el tránsito durante la etapa de post-construcción, debe ser retirado y colocado en la máquina esparcidora para volver a utilizarse durante las 2 a 3 primeras semanas. Si se ha utilizado gravilla o tierra natural con alto contenido de partículas finas, este período puede tomar más tiempo. Período de hasta 12 semanas luego de la construcción; debe pasar un mínimo de 8 a 12 semanas entre la construcción de la primera y segunda capa. Esto permite el paso del mayor volumen de tránsito posible sobre la superficie, así como la evaporación del solvente. De haberse utilizado gravilla o tierra natural con alto contenido de partículas finas, el período para poder limpiar el exceso debe prolongarse lo más posible y ser menor de 6 a 8 semanas. Sangrado; el sangrado en ciertas áreas o en las huellas de las llantas de los vehículos es parte del proceso normal de curado de los Sellos Otta. Se puede utilizar cualquier agregado fino para cubrirlo; esto incluye el polvo cernido, arena de río o arena fina. Cuando existe un "sangrado" excesivo, se puede utilizar un agregado más grueso y áspero. Se recomienda aplicar la aplanadora cuando se cubre la superficie y de preferencia elegir el momento más caluroso del día para hacerlo.

Manejo y control del tráfico.- El control del tránsito es un aspecto importante que no debe pasarse por alto ya que al permitir el tráfico desde el inicio es una valiosa contribución al curado del sello, permitiendo un mejor desempeño. El control del tráfico debe llevarse a cabo de tal manera que la totalidad del área construida sea

expuesta. Esto se logra dirigiendo el tránsito hacia esas áreas de difícil acceso con la ayuda de señales o conos de seguridad. (Verby, 1999).

Consideraciones adicionales para el sellado Otta Doble y sellos combinados. - Verby (1999) afirma que se debe prestar especial atención durante la construcción de Sellos Otta Dobles o de sellos combinados que usen sellos con cobertura de arena en lo siguiente: Curado; es importante permitir que el curado del primer sello prosiga durante un mínimo de 8 a 12 semanas, dependiendo de las condiciones de curado y del tipo de cobertura, antes de aplicar el siguiente sello. Esto es necesario para minimizar el engrosamiento debido al aceite utilizado para rebajar la breya y que permanece en la cobertura. Sello con cobertura de arena; los factores más importantes que se observan al construir un sello con cobertura de arena son; asegurar que se aplique una suficiente y buena cobertura de agregado y que el agregado que se desprenda debido al tránsito sea limpiado y aplicado nuevamente en las áreas expuestas. Esta operación debe realizarse regularmente hasta que la arena penetre completamente en la primera capa de la superficie. Esta acción generalmente se realiza luego de las primeras 4 semanas.

Detalles importantes de construcción. - Verby (1999), además de las buenas prácticas de construcción, se requiere prestar mucha atención a los detalles en la construcción de toda superficie bituminosa pulverizada, incluyendo los Sellos Otta. Estos son: Uniones o juntas; se necesita mucho cuidado en todas las juntas, tanto horizontales como longitudinales, para asegurar que la cantidad suficiente de breya sea pulverizada y que se aplique bien el rodillo y se permita el tránsito sin problemas. Es necesario asegurar que se obtenga una superposición mínima en la junta de 150mm y que se aplique nuevamente el rodillo para aplanar las juntas y la acumulación de breya causada por la pulverización adicional. Para evitar las uniones longitudinales de preferencia se debe pulverizar todo el ancho del camino de una sola pasada; siempre y cuando la maquinaria lo permita. Si es necesario el uso de uniones longitudinales, estas deberán ser ubicadas fuera del camino principal; como por ejemplo en los bordes o en la línea central del camino. Las uniones transversales deben ser construidas de acuerdo a las técnicas normales de sellado mediante las cuales se utilizan láminas de acabado y el final de la sección previa sea cubierta para realizar una línea de inicio exacta en la nueva sección. Si se

excede o se limita su aplicación, causará acumulaciones o “baches” y el agregado se desprenderá. Las uniones transversales nunca deben ser colocadas una encima de la otra. Estas uniones deben ser intercaladas por aproximadamente 50 metros.

Intersecciones con señales de tránsito, desvíos y pendientes pronunciadas; debidas a la suavidad de la cobertura los altos rangos de aplicación de la misma, el tráfico pesado de camiones puede afectar el sello en la superficie del camino justo en la etapa inicial de su vida útil de servicio. Esto puede provocar que se formen surcos de brea, exponiendo la base del sello. En las pendientes pronunciadas, al igual que en los Sellos de Brea Convencionales, el Sello Otta necesitará de un ajuste en los rangos de aplicación de la cobertura en las pendientes pronunciadas para prevenir un “sangrado” excesivo y la inestabilidad durante la etapa inicial del sello. Lo mismo aplica en gradientes colina abajo en combinación con curvas cerradas justo donde los vehículos tienden a frenar excesivamente. En áreas donde esto pueda ser un problema, se debe reducir el contenido de la cobertura en 0.3 l/m² y utilizar agregados gruesos y toscos. En áreas donde esta situación será el principal problema, la cobertura debe ser de grado de penetración de 150/200 y de ser posible algo más duro que eso. Esto se logra añadiendo de 2 a 3% de kerosene (parafina fuerte o de iluminación) a la brea de grado de penetración de 80/100.

Mantenimiento del tratamiento superficial con Otta Seal. - Como resultado de las mejores características de durabilidad de los Sellos Otta, no se requiere de mayor mantenimiento como en los otros sellos convencionales. De esta manera, la aplicación de un pulverizado superficial, requerido cada 3 a 4 años para los Sellos de Brea Convencionales, no son necesarios con los Sellos Otta. Además, la frecuencia de resellado en los Sellos Otta varía entre 9 a 15 años, dependiendo del tipo de sello y en los Sellos de Brea Convencionales esta aplicación se debe realizar en el orden de los 7 años. La reparación o resellado de cualquier defecto es similar en los Sellos Otta como en cualquier otro tipo de sellos. (Verby, 1999).

Uso de Sellado Otta como proceso de Re-sellado .- El uso de los Sellos Otta como técnica de resallado no difiere de otro tipo de resellado usado comúnmente. Se requiere la misma preparación para un resellado con Sellos Otta como cualquier otro sello convencional. Sin embargo, a diferencia de los Sellos de Brea

Convencionales donde el tamaño del agregado es un factor importante dependiendo del agregado del sello actual, esta técnica desordenada de agregados no se cumple para los Sellos Otta. Se puede utilizar cualquier agregado cuyo tamaño esté dentro del grado de envoltura recomendado. Se recomienda el uso de los Sellos Otta para resellar caminos muy agrietados o parchados, pero que estén estructuralmente sanos. Esto debido al uso de coberturas de baja viscosidad, alto contenido de partículas en las coberturas y buena unión entre las partículas de la capa de agregado grueso, todo ello hace que los Sellos Otta sean muy flexibles. Los rangos recomendados para el pulverizado de Sellos Otta como resellado se muestran en la siguiente figura (Verby, 1999).

4. RANGOS DE APLICACIÓN DE AGREGADO			
Tipo de Sello	Rangos de aplicación del agregado (m ³ /m ²)		
	Grado "abierto"	Grado "medio"	Grado "denso"
Sellos Otta	0,013 - 0,016	0,013 - 0,016	0,016 - 0,020
Sellos de cubierta de arena	0,010 - 0,012		

Figura 5. Procedimientos de diseño del Sellado Otta.

Fuente: Guía Para el Uso del Método de Sellado Otta

En la práctica los rangos de aplicación del agregado pueden variar con la finalidad de reducir el riesgo de "sangrado".

III. METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO, TIPO, NIVEL Y ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Método

La metodología que se emplea en la investigación sienta sus bases en los procedimientos bien estructurados para el desarrollo de la investigación, es así que se define como enfoque mixto la investigación, porque se toma en cuenta tanto el enfoque cuantitativo y enfoque cualitativo para el tratamiento de la investigación.

Enfoque cuantitativo, “conjunto de procesos estructurados que tiene como finalidad probar la hipótesis, en base a la medición numérica y el estudio estadístico, de esta manera probar teorías y establecer pautas de comportamiento” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014 p. 4).

Enfoque cualitativo, parte de la recolección y análisis de datos, de esta manera se va afinando la pregunta de investigación durante o después de la recolección de datos, porque no existe un proceso definido claramente. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

De acuerdo al tipo de investigación corresponde a la *investigación aplicada* porque pretende solucionar un problema de la realidad, una necesidad latente de la población de acuerdo a las teorías existentes. La investigación aplicada para Carrasco (2008) se define como “una investigación práctica, que transforma, modifica y produce cambios en el sector de la realidad, a partir de las teorías científicas” (Carrasco, 2008, p.43).

Nivel de investigación

En cuanto al nivel de investigación pertenece al *nivel Descriptivo*, porque se describe el problema de acuerdo al planeamiento. En concordancia con Arias (2012) define de la siguiente manera: “consiste en describir un hecho, individuo o grupo, fenómeno con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24).

Para Hernández, Fernández & Baptista (2014) la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y perfiles de los objetos y fenómenos que se analiza en el proceso de investigación, únicamente con el propósito de recolectar información de las variables en estudio.

Diseño de la investigación

En cuanto al diseño de la investigación pertenece a la investigación *no experimental*, porque las variables se estudian tal como son, son observados en su contexto natural para luego analizarlos, tal como se ilustra.

Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) la investigación no experimental es donde no se hace variar de forma intencional las variables para observar un cambio en otra y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” (p. 152).

$$M \longrightarrow O$$

Donde:

M = Área de influencia que une la carretera de Andahuaylas a Negromayo.

O = Comprende los estudios y la observación de la muestra.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables son características y propiedades que pueden ser cuantitativas o cualitativas de un fenómeno a estudiar, estas variables varían al momento de medir u observar y adquieren diversos valores para la investigación científica.

Para la siguiente investigación se formuló las siguientes variables:

Variable independiente: Análisis Del Tratamiento Superficial Asfáltica De Rodadura Con “Otta Seal.

Variable dependiente: Mejorar la transitabilidad.

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE: ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFÁLTICA DE RODADURA CON " OTTA SEAL	Otta Seal es una carpeta de rodado asfáltica que se usa en caminos de bajo tránsito. Consiste en una superficie bituminosa de 16 o 32 mm de espesor (una o dos capas) y su ejecución incluye el riego de un asfalto blando aplicado en caliente, seguido del riego de un agregado integral que es compactada dentro del asfalto usando un rodillo o camiones cargados.	Otta Seal es una técnica que se utiliza en el tratamiento superficial de la carpeta asfáltica. Es conveniente emplearlas en carreteras rurales donde existe bajo tránsito vehicular.	Diseño	Estudios Básicos Diseño	Nominal - Especificaciones técnicas
			Proceso de construcción	Imprimación	
				Sellado	
				Detalles	
			Costo de construcción	Calidad	
				Presupuesto	
Mantenimiento	Costos unitarios	Costo de mantenimiento vial			
VARIABLE DEPENDIENTE: MEJORAR LA TRANSITABILIDAD	Consiste en una solución para mejorar o ampliarlas características técnicas y geométricas de las carreteras con variaciones en el eje transversal o eje vertical, ampliación de curvas y cambios en las características de la superficie de rodadura respecto al diseño original de la carretera.	El objetivo es mejorar la transitabilidad de los vehículos optimizando el tiempo y que los usuarios tengan un viaje placentero por las condiciones óptimas de la carretera.	Topografía	Pavimento existente	Nominal - Especificaciones técnicas
			Daños en superficie de rodadura	Bacheo	
				Erosión	
			Obras de arte	Drenaje	
				Alcantarillas	
				Badenes	
			Señalización	Señal informativa	
				Señal preventiva	
				Señal regulatoria	
				Hitos	
Mejoramiento	Alternativas				

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

POBLACIÓN: La población, “comprende el conjunto finita e infinita de elementos que presentan características comunes para las cuales se presentaran las conclusiones de la investigación” (Arias 2012, p.81). Para el desarrollo de la investigación la población constituye el segundo tramo de la carretera que une Andahuaylas y Negromayo, que comprende una longitud de 154.51 Km.

MUESTRA: Para Arias (2012) se define la muestra como “el subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83). Para efectos de investigar el mejoramiento de la carretera empleando la técnica Otta Seal, se planteó una muestra de 8 km de carretera Andahuaylas a Negromayo, que comprende del Km 70+000 al Km 78+000, ya que la carretera presenta similares condiciones y por las limitantes en el estudio.

MUESTREO: Para Arias (2013, p.87) el muestreo es una recopilación a nivel poblacional en el cual se obtiene elementos de la población a estudiar para la elaboración de la investigación del cual se realizará la evaluación de la población.

