



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“REHABILITACIÓN CON CONCRETO ZEOLITICO SINTÉTICO PARA MEJORAR
LA RESISTENCIA DE LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS DE LA AV.
LIBERTADORES, SAN MARTIN DE PORRES, LIMA- 2017”**

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

AUTOR:

YSIDRO RODRÍGUEZ ATALAYA

ASESOR:

MSc. CARLOS MARIO FERNÁNDEZ DÍAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE OBRAS VIALES

LIMA - PERÚ

2017

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Enrique Enrique Cancho Zuñiga

PRESIDENTE

MSC. Rodolfo Ricardo Marquina Callacna

SECRETARIO

MSc. Carlos Mario Fernández Díaz

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar, por darme la fortaleza para afrontar este reto satisfactoriamente y pasar a una nueva etapa en mi vida.

A Mi Familia, en especial a mi hija Lady Rodríguez por sacrificar los acostumbrados fines de semana en familia.

A mi Madre, que a pesar de tantas dificultades de su época, me dio mi educación secundaria, básica para la realización de esta etapa profesional en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo por darnos la oportunidad de realizarnos profesionalmente.

Al equipo de asesores Metodológicos que fueron de gran ayuda en el desarrollo de la presente Tesis.

A mi grupo de estudio, en especial a mi amigo Walter Rea por su apoyo de siempre.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Isidro Rodríguez Atalaya, con DNI N° 26684498, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ciencias Empresariales, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo 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 de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, agosto del 2017

Ysidro Rodríguez Atalaya

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “REHABILITACIÓN CON CONCRETO ZEOLITICO SINTETICO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DE LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS DE LA AV. LIBERTADORES, SAN MARTIN DE PORRES, LIMA- 2017”, el mismo que someto a vuestra consideración y espero cumplir con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero civil.

Asimismo el presente trabajo se divide en los siguientes capítulos: En el capítulo I Introducción; además se muestra el problema de investigación, donde se detalla la Realidad Problemática, Trabajos previos, Teorías relacionadas, la formulación del problema, Justificación, Hipótesis y los Objetivos a alcanzar. En el capítulo II se muestra el Método que contiene el diseño de la investigación, la operacionalización de las variables, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y los métodos de análisis de datos, así como los aspectos éticos; en el capítulo III se presentan los resultados obtenidos en la investigación así como la interpretación de los mismos, en el capítulo IV se muestra la discusión, en el capítulo V las Conclusiones, asimismo en el capítulo VI las Recomendaciones; y por finalmente en el capítulo VII las Referencias Bibliográficas y los anexos que forman parte del presente estudio.

Ysidro Rodríguez Atalaya

ÍNDICE DE CONTENIDO

MIEMBROS DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática.	2
1.2 Trabajos previos	8
1.2.1 Nacionales.	8
1.2.2 Internacionales.	10
1.3 Teorías relacionadas al tema.	13
1.3.1 REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	13
1.3.2 V2: Resistencia de los pavimentos asfálticos	20
1.4.1 Problema General.	26
1.4.2 Problemas específicos	27
1.5 Justificación del estudio	27
1.6 Hipótesis	30
1.6.1 Hipótesis General	30
1.6.2 Hipótesis específicas	30
II. MÉTODO	32
2.1 Diseño de investigación.	33
2.1.1 Método, tipo y nivel.	33
3.1 Variables, operacionalización.	34
2.2.1 Identificación de las Variables	34
2.2.2 Operacionalización de las variables	35
3.2 Población y muestra.	37
2.3.1 Población.	37

2.3.2 Muestra	37
2.2.3 Muestreo	37
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	38
2.4.1 Técnicas de recolección de datos.	38
2.4.2 Instrumentos de investigación	38
2.4.3 Aspectos éticos	38
III. ANÁLISIS Y RESULTADOS	39
3.1 Descripción de la zona de estudio.	40
3.2 Recopilación de información, procesamiento y análisis de datos.	41
3.2.1 Trabajos de campo.	41
3.2.2 Recolección de datos, Ensayos de laboratorio y Procesamiento.	42
IV. DISCUSIÓN	56
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	63
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Materiales recuperados de pavimentos con revestimientos asfálticos	6
Tabla 2: Primeros resultados de Resistencia a la Compresión Simple	12
Tabla 3: Operacionalización de las variables	35
Tabla 4: Resultados (Capas, Coordenadas, Esfuerzos y Deformaciones)	50
Tabla 5: Resultados (Capas, Coordenadas, Desplazamientos y Esfuerzos)	50
Tabla 6: Resultados (Capas, Coordenadas, Esfuerzos y Deformaciones)	51
Tabla 7: Resultados (Capas, Coordenadas, Desplazamientos y Esfuerzos)	51
Tabla 8: Comparación de Esfuerzos y deformaciones de pavimentos flexibles, para mejorar la ingeniería del tránsito en la Av. Los Libertadores	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vía en buenas condiciones de transitabilidad	3
Figura 2: Vía en pésimas condiciones de transitabilidad	4
Figura 3: Nano cristales modificados con zeolíticas sintéticas.	13
Figura 4: Sección convencional de pavimentos flexibles	14
Figura 5: Comparación entre secciones de pavimentos flexibles	14
Figura 6: Matriz inicial del diseño de la prueba	16
Figura 7: Equipos para medir el CBR	19
Figura 8: Equipos para medir la plasticidad	19
Figura 9: Tipos de compactadores	20
Figura 10: Tipos de compactadores	22
Figura 11: Equipo para la Prueba de Resistencia a la Compresión	23
Figura 12: Concepto mecanicista en pavimentos.	24
Figura 13: Mapa conceptual de las funciones de Excel	25
Figura 14: Mapa ubicación de la 1ra. Cuadra de la Av. Los Libertadores.	40
Figura 15: Imagen de las condiciones de la 1ra. Cuadra de la Av. Los Libertadores	41
Figura 16: Sección vial de la 1ra. Cuadra de la Av. Los Libertadores	41
Figura 17: Secciones de la 1ra. Cuadra de la Av. Los Libertadores.	42
Figura 18: Portada del MEPDG – ASSHTO 2008 y Pantalla del DARWin-ME.	45
Figura 19: Estructura de pavimento y características de los materiales.	46
Figura 20: Tipo de eje y distribución de cargas.	46
Figura 21: Esfuerzos y deformaciones por puntos de evaluación.	47
Figura 22: Plantilla de resultados	47
Figura 23: Estructura de pavimento y características de los materiales	48

Figura 24: Tipo de eje y distribución de cargas	48
Figura 25: Esfuerzos y deformaciones por puntos de evaluación	49
Figura 26: Plantilla de resultados	49
Figura 27: Bulbos de Distribución	54
Figura 28: Costo de construcción en 1 km	54
Figura 29: Vida Útil de Diseño en años	55
Figura 30: Tiempo de construcción en semanas	55

RESUMEN

Rehabilitación con concreto zeolítico sintético para mejorar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017, es el título de la investigación que propuso como objetivo determinar de qué manera la rehabilitación con concreto zeolítico sintético mejora la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017. El diseño de investigación fue pre experimental de tipo aplicada, la población estuvo conformada por 4413 metro lineales y la muestra representada por 135 metros de longitud, para el procesamiento de muestras de campo se utilizó el ensayo de Triaxial, cuyos resultados fueron procesados con el Software MEPADS obteniéndose las memorias de cálculos, que reflejan los resultados de los pavimentos flexibles convencionales y los pavimentos flexibles con zeolitas sintéticas, arribando a las conclusiones del estudio donde se logró determinar que la rehabilitación con concreto Zeolítico sintético mejora la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017, Por evidenciarse menores niveles de deformaciones con la zeolita en las 10 secciones de la muestra de campo dada las propiedades de impermeabilidad al agua o el aire, flexibilidad sin agrietamientos y gran durabilidad.

Palabras claves: Zeolítico sintético, esfuerzo cortante, resistencia.

ABSTRACT

Rehabilitation with I make concrete zeolite synthetic to improve the resistance of the asphalt pavements of the Av. Libertadores, San Martin de Porres, Lima, 2017, is the title of the investigation that it proposed as aim to determine of what way the rehabilitation with concrete Synthetic zeolite improves the resistance of the asphalt pavements of the Av. Libertadores, San Martin de Porres, Lima, 2017. The design of investigation was pre experimentally of type applied, the population was shaped by 4413 linear meters and the simple there was in use triaxial's test, which results were processed by the software MEPADS the memories of calculaciones being obtained, that reflect the results of the flexible conventional pavements and the flexible pavements with synthetic zeolite, arriving at the conclusions of the study where it achieved to determine that the rehabilitation with concrete systhetic zeolite improves the resistance of the asphalt pavements of the Av. Libertadores, San Martin de Porres, Lima, 2017.

For minors demonstrate Levels of deformations with the zeolite in 10 sections of the field simple given the properties of impermeability to the water or the air, flexibility without crackings and great permanence.

Key words: Zeolite, synthetic, strain, cutting, resistance

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática.

Con el preocupante deterioro permanente de la capa de ozono y la degradación de los ecosistemas, la sustentabilidad ambiental es un asunto de prioridad en la industria de la construcción en general. El término “sustentabilidad” (característica según la cual puede satisfacerse las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer las propias) es un concepto amplio que se encuentra en continua evolución. En tal sentido, en una realidad actual, para un desarrollo sostenible es necesario definir proyectos viables desde los aspectos económico, social y ambiental de las actividades humanas. Es decir, deben establecerse indicadores de desempeño del triple efecto entre el bienestar social, el ambiente y el resultado económico. Los tres componentes deben permanecer equilibrados entre ellos, balanceados adecuadamente.

La misión es construir sin generar impacto negativo sobre el ambiente y la sociedad. De ahí, que aparecen los términos “amigable” o “verde”.

En los últimos tiempos, el mundo apunta hacia la práctica de la construcción con el reaprovechamiento de los materiales, esto debido a que el futuro se siente amenazado. La escasez o agotamiento de recursos, es decir, la depredación de la naturaleza cada vez más intensa, limita la explotación de canteras, ríos o yacimientos, que son necesarios para la construcción de obras civiles, hidráulicas y viales, lo que a su vez preocupa ambientalmente y desde el punto de vista socio-económico, ya que siempre la utilización de materiales nuevos es más costosa que cuando se reutilizan aquellos procesados que ya han servido para su propósito original.

En el mundo entero, numerosas carreteras se deterioran y son reconstruidas, se corrige su trazado o se renuevan las capas de sus pavimentos a fin de prolongar su vida útil y atender las necesidades socio-económicas de las ciudades, pueblos y naciones.

El pavimento de una vía, es un medio de comunicación entre las poblaciones que facilitan la movilidad del tránsito en general, así como el desarrollo económico y social. Motivo por el cual, se requiere una atención especial de modo de permitir la existencia de condiciones necesarias para el confort de los usuarios. El mismo

está sujeto a la acción continua del tránsito y de la meteorología. Estos dos factores junto con el envejecimiento natural de los materiales, hacen que el pavimento sufra un proceso de progresivo deterioro. Este envejecimiento y deterioro conlleva una disminución paulatina en los niveles de seguridad y confort del tránsito, que al sobrepasar ciertos valores hacen necesaria una operación de conservación. La conservación de la red vial es en la actualidad un aspecto de gran importancia debido a los recursos que moviliza.

A continuación se muestran ejemplos ilustrativos de vías en buenas y pésimas condiciones. Fotografías (1) y (2), respectivamente.



Fuente: Propia

Figura 1: Vía en buenas condiciones de transitabilidad



Fuente: Propia

Figura 2: Vía en pésimas condiciones de transitabilidad

Un primer precedente del empleo de las técnicas de reciclado de pavimentos aconteció después de la Segunda Guerra Mundial, cuando para reparar las carreteras secundarias afectadas por la misma, se puso en práctica en el Reino Unido un procedimiento llamado "Retread Process" o proceso de "recauchutado".

En la actualidad, el reciclado in situ con cemento es una técnica muy utilizada en países como Estados Unidos, Australia, Sudáfrica, Alemania o Francia.

En Brasil, el crecimiento económico y el aumento del parque automotor y de la carga transportada, ha ocasionado un deterioro acelerado de las carreteras brasileñas, cuya restauración pasaba necesariamente por la reconstrucción del pavimento. Frente a esta situación diversas alternativas de reciclado desarrolladas en Europa y Estados Unidos, presentan un gran potencial para agregar capacidad estructural al pavimento y al mismo tiempo aprovechar los materiales existentes, con todos los beneficios económicos y ambientales que esto significa.

Según Araujo (2004), la técnica del reciclado del revestimiento asfáltico se viene ejecutando en Brasil desde la década de los 80, después de la introducción de las primeras fresadoras al país. Existen varios trabajos técnicos publicados en relación al asunto por Oliveira, 1987; Ferreira et al., 1994; Momm & Domínguez, 1995; Bonfim & Domínguez, 1995; RAMOS et al., 1995.

A partir de la década de los 90 se vienen aplicando varias alternativas para reciclado de pavimentos flexibles que fueron desarrolladas en el exterior, entre ellas, particularmente el *reciclado en frío in situ* profundo con adición de cemento Portland. La técnica consistía en reutilizar los materiales del pavimento existente con el propósito de construir una capa nueva, mediante el proceso de trituración del RAP con parte de la Base Granular, adicionar Cemento Portland y Agua Potable, aplicando una Energía de Compactación, que transforme la mezcla en una nueva capa base del pavimento. Los reciclados en la práctica brasileira en general, actualmente contemplan mezcla de RAP + 3% de Cemento Portland + Agua potable + 10 a 15% (adicional) de agregado virgen para encuadrar la granulometría especificada.

El panorama sobre la técnica del Reciclado de Pavimentos Asfálticos (RPA), según Moreira (2005), no es una idea reciente, tuvo sus inicios en el año 1930 en la India y Singapur usando el reciclado en Caliente. Fue en esta misma década que el Road Research Laboratory inauguró experiencias de reciclado en Frio in situ (Cold In Place Recycling - CIR). Sin embargo, fue a partir de 1970 que estas técnicas ganaron más atención, debido al alza del precio del petróleo. Trabajos recientes demuestran que las mezclas asfálticas con RAP presentan propiedades mecánicas similares y en algunos casos, superiores al de las mezclas asfálticas convencionales, además, de permitir una reducción en el tiempo de ejecución de las obras de rehabilitación de Pavimentos (Lima 2003).