El muestreo a emplear será no probabilístico puesto que se elegirá en forma directa el tramo de 5km que compre del Km 70+000 al Km 75+000. Como podemos deducir, es un tramo elegido a conformidad de los investigadores.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica de recolección de datos: “Esta toma de medida es más viable, siempre y cuando el instrumento usado de recolección muestre las distintas variables que se tienen pensadas. De no ser así, la medición realizada es ineficaz”. (Gauchi Veronica, 2017 pág. 18). Se utilizará las siguientes técnicas: La observación directa e información directa.

Instrumentos de recolección de datos: “Esta medida es de gran utilidad cuando el instrumento para la utilización de recolección de datos demuestra a las variables que dadas en mente. De no se darse el caso, demuestra una ineficiente medición” (Lafuente y Marín, 2008 pág. 18). Se utilizó los siguientes instrumentos: Ficha de observación y guía de información.

Validez y confiabilidad: De acuerdo a los autores Hernández, Fernández & Baptista (2014) la validez se puede definir como: “el grado en que un instrumento en verdad mide la variable que se busca medir” (p. 200). Para el efecto de validez del instrumento se cuenta con la aprobación de 3 jueces expertos profesionales con experiencia, conocedor del área de investigación en el tratado técnico, metodológico y temático. Por lo que sus veredictos representan validez del instrumento en cuanto a la forma, estructura y contenido. Tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2
Resultados de validación del instrumento

Apellidos y Nombres	Calificación
Evaluador 01	Procede
Evaluador 02	Procede
Evaluador 03	Procede

Elaboración: Propia.

3.5. Procedimiento

Después de haber planteado la hipótesis, se llevará a cabo el desarrollo de investigación, donde está constituida por los diversos pasos a seguir primeramente se identificara el lugar donde se desarrollara la investigación, para después conocer la problemática de esta, por otro lado se ira identificando nuestros objetivos para poder así avanzar con la investigación, seguido a ello se llevara a ensayos de laboratorio nuestro tema de investigación para cumplir las normas peruanas (NTP), lo cual esta garantiza su debido proceso y la legalidad.

3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizaron los laboratorios de mecánica de suelos de acuerdo a las normativas de carreteras y análisis técnico en el desarrollo de la investigación.

En cuanto a los estudios de gabinete se empleará los programas para calcular y formular como es el caso de S10 para calcular los costos y presupuestos, el Autocad para elaborar los planos topográficos, Hcanales para el diseño de alcantarillas y canales de drenaje de aguas y el Ms Project para programar las

actividades. **Procedimientos:** Se iniciará con identificar el estado situacional de la carretera respecto al estado de la plataforma, obras de drenaje y alternativas de solución. Se analizará la información del expediente técnico: respecto al diseño, construcción, costos de construcción, especificaciones técnicas y costo de mantenimiento. Se verificará en campo la ejecución de los trabajos de todas las etapas como se puede apreciar en el panel fotográfico.

3.7. Aspectos éticos

Es útil reflexionar en las ciencias éticas, ya que poseen diversas maneras de analizar las conductas del ser humano e ideologías para hacer uso del instrumento correcto (Ramirez y zwerg, 2012 pág. 91). La investigación dada ha sido elaborada en base de fuentes sumamente confiables, manteniendo el citado de sus determinados autores, previniendo de esta forma redifusión de un posible plagio. Los aspectos éticos se basan en los derechos de autor, utilización de las normas y la metodología que justifica la autenticidad del trabajo de investigación. Los datos e información recolectados representan confiabilidad y confidencialidad, ante todo, por la recolección en situ y actual de los datos donde se encuentra desarrollando el mejoramiento de la carretera Andahuaylas a Negromayo.

IV. RESULTADOS

Estado situacional de la carretera

Topografía

El tramo en estudio presentaba una topografía accidentada a media ladera, de orografía tipo 2, con pendientes de 3% hasta 6%. Como se muestra en la siguiente tabla y figura.

Tabla 3

Topografía de la carretera en estudio

Progresiva		Tipo de Terreno	Pendiente (%)		Ancho Superf. Rodadura
Del Km	Al Km		Mín.	Máx.	
70+000	70+500	1	0	3	5.25
70+500	70+800	1	0	3	5.30
70+800	70+950	1	0	3	5.45
70+950	71+200	2	3	6	5.60
71+200	71+500	2	3	6	5.55
71+500	71+700	1	0	3	5.45
71+700	71+850	1	0	3	5.50
71+850	72+000	1	0	3	5.60
72+000	72+400	1	0	3	5.60
72+400	72+900	1	0	3	5.50
72+900	73+100	1	0	3	5.55
73+100	73+150	2	3	6	5.55
73+150	73+600	2	3	6	5.50
73+600	73+800	2	3	6	5.50
73+800	74+100	2	3	6	5.45
74+100	74+215	1	0	3	5.50
74+215	74+290	1	0	3	5.60
74+290	74+750	1	0	3	5.50
74+750	75+000	1	0	3	5.45
Tipo de terreno		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Pendiente longitudinal		p% < 3%	3% > p% < 6%	6% > p% < 8%	p% > 8%
Orografía		Plano	Ondulado	Accidentado	Escarpado



Figura 6. Topografía de la carretera km 70+000 - km 75+000

Fuente: Elaboración propia

Daños en superficie de rodadura

El tramo en estudio presentaba una superficie de rodadura de un afirmado erosionado en regular estado con baches y ahuellamientos, las características de la superficie de rodadura se encuentran sin mantenimiento. Como se muestra:

Tabla 4

Estudio de daños en la carretera en estudio

Progresiva		Daños pavimento		Observaciones / Comentarios
Del Km	Al Km	tipo	dimensiones	
70+000	75+000	1, 2 y 3	De 1 a 3	Se aprecia deformación, erosión y baches en la superficie de rodadura, progresivas km 70+000 - km 75+000
Tipo de Daño:		Deformación: 1	Baches: 3	Lodaza: 5
		Erodición: 2	Encalaminado: 4	Cruce de agua: 6



Figura 7. Estado de la plataforma km 70+000 – km 75+000

Fuente: Elaboración propia

Drenaje

El tramo en estudio presenta afluente de aguas temporales y estacionarias, que se encuentra a lo largo de la vía por lo que es importante hacer el estudio hidrológico. De esta manera, se ha identificado las condiciones en las que se encuentra las cunetas por donde circulan las aguas para luego evacuar por alcantarillas, badenes, etc. Estas se encuentran en gran parte obstruidas por derrumbes, malezas y otros. Tal como se muestra en las figuras.



Figura 8. Drenaje y cunetas de la plataforma km 70+000 – km 75+000

Fuente: Elaboración propia

Alcantarillas: Las alcantarillas en su mayoría requerían limpieza inmediata de vegetación y sedimentos, el sistema general de drenaje es deficiente debido al mal estado de la mayor parte de alcantarillas los que en algunos casos se encontraban colapsadas, desaparecidas o colmatadas y obstruidas.

Badenes: Los badenes se encontraban en regular estado funcional, debido a la temporada de lluvias, varios de ellos obstruidos, así como también presentaban fisuras por asentamiento y fracturas en su superficie.

Señalización: En el recuento de señalizaciones verticales en lo largo de la vía en estudio no se identificó ninguna, por consiguiente es de suma necesidad contar con estas señales por las condiciones y topografía que presenta esta vía.

Alternativas de mejoramiento

Alternativas de solución I: Perfilado y compactado de la superficie de rodadura y luego la colocación de un **material granular estabilizado con emulsión asfáltica** de e=15cm y protegiéndola con una superficie de rodadura con un **mortero asfáltico** de e=1cm en un ancho de calzada de 6m complementándose con la limpieza de cunetas, colocación de alcantarillas y señalización de seguridad vial.

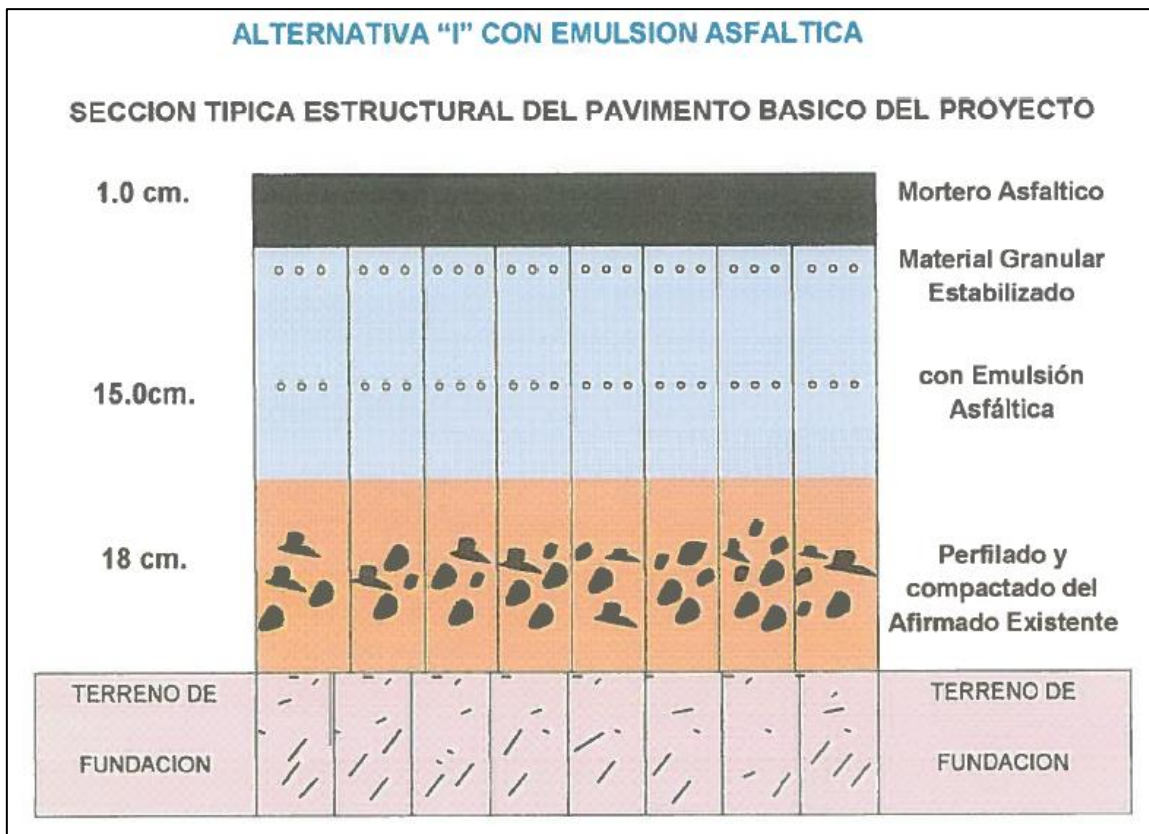


Figura 9. Alternativa I

Fuente: Estudio de preinversión

Alternativas de solución II: Perfilado y compactado de la superficie de rodadura y luego la colocación de un **material granular estabilizado con cemento portland tipo I** $e=30\text{cm}$ y protegiéndola con una superficie de rodadura con un **mortero asfáltico** de $e=1\text{cm}$ en un ancho de calzada de 6.00m complementándose con la limpieza de cunetas, colocación de alcantarillas y señalización de seguridad vial.

función al tipo de material, la estratigrafía de las calicatas, a la estratigrafía de la zona y a la tendencia de los valores de CBR.

Tabla 5

CBR para calicatas - tramo en estudio

CALICATA	PROG.	PROF.	CLASIFICACIÓN		CBR	
			SCS	AASHTO	0.1"	0.2"
145	71+000	0.00 – 0.15	GW-GM	A-1-a	74.6	93.6
		0.15 – 1.80	SC	A-2-7	20.0	24.7
149	73+000	0.00 – 0.30	SM	A-1-b	30.0	37.9
153	75+000	0.00 – 0.20	SP – SM	A-1-a	19.9	26.1
		0.20 – 1.80	SW-SM	A-1-b	30.6	38.9

Fuente: Elaboración propia

Estudio de tráfico: El conocimiento del tráfico es fundamental en la ingeniería aplicada por que permite conocer su comportamiento, con el cual se calculó el número de repeticiones de ejes equivalentes (EE).

Con base en el estudio de tráfico, se tomó la información de número de ejes equivalentes para un periodo de 10 años, para poder determinar el faltante estructural por medio de la metodología AASHTO 93.

Tabla 6

Eals de diseño

TRAMO	RUTA	EALS (10 AÑOS)
Tramo II	PE – 30B	1.45.E + 05

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del número estructural total (SN) se utilizó la metodología establecida en el manual AASHTO 93, en diseño de pavimentos que debe satisfacer la estructura del pavimento.