En España, tras una primera experiencia en el año 1992 de apenas 12 km, la superficie reciclada cada año ha ido creciendo progresivamente hasta 2006, año en el que se produce un importante salto. Desde entonces, se viene reciclando una superficie anual de unos 2,5 millones de metros cuadrados, lo que representa actualmente casi 21 millones de metros cuadrados de carreteras recicladas in situ con cemento en nuestro país.

En Japón, el reciclado de pavimentos es visto como el método del futuro para el mantenimiento y conservación de vías. Aproximadamente 90% del material fresado de carpetas asfálticas es reciclado y reaprovechado en pavimentaciones (TAKAHASHI et al., 2002).

En los Estados Unidos alrededor del 80% de toda mezcla asfáltica nueva contiene RAP, significando economía en consumo de energía, CAP (Cemento Asfáltico de Petróleo) y agregados vírgenes (Araújo, 2004).

En Italia, según Bocci et al. (2010), el reciclado de pavimentos comenzó a ser usado a partir del año 1970 y, en el año 2000 ya se habían alcanzado los 2 millones de toneladas de RAP.

La Tabla 1 muestra la cantidad de Residuo Asfáltico generado en millones de toneladas, con los respectivos porcentajes de reciclado en diferentes países.

Tabla 1: Materiales recuperados de pavimentos con revestimientos asfálticos

País	Produção (milhões de toneladas)	Reciclagem (%)
EUA	41	80
Suécia	0,88	95
Alemanha	13,2	55
Dinamarca	0,53	100
Holanda	0,12	100

Fuente: Holtz e Eighmy (2000) *apud* David (2006)

Como referencia internacional, la tecnología del reciclado de pavimentos está normada por la ARRA (Asphalt Recycling & Reclaiming Association - Asociación de Reciclado y Recuperación de Asfalto), y se clasifican:

En función del lugar donde se lleva a cabo la mezcla

- Reciclado "in situ"
- Reciclado "en planta"

En función de la temperatura de elaboración y colocación de la mezcla

- Reciclado en Frío o
- Reciclado en Caliente
- Reciclado en Frio In Situ (Cold in Place Recycling – CIR)

En función del ligante adicionado

- Con cemento o ligante asfáltico
- Con emulsiones asfálticas

- Con aglomerante hidráulico como el cemento Portland.

El reciclado puede realizarse en frío o en caliente, en central o in situ, considerando el lugar donde se procese el mezclado. La técnica del reciclado a frío in situ puede llevarse a cabo con cemento, emulsión o mixto con emulsión-cal o emulsión-cemento.

En el Perú y especialmente en Lima, no existe práctica de reciclado en frío in situ para rehabilitar pavimentos asfálticos, y las vías en general se encuentran en grave estado de deterioro y con urgente necesidad de rehabilitación. La solución consiste en aplicar técnicas, como:

- Cortar y recomponer los espesores de las capas falladas del pavimento existente con materiales vírgenes, con todo el impacto socio-económico y ambiental que esto significa, o;
- Fresar funcionalmente la capa asfáltica existente en espesor generalmente de 5 cm de espesor, y recomponer en el mismo espesor (técnica utilizada actualmente por la Municipalidad de Lima).

Estas técnicas han demostrado a través del tiempo haber sido estructuralmente insuficientes, significando periodos de vida útil muy cortos. Consecuentemente, la inversión de recursos se convierte en dispendio urbano.

La única experiencia en nuestro país de rehabilitación de pavimentos de vías con Concreto Zeolítico Sintético está limitada a un Tramo de Prueba de 140 metros lineales por 12 metros de ancho, realizado en la Avenida Néstor Gambeta del Callao, en el año 2012.

Previamente, en el año 2010, la empresa CAMINEROS desarrolló un estudio para esta vía cuyo tráfico estaba conformado mayoritariamente por camiones de carga, siendo el valor del tráfico de diseño (Número "N") de 90×10^6 Ejes Equivalentes y el CBR del Suelo 10%. Para la ampliación y mejoramiento de la vía se planteó una alternativa de rehabilitación del pavimento existente, a través del reciclado en frío in-situ de la capa asfáltica y capas granulares, empleando la nanotecnología del Concreto Zeolítico Sintético.

1.2 Trabajos previos

Las investigaciones requieren de la revisión de estudios ya realizados con anterioridad las mismas que son seleccionadas teniendo en cuenta su temporalidad, así como el rigor científico que guarda con el presente estudio tanto en el contenido temático como metodológico, por lo que se inicia la presentación de trabajos de investigación en el ámbito nacional e internacional:

1.2.1 Nacionales.

CORTES, Cindy y FERNANDEZ, Miguel (2015), en la tesis titulada en la Influencia de las zeolitas y biopolímeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de Lima para vías a nivel de afirmado. Para optar el título de Ingeniero civil).Lima, Universidad Ricardo Palma.

La investigación que realizo fue de tipo aplicada, su metodología fue descriptiva y aplicativa, con un diseño de estudio no experimental, su objetivo general fue: Ofrecer una solución adecuada y eficaz para las vías de transporte no pavimentadas, con el uso de aditivos químicos a base de zeolitas y biopolímeros, mejorando los costos de ejecución, resistencia del suelo in-situ y reducción del levantamiento de polvo, prolongando el tiempo de vida útil. Se realizó ensayo de laboratorio, su población constituyo los suelos del norte, sur y este de la ciudad de Lima. Llegando a las siguientes conclusiones: La utilización de material de cantera para la estabilización de suelos o vías a nivel de afirmado hacen que el costo de la construcción de carreteras aumente, es por esto que la utilización de aditivos químicos hace posible la utilización de los suelos in situ. Los aditivos químicos fortalecen propiedades que los suelos necesitan para que tengan una resistencia adecuada para que sean utilizados como materiales de construcción. Y en las recomendaciones de: El éxito de una estabilización con cemento Portland depende de tres factores: Contenido apropiado de cemento, contenido óptimo de humedad y compactación adecuada.

GOMEZ, Susan (2014), en su estudio titulado Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad de la Universidad Privada Antenor Orrego en Trujillo, para optar el título de Ingeniero Civil en el área

de investigación: Transportes la obra “Creación del intercambio vial del Óvalo Grau”. Esta nueva obra de infraestructura vial urbana, consistió en un viaducto elevado de 60 metros de largo por una rampa y un total de 450 metros de longitud que siguen la trayectoria de la Avenida América Sur, efectuándose los trabajos de demolición de toda la antigua construcción del pavimento actual en el anillo vial para hacer realidad el paso a desnivel del Óvalo Grau. El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito.

YARANGO, Eduardo (2014) en su investigación de Rehabilitación de la carretera de acceso a la sociedad minera Cerro verde desde la prolongación Km 0+000 hasta el km 1+900, en el distrito de Uchumayo, Arequipa. Empleando el sistema Bitufor para reducir la reflexión de grietas y prolongar la vida útil del pavimento; para optar el título de ingeniero civil. Lima: Universidad Ricardo Palma. El marco metodológico mostro una investigación aplicada, de diseño no experimental, su objetivo general fue establecer al sistema Bitufor como una alternativa económica para retardar la reflexión de grietas y prolongar la vida útil de los pavimentos asfálticos, analizando ensayos para su evaluación visual y estructural, en la rehabilitación de la carretera de acceso a la S.M.C.V. ubicada en el distrito de Uchumayo departamento de Arequipa. La reflexión de grietas en las capas de recubrimiento de Asfalto de Mezcla Caliente (HMA) representa un serio desafío asociado a la rehabilitación de pavimentos, siendo un problema importante e incidente en el desarrollo de la vida útil de los pavimentos; por lo tanto en la tesis se propone el uso del sistema Bitufor (Mesh Track +Slurry Seal) como una alternativa de solución para retardar la aparición de grietas, además de otros beneficios que prolongan la vida útil del pavimento. Se recomendó en la rehabilitaciones ya sean totales o parciales es importante tener en cuenta un correcto proceso constructivo para su eficiencia, de los 4 pasos del proceso constructivo que son, 1. Preparación de la base, 2. Instalación del refuerzo de acero, 3. Aplicación de la capa intermedia (slurry seal), 4. Instalación de la capa de recubrimiento.

1.2.2 Internacionales.

MUÑOZ, Rafael (2013), en cuya tesis titulada el Estudio de mezclas de áridos reciclados de hormigón y asfáltico estabilizados con cemento para su aplicación en bases y sub-bases de carreteras, para obtener la maestría en ingeniería estructural y de la construcción de la Universidad Politécnica de Cataluña, España.

En el análisis de la metodología se encontró que fue una investigación de tipo aplicada, de diseño experimental se realizó diversos ensayos; su objetivo estudiar la posibilidad de utilizar mezclas de árido reciclado de hormigón de baja calidad, como en el límite puede encontrarse en una obra y árido reciclado asfáltico, estabilizadas con cemento, para ser aplicadas en capas de base y sub base en carreteras. El estudio de la mezcla RAP + Cemento Portland fue realizado con muestras al 100%, 90%, 75% y 50% de concentración del Reclaimed Asphalt Pavement), y el resto material virgen. Estas mezclas fueron ensayadas en laboratorio para obtener la caracterización del material estabilizado con Cemento Portland, realizando también ensayos relacionados con las propiedades mecánicas: Proctor Modificado, Resistencia a la Compresión, Módulo de Elasticidad e Índice de Soporte de California – CBR. Las conclusiones, los resultados obtenidos con el 100% de ARH y todas las mezclas estudiadas de este con ARA, especialmente el CBR, demuestran la posibilidad de utilizarlos sin cemento en capas de firme no ligadas, con lo que se cumple el segundo objetivo principal de este trabajo.

DÍAZ, Jesús (2011), en su tesis titulada el Estudio del comportamiento de los pavimentos reciclados in situ con cemento, para optar el grado de doctor en Ingeniería Civil. Al reconocer los componentes de la metodología se identificó que corresponde a un estudio de tipo aplicada, de diseño experimental. Su objetivo general es reutilizar los propios materiales existentes en la carretera en cierta profundidad mediante su disgregación, la adición de cemento, agua y a veces un pequeño porcentaje de áridos, e incluso algún aditivo (retardador de fraguado) en unas proporciones definidas en los ensayos previos. Esta mezcla se compacta y se cura adecuadamente constituyendo la capa de mayor resistencia estructural del

nuevo pavimento. En obra se realizó un estudio previo de dosificación con el material reciclado y contenidos variables de cemento del 2,5%, 3,5% y 4,5 %. De su análisis se concluyó que la varianza de la resistencia (promedio de los cuadrados de las desviaciones de los datos respecto a su media) disminuye al aumentar el contenido de cemento, lo que es lógico al permitir un mezclado mejor y una mayor homogeneización. Por eso y debido a la mayor variabilidad de las características del material en obra, la dotación de cemento debe superar siempre un valor mínimo (3% según la normativa vigente), evitando dotaciones muy estrictas que puedan generar problemas posteriores (cualquier incremento de finos puede provocar una caída de resistencias y problemas mucho más costosos de resolver a posteriori).

La relación y dependencia existente entre la resistencia a compresión y la densidad queda contrastada, como ya se ha demostrado en un gran número de trabajos realizados al respecto, reduciéndose exponencialmente la resistencia a compresión obtenida a cualquier edad, a medida que es menor la densidad obtenida en la probeta. En el caso concreto de la obra, a pesar de disponer de un gran número de datos, no se puede establecer una relación válida con carácter general debido a la variabilidad de las características del material reciclado a lo largo de los diferentes tramos de la obra.

FEDRIGO, William y PERES, Jorge y PEREIRA, Ceratti (2014) en su artículo sobre el Reciclagem em Pavimentos com Adição de Cimento Portland, de la Universidad Federal do Rio Grande do Sul-Brasil/Programa de Pós-Graduação. Considero desarrollar un procedimiento de dosificación mediante estudios de laboratorio, utilizando mezclas de RAP de pavimentos brasileiros con diferentes contenidos de Cemento Portland y diferentes Energías de Compactación. Además de lo anterior, también se pretende desarrollar un procedimiento para analizar la compatibilidad de un pavimento existente con la técnica del reciclado, a través de la selección y evaluación de tramos viales y documentación existente. _Los resultados obtenidos son presentados en la tabla 2, se puede verificar que el aumento del fresado reduce la Resistencia a la Compresión Simple (RCS) a los 3 días de cura. Sin embargo, a los 7 días de cura, la RCS se acerca a la de la mezcla con menor porcentaje de fresado. Este efecto, puede ser debido al hecho de que el ligante disminuye el intertravado de las partículas, para periodos de cura cortos.

También se concluyó que la RCS aumenta con una mayor compactación y con el aumento del cemento. Los resultados presentados son el promedio de 3 testigos o Cuerpos de Prueba (CPs), siendo que la RCS de cada CP, es un intervalo del promedio más o menos un desvío patrón.

Tabla 2: Primeros resultados de Resistencia a la Compresión Simple

Cemento (%)	Fresado (%)	Energía	3 días	7 días	14 días
2	20	Modificada	2,33	2,65	3,14
2	50	Modificada	1,61	2,63	2,65
4	20	Modificada	3,35	-	-
4	50	Modificada	2,61	-	-
4	20	Intermediária	1,85	-	-
4	50	Intermediária	1,61	-	-
6	20	Intermediária	4,51	-	-
6	50	Intermediária	4,06	-	-

Fuente: Ensayos de laboratorio.

ZACARIAS, (2014) en su investigación titulado el "Reciclagem de Pavimentos na Engenharia Rodoviária" (Reciclado de Pavimentos en Ingeniería Vial). Este trabajo de investigación desarrollado en Portugal para obtener el título de Master en Ingeniería Civil

Consistió en previo levantamiento de las principales patologías de los pavimentos en Portugal, propone alternativas de reciclado en substitución de las técnicas tradicionales:- a) Reciclado en Frio *in situ*, con Cemento; b) Reciclado en Frio *in situ*, con Emulsión Asfáltica; c) Reciclado en Frio *in situ*, con Asfalto Espumado; d) Reciclado en Frio *in situ*, con Cemento y Emulsión Asfáltica; e) Reciclado en Caliente *in situ*, con Agente Rejuvenecedor. En ello se presentan las ventajas y desventajas que ofrecen las diferentes alternativas de reciclado *in situ* vs en planta (caliente). Del estudio de caso realizado, se concluyó que la solución más benéfica desde el punto de vista técnico-económico y ecológico, para reciclado de pavimentos es la técnica del *reciclado en frio in situ con cemento*, ya que con esta se evitan trabajos desnecesarios de excavación, carguío, descarga y transporte de materiales sobrantes o escombros a botaderos, reduciendo costos de las propias partidas de corte y transporte, así como de mano de obra, equipos y herramientas. Además de ser un proceso constructivo versátil y práctico, con esta alternativa se

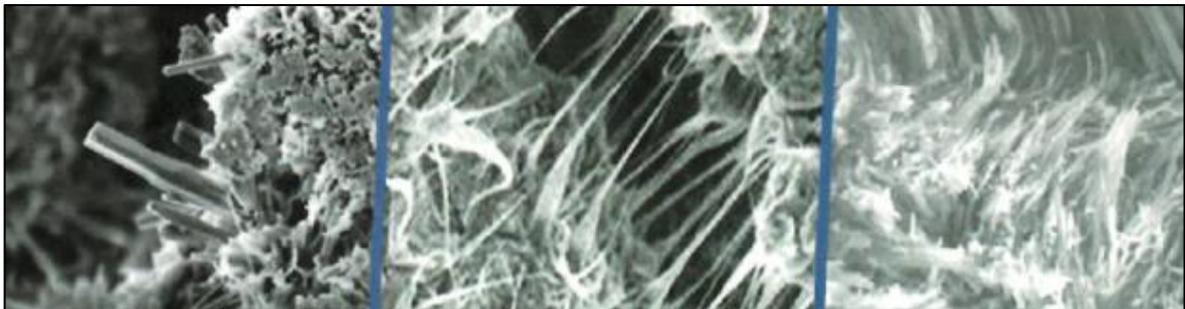
minimiza el impacto ambiental. El reciclado de pavimentos *in situ* con cemento Portland sin fresado de las capas asfálticas, reporta un precio promedio de 3,60 €/m², frente al reciclado *in situ* considerando fresado de las capas asfálticas, en el orden de 6,60 €/m². El reciclado *in situ* a frio con emulsión asfáltica es más económica, está en promedio de 2,70 €/m², pero no es recomendable porque interfiere solamente con Concreto Asfáltico existente.

1.3 Teorías relacionadas al tema.

1.3.1 REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

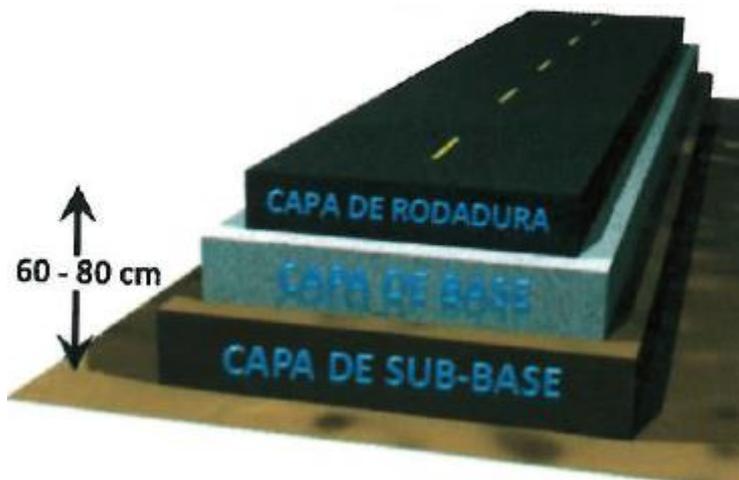
Concreto Zeolítico Sintético.

Según De La Roij (2014, p.15) indico que es una combinación de suelos (arena, gravas, humus, materia orgánica, coloides, etcétera) con zeolitas sintéticas, ingredientes alcalinos y activadores de patente, incluyendo el cemento Portland y agua, experto en emplearse en las construcciones de las carreteras terrestres, también en obras hidráulicas, en construcciones, bases e otras.



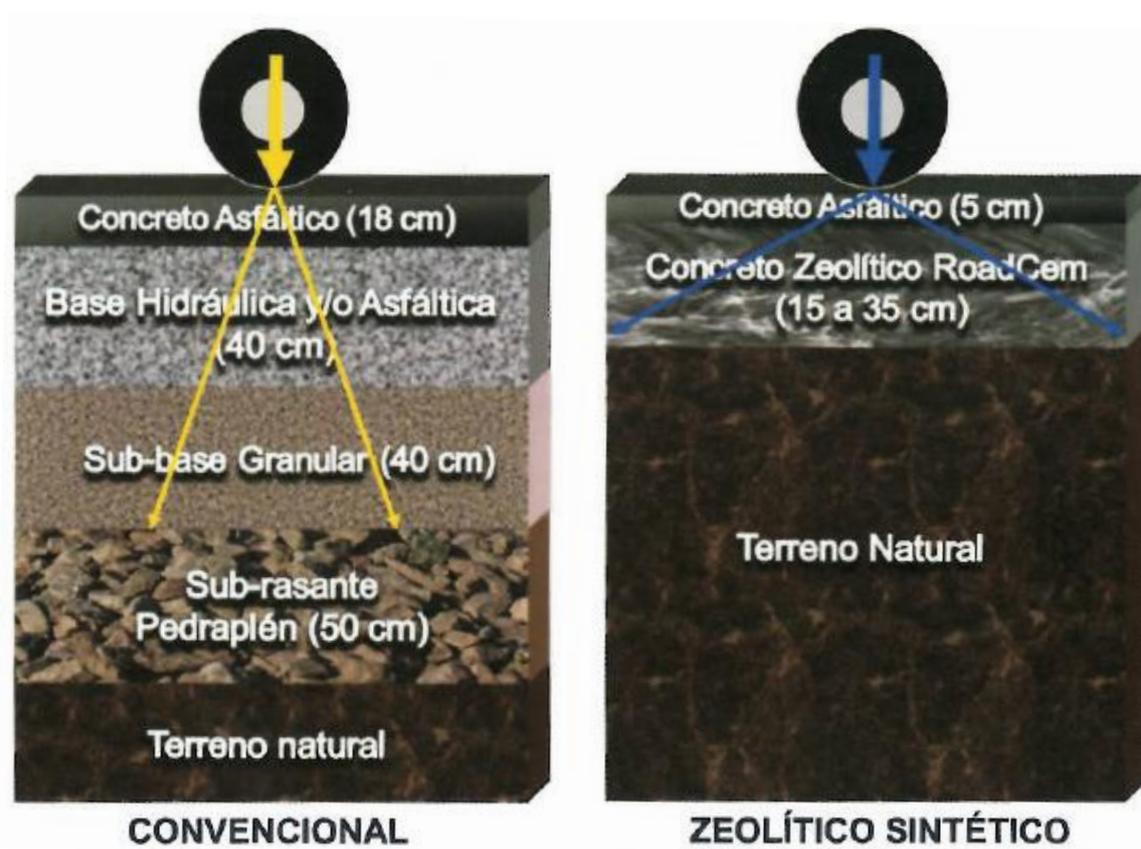
Fuente: Manual de Nano Tecnología en pavimentos

Figura 3: Nano cristales modificados con zeolíticas sintéticas.



Fuente: Manual de Nano Tecnología en pavimentos

Figura 4: Sección convencional de pavimentos flexibles



Fuente: Manual de Nano Tecnología en pavimentos

Figura 5: Comparación entre secciones de pavimentos flexibles

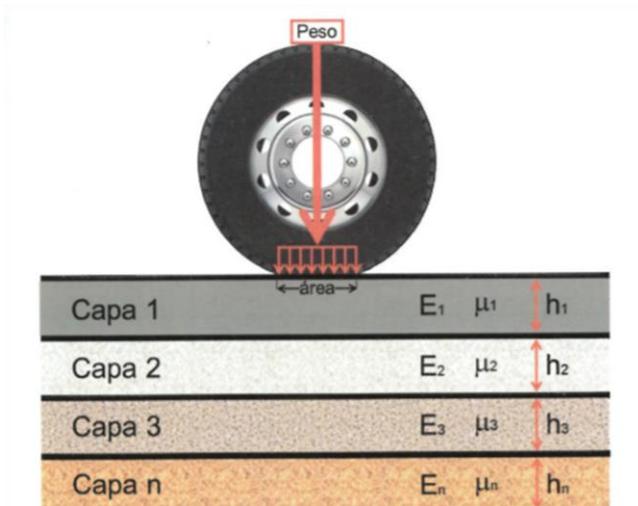
1.3.1.1 Diseño de pavimentos con zeolítica sintética

Datos de entrada

Según De La Roij (2014, p. 88) indicó que son los siguientes:

- A. Estructura.- Es el resultado de haber analizado toda la información, los requerimientos del cliente y de los Usuarios. Teniendo por escrito el acuerdo hecho donde se definió con certeza el tipo de estructura más adecuada (idea), la GEOMETRIA Y LOS Acabados.
- B. Materiales.- Revisar todas sus propiedades, resultado del Estudio de Mecánica de suelos, el Modulo elástico (E) el módulo de Resiliencia (Mr) y la relación de Poisson (U), etcétera, más los adicionales que se hayan hecho.
- C. Transito.- Investigar si los datos obtenidos en el estudio de ingeniería de Transito corresponden a la realidad (Intensidad, distribución de cargas, crecimiento y sus cargas máximas) y revisar con detalle cuales van a ser los puntos críticos que se van a considerar, dependiendo del tipo de camiones críticos para pedir posteriormente en la evaluación estructural (Esfuerzos (Q), Deformaciones (E) y deflexiones (O-).
- D. Clima.- Los factores climáticos o naturales, se pueden separar en dos clasificaciones. La primera, es referente a la temperatura (Calor, Frio y variaciones), humedad (lluvia), evaporación y variaciones) y ciclos críticos (heladas, deshielo, frentes fríos, tormentas y huracanes). Y la segunda, radica en la importancia de la influencia del Clima en el cambio de las propiedades de los materiales para poder medir estos aspectos dentro de la estructura de pavimento.

Diseño de prueba



Fuente: De La Roij (2014, p. 89).

Figura 6: Matriz inicial del diseño de la prueba

Luego se ordena la data obtenida como el módulo elástico, el coeficiente de Poisson, el número de capas, el peso crítico, el área de contacto, la presión de inflado y el espesor sugerido. Enseguida, se hicieron los cálculos necesarios para determinar los ejes equivalentes y actuantes y así quedado determinada la estructura inicial del diseño de prueba.

Para hacer el pase del diseño clásico de pavimentos a la nanotecnología de las zeolitas sintéticas fue necesario teoría, trabajo de campo y ensayos que proveyeran los materiales y indicadores como el módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, módulo de ruptura y módulo de resiliencia. También fue necesario el desarrollo de un "software" para el diseño del método empírico - mecanicista.

Las muestras del suelo - cemento - zeolitas sintéticas dieron cierta dificultad cuando se trató de determinar el valor del módulo de elasticidad, ya que las tensiones a las que se le induce son muy bajas y la preparación de la muestra y terminando tienen un impacto mayor en la repetitividad.

1.3.1.2 Materiales para la elaboración del concreto Zeolítico sintético

Según De La Roij, 2014, p.15, los materiales de las capas del pavimento recuperado son:

A. Aditivo de zeolitas sintéticas

Las zeolitas sintéticas es un polvo con partículas cristalinas, tiene una reacción inmediata a la humedad, en pocos segundos absorbe la humedad del ambiente, este proceso se observó visualmente en laboratorio. Se dosifica en porcentaje de peso del cemento.

El método del aditivo Zeolítico resulta de la acción sinérgica entre la zeolítica y el cemento, que actuando sobre los materiales del pavimento logra alterar sus propiedades, logrando que se potencien algunas de ellas y mermando otras que podrían ser motivo de falla de la parte estructural. Cabe mencionar que las zeolitas sintéticas son cristales que reaccionan inmediatamente absorbiendo el agua del ambiente.

Se usa aditivo Zeolítico con el cemento para aumentar la fuerza cortante, sobre todo cuando la situación es crítica.

Los suelos y materiales problemáticos que van a ser usados en la estructura del pavimento necesitan ser tratados, por lo tanto, debe hacer un balance apropiado para determinar si se usa aditivo Zeolítico con cemento u otros, (Cortes y Fernández, 2015, p 70).

B. Cemento

El cemento es un material que se usa para aglutinar determinados materiales y se caracteriza porque endurece y fragua independientemente. Su fabricación implica costos bajos, ya que se fabrica con arcilla, cal y otros materiales de bajo costo. Rápidamente se universalizó su uso en la industria de la construcción como elemento básico (Parra, 2011, p. 6).

El cemento usado para estabilización cumple con la norma técnica peruana NTP334.009, NTP 334.090, también con la norma AASHTO M85 o la norma

ASTMC150. Y el cemento de uso general es el cemento tipo I (Cortez y Fernández, 2015, p. 50).

Cemento Portland: En un sentido amplio, se puede definir al cemento como aquel material conglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales les permiten unir fragmentos minerales entre sí para formar un todo compactado con resistencias y durabilidades adecuadas. En el área de la construcción, cuando hablamos de los materiales que constituyen el hormigón, implícitamente nos referimos al cemento, como cemento Portland o cemento a base de Portland. A estos también se les denominan cementos hidráulicos ya que tienen la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua (Muñoz, 2013, p 13-16).

C. Agua

El agua a usar en los procesos constructivos para la preparación de mezclas debe ser agua potable, ya que así cumple con lo establecido por la norma (Díaz, 011, p 80).

Entonces, el agua no debe contener material orgánico, álcalis y otros productos dañinos. El pH, de acuerdo con la norma ASTM D-1293, estará comprendido entre 5.5 y 8.0, y la cantidad de sulfatos, expresado como SO₄, no debe exceder 1 g/l, según la norma ASTM D-516 (Cortez y Fernández, 2015, p. 51).