Ensayo de los agregados en cantera: Podemos deducir que las características físico mecánicas de la cantera del Km 85+500 cumplen con los requisitos mínimos de acuerdo al estudio realizado en el anexo n° 03.

Tabla 7

Resumen de estudio de cantera

CANTERA KM 85+500			
ENSAYOS	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES	OBSERVACION
GRANULOMETRIA	GP-GC	HUSO	-
LIMITE LIQUIDO (%)	25.00	35 MÁX.	CUMPLE
INDICE PLASTICO (%)	6.00	4 - 9	CUMPLE
ABRASIÓN (%)	30.50	50 MÁX.	CUMPLE
CBR (%)	65.20	40 MIN.	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

CBR de diseño

A continuación, se muestra el cuadro resumen de determinación de CBR equivalente:

Tabla 8

Módulo resilente para el tramo en estudio

Tramo	Inicio - Fin	CBR diseño 95%	Módulo resilente PSI	Característica de la subrasante
II	70+000 - 75+000	30	22529	excelente

Fuente: Elaboración propia

Método de diseño

El procedimiento adoptado fue la Guía Aashto 93 1993:

- Variables de diseño: Periodo de análisis, tráfico, confiabilidad, desviación estándar, periodo de diseño.
- Criterios de desempeño: Serviciabilidad.
- Propiedades estructurales de los materiales: Modulo resilente efectivo de la subrasante, coeficiente estructural de capa.
- Característica coeficiente de capa.

Resumen de Parámetros de diseño.

A continúan se detalla el resumen de parámetros utilizados para el diseño del tramo en estudio:

Tabla 9
Resumen de parámetros de diseño

RESUMEN DE PARAMETROS	TRAMO II
Trafico de diseño	1.45.E + 05
Confiabilidad (R%)	65%
Coefficiente estadístico de desviación estándar (Zr)	-0.385
Desviación estándar combinada (So)	0.45
Serviciabilidad Inicial (pi)	3.80
Serviciabilidad final (pf)	2.00
^ PSI	1.8
Periodo de diseño (años)	10

Fuente: Elaboración propia

Número estructural requerido.

A continuación, se detalla el número estructural requerido para el tramo en estudio.

Tabla 10
Número estructural requerido

TRAMO	Inicio - Final	CBR diseño (%)	Módulo de Resilencia	Eals de diseño	Número estructural requerido
Tramo II	70+000 – 75+000	30	22529	1.45.E + 05	1.38

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del número estructural de diseño – base granular tratado con emulsión asfáltica.

La expresión que relaciona el número estructural de diseño con los espesores de capa es la siguiente:

$$SN = a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Donde:

a2, a3 = Coeficientes estructurales o de capa (base estabilizada y mejoramiento respectivamente).

m1, m2 = Coeficientes de drenaje (base estabilizada y mejoramiento respectivamente).

D2, D3 = Espesores de capa (base estabilizada y mejoramiento respectivamente).

Para el caso de material afirmado existente, de espesor promedio 0.15m, del corredor vial se consideró incluir como parte del cálculo del espesor de diseño brindando un aporte estructural. A continuación, se determinan los valores de los coeficientes estructurales y coeficientes de drenaje para determinar los espesores.

Coeficiente estructural de la base estabilizada con emulsión asfáltica; Para una buena estabilidad de 1500lb el valor de coeficiente estructural corresponde a 0.29/pulg (0.115/cm) por lo cual este es el valor usado para el cálculo del número estructural de diseño.

Coeficiente estructural de la capa de afirmado existente; Para un valor de CBR 35% el valor de coeficiente estructural corresponderá a 0.10/pulg (0.04/cm) por lo cual este es el valor usado para el cálculo del número estructural de diseño.

Coeficiente estructural de la base estabilizada con cemento; Se toma como referencia el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Se observa que se recomienda utilizar n valor de coeficiente estructural de 0.070cm (0.17/pulg). Por lo cual este es el valor usado para el cálculo del número estructural de diseño.

Coeficiente de drenaje; Es un factor importante para el buen comportamiento del pavimento.

Tabla 11

Coeficiente de drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Bueno	1 día

Fuente: Elaboración propia

Espesores de diseño de pavimento con emulsión asfáltica.

A continuación, se detalla el resumen de espesores del diseño de pavimento:

Tabla 12

Espesores de diseño

Tramo	Espesores alternativa de solución básica		SN requerido	SN diseño
	Espesor material granular estabilizado c/emulsión asfáltica	Aporte estructural de material granular existente vía		
II 70+000 – 75+000	15.00 cm	15.00 cm	1.42	2.33

Fuente: Elaboración propia

Solución básica.

Para el tramo en estudio primeramente se planteó las siguientes soluciones básicas.

- Solución básica: Material granular estabilizado con emulsión asfáltica (15cm)
- Aplicación de mortero asfáltico.

Tabla 13

Solución básica planteada

Tramo	Espesores alternativa de solución básica		SN requerido	SN diseño	Superficie de rodadura
	Espesor material granular estabilizado c/emulsión asfáltica	Aporte estructural de material granular existente vía			
(II) KM 70 - 75	15.00 cm	15.00 cm	1.42	2.33	Mortero Asfáltico (Slurry Seal)

Fuente: Elaboración propia

Planteamiento de cambio de solución básica.

Para el tramo en estudio se planteó las siguientes soluciones básicas.

- Solución básica: Material granular estabilizado con cemento (30cm).
- Aplicación de mortero asfáltico tipo Otta Seal.

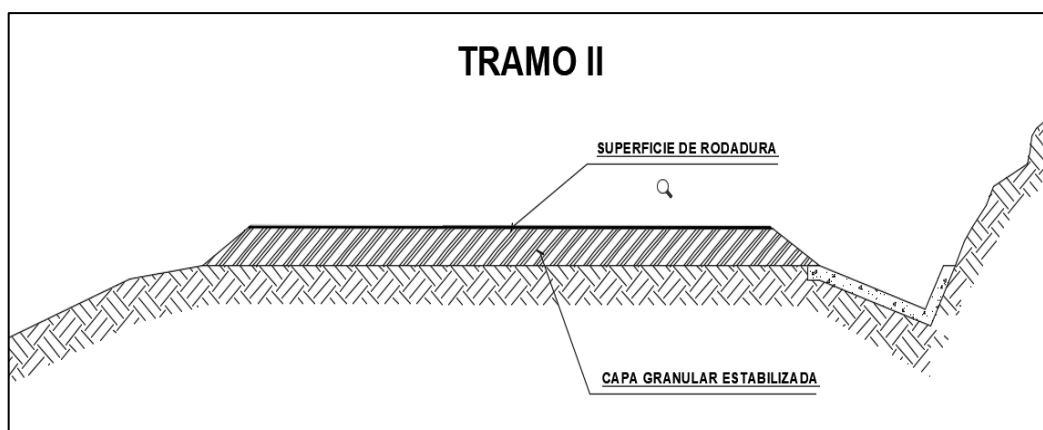


Figura 12. Planteamiento de nueva solución básica

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los materiales a utilizar para la solución adoptada, se indica en el siguiente cuadro resumen el porcentaje de cemento para una resistencia mínima requerida 18kg/cm² con un contenido óptimo de cemento.

Tabla 14

Porcentaje de cemento en base estabilizada

TRAMO	CANTERA	(%) Óptimo de cemento (18kg/cm ² min, 7 días)	Humedecimiento – Secado (Max 14%)
II	6	6.25	13.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Espesores recomendados con material granular estabilizado con cemento

Tramo	Espesores alternativa de solución básica		SN requerido	SN diseño	Superficie de rodadura
	Espesor material granular estabilizado c/cemento	Aporte estructural de material granular existente vía			
(II) KM 70 - 75	30.00 cm	15.00 cm	1.42	2.70	Mortero Asfáltico (Otta Seal)

Fuente: Elaboración propia

Diseño de recubrimiento bituminoso tipo “Otta Seal”.

A. Determinación de tamaño medio y dimensión mínima.

De los estudios realizados a los agregados se obtiene lo siguientes resultados:

Tabla 16

Tamaño medio y dimensiones mínima

Dimensiones del agregado	Resultados
Tamaño medio	0.50pulg (12.50mm)
Índice de partículas chatas y alargadas	15%
Dimensión mínima	0.4 pulg (10.16mm)

Fuente: Elaboración propia

B. Cálculo de vacíos en el agregado en estado suelto (V).

De los estudios realizados a los agregados se obtiene lo siguientes resultados:

$$V = 1 - \frac{W}{100G}$$

Donde:

W: Peso unitario suelto

G: Peso específico aparente

Tabla 17

Vacíos en el agregado

Peso	Resultados
Peso unitario suelto	1.795kg/m3
Peso específico	2.689gr/cm3
Vacíos del agregado	0.332%

Fuente: Elaboración propia

C. Características del agregado.

Tabla 18

Características del agregado

Características	Resultados
Tamaño medio	12.50mm
Índice laminar	15%
Dimensión mínima	10.16mm
Peso unitario suelto	1.795kg/m ³
Peso específico	2.689gr/cm ³
Vacios del agregado	0.332%

Fuente: Elaboración propia

D. Factores de corrección.

Factor de merma – E

$$E = 1 + \frac{\% \text{ merma permitida}}{100}$$

Tabla 19

Merma

N°	Merma permitida	Factor E
1	1.0	1.01
2	2.0	1.02
3	3.0	1.03
4	4.0	1.04
5	5.0	1.05
N	n	En
20	20.0	1.2

Fuente: Elaboración propia

- Merma de 20.0%; E= 1.15

Factor de corrección estado de superficie – S.

Tabla 20

Factor de corrección estado de superficie – S

Estado de la superficie de la carpeta	Factor S It/m2
Llorada de asfalto	-0.136
Pulida NO porosa	0.00
Ligeramente porosa y oxidada	0.14
Ligeramente porosa, agrietada y oxidada	0.27
Muy agrietada, porosa y oxidada	0.40

Fuente: Elaboración propia

- Imprimación con tráfico – porosa y oxidada $S = 0.250$

Factor de tránsito – T.

Tabla 21

Factor de tránsito – T

Número de vehículos pesados / día	Factor T
Menos de 100	0.85
De 100 a 500	0.75
De 500 a 1000	0.70
De 1000 a 2000	0.65
Más de 2000	0.60

Fuente: Elaboración propia

- Tramo II = 0.75

Factor de absorción – A

Factor de corrección por absorción dependiendo el tipo de material a emplear:

- $A = 0.04$

Factor de residuo asfáltico – R

Residuo asfáltico de la emulsión:

- $R = 0.700$

Factor de clima – K

Factor de corrección que se determina de acuerdo con las condiciones del clima, tránsito, etc., que puede ser igual o mayor a la unidad que es un valor normal, llegando a ser climas muy fríos hasta 1.2.

- Para Andahuaylas $K = 1.1$

Factor de corrección – M

Factor de corrección que debe determinarse de acuerdo con la experiencia de las condiciones locales del clima, tránsito, material pétreo, etc., y puede ser igual o mayor a la unidad siendo este un valor normal.

- Factor de corrección $M = 1.3$

E. Tabla resumen – factores de corrección.

Tabla 22

Resumen de factores de corrección

	Factor	Valor
Merma	E	1.15
Tránsito	T	0.75
Corrección	S	0.25
Absorción	A	0.04
Residuo	R	0.70
Corrección	M	1.30
Corrección	K	1.10

Fuente: Elaboración propia

F. Cálculo cantidad de agregado.

$$C = M(1 - 0.4V)HGE$$

C: Cantidad de agregado esparcido en kg/m².

M: Factor de corrección.

V: Vacíos en el agregado suelto en % expresado en decimal.

H: Dimensión mínima promedio del agregado en mm.

G: Peso específico aparente.

E: Factor de merma del agregado.

$$C = 35.41 \text{ kg/m}^2$$

G. *Cálculo cantidad de producto asfáltico.*

$$B = \frac{(0.40 \text{ HTV} + S + A)}{R} K$$

H: Dimensión mínima promedio del agregado en mm.

T: Factor de tránsito.

V: Vacíos en el agregado suelto en % expresado en decimal.

S: Factor de corrección según estado de carpeta.

A: Factor de corrección por absorción del material a utilizar

R: Residuo asfáltico de emulsión.

K: Factor de corrección por condiciones de clima.

B: 2.05 litros/m²

H. *Diseño preliminar con producto asfáltico a base de "pen blanco"*

Tabla 23

Diseño preliminar

	PESO	VOLUMEN
Cantidad de agregado	35.41 kg/m ²	0.020 m ³ /m ²
Cantidad de emulsión	2.05lts/m ²	

Fuente: Elaboración propia

La construcción de los sellos Otta es generalmente similar al sello Chips (tratamiento superficial) convencional. El ligante se aplica en la superficie seguida por dispersión y rodillado de los agregados. Sin embargo, la utilización del primero no es esencial para los sellos Otta.

Una buena imprimación entre la capa de la base y la superficie es muy importante para sellos Otta como para cualquier sello bituminoso.

La capa de base debe estar libre de todo el polvo o cualquier otra materia extraña antes de iniciar las operaciones de la superficie. Con el fin de suprimir cualquier tipo de polvo, y para promover una cierta penetración en la capa base, es necesario llevar a cabo un primer riego antes de rociar ligante. Después de rociar la capa base se debe permitir que se seque a un estado humedecido antes de aplicar el ligante.

Capa base imprimada: Preparación de una imprimación de superficie para la construcción de sellos Otta es similar a las buenas prácticas y procedimientos adoptados para colocar cualquier sello bituminoso.

Riego del bitumen: Si al momento de regar el bitumen y la superficie de la base granular estuviese seca, se deberá aplicar un ligero riego de agua tipo neblina. La idea es humedecer la superficie completa a ser protegida por el sello tipo Otta Seal. Queda prohibida la aplicación del bitumen sobre una superficie seca, ya que esto impide un riego uniforme. La temperatura de riego del bitumen será entre 140 a 160 °C.

La cantidad de bitumen a regar dependerá de la granulometría del material, de acuerdo a lo establecido en la sección de materiales, Agregados Pétreos.

En caso, que la curva granulométrica esté comprendida dentro de la zona abierta la dosis de bitumen será de 1,7 l/m². Si la curva granulométrica del agregado pétreo se encuentra en la zona tipo Media dosis de bitumen será de 1,8 l/m². Si la curva granulométrica se encuentra en la zona tipo densa la dosis de bitumen será de 1,8 l/m². Si la curva granulométrica se encuentra en la zona tipo densa la dosis de bitumen será de 2,0 l/m².

Riego del agregado pétreo: Inmediatamente después de aplicada la película de bitumen, esta debe ser cubierta con el agregado pétreo.

Este se deberá distribuir mediante el empleo de una gravilladora que permita el esparcido en forma uniforme. Esta será alimentada por camiones tolva adosados a ella. La dosis a esparcir será tal que se forme una capa homogéneamente distribuida cubriendo totalmente el riego de bitumen en un espesor aproximado de 10mm.

Si la curva granulométrica está comprendido dentro de la zona tipo abierta o dentro de la zona tipo media, entonces la dosis estará en rango entre 0.013 a 0.016 m³/m². Si la curva granulométrica se encuentra dentro de la zona densa, entonces a la dosis de agregado pétreo estará en el rango entre 0.016 y 0.020 m³/m².

Compactación

Un rodillo liso deberá operaren todo momento detrás del equipo esparcidor de agregado pétreo, efectuando la compactación inicial del sello tipo Otta Seal con traslapes de rodillo de mínimo 30 cm, hasta cubrir al menos una vez el ancho total de la superficie. Este rodillo le dará especial énfasis a la compactación del eje.

Detrás del rodillo liso deberán ir compactando el rodillo neumático. La faena de compactación consistirá en un mínimo de quince pasadas completas de rodillo neumático sobre la misma superficie, sin incluir la compactación inicial del rodillo liso.

Una vez finalizada la compactación se permitirá el tránsito de equipos, camiones y vehículos particulares, los cuales deberán transitar a una velocidad menor a 50 km/h.

La operación de compactación con rodillo neumático se deberá repetir por 5 días, y siempre cuando exista una temperatura mínima de 13°C en la superficie del sello tipo Otta Seal.

Juntas Transversales

Para darle continuidad al sello tipo Otta Seal se ejecutan traslapes transversales al inicio y al término de cada tramo de sellado. El traslape transversal debe ser unos 10 cm de ancho aproximadamente. Se debe colocar una tira de cartón, lata o similar de 5m de largo por 50 cm de ancho sobre el área barrida y soplada, dejando

aproximadamente, los últimos 10 cm del sello expuestos al riego de bitumen para conformar una perfecta junta transversal.

Barrido del agregado pétreo

Después de dos a tres semanas de la aplicación del Otta Seal, barrer hacia la vía el agregado que por “exceso” inicial haya sido desplazado hacia las zonas laterales de la misma.

Condiciones del tránsito usuario durante la faena de sellado

En caso que se deba mantener el tránsito por el mismo camino en tratamiento, el sello tipo Otta Seal se aplicara por media calzada, no pudiéndose iniciar los trabajos en la otra calzada hasta que sea transitable a la primera.

Condiciones climáticas

Solo se procederá a la aplicación del bitumen cuando la temperatura de la superficie de la base granular sea igual o mayor a 13°C, y no se podrá ejecutar cuando existan condiciones de viento que formen el abanico de bitumen que sale de la barra regadora impidiendo un riego uniforme. Tampoco se podrá aplicar bitumen en presencia de precipitaciones.

Operaciones de sellado

En el día de la construcción

Una regla del dedo pulgar es suponer que en buen resultado habría sido alcanzado cuando se puede ver el ligante presionado entre las partículas del agregado, escasamente distribuidos en la huellas del camión esparcidor de aglomerante o por las ruedas.

El rodillado suficiente de los sellos Otta no puede estar por encima del asentamiento (o aplastamiento). Un mínimo de dos cilindros neumáticos con un peso mínimo de 12 toneladas o más, es esencial en el día de la construcción, ya que tienen una capacidad superior de amasar el ligante hacia arriba entra las partículas del agregado, y para ejercer presión sobre toda el área. Se debe dar un mínimo de 15 pasadas con un rodillo de ruedas neumáticas por toda la superficie, incluida berma, en el día de la construcción.

Después que se haya completado el rodillado inicial (el día de la construcción) puede ser una ventaja solicitar un pase con un rodillo tándem estático de acero de 10-12 toneladas conjuntamente para mejorar el empotramiento de los agregados grandes.

Tabla 24

Consideración después del tratamiento

APISONAMIENTO DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	REQUISITOS MINIMOS
En el día de la construcción	15 pases con rodillo neumáticos (peso > 12 toneladas) + 1 pasada con un rodillo tándem estático de acero
De 2 – 3 semanas después de la construcción	Barrer el exceso de descuento en cualquier agregado

Fuente: Elaboración propia

Durante este proceso, cualquier agregado débil será partido y contribuirá a la elaboración de una matriz de textura densa.

Se debe permitir el paso del tráfico comercial en el área de superficie inmediatamente después de la finalización del rodillazo inicial con el rodillo neumático (S). Esto ayudara aún más en el amasado de la mezcla del ligante/agregado.

Un límite de velocidad máxima de 40 – 50 km/hora, debe ser impuesto inmediatamente después de la construcción y sostenida durante 2-3 semanas, luego cualquier exceso de agregado deberá ser barridos fuera de la vía.

Se debe permitir el paso del tráfico comercial en el área de la superficie inmediatamente después de la finalización del rodillazo inicial con el rodillo neumático (S). Esto ayudara aún más en el amasado de la mezcla del ligante/agregado.

Un límite de velocidad máxima de 40-50 km/hora, debe ser impuesto inmediatamente después de la construcción y sostenida durante 2-3 semanas, luego cualquier exceso de agregado deberá ser barridos fuera de la vía.

Detalles importantes de construcción

Intersecciones con señales de volteo o rotondas

Debido al ligante relativamente suave y de la alta tasa de aplicación del ligante, los camiones pesados pueden empujar el sello a través de la calzada durante la vida del sello. Esto puede causar que las crestas de asfalto, que se constituirá, exponga la base en la parte inferior de los “baches”.

En las zonas donde esto puede ser un problema, se debe reducir el contenido del ligante de 0,3 l/m² y utilizar una clasificación de agregados gruesos. En los casos en que esto es considerado como un problema importante, el ligante debe ser de grado de penetración 150/200, o si posible un grado de penetración más difícil que 150/200. Esto puede lograrse mediante la adición de 2-3 % de kerosene (parafina o parafina de iluminación) a un asfalto de grado de penetración 80/100.

Aceptación de los trabajos

Los controles

En la etapa de la ejecución de las actividades, el supervisor efectuara los controles principales de:

- En cada fase de las actividades, verificar la implementación del mantenimiento de tránsito y seguridad vial.
- Se verifica la seguridad en el trabajo, que el personal cuente con los equipos y materiales óptimos.
- En cuanto a los materiales supervisar las especificaciones técnicas de los materiales requeridos.
- Realizar los estudios de la compactación.
- La supervisión de la densidad y el espesor de las capas compactadas en la capa construida.
- Realizar los estudios necesarios para determinar la idoneidad de la construcción, con superficie granular uniforme.

- Vigilar la producción del agregado, de acuerdo al programa de trabajo.
- Hacer cumplir las consideraciones ambientales en la ejecución de la obra.

Condiciones y tolerancias

Calidad del producto químico: consiste en la aplicación de los productos estabilizantes de calidad, que cumplan con las especificaciones, fecha de vencimiento y requisitos establecidos desde la fábrica.

Calidad del agua: deberá cumplir con la pureza, libre de sustancias alcalinas y suciedad. Además, debe presentar PH de 5.5 hasta 8.0 y la cantidad sulfatos no superiores a 3 ppm.

Calidad de la mezcla: De acuerdo al proceso de compactación tanto el suelo y la mezcla deberán presentar una humedad adecuada con tolerancia +- 1.5%. En cuanto a los imprevistos por las lluvias sobre la mezcla sin compactar, se compactará previo análisis en laboratorio corroborando que no se haya afectado en su característica y composición.

Eficacia del trabajo ejecutado: El resultado de la capa terminada deberá mostrar una geometría de acuerdo al proyecto, la superficie bien compactada y uniforme. La ejecución del ancho de la calzada de la vía se deberá realizar cumpliendo con lo establecido en los planos de construcción. De los resultados obtenidos a nivel de laboratorio, así como en campo, ELSE recomienda el uso de la emulsión Otta Seal para la aplicación del recubrimiento bituminoso tipo Otta Seal.

Evaluación de costos de las alternativas

Costo de construcción de la solución básica con material granular estabilizado con emulsión asfáltica y Slurry Seal - tramo II

El presupuesto de la solución básica con material granular estabilizado con emulsión asfáltica y Slurry Seal se describe en la siguiente tabla.

Tabla 25

Presupuesto de la solución básica con material granular estabilizado con emulsión asfáltica y Slurry Seal - tramo II

Descripción	Und.	Metrado	Precio	Parcial
Material granular estabilizada con emulsión asfáltica	m3	S/. 49,453.74	S/. 148.55	S/. 7,346,353.08
Imprimación asfáltica	m2	S/. 317,520.00	S/. 3.20	S/. 1,016,064.00
Mortero Asfaltico	m2	S/. 317,520.00	S/. 10.68	S/. 3,391,113.60
TOTAL				11,753,530.68

Fuente: Elaboración Propia

Costo de construcción de la propuesta con material granular estabilizado con cemento y Otta Seal - tramo II.