1.3.1.3 Control en la elaboración del concreto Zeolítico

CBR

(De La Roij 2014, p. 65).Un ensayo clásico de la mecánica de suelos es el CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) que se usa en obras de vías de transporte para obtener la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos. Esto se hace controlando la humedad y la densidad. Esta prescrita por el método AASHTO.



Fuente: De La Roij (2014, p. 66).

Figura 7: Equipos para medir el CBR

Plasticidad

La plasticidad es una propiedad de los materiales contenidos en el suelo referente a la capacidad que tiene para deformarse y re-moldearse sin sufrir agrietamientos. Es decir es la cualidad de un material para soportar deformaciones rápidas sin desmoronarse ni agrietarse. (Manual de la nano tecnología en pavimentos, 2014, p. 66).



Fuente: De La Roij (2014, p. 67).

Figura 8: Equipos para medir la plasticidad

Compactación

Inmediatamente se comienza la consolidación de la capa formada hasta lograr una densidad igual cuando menos a la del ensayo Proctor. La compactación se realiza partiendo de los bordes hacia el centro excepto en las curvas con peralte (Cortes y Fernández, 2015, p 61)



Fuente: De La Roij (2014, p. 71).

Figura 9: Tipos de compactadores

1.3.4 Dimensiones e indicadores del Concreto Zeolítico Sintético

De La Roij (2014, p. 71) La variable independiente de esta investigación se mide y evalúa, mediante los indicadores, para lo cual se han considerado las siguientes dimensiones.

DIMENSION 1: Materiales para la elaboración del concreto Zeolítico sintético

Indicadores: Material de las capas del pavimento recuperado, Aditivo de zeolíticas sintéticas y Cemento y Agua

DIMENSION 2: Diseño de pavimentos con Zeolítico sintéticas

Indicadores: Datos de entrada, Diseño de prueba y Resistencia estructural.

DIMENSION 3: Control en la elaboración del concreto Zeolítico

Indicadores: CBR, Plasticidad y compactación (p.84).

1.3.2 V2: Resistencia de los pavimentos asfálticos

Para Rondón y Reyes (2015) “los pavimentos son estructuras viales multicapa constituidos por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados, estas estructuras son diseñadas para soportar la cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales “(pp. 26-27).

Un pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero. Este tipo de pavimentos no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores. La sección transversal de un pavimento rígido está compuesta por la losa de concreto hidráulico que va sobre la sub base y éstas sobre la subrasante. Tiene un costo inicial más elevado que los pavimentos flexibles y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losa (Yarango, 2014, p. 48).

1.3.2.1 Mecánica de suelos

La mecánica de suelos nos permite establecer las características físicas, químicas y mecánicas del suelo. Usando información teórica y conocimiento empírico nos permitió entender los esfuerzos y deformaciones y los requisitos para la estabilidad y durabilidad estructural.

Para determinar los ensayos que se van a realizar se debe tener en cuenta la disponibilidad de laboratorios y su equipamiento y el uso que se le dará al suelo analizado. Si el suelo ya ha sido analizado, confirmar la fecha y la calidad de los ensayos para determinar si es posible usarlo en el diseño de pavimentos, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero. Caso contrario, se deberán hacer los ensayos correspondientes. Entonces se debe establecer las acciones necesarias para evitar cualquier contratiempo y no cumplir con la entrega de los resultados para el inicio de la obra (De La Roij 2014, p. 46).

Sondeos

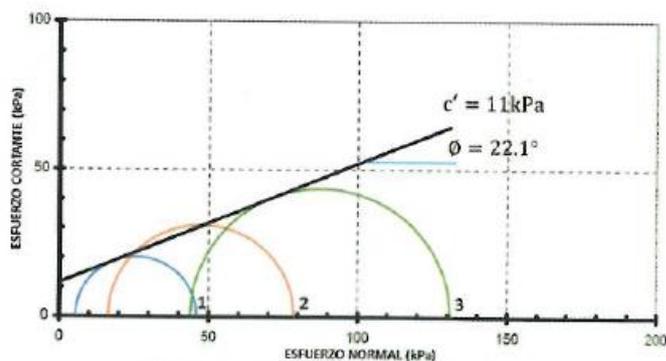
Con los sondeos se va a obtener información muy relevante para la obra que será usada para su diseño y posterior ejecución. El proyectista logrará realizar un excelente proyecto de pavimentos con zeolíticas si los datos son precisos, y estos son: estratigrafía, ubicación nivel freático, muestras para los ensayos de laboratorio, y otros (De La Roij 2014, p. 46).

Muestreo

(De La Roij 2014, p. 50). El número de muestras que se van a utilizar para los ensayos dependen tanto del tipo de estudios a ejecutar como de la cantidad de sondeos realizados.

1.3.2.2 Esfuerzos cortantes

El determinar la resistencia al Esfuerzo Cortante es uno de los temas fundamentales en el estudio de la mecánica de suelos, ya que al hacer una valoración adecuada, nos dará la información necesaria para hacer un buen análisis de estabilidad en las obras de las vías terrestres. En el laboratorio mediante la Prueba de Compresión Triaxial de resistencia al esfuerzo cortante se obtiene la información que determina el ángulo de fricción, cohesión y resistencia al esfuerzo cortante (De La Roij 2014, p. 70).



Fuente: De La Roij (2014, p. 70).

Figura 10: Tipos de compactadores

1.3.2.3 Respuesta Estructural

(De La Roij 2014, p. 71). Para determinar los esfuerzos, deformaciones y deflexiones se realiza en el laboratorio la prueba de resistencia a la compresión simple, la cual aplica un esfuerzo compresivo para romper una muestra (cilindro) y poder saber cual es su comportamiento, como la carga máxima (ton) que soporta, esfuerzos y deformaciones. Con esta información se puede deducir los datos como la resistencia a la compresión (kg/cm^2), la relación de Poisson y el Modulo Elástico Axial E.



Fuente: De La Roij (2014, p. 71).

Figura 11: Equipo para la Prueba de Resistencia a la Compresión

1.3.2.4 Ingeniería de Transito

(De La Roij 2014, p. 71). Los estudios que se consideran más importantes para la ingeniería de transito están considerados en dos etapas:

- La primera radica en el monitoreo constante de las cantidades y de los tipos de vehículos que pasan por el lugar que se va a estudiar, conocido como Aforo Vehicular (TDPA).
- La segunda parte es la identificación de las necesidades y demandas de los usuarios de la zona, así como el crecimiento demográfico y sus respectivas proyecciones.

El estudio de la ingeniería de transito debe contener la siguiente información:

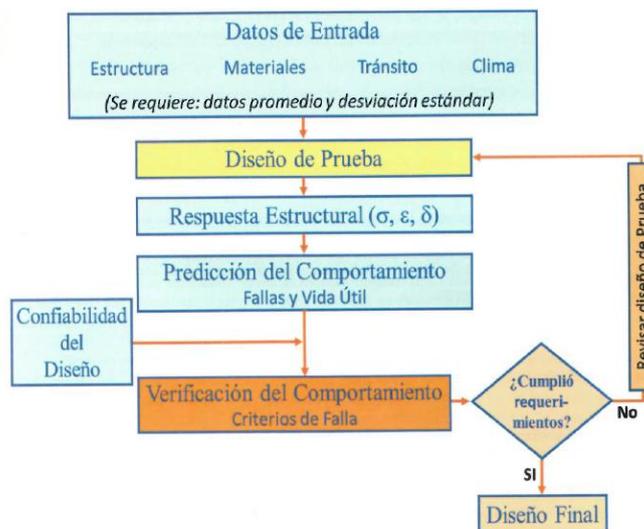
- Clasificación del tipo de vía
- Clasificación del tipo de vehículos
- Estado actual de la vía (deterioros)
- Aforo completo con ubicación exacta.
- Normatividad.

1.3.2.5 Métodos para el soporte técnico del proyecto

(De La Roij 2014, p. 84). Entre los métodos más empleados para dar soporte a un proyecto de vías tenemos:

- Métodos empíricos
- Métodos Mecanicistas
- Métodos empíricos - mecanicistas

Para el caso de esta investigación emplearemos el método empírico – mecanicista, en donde se junta la experiencia y experimentación de las propiedades de los materiales (en campo y laboratorio), más la ingeniería de tránsito y las interacciones con el clima, con un complemento teórico – científico lo suficientemente completo para permitir hacer un análisis detallado del comportamiento y mecánica de una estructura de pavimento (De La Roij 2014, p. 85).



Fuente: De La Roij (2014, p. 87).

Figura 12: Concepto mecanicista en pavimentos.

1.3.2.6 Dimensiones e indicadores de la Resistencia de los pavimentos asfálticos

La variable dependiente de esta investigación se evalúa, para lograr los objetivos indicados, considerándose las siguientes dimensiones e indicadores:

DIMENSION 1: Esfuerzos Cortantes

Indicadores: Angulo de fricción, cohesión y Resistencia al esfuerzo cortante.

DIMENSION 2: Respuesta Estructural

Indicadores: Esfuerzos, deformaciones y deflexiones.

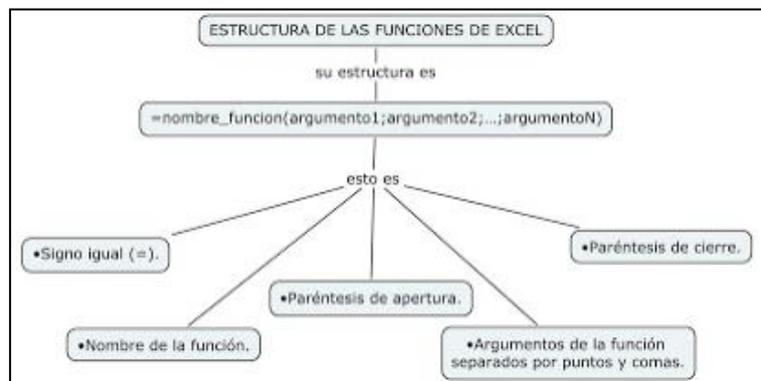
DIMENSION 3: Ingeniería de Transito

Indicadores: Estado actual de la vía, Clasificación del tipo de vía y Clasificación del tipo de vehículos.

1.3.3 Software de procesamiento de datos

El procesamiento y análisis de los datos de este trabajo de investigación se ha realizado con la siguiente aplicación:

Microsoft EXCEL: Es una hoja de cálculo que permitió procesar manualmente los datos obtenidos en campo de esta investigación, generando gráficas y estadística descriptiva.



Fuente: Ayuda de Microsoft Excel

Figura 13: Mapa conceptual de las funciones de Excel

1.3.4 Marco Conceptual

Vía: Se denomina vía a un conducto, sendero, acceso o camino, ya sea físico o simbólico. Comunicación, por su parte, alude al proceso de transmisión de un mensaje, que es generado por un emisor y destinado a un receptor. (Pérez, Julian

y Gardey, Ana, 2015).

Clasificación de los vehículos: De acuerdo con la utilidad para la cual está diseñado el vehículo automotor, existen dos grandes clasificaciones: Los vehículos de turismo (transporte de personas) y los vehículos de carga. (Arango, Luis, 2014).

Esfuerzo cortante: Para las finalidades de este trabajo la compactación es un proceso mecánico destinado a mejorar las características de comportamiento de los materiales térreos que constituyen la sección estructural de las carreteras, los ferrocarriles o las aeropistas (Rodríguez, Alfonso, 2012).

Angulo de fricción: el latín frictio, el término fricción deriva de fricciónar. Este verbo refiere a frotar, restregar o rozar algo. Se conoce como fuerza de fricción a la que realiza una oposición al desplazamiento de una superficie sobre otra, o a aquella opuesta al comienzo de un movimiento (Pérez, Julian y Gardey, Ana, 2012).

Cohesión: es la acción y efecto de adherirse o reunirse las cosas entre sí. La cohesión, por lo tanto, implica algún tipo de unión o enlace. Por ejemplo: “El entrenador destacó la cohesión del equipo en los tiempos más complicados” (Pérez, Julian y Gardey, Ana, 2014).

WESLEA: es un programa de análisis mecánico del pavimento que puede calcular la respuesta del pavimento a las cargas aplicadas del neumático. La respuesta del pavimento se define en términos de estrés, deformación y desplazamiento. La respuesta del pavimento puede usarse entonces para predecir la vida útil del pavimento con respecto a la fatiga o al enraizamiento (Universidad de Auburn, 2017).

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema General.

¿De qué manera la rehabilitación con concreto zeolítico sintético mejora la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017?

1.4.2 Problemas específicos

Problema específico 1:

¿En qué medida el concreto zeolítico sintético mejora los esfuerzos cortantes de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017?

Problema específico 2:

¿De qué manera el concreto Zeolítico sintético mejora la respuesta estructural de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017?

Problema específico 3:

¿De qué forma el concreto Zeolítico sintético mejora la ingeniería de tránsito para ampliar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017?

1.5 Justificación del estudio

Justificación teórica

En la presente investigación se plasman los conocimientos científicos que permiten comprender el funcionamiento de las Zeolíticas sintéticas, como elaborar un diseño, así como su adecuada aplicación y la forma de preparar una buena mezcla con un buen diseño estructural de pavimentos que aseguren excelentes resultados. Así también posee un marco nanotecnológico, basado en la propuesta de adicionar Zeolitas Sintéticas a la mezcla de RAP + Cemento Portland + Agua para convertirla en una base de Concreto Zeolítico Sintético, cuyas propiedades específicas de alto desempeño en los pavimentos (Resistencia a la Compresión Simple, Resistencia a la Tensión por Flexión y Módulo de Resiliencia, altos) aportarán a la ingeniería y a la sociedad peruana, una tecnología alternativa para reutilizar el material de capas asfálticas envejecidas de los pavimentos en las avenidas principales de Lima (Av. Libertadores), que estructuralmente han perdido su valor y que ya sirvieron para su propósito original.

Justificación social

La justificación social en una investigación tiene un enfoque humanista, centrado en el desarrollo de la calidad de vida del hombre y los factores de cambio de su entorno social, económico y ambiental.