El presupuesto de la solución propuesta con material granular estabilizado con cemento y Otta Seal se describe en la siguiente tabla:

Tabla 26

Presupuesto de la solución propuesta con material granular estabilizado con cemento y Otta Seal tramo – II

Descripción	Und.	Metrado	Precio	Parcial
Material granular estabilizada con cemento	m3	S/. 102,662.64	S/. 69.80	S/. 7,165,0852.27
Imprimación asfáltica	m2	S/. 319,827.31	S/. 3.20	S/. 1,023,447.39
Recubrimiento TS Otta Seal	m2	S/. 319,827.31	S/. 10.68	S/. 3,145,755.67
TOTAL				11,335,055.33

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios del material granular estabilizado con emulsión asfáltica

Partida		MATERIAL GRANULAR ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICA				
Rendimiento	m3/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m3		148.55
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2500	0.0067	21.81	0.15
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0533	12.84	0.68
0.83						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.83	0.04

0301100009	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12 TN	hm	1.0000	0.0267	155.36	4.15
03012000014	MOTONIVELADORA DE 145-150 HP	hm	1.0000	0.0267	212.02	5.66
9.85						
Subpartidas						
010104010603	MATERIAL DE SUB BASE	m3	1.0000		18.91	18.91
010318010102	AGUA	m3	0.1360		6.48	0.88
010710110008	EMULSION ASFALTICA	m3	1.0000		109.42	109.42
010716030303	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA SUB BASE GRANULAR	m3	1.0000		8.66	8.66
137.87						

Figura 13. A.P.U. Material estabilizado con emulsión asfáltica

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de precios unitarios del material granular estabilizado con cemento

Partida		MATERIAL GRANULAR ESTABILIZADO CON CEMENTO PORTLAND				
Rendimiento	m3/DIA	590.0000	EQ. 590.0000	Costo unitario directo por : m3		69.80
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0014	21.81	0.03
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0136	14.24	0.19
0101010005	PEON	hh	5.0000	0.0678	12.84	0.87
1.09						
Materiales						
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		2.0000	17.80	35.60
35.60						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.09	0.03
0301100009	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12 TN	hm	1.0000	0.0136	155.36	2.11
03012000014	MOTONIVELADORA DE 145-150 HP	hm	1.0000	0.0136	212.02	2.88
5.02						
Subpartidas						
010318010102	AGUA	m3		0.0370	6.48	0.24
010716010103	MATERIAL GRANULAR PARA ESTABILIZADO	m3		1.0100	18.91	19.10
010716030304	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA ESTABILIZADO	m3		1.0100	8.66	8.75
28.09						

Figura 14. A.P.U. Material estabilizado con cemento

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de precios unitarios recubrimiento Otta Seal

Partida	RECUBRIMIENTO OTTA SEAL				Costo unitario directo por : m2	
Rendimiento	m2/DIA	2,800.0000	EQ. 2,800.0000			10.68
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0006	21.81	0.01
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0057	16.78	0.10
0101010007	PEON (RASTRILLEROS)	hh	6.0000	0.0171	12.84	0.22
0101010008	PEON (AYUDANTE GRAVILLADORA)	hh	2.0000	0.0057	12.84	0.07
0101010009	PEON (VOLQUETE)	hh	1.0000	0.0029	12.84	0.04
0101010010	PEON (CAMION IMPRIMADOR)	hh	1.0000	0.0029	12.84	0.04
0101010011	PEON (VIGIA)	hh	4.0000	0.0114	12.84	0.15
						0.63
Materiales						
0201050002	EMULSION ASFALTICA	gal		0.5410	7.88	4.26
						4.26
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	0.63	0.01
03011000042	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100HP 5.5-20 TN	hm	1.0000	0.0029	118.39	0.34
0301100009	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12 TN	hm	1.0000	0.0029	155.36	0.45
0301190003	GRAVILLADORA AUTOPROPULSADA	hm	1.0000	0.0029	413.06	1.20
03012200041	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0029	180.00	0.52
03012200082	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0029	162.58	0.47
0301220010	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 2,000 GL	hm	0.1000	0.0003	133.04	0.04
0301390009	TERMOTANQUE (9,000 GLNS)	hm	1.0000	0.0029	52.07	0.15
						3.18
Subpartidas						
010119112202	BARRIDO ANTES DE TRATAMIENTO	m2		1.0000	0.58	0.58
010119112203	BARRIDO DESPUES DE TRATAMIENTO	m2		1.0000	0.54	0.54
010304021102	PRESECADO DE MATERIAL OTTA SEAL	m3		0.0200	17.12	0.34
010305010108	TRANSPORTE DE AGREGADO OTTA SEAL	m3		0.0200	12.16	0.24
010451010503	AGREGADO <= 5/8"	m3		0.0200	45.74	0.91
						2.61

Figura 15. A.P.U. Recubrimiento con Otta Seal

Fuente: Elaboración Propia

Costo de construcción de la progresiva en estudio km 70+000 a 75+000

Costo de construcción de la solución básica con material granular estabilizado con emulsión asfáltica y Slurry Seal - progresiva en estudio km 70+000 a 75+000

El presupuesto de la solución básica con material granular estabilizado con emulsión asfáltica y Slurry Seal para el kilometraje en estudio (70+000 a 75+000) se describe en la siguiente tabla.

Tabla 27

Presupuesto de la solución básica con material granular estabilizado con emulsión asfáltica y Slurry Seal – progresiva 70+000 a 75+000

Descripción	Und.	Metrado	Precio	Parcial
Material granular estabilizada con cemento	m3	S/. 4,569.13	S/. 148.55	S/. 678,744.26
Imprimación asfáltica	m2	S/. 30,000.00	S/. 3.20	S/. 96,000.00
Recubrimiento TS Otta Seal	m2	S/. 30,000.00	S/. 10.68	S/. 320,400.00
TOTAL				1,095,144.26

Fuente: Elaboración Propia

Costo de construcción de la solución propuesta con material granular estabilizado con cemento y Otta Seal - progresiva en estudio km 70+000 a 75+000. El presupuesto de la solución propuesta con material granular estabilizado con cemento y Otta Seal para el kilometraje en estudio (70+000 a 75+000) se describe en la siguiente tabla.

Tabla 28

Presupuesto de la solución propuesta con material granular estabilizado con cemento y Otta Seal – progresiva 70+000 a 75+000

Descripción	Und.	Metrado	Precio	Parcial
Material granular estabilizada con cemento	m3	S/. 9,675.00	S/. 69.80	S/. 675,315.00
Imprimación asfáltica	m2	S/. 30,000.00	S/. 3.20	S/. 96,000.00
Recubrimiento TS Otta Seal	m2	S/. 30,000.00	S/. 10.68	S/. 320,400.00
TOTAL				1,091,715.00

Fuente: Elaboración Propia

Costo de mantenimiento: A continuación, se presenta el presupuesto de conservación para el tramo II con la solución básica con material granular estabilizado con emulsión asfáltica y Slurry Sea. Así como también, el presupuesto de la solución propuesta con material granular estabilizado con cemento y Otta Seal.

Tabla 29

Presupuesto de conservación vial – solución básica

TRAMO	ACTIVIDAD	UND	CANT.	P.U.	PRESUPUESTO ANUAL	AÑOS	TOTAL
II	Conservación rutinaria – antes de solución básica	Km - Año	50.4	S/. 14,610.26	S/. 736,357.10	1	S/. 736,357.10
II	Conservación periódica	Año	50.4	S/. 120,670.08	S/. 6,081,772.03	1	S/. 6,081,772.03
II	Conservación rutinaria – después de solución básica	Km - Año	50.4	S/. 28,818.08	S/. 1,452,431.23	7	S/. 10,167,018.61

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30

Presupuesto de conservación vial – solución propuesta

TRAMO	ACTIVIDAD	UND	CANT.	P.U.	PRESUPUESTO ANUAL
II	Conservación rutinaria – antes de solución básica	Km - Año	49.74	S/. 14,610.26	S/. 728,714.33
II	Conservación periódica	Año	49.74	S/. 120,670.08	S/. 6,002,129.78
II	Conservación rutinaria – después de solución básica	Km - Año	49.74	S/. 28,818.08	S/. 1,433,411.30

Fuente: Elaboración Propia

Validación de la hipótesis: De acuerdo a la interpretación de los resultados obtenidos se pudo determinar que la vía en estudio se encuentra por muy debajo de los costos que involucraría en el mejoramiento o la construcción de la misma, también cabe mencionar que mejoró la transitabilidad vehicular en la carretera Andahuaylas - Negromayo, en el km 70+000 al km 75+000.

V. DISCUSIÓN

Estado situacional de la plataforma

El estado situacional de la carretera antes de su intervención presentaba una topografía accidentada, con una orografía de tipo 3, la superficie de rodadura estaba conformado por un afirmado en estado erosionado, con presencia de baches y ahuellamientos por la falta de mantenimiento.

Las alcantarillas en su mayoría requerían de limpieza inmediata de vegetación y sedimentos. Es así que el tramo en estudio se encontraba en un estado regular de conservación y las alcantarillas en su mayoría en buen estado a falta de mantenimiento rutinario.

La plataforma presentaba el estado descrito debido a la transitabilidad y la falta de conservación, así como también uno de los problemas que presenta esta estructura de pavimento es la pérdida de sus finos a causa de las lluvias y por consiguiente el grado de compactación disminuye a falta de adherencia.

La alternativa de solución planteada viene a ser la más apropiada, iniciando con el perfilado, seguido del compactado de la superficie de rodadura, seguido de la colocación de un material granular estabilizado con emulsión asfáltica de espesor 15cm, protegiendo la con una superficie de rodadura con un **mortero asfáltico** de e=1cm complementando con la limpieza de cunetas, colocación de alcantarillas y señalización de seguridad vial los cuales son indispensables para la transitabilidad vehicular.

Tratamiento superficial con Otta Seal

El diseño inicia con los estudios básicos (topografía, estudio de suelos, estudio de tráfico, estudios hidrológicos, etc.), El procedimiento adoptado fue la guía Aashto 93, es así que una vez concluido los estudios se procedió a realizar la sectorización de acuerdo al suelo de fundación, seguidamente con los estudios de tráfico se procede a calcular el Eals de diseño para un periodo de 10 años, después se determinado los parámetros requeridos para obtener el numero estructural requerido SN: 1.38. Teniendo como referencia el número estructural requerido se procede a determinar el número estructural de diseño donde se obtuvo un el valor

de $SN_{\text{diseño}}$: 2.33, teniendo en cuenta el material afirmado existente, de espesor promedio 0.15m, se consideró incluir como parte del cálculo del espesor de diseño brindando un aporte estructural.

Para el tramo en estudio se planteó la solución básica, en el cual se tendría que incorporar un material granular estabilizado con emulsión asfáltica (15cm) y la aplicación de mortero asfáltico.

Sin embargo, se plantea otra solución la cual consta de tener una estructura de pavimento la cual tendrá 30cm de material granular estabilizado con cemento y la aplicación de mortero asfáltico tipo Otta Seal. Esta solución básica planteada obtuvo un valor de número estructural de diseño $SN_{\text{diseño}}$: 2.70 superando el número estructural requerido SN : 1.38, siendo un diseño aceptable por cumplir la condición de **$SN_{\text{diseño}} > SN_{\text{requerido}}$** .

Una de las ventajas en la construcción del sello Otta Seal permite dar de inmediato al tránsito la vía sometida a mejoramiento, pero en este sentido es importante regular que el sello sea transitado en toda su superficie, lo cual ayuda a su maduración. Asimismo, la lluvia no afecta en absoluto este tipo de pavimento económico, una vez aplicado.

Respecto al costo se pudo identificar que esta aplicación tiene menor costo respecto al Slurry Seal, menores costos de mantenimiento rutinario, menores costos de operación para los usuarios de las vías, mejor serviciabilidad y disminución o eliminación del polvo respecto a un tratamiento común con solo materiales granulares; Permitiendo una mejor calidad de vida para la gente que habita alrededor del camino y es una manera eficiente de mejorar los caminos con la aplicación de una innovación tecnológica vial.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo general: Analizar el tratamiento en superficie asfáltica aplicando la técnica OTTA SEAL para mejorar la transitabilidad en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo, 2020.

Se analizó que el tratamiento superficial asfáltico aplicando la técnica Otta Seal mejora la transitabilidad en el km 70+000 al km 75+000, es una alternativa de menor costo respecto a otros tipos de tratamiento en mantenimientos rutinarios, en cuanto a los costos de operación son menores para los usuarios de las vías, mejor serviciabilidad y la disminución o eliminación del polvo, puesto que recubre la superficie sella y evita la pérdida del material fino superior.

Objetivo específico 1: Evaluar las condiciones actuales en las que se encuentra la carretera de Andahuaylas - Negromayo, en el km 70+000 al km 75+000.

Se evaluó las condiciones actuales en las que se encuentra la carretera de Andahuaylas - Negromayo, en el km 70+000 al km 75+000, esto debido a que el tratamiento superficial de la vía presentaba con deformaciones, erosiones y baches en la superficie de rodadura se puede decir, que se encontraba en un estado regular, presentaba una topografía accidentada por la presencia de las lluvias intensas en la sierra, lo que obstaculizaba la transitabilidad normal de los vehículos, se encontraba en un estado erosionado y las obras de drenaje longitudinales y transversales mayoría requerían de limpieza inmediata de vegetación y sedimentos.

Objetivo específico 2: Describir el procedimiento del tratamiento en superficie utilizando la técnica OTTA SEAL para el mejoramiento en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas – Negromayo.

Se describe que el procedimiento del tratamiento en superficie utilizando la técnica Otta Seal para el mejoramiento en el km 70+000 al km 75+000 en la carretera de Andahuaylas -Negromayo, se empleó agregado de 5/8" (16mm) con todos los requerimientos mínimos de estudio de cantera según Manual de Carreteras (MC-05-14 suelos, geología, Geotecnia y pavimentos) y con un espesor de otta seal de 16mm; esto aplicado en caliente que permite comportamiento flexible y no presenta

fisura ante asentamientos. A comparación de otras técnicas el sellado con otta seal el proceso de ejecución es más accesible ya que se cuenta con menor cantidad de maquinarias ya que se puede encontrar en la localidad.

Objetivo específico 3: Analizar la viabilidad de la técnica OTTA SEAL con respecto a otras técnicas en el mejoramiento del tratamiento superficial en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo.

Se analizo la viabilidad de la técnica OTTA SEAL con respecto a otras técnicas en el mejoramiento del tratamiento superficial en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo; se pudo identificar que esta aplicación tiene menor costo respecto a los otros tratamientos superficiales estudiados en cuanto al costos de mantenimiento rutinario y al costos de operación para los usuarios; en cuanto a la serviciabilidad, el tratamiento común con solo materiales granulares y la vida útil del tratamiento superficial con Otta Seal es más ventajosa que las otras técnicas estudiadas.

VII. RECOMENDACIONES

- En el diseño estructural del pavimento se debe tomar en cuenta los estudios del espesor de la capa de la estructura del pavimento, su diseño debe permitir evaluar el tiempo de ejecución, que tenga un sustento técnico, contenga la adecuada resistencia de la subrasante y el estudio de la estimación del tránsito vehicular para determinar la vida útil del diseño en beneficio de los usuarios.
- Para determinar la dimensión del espesor se puede tomar cualquier método de diseño de tratamiento superficial, pero que cumpla con las especificaciones técnicas y requerimientos que contenga el estudio previo del proyecto.
- El diseño del espesor afirmado debe presentar superficies uniformes por sectores, donde las tipologías del material de subrasante presenten características uniformes. Mediante el estudio de mecánica de suelos se definirá la uniformidad, este estudio proporcionará información necesaria para el cálculo correspondiente del número estructural requerido (SNreq).
- Para minimizar el deterioro prematuro del pavimento básico, se requiere que la cobertura que selle el pavimento básico sea flexible para que pueda adecuarse a las deformaciones y asentamiento, sin que presenten fisuras, que luego por el afecto del agua devienen en grietas y en el colapso prematuro del pavimento básico.
- El tratamiento superficial Slurry Seal, la totalidad de la arena es chancada, lo que genera una fuerte trabazón entre sus partículas, rigidizando la superficie de rodadura y considerando que presenta un tamaño máximo de 3/8", lo que la convierte en una capa que ante deformaciones va a presentar fisuras, agrietamientos y el colapso prematuro de la vía. Por otro lado, el Otta Seal con tamaño máximo de agregado de 5/8" (16mm), por lo cual el Otta Seal tendrá un espesor de 16mm y al ser un material principalmente triturado en un 30%, permite un comportamiento flexible, que no presenta fisuramiento ante los asentamientos diferenciales y una alta capacidad de amoldamiento ante asentamientos en general.

REFERENCIAS

- 1.- Abdelaty, A., D. Jeong, B. Dannen, and F. Todey. 2016. Enhancing life cycle cost analysis with a novel cost classification framework for pavement rehabilitation projects. *Construction Management and Economics*.
- 2.- A. Abdelaty, D. Jeong, B. Dannen. 2016. Enhancing life cycle cost analysis with a novel cost classification framework for pavement rehabilitation projects, *Constr. Manag. Econ.* 10.
- 3.- A. Fathi, M. Mazari, M. Saghafi. 2018. Multivariate Global Sensitivity Analysis of Rocking Responses of Shallow Foundations under Controlled Rocking.
- 4.- A. Nahvi, S.M.S. Sadati, K. Cetin, H. Ceylan, A. Sassani, S. Kim. 2018. Towards resilient infrastructure systems for winter weather events: Integrated stochastic economic evaluation of electrically conductive heated airfield pavements.
- 5.- Bid Express Secure Internet Bidding. 2018. <https://www.bidx.com/site/static?page=services#basic>.
- 6.- Briceño (2017), propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel afirmado entre los tramos del caserío de Nueva Delicia Chinchupata, distrito de Chillia - provincia de Pataz - La Libertad 2017. Tesis de pregrado para optar el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Privada de Trujillo.
- 7.- Caterpillar Inc. (2015). *Caterpillar Performance Handbook*. Caterpillar, Inc., Peoria, IL.
- 8.- Department of Public Works, County of Los Angeles. 2018. Slurry Seals. Los Angeles, CA. <http://dpw.lacounty.gov/gmed/lacroads/treatmentslurryseal.aspx>.
- 9.- Diego A. Ochoa Maldonado (2017). Optimización De Recursos Económicos En La Conservación De Pavimentos Rurales De Tercera Clase Utilizando Un Sistema De Gestión De Pavimentos Basado En El Método Estocástico - Probabilístico. Tesis de pregrado de la Universidad San Ignacio de Loyola.

- 10.- Engineering News Record. 2017. Construction Economics: Construction Cost Index and Building Cost Index. Engineering News Record. <https://www.enr.com/economics>.
- 11.- Fernandez, J. L. (2018). Calidad en la producción en planta, control en laboratorio y campo de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) para el Proyecto integración vial Tacna - La Paz; tramo Tacna – Collpa; sub tramo III: Km. 146+180 - Km. 187+404 (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte.
- 12.- Federal Reserve. 2017. Board of Governors of the Federal Reserve System. Federal Reserve System, Washington, DC. <https://www.federalreserve.gov/>.
- 13.- FHWA. 2015. FHWA FY 2016 Budget Estimates. Federal Highway Administration, Washington, DC. <https://www.transportation.gov/mission/budget/fhwa-fy-2016-budget-estimates>.
- 14.- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación (6 th ed.). México: McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A.
- 15.- H. Ceylan, S. Kim, Y. Zhang, A. Nahvi, S. Gushgari, C.T. Jahren, K. Gopalakrishnan, D.D. Gransberg, A. Arabzadeh. 2018. Evaluation of Otta Seal Surfacing for Low-Volume Roads in Iowa.
- 16.- J.S. Daniel, M. Corrigan, C. Jacques, R. Nemati, E. V Dave, A. Congalton, J. Sias, M. Corrigan, C. Jacques, R. Nemati. 2018. Comparison of asphalt mixture specimen fabrication methods and binder tests for cracking evaluation of field mixtures.
- 17.- Joya y Pezo (2015), evaluación económica de los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal en carreteras de bajo volumen: caso: ruta PE-12A tramo III puente Huarochirí - Sihuas y caso: ruta PE-28C tramo V San Francisco Puerto - Ene. Tesis de pregrado para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Ricardo Palma.

- 18.-Joya Arana, A., & Pezo Camacho, B. (2015). Evaluación económica de los tratamientos superficiales otta seal y slurry seal en carreteras de bajo volumen. caso: ruta PE-12A tramo III puente Huarochirí - Sihuas. caso: ruta PE-28C tramo V San Francisco Puerto - Ene. Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima - Perú.
- 19.-Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Reglamento nacional de gestión de infraestructura vial. Decreto Supremo N° 021-2016-MTC.
- 20.-MnDOT. 2017b. Major Highway Projects, Trunk Highway Fund Expenditures and Efficiencies Report. Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN.
- 21.-MnDOT. 2017a. Bid Letting. Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN. <http://www.dot.state.mn.us/bidlet/average-bid-price.html>.
- 22.-Narváez (2012), Impacto del mejoramiento de la vía El Rosal - Simón Bolívar en la calidad de vida de los habitantes del sector El Rosal, provincia de Pastaza. Tesis de pregrado para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador.
- 23.-Pavement Interactive. 2018. Bituminous Surface Treatments. <https://pavementinteractive.org/bituminous-surface-treatments/>
- 24.-Pavement Interactive. 2018b. Fog Seals. <http://www.pavementinteractive.org/fog-seals/>.
- 25.-Pierce, L. M. and N. Kebede. 2015. Chip Seal Performance Measures — Best Practices. Washington State Department of Transportation, Olympia, WA.
- 26.-P. Babashamsi, N.I. Md Yusoff, H. Ceylan, N.G. Md Nor, H. Salarzadeh Jenatabadi. 2016. Evaluation of pavement life cycle cost analysis: Review and analysis.
- 27.-P. Anand, A. Nahvi, H. Ceylan, D. Pyrialakou, K. Gkritza, S. Kim, P.C. Taylor. 2017. Energy and Financial Viability of Hydronic Heated Pavement Systems.

- 28.-RAMIREZ, Fabian y ZWERG, Anne. Metodología de la investigación: más que una receta. AD-minister, núm. 20, enero-junio, 2012, pp. 91-111 Universidad EAFIT Medellín, Colombia. ISSN: 2692-0279
- 29.-Ramírez Trigozo, Á. (2020). Evaluación técnica y de costo entre los tratamientos superficiales otta seal y slurry seal, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín - 2019. Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú, Tarapoto - Perú.
- 30.-Ramírez (2020), evaluación técnica y de costo entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín - 2019, Tesis de pregrado para obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Científica del Perú.
- 40.-Tito (2014), mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo IV, pertenece a la ruta PE - 28B. Tesis de pregrado para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Ricardo Palma - Perú.
- 41.-Simón Rojas Liz Mabel (2019). Modelo de gestión de conservación vial para optimizar los costos de mantenimiento en la carretera Dv. Río Seco – Oyón, Año-2019. Tesis de pregrado, universidad Ricardo palma - Peru.
- 42.-S. Mohsen Haeri and Aria Fathi. 2015. Numerical Modeling of Rocking of Shallow Foundations Subjected to Slow Cyclic Loading with Consideration of Soil-Structure Interaction.
- 43.-S. Gushgari, Y. Zhang, A. Nahvi, H. Ceylan, S. Kim. 2018. Otta Seal Construction for Asphalt Pavement Resurfacing.
- 44.-Tehrani, F. M. 2016. Engineer's estimate reliability and statistical characteristics of bids. Cogent Engineering, Vol. 3, No. 1, pp. 1–12.
- 45.-T. Cesar, K. Gamez-Rios, A. Fathi, M. Mazari, S. Nazarian. 2017. Simulation of Lightweight Deflectometer Measurements Considering Nonlinear Behavior of Geomaterials.

- 46.-U.S. BLS. 2017. Commodity Data Database, Producer Price Index. U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS), Washington, DC.
- <https://www.bls.gov/ppi/data.htm>.
- 47.-Valero y Malagon (2018). Diagnóstico para el mejoramiento del tramo de la vía Úmbita - Juncal localizado en el departamento de Boyacá, Colombia – 2018. Tesis de pregrado de la Universidad Católica de Colombia.
- 48.-Velásquez (2011), Análisis comparativo de tratamientos Asfálticos aplicado en la Ruta Porvenir – Manantiales de la Provincia de Tierra del Fuego. Tesis de pregrado de la Universidad de Magallanes – Chile.
- 49.-Valero Bernal, L. V., & Malangón Garzón, L. A. (2018). Diagnostico para el mejoramiento del tramo de la vía Úmbita - Juncal localizado en el departamento de Boyacá, Colombia. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- 50.-Zamudio Loredo, H. I. (2018). Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel de pavimento flexible tramo Parubamba - Shitabamba, distrito y provincia de Cajabamba - Cajamarca. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Trujillo - Perú.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TITULO: ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE LA SUPERFICIE ASFALTICA APLICANDO TECNICA: OTTA SEAL PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN CARRETERA ANDAHUAYLAS - NEGROMAYO, 2020.