La filosofía de un estudio de ingeniería requiere que a través de la investigación se propongan alternativas que permitan adoptar cambios, haciendo uso de los recursos que la naturaleza brinda, trayendo como resultados beneficios a la sociedad. En el Perú y especialmente en Lima, donde las pistas se encuentran deterioradas, para rehabilitar los pavimentos de vías, la clásica y tradicional solución pasa por cortar y eliminar capas de material que ya cumplieron con su ciclo de vida y reconstruirlas con materiales vírgenes; o en el mejor de los casos, fresar generalmente 5cm de carpeta asfáltica y reponerla, desaprovechando el material fresado (escombros) que ocupa botaderos o locales específicos.

Dentro de las obras de construcción existen altos presupuestos que generan gastos y a la vez mayores impuestos, este tipo progresos permitirá grandes ahorros en los presupuestos de las obras ya la vez una mejor estructura en las pistas lo cual permitirá que el transporte vehicular no se deteriore tanto por el desgaste de las pistas.

Justificación financiera

Estas soluciones tradicionales significan altos costos por metro de cuadrado de rehabilitación de pavimentos, tiempos largos de ejecución, alto impacto ambiental y periodos de vida útil reducida. Con todas las agravantes antes mencionadas, se hace necesario optar por una alternativa que reaproveche los materiales ya usados (economía), incida estructuralmente en un alto desempeño de la vida de servicio de las obras de rehabilitación de pavimentos, y minimice el impacto ambiental durante la ejecución de las obras. Reducción de costos tanto en los procesos de construcción y el aseguramiento de un mayor tiempo de duración lo cual generaría un ahorro total.

Justificación práctica

Bernal, C. (2010) considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirán a resolverlo. (p.106)

La investigación tiene un carácter práctico porque su aplicación inicial se ejecutó en el distrito de San Martín de Porres, en cuyo caso se demostró que con menores costos y utilizando tecnología totalmente renovada se puede asegurar mejor calidad de proyectos terminados por menores costos. Actualmente el principal problema en la construcción de carreteras desde un punto de vista de sustentabilidad y eficiencia, es la capacidad para encontrar un enfoque más racional y duradero en su diseño y construcción.

La escasez de recursos naturales por agotamiento de recursos petrolíferos y pétreos (economía), así como la búsqueda incesante de la protección al medio ambiente (ecología), son las razones fundamentales que justifican investigar tecnologías que sustenten la reutilización de los materiales que ya han servido para un propósito original.

Justificación metodológica

Bernal, César (2010) menciona que la investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto que se va a realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento valioso. (p.107)

Para poder cumplir con los objetivos se hizo uso de la metodología necesaria que permitió optimizar los procedimientos del desarrollo del trabajo de investigación. La metodología para rehabilitar pavimentos asfálticos en este proyecto de investigación, está basada en las propiedades mecánicas que ofrece la tradicional técnica de la estabilización o reciclado con cemento Portland in situ, potencializada con la ayuda de un aditivo nano-tecnológico conocido como zeolita Sintética, compuestos alcalinos y activadores de patente. Tomando en cuenta que debido a la optimización de las propiedades mecánicas de la base de CZS del pavimento rehabilitado, se logrará un alto desempeño, disminución de costos de

producción, reducción de plazos de ejecución de obra y un mínimo impacto al ecosistema.

Fundamentado en el marco teórico existente y experiencias en otras latitudes latinoamericanas, esta investigación propone aprovechar los materiales que ya sirvieron para un propósito original, utilizando la nanotecnología del CZS de reciclado “in situ”, sin tener que cortar, acarrear, transportar y eliminar los materiales de capas ya fatigadas, buscando así, alcanzar formulaciones de rehabilitación de pavimentos de alto desempeño (excelentes propiedades mecánicas), que reducen costos de construcción y minimizan el impacto ambiental.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

La rehabilitación con concreto Zeolítico sintético mejorar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.

1.6.2 Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

El concreto Zeolítico sintético mejora los esfuerzos cortantes de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.

Hipótesis específica 2:

El concreto Zeolítico sintético mejora la respuesta estructural de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.

Hipótesis específica 3:

El concreto Zeolítico sintético mejora la ingeniería de tránsito para ampliar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Determinar de qué manera la rehabilitación con concreto zeolítico sintético mejora la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.

1.7.2 Objetivos específicos

Objetivo específico 1:

Establecer en qué medida el concreto Zeolítico sintético mejora los esfuerzos cortantes de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.

Objetivo específico 2:

Determinar de qué manera el concreto Zeolítico sintético mejora la respuesta estructural de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.

Objetivo específico 3:

Establecer de que forma el concreto Zeolítico sintético mejora la ingeniería de tránsito para ampliar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación.

(FERNANDEZ Y BATISTA, 2014, p.130), señalo que la situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos). Por consiguiente el diseño de investigación utilizado es pre-experimental, dado que se manipulan las variables de estudio.

2.1.1 Método, tipo y nivel.

Método de investigación:

El método científico es un procedimiento o un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo (Tamayo, 2003, p.28).

Los enfoques científicos, definen las leyes y teorías con la finalidad de determinar los datos, aplicándose así la lógica deductiva (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.11). Uno de los métodos aplicados en para el logro de los objetivos planteados es el método **deductivo**, que según (Bernal César), Este método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares. (2010,pp.59).

Tipo de estudio:

La investigación aplicada “tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad” (Carrasco, 2013, pp.43-44). Tomando en cuenta lo antes citado se define que la investigación es de tipo **aplicada**.

Nivel de estudio:

El nivel explicativo va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de las relaciones entre conceptos; es decir esta dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por que se relacionan dos o más variables (Hernández, *et al*, 2014, p.95). En el análisis de lo citado por el autor la investigación correspondió al nivel **explicativo**.

2.2 Variables, operacionalización.

2.2.1 Identificación de las Variables

Variable 1: Concreto Zeolítico sintético

Según De La Roij (2014, p. 15) indico que es una combinación de suelos (arena, gravas, humus, materia orgánica, coloides, etcétera) con zeolitas sintéticas, ingredientes alcalinos y activadores de patente, incluyendo el cemento Portland y agua, experto en emplearse en las construcciones de las carreteras terrestres, también en obras hidráulicas, en construcciones, bases e otras.

Variable 2: Resistencia de los pavimentos asfálticos

Según Para Rondón y Reyes (2015) “los pavimentos son estructuras viales multicapa constituidos por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados, estas estructuras son diseñadas para soportar la cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales “(pp. 26-27).

2.2.2 Operacionalización de las variables

Tabla 3: Operacionalización de las variables

REHABILITACIÓN CON CONCRETO ZEOLITICO SINTETICO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DE LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS DE LA AV.

LIBERTADORES, SAN MARTIN DE PORRES, LIMA- 2017

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Instrumento / Ítems	ESCALA
V1: Rehabilitación con concreto zeolítico sintético	Según De La Roij (2014, p. 15) indico que es una combinación de suelos (arena, gravas, humus, materia orgánica, coloides, etcétera) con zeolitas sintéticas, ingredientes alcalinos y activadores de patente, incluyendo el cemento Portland y agua, experto en emplearse en las construcciones de las carreteras terrestres, también en obras hidráulicas, en construcciones, bases y otras	La rehabilitación con Concreto Zeolítico sintético se evaluó tomando en cuenta los Materiales para la elaboración del diseño de pavimentos con Zeolítica Sintética, seguido de un Control en la elaboración del concreto Zeolítico para luego seleccionar las muestras que fueron sometidas a un Ensayo de laboratorio Triaxial, cuyos resultados se procesaron mediante el Software MEPADS y presentados en las Memorias de cálculos.	Materiales para la elaboración	Material de las capas del pavimento recuperado	Ficha de observación	Razón
				Aditivo de zeolíticas sintéticas	Ficha de observación	
				Cemento y Agua	Ficha de observación	
			Diseño de pavimentos	Datos de entrada	Ficha de observación y ensayo	
				Diseño de prueba	Ficha de observación y ensayo	
				Resistencia estructural	Ficha de observación y ensayo	
			Control en la elaboración	CBR	Ficha de observación y ensayo	
				Plasticidad	Ficha de observación y ensayo	
				Compactación	Ficha de observación y ensayo	

REHABILITACIÓN CON CONCRETO ZEOLITICO SINTETICO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DE LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS DE LA AV. LIBERTADORES, SAN MARTIN DE PORRES, LIMA- 2017

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Instrumento / Ítems	ESCALA
V2: Resistencia de los pavimentos asfálticos	Rondón y Reyes (2015) "los pavimentos son estructuras viales multicapas constituidos por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados, estas estructuras son diseñadas para soportar la cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales "(pp. 26,27).	La Resistencia de los pavimentos asfálticos se midió tomando en cuenta los resultados presentados en la memoria de cálculos, las mismas que reflejaron los niveles de esfuerzos cortantes, las respuesta estructural, así como la determinación de la ingeniería de tránsito, a fin de establecer las diferencias en la resistencia a través del análisis de Esfuerzos, Deformaciones, Deflexiones y desplazamientos que actúan en la estructura del Pavimento convencional y Pavimento con zeolítica sintética.	Esfuerzos Cortantes	Angulo de fricción	Ficha de observación y ensayo	Razón
				Cohesión	Ficha de observación y ensayo	
				Resistencia al esfuerzo cortante	Ficha de observación y ensayo	
			Respuesta Estructural	Esfuerzos	Ficha de observación y ensayo	
				Deformaciones	Ficha de observación y ensayo	
				Deflexiones	Ficha de observación y ensayo	
			Ingeniería de Tránsito	Estado actual de la vía	Ficha de observación	
				Clasificación del tipo de vía	Ficha de observación	
				Clasificación del tipo de vehículos	Ficha de observación	

2.3 Población y muestra.

2.3.1 Población.

La población es el objetivo, es un conjunto infinito de elementos que tienen las mismas características comunes, para las cuales se extrapolarán las conclusiones de este trabajo (Arias, 2012, p.81).

La población de estudio estuvo conformada por todas las vías de la urbanización los libertadores, con un total de 4413 metros lineales. (imagen satelital 2017. Digital Globe. Google Earth).

2.3.2 Muestra

La muestra es un conjunto representativo, que se separa de la población disponible (Arias, 2012, p.83).

Para Valderrama (2015), “La muestra, es un subconjunto representativo del universo o población, es representativo, porque refleja fielmente las características de la población cuando se aplica la técnica adecuada de muestreo de la cual procede; difiere de ella solo en el número de unidades incluidas y es adecuada, ya que se debe incluir un número óptimo y mínimo de unidades” (p. 184).

La muestra ha sido definida por la **primera cuadra de la Av. Los Libertadores del distrito de San Martín de Porres, Lima**, siendo una avenida de doble vía de 135 metros lineales).

2.2.3 Muestreo

Es el procedimiento que se empleó para seleccionar la muestra (Arias, 2012, p.83). Para este trabajo de investigación se consideró el método **no probabilístico del tipo intencional**.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

2.4.1 Técnicas de recolección de datos.

La técnica en esta investigación fue la **observación**. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 252) este método de recolección de datos consistió en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y sub categorías.

La observación realizada permitió el recojo de muestras para el estudio las mismas que fueron sometidas a un Ensayo **de laboratorio Triaxial**.

2.4.2 Instrumentos de investigación

El instrumento aplicado en la presente investigación fue el **Software MEPADS y cuyos resultados se reflejaron en la Memoria de cálculos**

2.4.3 Aspectos éticos

La presente investigación es de propiedad intelectual del autor y garantiza la veracidad y confiabilidad de los resultados. Cabe mencionar que las fuentes son fidedignas y con rigor científico. Asimismo, se ha dado cumplimiento a las normas internacionales ISO en el citado de las fuentes bibliográficas respetando la propiedad intelectual de los autores en el desarrollo del presente estudio.

III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1 Descripción de la zona de estudio.

Ubicación:

El lugar de estudio está ubicado en la 1ra. Cuadra de la Av. Los Libertadores en el distrito de San Martín de Porres, Lima. La avenida presente doble vía, siendo la longitud de cada una de ellas de 135 metros.



Fuente: Imagen de Google Earth

Figura 14: Mapa ubicación de la 1ra. Cuadra de la Av. Los Libertadores.

Zona de estudio:

La primera cuadra de la Av. Los Libertadores presenta permanente deterioro, la Municipalidad realiza casi cada 02 años la repavimentación de las 02 vías; pero estas permanentemente siguen deteriorándose por la falta de una buena resistencia de la base y sub base lo que origina que el pavimento colapse. Es por esta razón que la presente investigación busca demostrar que la rehabilitación de las vías de pavimentos asfálticos se pueden realizar con zeolítica sintética, permitiendo mejorar la resistencia y por ende la durabilidad del pavimento.



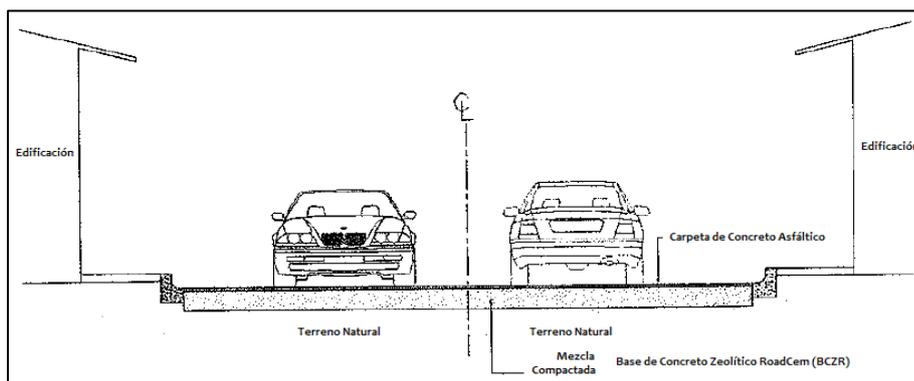
Fuente: Propia

Figura 15: Imagen de las condiciones de la 1ra. Cuadra de la Av. Los Libertadores

3.2 Recopilación de información, procesamiento y análisis de datos.

3.2.1 Trabajos de campo.

Secciones: Para este proyecto, que empleó el Concreto Zeolítico Sintético, se presenta a continuación la sección tipo de la estructura de la vía.