Pregunta	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño Metodológico
<p><u>PROBLEMA PRINCIPAL:</u> ¿De qué manera el análisis del tratamiento de la superficie asfáltica de rodadura aplicando la técnica OTTA SEAL mejorará la transitabilidad en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo, 2020?</p> <p><u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las condiciones actuales en las que se encuentra la carretera Andahuaylas - Negromayo en el km. 70+000 al km. 75+000?. • ¿Cuál es el procedimiento del tratamiento superficial utilizando la técnica OTTA SEAL para el mejoramiento en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas – Negromayo?. • ¿Cuál es la viabilidad de la técnica OTTA SEAL con respecto a otras técnicas en el mejoramiento del tratamiento superficial en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas – Negromayo?. 	<p><u>OBJETIVO GENERAL:</u> Analizar el tratamiento en superficie asfáltica de rodadura aplicando la técnica OTTA SEAL para mejorar la transitabilidad en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo, 2020.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar las condiciones actuales en las que se encuentra la carretera de Andahuaylas - Negromayo, en el km 70+000 al km 75+000. • Describir el procedimiento del tratamiento en superficie utilizando la técnica OTTA SEAL para el mejoramiento en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas – Negromayo. • Analizar la viabilidad de la técnica OTTA SEAL con respecto a otras técnicas en el mejoramiento del tratamiento superficial en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo. 	<p><u>HIPÓTESIS GENERAL</u> El análisis del tratamiento en superficie asfáltica aplicando la técnica OTTA SEAL podrá mejorar de manera significativa la transitabilidad en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo, 2020.</p> <p><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Se deberá mejorar la superficie para mejorar la transitabilidad aplicando la técnica OTTA SEAL en la carretera Andahuaylas - Negromayo, en el km 70+000 al km 75+000. • El adecuado seguimiento del proceso constructivo del tratamiento superficial utilizando la técnica otta seal mejora la transitabilidad de la carretera Andahuaylas – Negromayo en el km 70+000 al km 75+000. • La utilización de la técnica OTTA SEAL en el mejoramiento del tratamiento de la superficie de rodadura en el km 70+000 al km 75+000 de la carretera Andahuaylas - Negromayo, permitirá optimizar los costos económicos y sociales. 	<p><u>Variable Independiente:</u> ANALISIS DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICA CON “OTTA SEAL”</p> <p>Dimensiones</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Diseño de concreto asfaltico con Otta Seal. b. Proceso Constructivo del tratamiento superficial. c. Costo de construcción d. Mantenimiento <p><u>Variable dependiente:</u> MEJORAR LA TRANSITABILIDAD</p> <p>Dimensiones:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Topografía b. Daños en superficie de rodadura c. Obras de arte d. Señalización e. Mejoramiento 	<p><u>Tipo de Estudio:</u> Investigación aplicada</p> <p><u>Diseño de Investigación:</u> Cuantitativo – descriptivo No experimental</p> <p><u>Ámbito de Estudio:</u> Carretera Andahuaylas - Negromayo.</p> <p><u>Población:</u> 154.51 Km de la carretera Andahuaylas Negromayo.</p> <p><u>Muestra:</u> 8 km. de carretera Andahuaylas Negromayo DEL KM. 70+000 AL KM. 78+000.</p> <p><u>Muestreo:</u> 5 km. de carretera Andahuaylas Negromayo DEL KM. 70+000 AL KM. 75+000</p> <p><u>Técnica:</u> La observación directa, información directa, observación de campo y de laboratorio, observación individual y de equipo.</p> <p><u>Instrumento:</u> Guía de información y ficha de observación.</p>

Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE LA SUPERFICIE ASFALTICA DE RODADURA APLICANDO TECNICA: OTTA SEAL EN CARRETERA ANDAHUAYLAS - NEGROMAYO - KM. 70+000, 2020.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE: ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICA DE RODADURA CON “OTTA SEAL	Otta Seal es una carpeta de rodado asfáltica que se usa en caminos de bajo tránsito. Consiste en una superficie bituminosa de 16 o 32 mm de espesor (una o dos capas) y su ejecución incluye el riego de un asfalto blando aplicado en caliente, seguido del riego de un agregado integral que es compactada dentro del asfalto usando un rodillo o camiones cargados.	Otta Seal es una técnica que se utiliza en el tratamiento superficial de la carpeta asfáltica. Es conveniente emplearlas en carreteras rurales donde existe bajo tránsito vehicular.	Diseño	Estudios Básicos	Nominal - Especificaciones técnicas
				Diseño	
			Proceso de construcción	Imprimación	
				Sellado	
				Detalles	
			Costo de construcción	Calidad	
				Presupuesto	
	Costos unitarios				
Mantenimiento	Costo de mantenimiento vial				
VARIABLE DEPENDIENTE: MEJORAR LA TRANSITABILIDAD	Consiste en una solución para mejorar o ampliarlas características técnicas y geométricas de las carreteras con variaciones en el eje transversal o eje vertical, ampliación de curvas y cambios en las características de la superficie de rodadura respecto al diseño original de la carretera.	El objetivo es mejorar la transitabilidad de los vehículos optimizando el tiempo y que los usuarios tengan un viaje placentero por las condiciones óptimas de la carretera.	Topografía	Pavimento existente	Nominal - Especificaciones técnicas
			Daños en superficie de rodadura	Bacheo	
				Erosión	
			Obras de arte	Drenaje	
				Alcantarillas	
			Señalización	Badenes	
				Señal informativa	
				Señal preventiva	
Mejoramiento	Señal regulatoria				
	Hitos				
	Alternativas				

Anexo 03: Ensayos de Control de Calidad



Constructora, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto para Ingeniería Civil

PROYECTO:	TRATAMIENTO EN LA SUPERFICIE ASFALTICA DE RODADURA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD APLICANDO TECNICA: OTTA SEAL EN CARRETERA ANDAHUAYLAS - NEGROMAYO - KM. 70+000		
TRAMO II:	Desvío Cochapucro - Pampachiri (Pte. Clitca)		
MATERIAL:	Integral		
UBICACIÓN:	KM 85+500	Lado :	IZQUIERDO

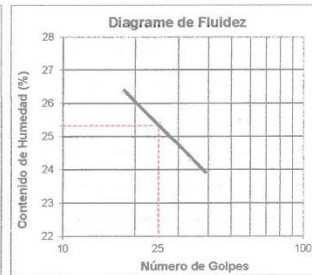
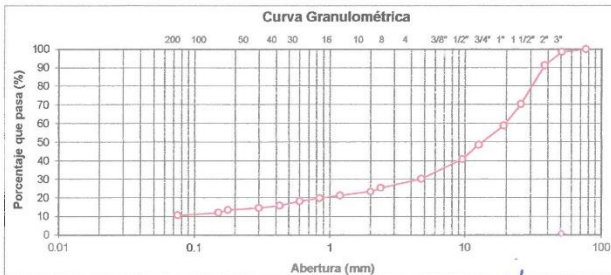
DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA:	C-001	TAMAÑO MÁXIMO :	3"
MUESTRA:	M-01	Peso inicial seco :	20710.0 g
PROF. (m):	0.00 - 2.00	Fracción :	760.0 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E-107, E-108, AASHTO T-27, ASTM D422)

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%) : 7.1
2"	50.800	287.0	1.4	1.4	98.6		Tara N°: -
1 1/2"	38.100	1486.0	7.2	8.6	91.4		Peso de la Tara (g): -
1"	25.400	4304.0	20.8	29.3	70.7		Peso Tara+Suelo Hum.(g): 873.30
3/4"	19.000	2390.0	11.5	40.9	59.1		Peso Tara+Suelo Sec.(g): 815.20
1/2"	12.500	2147.0	10.4	51.3	48.7		Peso del Agua (g): 58.10
3/8"	9.500	1597.0	7.7	59.0	41.0		Peso del Suelo Seco (g): 815.20
N° 4	4.750	2169.0	10.5	69.4	30.6		Límite Líquido (LL) : 25
N° 8	2.360	123.3	5.0	74.4	25.6		Límite Plástico (LP) : 19
N° 10	2.000	52.2	2.1	76.5	23.5		Índice Plástico (IP) : 6
N° 16	1.190	52.2	2.1	78.6	21.4		Clasificación (SUCS) : GP - GC
N° 20	0.840	36.3	1.5	80.1	19.9		Descripción (SUCS) : - Grava pobremente graduada con arcilla, arena y limo
N° 30	0.600	43.3	1.7	81.8	18.2		
N° 40	0.425	58.2	2.3	84.1	15.9		Clasificación (AASHTO) : A-1-a(0)
N° 50	0.300	32.2	1.3	85.4	14.6		Descripción (AASHTO) : Bueno
N° 80	0.177	25.2	1.0	86.4	13.6		Bolnería > 3" : 2.2
N° 100	0.150	36.9	1.5	87.9	12.1		Grava 3" - N° 4 : 69.4
N° 200	0.075	36.2	1.5	89.4	10.6		Apert. N°4 - N° 200 : 19.9
< N° 200	FONDO	264.0	10.6	100.0	0.0		Finos < N° 200 : 10.6

LÍMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40 (NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

	Und	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
N° TARRO	N°	5	3	8	8	11
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	34.85	32.77	31.88	16.00	16.89
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	30.50	29.01	28.40	14.60	15.32
PESO DE AGUA	(g)	4.35	3.76	3.48	1.4	1.6
PESO DEL TARRO	(g)	14.00	14.20	14.10	7.10	7.10
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.5	14.8	14.3	7.5	8.2
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.36	25.39	24.34	18.7	19.1
NUMERO DE GOLPES	-	18	25	34	-	-




GUSTAVO GÓMEZ ALCARRAZ
INGENIERO CIVIL
CIP. 181442

ING. GUSTAVO GÓMEZ ALCARRAZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 181442

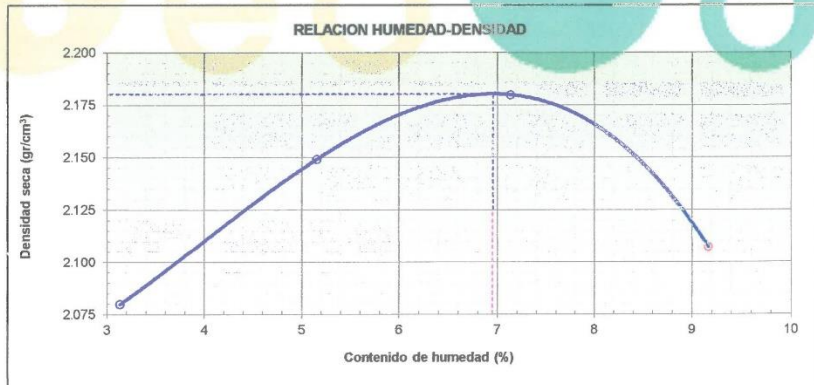
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO:	TRATAMIENTO EN LA SUPERFICIE ASFALTICA DE RODADURA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD APLICANDO TECNICA: OTTA SEAL EN CARRETERA ANDAHUAYLAS - NEGROMAYO - KM. 70+000		
TRAMO II:	Desvío Cochapucro - Pampachiri (Pte. Chicha)		
MATERIAL:	Integral		
UBICACIÓN:	KM 85+500	Lado :	DERECHO

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA:	C-001	PROGRESIVA :	KM 85+500
MUESTRA:	M-01	CLASF. (SUCS) :	GP-GC-GM
PROF. (m):	0.00 - 2.00	CLASF. (AASHTO) :	A-1-a(0)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	10834.0	11078.0	11238.0	11164.0
Peso molde	gr	6280.0	6280.0	6280.0	6280.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	4554.0	4798.0	4958.0	4884.0
Volumen del molde	cm ³	2123.0	2123.0	2123.0	2123.0
Peso volumétrico húmedo	gr	2.145	2.260	2.335	2.301
Recipiente N°					
Peso del suelo húmedo+tara	gr	325.8	571.3	539.4	582.1
Peso del suelo seco + tara	gr	315.9	543.3	503.5	533.2
Tara	gr				
Peso de agua	gr	9.9	28.0	35.9	48.9
Peso del suelo seco	gr	315.9	543.3	503.5	533.2
Contenido de agua	%	3.13	5.15	7.13	9.17
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.080	2.149	2.180	2.107
				Densidad máxima (gr/cm ³)	2.180
				Humedad óptima (%)	7.0




GUSTAVO GÓMEZ ALCARRAZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 181442
 ING. GUSTAVO GOMEZ ALCARRAZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 181442

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO:	TRATAMIENTO EN LA SUPERFICIE ASFALTICA DE RODADURA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD APLICANDO TECNICA: OTTA SEAL EN CARRETERA ANDAHUAYLAS - NEGROMAYO - KM. 70+000		
TRAMO II:	Desvío Cochapuero - Pampachiri (Pte. Chicha)		
MATERIAL:	Integral		
UBICACION:	KM 85+500	Lado : IZQUIERDO	

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA:	C-001	PROGRESIVA :	KM 85+500
MUESTRA:	M-01	CLASF. (SUCS) :	GP-GC-GM
PROF. (m):	0.00 - 2.00	CLASF. (AASHTO) :	A-1-a(0)

COMPACTACION

	8		1		7	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	56		25		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13390.0	13657.8	12367.0	12614.3	12301.0	12547.0
Peso de molde (g)	8220.00	8220.0	7681.00	7681.0	7920.00	7920.0
Peso del suelo húmedo (g)	5170.0	5437.8	4686.0	4933.3	4381.0	4627.0
Volumen del molde (cm ³)	2213.80	2213.8	2106.00	2106.0	2059.40	2059.4
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.335	2.456	2.225	2.343	2.127	2.247
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	578.0	337.5	575.3	340.6	590.2	333.8
Peso suelo seco + tara (g)	540.2	312.2	537.4	315.1	551.2	308.9
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	37.8	25.3	37.9	25.5	39.0	24.9
Peso de suelo seco (g)	540.2	312.2	537.4	315.1	551.2	308.9
Contenido de humedad (%)	7.00	8.10	7.05	8.09	7.08	8.06
Densidad seca (g/cm ³)	2.183	2.272	2.078	2.220	1.987	2.079

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
11/01/2021	9:32	0	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
12/01/2021	9:38	24	0.0	0.000	0.0	0.025	0.0	0.0	0.000	0.0
13/01/2021	9:44	48	1.0	0.025	0.0	2.0	0.051	0.0	0.051	0.0
14/01/2021	9:50	72	1.0	0.025	0.0	2.0	0.051	0.0	0.076	0.1
15/01/2021	9:56	96	2.0	0.051	0.0	3.0	0.076	0.1	0.102	0.1

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		66	213.3			54	174.5			41	132.4		
1.270		139	450.0			112	362.3			85	274.8		
1.905		208	674.5			165	534.5			122	394.8		
2.540	70.5	321	1044.0	957.5	65.5	239	775.7	734.2	50.2	157	508.5	514.4	35.2
3.810		434	1416.7			331	1076.8			227	736.5		
5.080		562	1839.2			422	1376.1			282	916.2		
6.350	105.7	667	2188.8	1853.9	84.5	493	1610.6	1384.3	63.1	319	1037.4	909.9	41.5
7.620		772	2540.2			572	1872.5			362	1178.6		
10.160		831	2738.5			608	1992.1			389	1267.4		

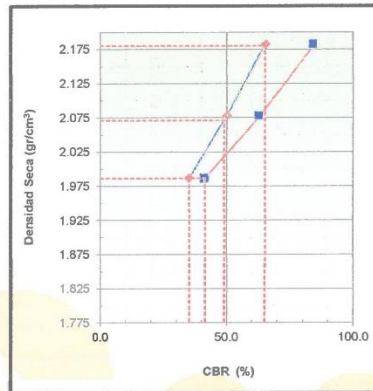
GUSTAVO GOMEZ ALCARRAZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 181442
ING. GUSTAVO GOMEZ ALCARRAZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 181442

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO:	TRATAMIENTO EN LA SUPERFICIE ASFALTICA DE RODADURA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD APLICANDO TECNICA: OTTA SEAL EN CARRETERA ANDAHUAYLAS - NEGROMAYO - KM. 70+000		
TRAMO II:	Desvio Cochapucro - Pampachiri (Pte. Chicha)		
MATERIAL:	Integral		
UBICACION :	KM 85+500	Lado : IZQUIERDO	

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA:	C-001	PROGRESIVA :	KM 85+500
MUESTRA:	M-01	CLASF. (SUCS) :	GP-GC-GM
PROF. (m):	0.00 - 2.00	CLASF. (AASHTO) :	A-1-a(0)

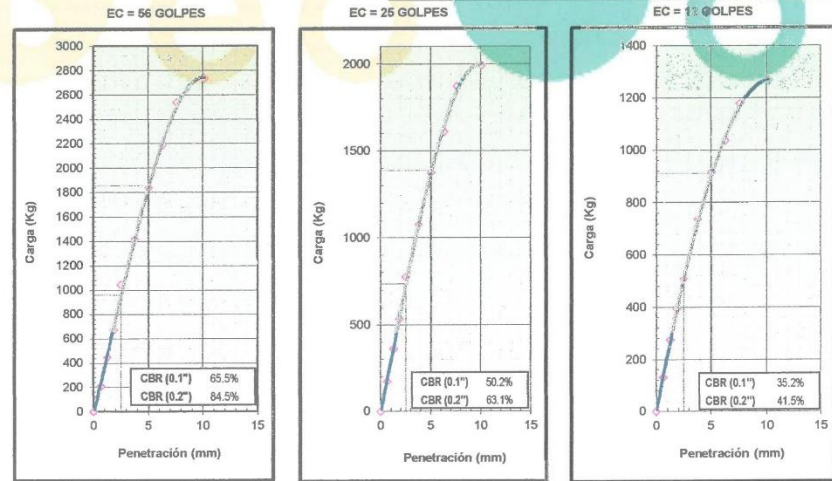


METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 2.180
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 7.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 2.071

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	65.2	0.2":	84.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	49.0	0.2":	61.4

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 65.2 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 49.0 (%)

OBSERVACIONES:



Gustavo Gómez Alcarraz
GUSTAVO GÓMEZ ALCARRAZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP 181442
 ING. GUSTAVO GÓMEZ ALCARRAZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 181442

OBRA : TRATAMIENTO EN LA SUPERFICIE ASFALTICA DE RODADURA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD APLICANDO TECNICA: OTTA SEAL EN CARRETERA ANDAHUAYLAS - NEGROMAYO - KM. 70+000
 TRAMO II : Desvío Cochapucuro - Pampachiri (Pte. Chichia)
 MATERIAL : Cantera
 UBICACIÓN : Km 86+500, lado izquierdo

CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS - CANTERA KM.85+500

N° de Registro	Fecha	Calicata	Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz										HUM. NATUR.	LL	IP	CLASIFICACION		ABRA-SION (%)	CONT. MAT. ORG.	MAX. DENS.	HUM. OPT.		CBR
			3"	3/4"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200	AASHTO				SUCS	85%				100%		
M-08-19/001	08-08-19	C-001	100.0	59.1	30.6	23.5	15.9	12.1	10.6	7.1	25	6	A-1-a(0)	GP - GC	30.5	-	2.180	7.0	49.0	65.2			
n			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
S			100.0	59.1	30.6	23.5	15.9	12.1	10.6	7.1	25.0	6.0	-	-	30.5	-	2.2	7.0	49.0	65.2			
Especificación			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Xp			100.0	59.1	30.6	23.5	15.9	12.1	10.6	7.1	25	6	A-1-a(0)	GP GC	30.5	-	2.180	7.0	49.0	65.2			
MIN			100.0	59.1	30.6	23.5	15.9	12.1	10.6	7.1	25	6	-	-	30.5	-	2.180	7.0	49.0	65.2			
MAX			100.0	59.1	30.6	23.5	15.9	12.1	10.6	7.1	25	6	-	-	30.5	-	2.180	7.0	49.0	65.2			

GUSTAVO GÓMEZ ALCARRAZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 181442

Anexo 04: Otras Evidencias

PANEL FOTOGRÁFICO

1. Perfilado de Superficie sin aporte de material granular km. 72+000 - 73+000



2. Perfilado de Superficie sin aporte de material granular km. 71+000 - 72+000



3. Perfilado de Superficie sin aporte de material granular km. 74+000 - 75+000



4. Perfilado de Superficie sin aporte de material granular km. 70+000 - 71+000



5. Transporte, colocación y conformación de material suelo cemento, 1ra capa, km. 71+000 – km.72+000



6. Transporte, colocación, conformación, perfilado de base estabilizada con cemento, 1ra capa, km. 70+000 - km. 71+000



7. Transporte, colocación, conformación, perfilado de base estabilizada con cemento, 1ra capa, km. 73+000- km. 74+000



8. Transporte, colocación, conformación, perfilado de base estabilizada con cemento, 1ra capa, km. 74+000- km. 75+000



9. Transporte, colocación y conformación de material suelo cemento, 1ra capa, km. 71+000- km. 72+000



10. Transporte, colocación y conformación de material suelo cemento, 1ra capa, km. 71+000- km. 72+000



11. Transporte, colocación y conformación de material suelo cemento, 1ra capa, km. 71+000- km. 72+000



12. Transporte, colocación, conformación, perfilado de base estabilizada con cemento, 1ra capa, km. 74+500 - km. 75+000. Tramo II



13. Transporte, colocación, conformación, perfilado de base estabilizada con cemento, 2da capa, km. 70+000- km. 71+000



14. Transporte, colocación y conformación de material suelo cemento, 2da capa, km. 71+000- km. 72+000



15. Transporte, colocación y conformación de material suelo cemento, 2da capa, km. 71+000- km. 72+000



16. Transporte, colocación, conformación, perfilado de base estabilizada con cemento, 1ra capa, km. 74+000- km. 75+000



17. Transporte, colocación, conformación, perfilado de base estabilizada con cemento, 2da capa, km. 73+000- km. 74+000



18. Transporte, colocación y conformación de material suelo cemento, 2da capa, km. 71+000- km. 72+000



19. Transporte, colocación y conformación de material suelo cemento, 2da capa, km. 71+000- km. 72+000



20. Limpieza de la superficie para riego de líquido imprimante



21. Imprimación Asfáltica km. 70+000 al km. 75+000



22. Aplicación de Otta Seal, km. 74+000 al km. 75+000



23. Aplicación de Otta Seal, km. 72+000 al km. 73+000



24. Aplicación de Otta Seal, km. 73+000 al km. 74+000



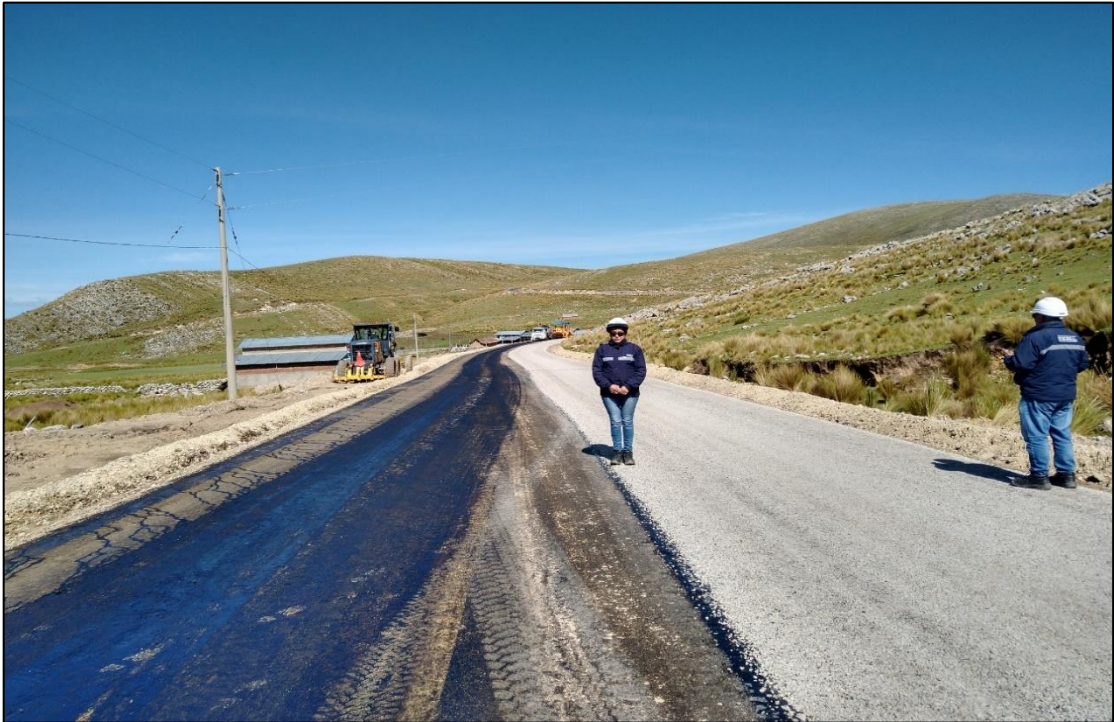
25. Aplicación de Otta Seal, km. 71+000 al km. 72+000



26. Aplicación de Otta Seal, km. 70+000 al km. 75+000



27. Aplicación de Otta Seal, km. 70+000 al km. 75+000



28. Aplicación de Otta Seal, km. 74+000 al km. 75+000



29. Limpieza de la superficie para riego Fog Seal



30. Aplicación del riego Fog Seal



31. Selección de material granular, cantera Km. 85+590



32. Selección de material granular, cantera Km. 85+590



33. Mezcla suelo cemento, cantera Km. 85+590



34. Mezcla suelo cemento, cantera Km. 85+590



35. Selección de material granular, cantera Km. 85+590



36. Selección de material granular, cantera Km. 85+590



37. Selección de material granular, cantera Km. 85+590



38. Selección de material granular, cantera Km. 85+590



39. Gravilladora para procesar gravilla para trabajos de Otta Seal



40. Ensayo de densidades en campo



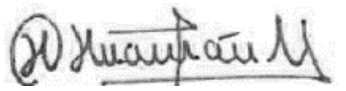



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, **Huamán Urquizo, Hermelinda y Oscco Ccorisoncco, Rechir**; bachilleres, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: **“ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE LA SUPERFICIE ASFALTICA APLICANDO TECNICA: OTTA SEAL PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN CARRETERA ANDAHUAYLAS - NEGROMAYO, 2020”**, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
NOMBRE: Hermelinda Huamán Urquizo DNI: 73880909 ORCID: (0000-0003-2692-444X)	 Fecha: 23/03/2021

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
NOMBRE: Rechir Oscco Ccorisoncco DNI: 70661717 ORCID: (0000-0003-4755-3609)	 Fecha: 23/03/2021