Fuente: Propia

Figura 16: Sección vial de la 1ra. Cuadra de la Av. Los Libertadores

3.2.2 Recolección de datos, Ensayos de laboratorio y Procesamiento.

3.2.2.1 Recolección de datos:

Con la finalidad de obtener los datos para realizar el Análisis del pavimento flexible con una base hecha con materiales convencionales y la otra con materiales del sitio + zeolíticas sintéticas + cemento portland, se realizaron 10 secciones de donde se obtuvieron las muestras de campo y los ejes de coordenadas respectivos.



Fuente: Propia

Figura 17: Secciones de la 1ra. Cuadra de la Av. Los Libertadores.

Pavimento Flexible con materiales convencionales.

Coordenadas de las 10 Secciones

		Coordenadas		
LOC#	LAYER1	X	Y	Z
1	1	0	0	0
2	1	6.75	0	0
3	1	6.75	27	0
4	1	0	27	0
5	1	0	0	0.98
6	1	6.75	0	0.98
7	1	6.75	27	0.98
8	1	0	27	0.98
9	1	0	0	1.97
10	1	6.75	0	1.97

Pavimento Flexible con materiales del sitio + zeolíticas sintéticas + cemento portland.

Coordenadas de las 10 Secciones

		Coordenadas		
LOC#	LAYER1	X	Y	Z
1	1	0	0	0
2	1	6.75	0	0
3	1	6.75	27	0
4	1	0	27	0
5	1	0	0	0.98
6	1	6.75	0	0.98
7	1	6.75	27	0.98
8	1	0	27	0.98
9	1	0	0	1.97
10	1	6.75	0	1.97

3.2.2.2 Ensayos de laboratorio

Con la finalidad de complementar de procesar las muestras tomadas de campo del pavimento flexible con material convencional y del pavimento flexible con material del sitio + zeolítica sintética + Cemento Portland, se realizaron ensayos Triaxiales, con los cuales se obtuvieron los siguientes datos:

- Esfuerzos negativos (-) Stress = Tensión
- Esfuerzos positivos (+) Stress = Compresión
- Deformaciones negativas (-) micro-strain = Tensión
- Deformaciones positivas (+) micro-strain = Compresión
- Desplazamientos
- Esfuerzos cortantes

ENSAYO TRIAXIAL

GENERALIDADES:

Department of transport, Pretoria (1985) Su principal acción es obtener parámetros del suelo y la relación esfuerzo-deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante. Es un ensayo complejo, pero la información que entrega es la más representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa de suelo al ser cargada.

Consiste en colocar una muestra cilíndrica de suelo dentro de una membrana de caucho o goma, que se introduce en una cámara especial y se le aplica una presión igual en todo sentido y dirección. Alcanzando este estado de equilibrio, se aumenta la presión normal o axial, sin modificar la presión lateral aplicada, hasta que se produzca la falta.

Realizando por lo menos 3 pruebas, comprensiones laterales diferentes, en un grado se dibujan los círculos de mohr que representan los esfuerzos de cada muestra y trazando una tangente o envolvente a estos, se determina los parámetros ϕ y c del suelo. Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones en que se trabajara, las alternativas para realizar el ensayo será consolidado no drenado (CU), no consolidado no drenado (UU), o consolidado drenado (CD).

Debido a que el suelo es un material tan complejo, ninguna prueba bastara por si solo para estudiar todos los aspectos importantes del comportamiento esfuerzo-deformación.

El ensayo Triaxial constituye el método más versátil en el estudio de las propiedades esfuerzo-deformación. Con este ensayo es posible obtener una gran variedad de estados reales de carga.

Esta prueba es la común para determinar las propiedades esfuerzo-deformación. Una muestra cilíndrica de un suelo es sometida a una presión de confinamiento en todas sus caras. A continuación se incrementa el esfuerzo axial hasta que la muestra se rompe. Como no existen esfuerzos tangenciales sobre las caras de la muestra cilíndrica, el esfuerzo axial y la presión de confinamiento, son los esfuerzos principal mayor y principal menor respectivamente. Al incremento de esfuerzo axial, se denomina esfuerzo desviador.

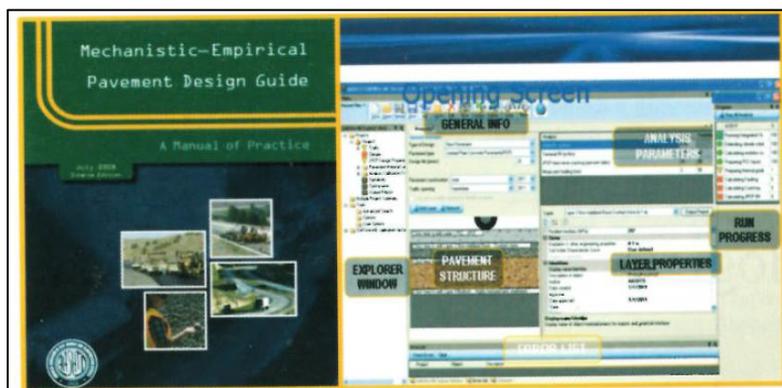
APLICACIONES:

EN FUNDACIONES:

Para fundaciones colocadas en terrenos arcillosos, la condición inmediatamente después de completar la construcción, es casi siempre la más crítica. Esto es porque la carga completa es aplicada al terreno y este no ha tenido tiempo para ganar la resistencia adicional por consolidación.

3.2.2.3 Procesamiento de datos

Para procesar los datos con la finalidad de elaborar las memorias de cálculos, con los datos de los 02 pavimentos flexibles (1. convencional y 2. con zeolítica sintética), tomados de campo y laboratorio se empleó para el Diseño de Estructuras de Pavimento, el software DARWin-ME con la MEPDG- AASHTO 2008 (Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, 2008).



Fuente: Manual de la Nano-Tecnología en Pavimentos
Figura 18: Portada del MEPDG – AASHTO 2008 y Pantalla del DARWin-ME.

A. Procesamiento de Pavimento Flexible con Material Convencional

Structural Information

Number of Layers
 2 3 4 5

	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	GB	GB	Soil	Soil
Min Modulus, psi	80000	30000	3000	3000	3000
Layer Modulus, psi	450000	450000	17949	17380	11153
Max Modulus, psi	2000000	3000000	30000	30000	30000
Poisson's Ratio	0.35	0.35	0.35	0.4	0.45
Min - Max	0.15- 0.4	0.2- 0.5	0.2- 0.5	0.2- 0.5	0.2- 0.5
Thickness, in.	1.97	7.87	7.87	7.87	Infinite
Slip (0 or 1) 1 - Full Adhesion 0 - Full Slip		1	1	1	1

Ok Cancel

Fuente: Software DARWin-ME

Figura 19: Estructura de pavimento y características de los materiales.

Loads

Loading Configuration

Single Tandem Tridem Steer Limit 20

Total Number of Load Applications 1000

Number of Loads in Configuration

Number of Loads 4

Load number 4 of 4 total loads

Load Control

Next Load Previous Load

Location Data

x 0 in.
y 54 in.

Load Data

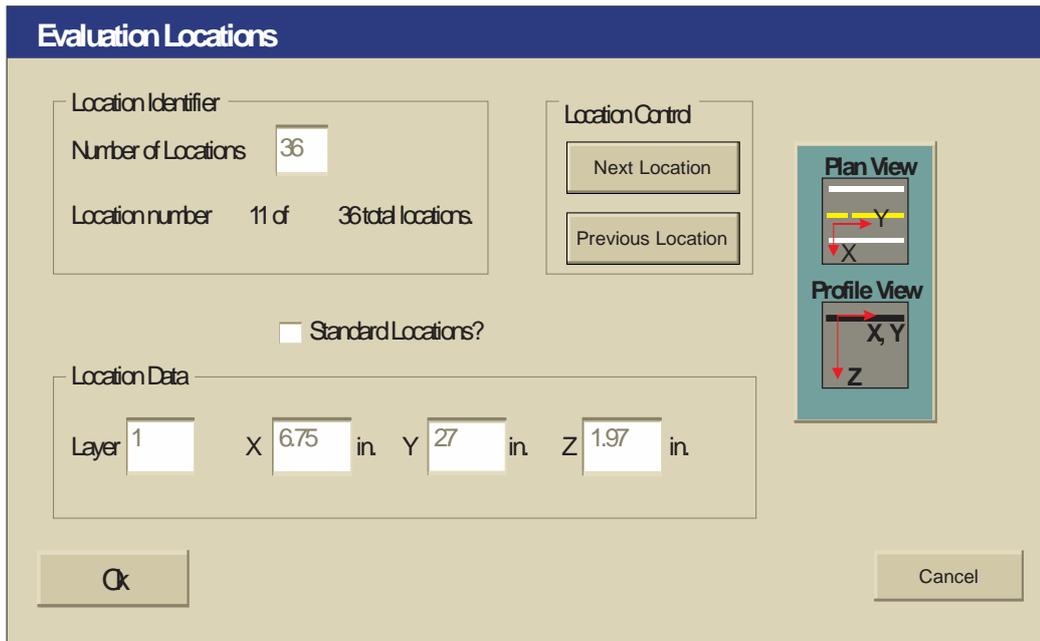
Uniform?

Load Magnitude 4950 lb
Tire Pressure 100 psi

Ok Cancel

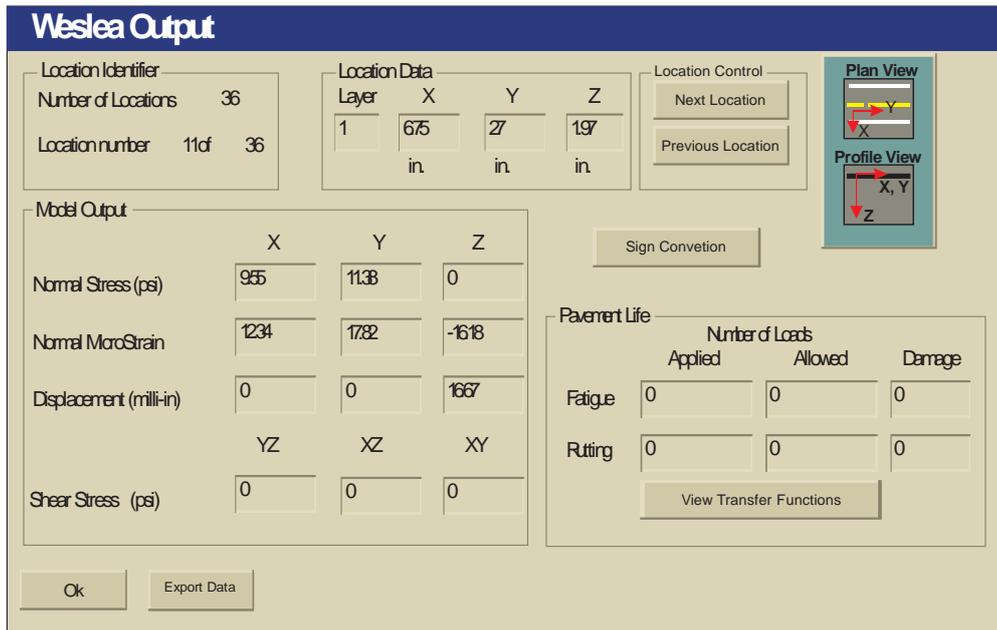
Fuente: Software DARWin-ME

Figura 20: Tipo de eje y distribución de cargas.



Fuente: Software DARWin-ME

Figura 21: Esfuerzos y deformaciones por puntos de evaluación.



Fuente: Software DARWin-ME

Figura 22: Plantilla de resultados

B. Procesamiento de Pavimento Flexible con Zeolítica Sintética

Structural Information

Number of Layers
 2 3 4 5

	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Material Type	AC	Other	Soil	Soil	Soil
Min Modulus, psi	80000	30000	3000	3000	3000
Layer Modulus, psi	450000	853485	11153	11153	11153
Max Modulus, psi	2000000	3000000	30000	30000	30000
Poisson's Ratio	0.35	0.2	0.45	0.45	0.45
Min - Max	0.15- 0.4	0.2- 0.5	0.2- 0.5	0.2- 0.5	0.2- 0.5
Thickness, in.	1.97	9.84	999	999	Infinite
Slip (0 or 1) 1- Full Adhesion 0 - Full Slip		1	1	1	1

Ok Cancel

Fuente: Software DARWin-ME

Figura 23: Estructura de pavimento y características de los materiales

Loads

Loading Configuration

Single Tandem Tridem Steer Limit 20

Total Number of Load Applications 1000

Number of Loads in Configuration

Number of Loads 4

Load number 4 of 4 total loads

Load Control

Next Load Previous Load

Location Data

x 0 in.
y 54 in.

Load Data

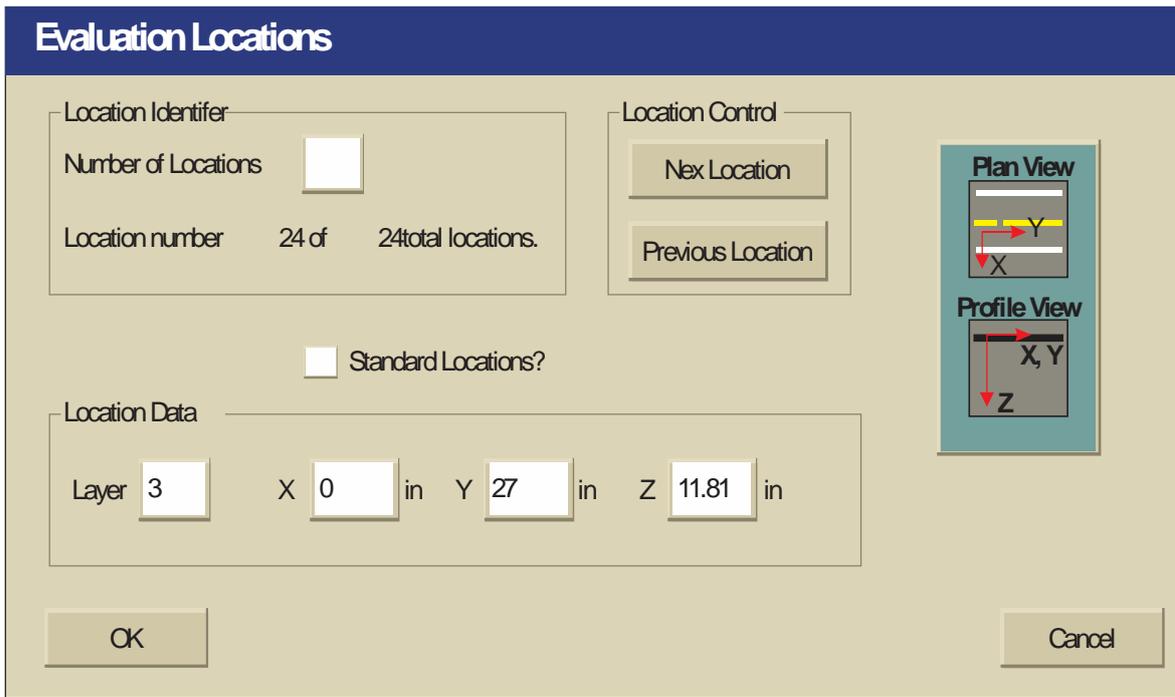
Uniform?

Load Magnitude 4950 lb
Tire Pressure 100 psi

Ok Cancel

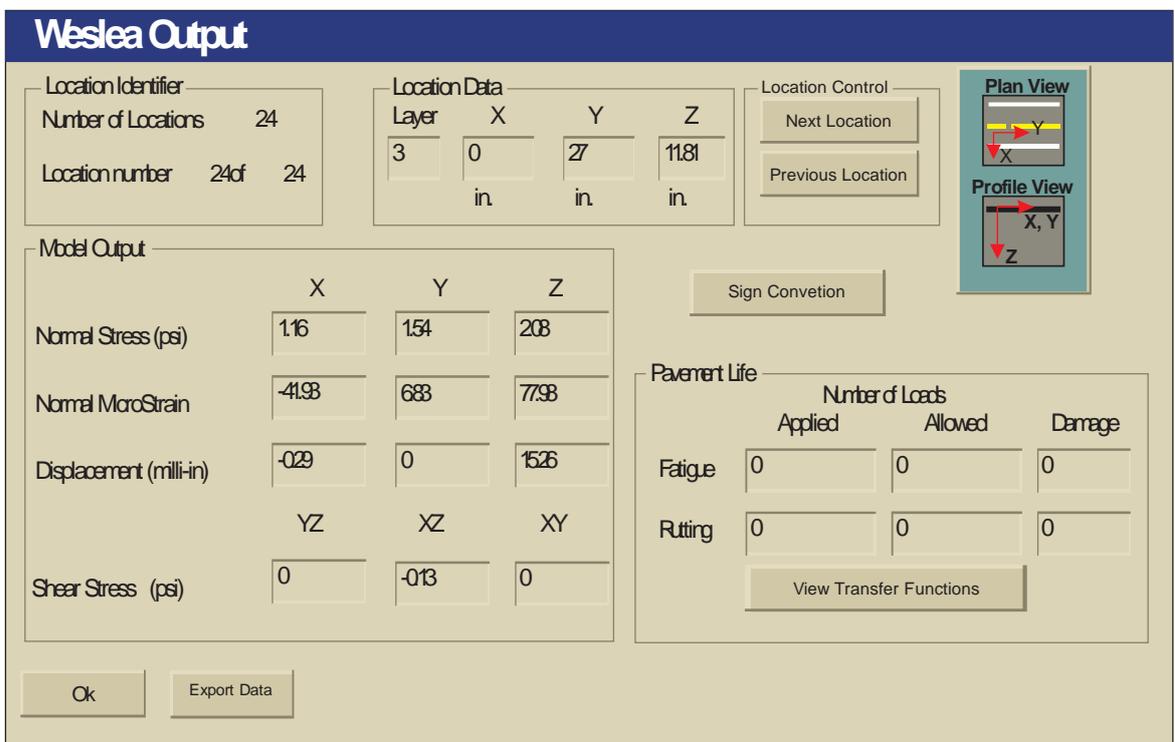
Fuente: Software DARWin-ME

Figura 24: Tipo de eje y distribución de cargas



Fuente: Software DARWin-ME

Figura 25: Esfuerzos y deformaciones por puntos de evaluación



Fuente: Software DARWin-ME

Figura 26: Plantilla de resultados

3.2.2.4 Resultados de datos

Después de ingresar los datos al programa, se obtiene el análisis de Esfuerzos, Deformaciones, Deflexiones y Esfuerzos Cortantes que actúan en la estructura del Pavimento convencional y Pavimento con zeolítica sintética.

A. Resultados de Pavimento Flexible con Material Convencional

Tabla 4: Resultados (Capas, Coordenadas, Esfuerzos y Deformaciones)

LOC#	LAYER1	Coordenadas			Esfuerzos Normales			Deformaciones Normales		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1	0	0	0	353.28	380.73	100	411.17	493.51	-348.67
2	1	6.75	0	0	-50.25	141.75	0	-221.92	354.09	-71.17
3	1	6.75	27	0	16.17	-8.97	0	42.91	-32.51	-5.6
4	1	0	27	0	14.64	-7.8	0	38.6	-28.73	-5.32
5	1	0	0	0.98	62.59	64.35	81.27	25.83	31.11	81.86
6	1	6.75	0	0.98	39.92	36.18	9.07	53.52	42.28	-39.03
7	1	6.75	27	0.98	12.87	1.22	0	27.65	-7.3	-10.96
8	1	0	27	0.98	11.92	1.48	0	25.35	-6.03	-10.41
9	1	0	0	1.97	-223.71	-247.41	57.55	-349.46	-420.57	494.31
10	1	6.75	0	1.97	125.57	-68.37	19.29	317.22	-264.61	-1.61

Fuente: Memorias de cálculos

Tabla 5: Resultados (Capas, Coordenadas, Desplazamientos y Esfuerzos)

LOC#	LAYER1	Coordenadas			Desplazamiento			Esfuerzo Cortante		
		X	Y	Z	X	Y	Z	YZ	XZ	XY
1	1	0	0	0	0.67	0.36	31.3	0	0	-0.51
2	1	6.75	0	0	0	0.37	28.61	0	0	0
3	1	6.75	27	0	0	0	16.65	0	0	0
4	1	0	27	0	0.28	0	16.3	0	0	0
5	1	0	0	0.98	0.26	0.28	31.42	-0.05	-0.12	-0.36
6	1	6.75	0	0.98	0	0.29	28.67	-0.05	0	0
7	1	6.75	27	0.98	0	0	16.66	0	0	0
8	1	0	27	0.98	0.08	0	16.31	0	-0.12	0
9	1	0	0	1.97	-0.15	0.2	31.14	-0.11	-2.28	-0.2
10	1	6.75	0	1.97	0	0.21	28.68	-0.11	0	-0.2

Fuente: Memorias de cálculos

B. Resultados de Pavimento Flexible con Zeolítica Sintética

Tabla 6: Resultados (Capas, Coordenadas, Esfuerzos y Deformaciones)

LOC#	LAYER1	Coordenadas			Esfuerzo Normal			Deformacion Normal		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1	0	0	0	103.96	103.74	100	72.55	69.58	60.66
2	1	6.75	0	0	38.01	44.61	0	49.76	69.58	-64.26
3	1	6.75	27	0	25.87	6.2	0	52.67	-6.35	-24.94
4	1	0	27	0	24.01	6.27	0	48.48	-4.73	-23.56
5	1	0	0	0.98	83.9	83.25	98.88	44.79	42.84	89.73
6	1	6.75	0	0.98	42.08	37.48	0.01	64.36	50.56	-61.87
7	1	6.75	27	0.98	21.89	5.6	0.03	44.26	-4.52	-21.3
8	1	0	27	0.98	20.33	5.64	0.03	40.77	-3.31	-20.13
9	1	0	0	1.97	71.1	70.29	91.38	32.25	29.83	93.09
10	1	6.75	0	1.97	36.31	30.86	3.29	54.12	37.78	-44.93

Fuente: Memorias de cálculos

Tabla 7: Resultados (Capas, Coordenadas, Desplazamientos y Esfuerzos)

LOC#	LAYER1	Coordenadas			Desplazamiento			Esfuerzo Cortante		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1	0	0	0	0.43	0.52	15.8	0	0	-0.77
2	1	6.75	0	0	0	0.53	15.46	0	0	0
3	1	6.75	27	0	0	0	15.43	0	0	0
4	1	0	27	0	0.35	0	15.23	0	0	0
5	1	0	0	0.98	0.35	0.44	15.72	-0.13	-1.29	-0.65
6	1	6.75	0	0.98	0	0.45	15.52	-0.13	0	0
7	1	6.75	27	0.98	0	0	15.45	0	0	0
8	1	0	27	0.98	0.29	0	15.26	0	-0.34	0
9	1	0	0	1.97	0.29	0.36	15.63	-0.24	-2.4	-0.53
10	1	6.75	0	1.97	0	0.37	15058	-0.25	0	0

Fuente: Memorias de cálculos

3.2.2.5 Análisis de los Resultados

Se realizó un análisis de la respuesta estructural entre los siguientes pavimentos:

- Flexible con una estructura a base de materiales Convencionales.
- Flexible con una estructura a base de suelo "In situ" + Zeolitas Sintéticas + Cemento Portland.

En las memorias de cálculo anteriores, se muestra con detalle lo siguiente:

- Todos los elementos que conforman las matrices del sistema multicapas.
- La formulación de resultados del análisis matricial de cada estructura.
- La formulación de cada caso y como poder evaluar el Numero de Repeticiones de Carga admisibles, publicadas por MEPDG-AASHTO 2008.
- El análisis por métodos matriciales y elementos finitos utilizando el programa WESLEA.

Las tablas de Esfuerzos, Deformaciones, Desplazamientos y Esfuerzos Cortantes, con los que más adelante se generaran los bulbos de distribución de esfuerzos con el programa MEPADS.

Los pavimentos analizados con la estructura de suelos "In situ" + Zeolitas Sintéticas + Cemento Portland, demuestran una mayor capacidad de resistir los Esfuerzos y las Deformaciones. Lo anterior, se demuestra con:

- El aumento y la mejoría en el comportamiento con el tiempo propiciando una mayor vida útil
- Menores inversiones económicas para el mantenimiento.
- Adicionalmente, hay una mejoría considerable en cuanto al comportamiento de resistencias a los agentes ambientales y de construcción cuando se aplica esta Nano- Tecnología de las zeolitas Sintéticas, tales como:
- Disminución de agrietamiento por condiciones de cambios en la humedad y la Temperatura.
- Resistencia a la erosión.
- Incremento de la capacidad de la respuesta estructural.
- Capacidad de resistencia y contención (Sin Lixiviación) de ataques químicos.

- Aumento en el PH.
- Baja y casi Nula permeabilidad.
- Resistencia al congelamiento y deshielo.
- No hay discriminación de ningún tipo de suelo, para transformarlo en un concreto Zeolítico sintético, a diferencia de los métodos convencionales como las estructuras estabilizadas solamente con cemento Portland, Cal, Asfalto, líquidos y otros.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES APLICADAS AL PAVIMENTO FLEXIBLE

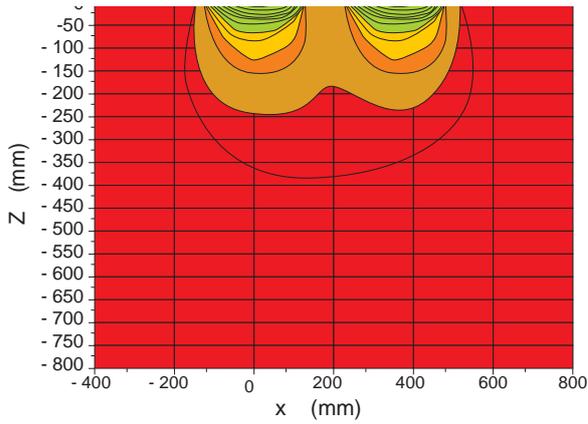
Tabla 8: Comparación de Esfuerzos y deformaciones de pavimentos flexibles, para mejorar la ingeniería del tránsito en la Av. Los Libertadores

PAVIMENTO FLEXIBLE	CONVENCIONAL	CON ZEOLITICA SINTETICA
CONCEPTO	ABAJO HACIA ARRIBA N° Admisible de Aplicaciones de Carga + Vida Útil	ABAJO HACIA ARRIBA N° Admisible de Aplicaciones de Carga + Vida Útil
AGRITAMIENTOS	7.54 E+06	1.40 E+15

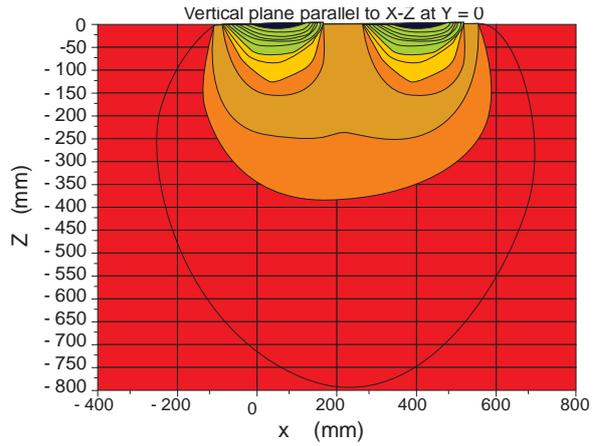
Fuente: Memorias de cálculos

En los pavimentos Flexibles, es notoria la diferencia observada de los Bulbos de Distribución de Esfuerzos con materiales "In situ" + Zeolitas Sintéticas + Cemento Portland es más amplio y menos profundo, distribuyendo y disipando los Esfuerzos mayores en la capa de suelo modificado (Concreto Zeolítico Sintético), mientras que la estructura con materiales convencionales distribuye esfuerzos mayores con menos área en materiales de menor especificación a mayor profundidad, aumentando las deformaciones y disminuyendo su vida útil.

PF. CONVENCIONALES



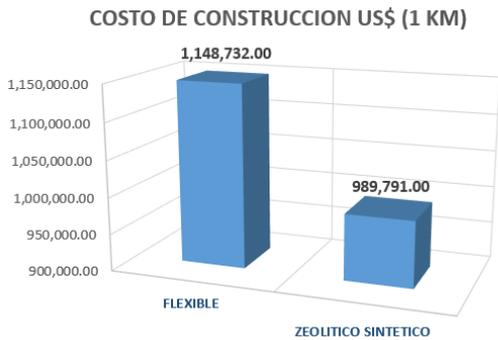
PF. CON ZEOLITICA SINTETICA



Fuente: Memorias de Cálculos

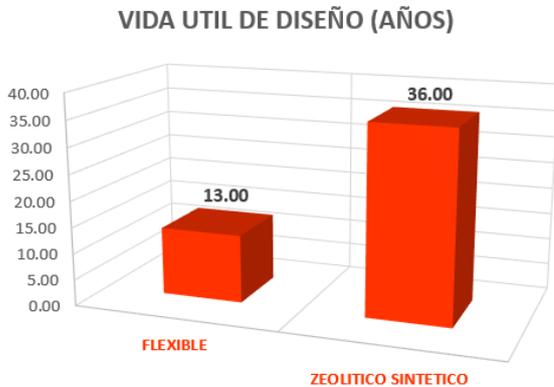
Figura 27: Bulbos de Distribución

VENTAJAS DEL USO DE UN PAVIMENTO ZEOLITICO SINTETICO



Fuente: Manual de la Nano Tecnología en Pavimentos, 2014, p. 23

Figura 28: Costo de construcción en 1 km



Fuente: Manual de la Nano Tecnología en Pavimentos, 2014, p. 23

Figura 29: Vida Útil de Diseño en años



Fuente: Manual de la Nano Tecnología en Pavimentos, 2014, p.23

Figura 30: Tiempo de construcción en semanas

IV. DISCUSIÓN

4.1 Discusión OE1. Identificar en qué medida el concreto Zeolítico sintético pueden optimizar los esfuerzos cortantes de la resistencia de los pavimentos asfálticos

Las conclusiones de **DÍAZ, Jesús (2011)** en su tesis La relación y dependencia existente entre la resistencia a compresión y la densidad queda contrastada, como ya se ha demostrado en un gran número de trabajos realizados al respecto, reduciéndose exponencialmente la resistencia al corte y compresión obtenida a cualquier edad, a medida que es menor la densidad obtenida en la probeta.

Mientras que la tabla 5 muestra las coordenadas de las posiciones de las muestras de campo cuyos resultados de laboratorio fueron procesados en el software MEPADS, obteniéndose el desplazamiento y los esfuerzos cortantes de los pavimentos flexibles con material convencional. En la que evidencia mayores niveles de deformación con respecto a los pavimentos flexibles con Zeolita Sintética; por otro lado la tabla 7 muestra las coordenadas de las posiciones de las muestras de campo cuyos resultados de laboratorio fueron procesados en el software MEPADS, obteniéndose el desplazamiento y los esfuerzos cortantes de los pavimentos flexibles con Zeolita Sintética. En la que evidencia menores niveles de deformación con respecto a los pavimentos flexibles con material convencional.

Los resultados obtenidos discuten con las conclusiones de los antecedentes de esta investigación basado a lo indicado por De La Roi 2014, p.71. Para determinar los esfuerzos, deformaciones y deflexiones se realiza en el laboratorio de la prueba de resistencia a la compresión simple, la cual aplica un esfuerzo compresivo para romper una muestra (cilindro) y poder saber cuál es su comportamiento, como la carga máxima (ton) que soporta, esfuerzos y deformaciones. Con esta información se puede deducir los datos como la resistencia a la compresión (kg/cm²), la relación de poisson y el Modulo Elástico Axial E.

4.2 Discusión OE2. Determinar de qué manera el concreto Zeolítico sintético puede desarrollar una mejor respuesta estructural de la resistencia de los pavimentos asfálticos

Las conclusiones según CORTES, Cindy y FERNANDEZ, Miguel (2015). **Los aditivos químicos fortalecen propiedades que los suelos necesitan para que tengan una mayor y adecuada resistencia para que sean utilizados como materiales de construcción.**

Mientras que los resultados obtenidos en esta tesis según la tabla 4 muestra las coordenadas de las posiciones de las muestras de campo cuyos resultados de laboratorio fueron procesados en el software MEPADS, obteniéndose los esfuerzos y las deformaciones Normales de los pavimentos flexibles con material convencional, lo que evidencia mayores niveles de deformación con respecto con respecto a los pavimentos flexibles con Zeolita Sintética. Por otro lado la tabla 6 muestra las coordenadas de las posiciones de las muestras de campo cuyos resultados de laboratorio fueron procesados en el software MEPADS, obteniéndose los esfuerzos y las Deformaciones Normales de los pavimentos flexibles con Zeolita Sintética en la que evidencia menores niveles de deformación con respecto a los pavimentos flexibles con material convencional.

Por lo que los resultados de esta investigación contrastan con las conclusiones de los antecedentes quedando justificados los resultados obtenidos de acuerdo a lo indicado por (cortes y Fernández, 2015, p 70), que dice los suelos y materiales problemáticos que van a ser usados en la estructura del pavimento necesitan ser tratados, por lo tanto, se debe hacer un balance apropiado para determinar si se usa el aditivo Zeolita Sintética con cemento u otros.

4.3 Discusión OE3. Establecer de qué forma el concreto Zeolítico sintético puede perfeccionar la ingeniería de tránsito para ampliar la resistencia de los pavimentos asfálticos

GOMEZ, Susan (2014) **El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del**

intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito.

Seun los resultados obtenidos en las tablas 6 y 7 demuestran que los esfuerzos, Deformaciones, Desplazamientos y Esfuerzos Cortantes, con los que mas adelante se generaran los bulbos de distribución de esfuerzos con el programa MEPADS, indican que los pavimentos analizados con la estructura de suelos "In situ" + Zeolitas Sintéticas + Cemento Portland, demuestran una mayor capacidad de resistir los Esfuerzos y las Deformaciones, mejorando la ingeniería de transito ya que: aumenta el comportamiento con el tiempo propiciando una mayor vida útil, menores inversiones económicas para el mantenimiento, disminución de agrietamientos por condiciones de cambios en la humedad y la Temperatura, resistencia a la erosión e incremento de la capacidad de respuesta estructural.

De acuerdo a las conclusiones de los antecedentes estas no alcanzan lo indicado en los resultados obtenidos, los cuales se basan a lo indicado por (De La Roij 2014,p, 71), que indica que los estudios que se consideran más importantes para la Ingeniería de transito están considerados en dos etapas:

- La primera radica en el monitoreo constante de las cantidades y de los tipos De vehículos que pasan por el lugar que se va a estudiar, conocido como Aforo Vehicular (TDPA).
- La segunda aparte es la identificación de las necesidades y demandas de los usuarios de la zona, asi como el crecimiento demográfico y sus respectivas proyecciones.

4.4 Discusión OG. Diseñar de qué manera la rehabilitación con concreto zeolítico sintético pueden mejorar la resistencia de los pavimentos asfálticos

YARANGO, Eduardo (2014) **Se concluyó que las rehabilitaciones ya sean totales o parcial es importante tener en cuenta un correcto proceso constructivo para su eficiencia, de los 4 pasos del proceso constructivo que son, 1. Preparación de la base, 2. Instalación del refuerzo de acero, 3. Aplicación de la capa intermedia (slurry seal), 4. Instalación de la capa de recubrimiento.**

MUÑOZ, Rafael (2013) los resultados obtenidos con el 100% de ARH y todas las mezclas estudiadas de este con ARA, especialmente el CBR, demuestran la posibilidad de utilizarlos sin cemento en capas de firme no ligadas, con lo que se cumple el segundo objetivo principal de este trabajo.

FEDRIGO, William y PERES, Jorge y PEREIRA, Ceratti (2014) la RCS aumenta con una mayor compactación y con el aumento del cemento.

Los resultados obtenidos en las tablas 4 y 5 demuestran que de la resistencia obtenida en la Rehabilitación de los Pavimentos Flexibles convencionales son menores que los resultados obtenidos en las tablas 6 y 7 que muestran la mejora considerable de la resistencia al emplear pavimentos flexibles con el aditivo Zeolita Sintética.

A demás los resultados evidencian menores niveles de deformaciones con la Zeolita Sintética en las 10 secciones de la muestra de campo dada las propiedades de impermeabilidad al agua o el aire, flexibilidad sin agrietamientos y gran durabilidad.

Mientras que De La Roij, 2014, Adicionalmente, hay una mejoría considerable en cuanto al comportamiento de resistencias a los agentes ambientales y de construcción cuando se aplica esta Nano- Tecnología de las Zeolitas Sintéticas, tales como: Disminución de agrietamiento por condiciones de cambios en la humedad y la temperatura, Resistencia a la erosión, Incremento de la capacidad de respuesta estructural, Capacidad de resistencia y contención (Sin Lixiviación) de ataques químicos, Aumento en el PH, Baja y casi Nula Permeabilidad, resistencia al congelamiento y deshielo, No hay discriminación de ningún tipo de suelo, Para transformarlo en un concreto Zeolítico Sintético, a diferencia de los métodos convencionales como las estructuras estabilizadas solamente con cemento Portland, Cal, Asfalto, líquidos y otros.

V. CONCLUSIONES

5.1 Se estableció que el concreto Zeolítico sintético mejora los esfuerzos cortantes de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017, Porque se demuestra con la aplicación de la Nani-Tecnología la disminución de agrietamientos por condiciones de cambios en la humedad y la temperatura, presentando mayor resistencia a la erosión, propiciando una mayor vida Útil. (Tab. N° 5 y 7)

5.2 Se determinó la manera que el concreto Zeolítico sintético mejora la respuesta estructural de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017, Por cuanto se comprueba menores niveles de deformaciones normales, incrementando la capacidad de respuesta estructural y la mejoría en el comportamiento con el tiempo. (Tab. N° 4 y 6).

5.3 Se logró establecer que el concreto Zeolítico sintético mejorar la ingeniería de tránsito para ampliar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017, Por haberse comprobado que los Bulbos de Distribución de Esfuerzos son mas amplios y menos profundos, distribuyendo y disipando Los Esfuerzos Mayores en la capa de suelo modificado, Disminuyendo las deformaciones y optimizando el uso de la Infraestructura vial. (Tab. N°8)

5.4 Se logró determinar de qué manera la rehabilitación con concreto Zeolítico sintético mejora la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017. Por evidenciarse menores niveles de deformaciones con la zeolita en las 10 secciones de la muestra de campo dada las propiedades de impermeabilidad al agua o el aire, flexibilidad sin agrietamientos y gran durabilidad. (Tab. N° 6 y 7)

VI. RECOMENDACIONES

6.1 Al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se involucre con captación de tecnología de Vanguardia y la elaboración de proyectos, así como el respaldo Normativo y gestión presupuestal para el equipamiento que contribuya con el desarrollo de la nueva tecnología en la construcción de vías Terrestres en el País.

6.2 A la Institución PROVIAS NACIONAL, Autorizar la implementación de los nuevos proyectos de construcción y reconstrucción de vías terrestres con la aplicación de la Nano- Tecnología (Zeolita Sintética), Para ampliar el ciclo de vida útil de la pavimentación en todo el territorio nacional, por la grandes ventajas que ofrece la nueva Tecnología propuesta.

6.3 Al Gobierno Regional de Lima Metropolitana, exigir a las Empresas proyectistas que los materiales que propongan en los expedientes técnicos para las Licitaciones de construcción de pavimentos cuenten con el uso de Zeolita Sintética por los beneficios que esta Representa, en relación a la durabilidad, Resistencia, impermeabilidad, reducción de costos e Impacto Ambiental.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIEIRO Paulo y GUIMARÃES Fernando y FIRMINO Vasconcellos. Restauração de pavimento da Rodovia SP-351 a través de Reciclagem das camadas de capa e base com adição de cimento Portland e Brita. São Paulo: Trabajo de investigação desarrollado en la Rodovia (Carretera).261 pp.

BERNAL César, Metodología de la Investigación (3,ª ed.) Pearson Educación, Colombia, 2010.322 pp.
ISBN: 978-958-699-128-5

CAPELA, Helder. Reabilitação de pavimentos Rodoviários Flexíveis. Tesis (Mestre em engenharia da construção).São Paulo.2015.

Disponibile en <https://bibliotecadigital.ipb.pt/.../Helder%20Capela%20Torrão.pdf>

CORTES, Cindy y FERNANDEZ, Miguel. Influencia de las zeolitas y biopolimeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de Lima para vías a nivel de afirmado. Tesis (Titulo ingeniero civil).Lima, Universidad Ricardo Palma, 2015, 268 pp.

Csirr Transportek, Pretoria Software me PADS 2002

DE LA ROIJ, Robín. Manual de la nanotecnología en pavimentos del concreto zeolítico Sintético. México: Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres.2014,119 pp.

ISBN: 9786079191054

DÍAZ, Jesús. El Estudio del comportamiento de los pavimentos reciclados in situ con cemento, Tesis (Doctor en ingeniería civil).España: Universidad de Burgos.2011,572 pp.

FEDRIGO, William y PERES, Jorge y PEREIRA, Ceratti. Reciclagem em pavimentos com adição de cimento Portland. Artículo presentado em el XXVIII Congressos de Pesquisa e Ensino em transportes, realizado en Curitiba-PR / Brasil entre los días 24 y 28 de noviembre del 2014. Universida de Federal do Rio Grande do Sul-Brasil/Programa de Pós-Graduação, 2014.

GÓMEZ, Susan. Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del ovalo Grau – Trujillo – La Libertad. Tesis (Titulo en ingeniería civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2014,121 pp.

Disponible en <https://bibliotecadigital.ipb.pt/.../Helder%20Capela%20Torrão.pdf.pdf>

HENRIQUES, Zacarías. Reciclagem de pavimentos na engenharia Rodoviaria (Reciclado de pavimentos en ingeniería vial). 2014.

HERNÁNDEZ, Roberto y FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6ª ed. México: Mc Graw Hill Education, 2014,600 pp.

ISBN: 9781456223960

MANUAL de carreteras suelos, geologia, geotecnica y pavimentos. seccion. Suelos y pavimentos, Lima, MTC.2014, 231 pp.

ISBN :9786123042516

Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería. REVISTA Universidad nacional del Callao facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Informe Final del Proyecto de Investigación elaborado por el Ing. Carlos Humberto Alfaro Rodríguez, Docente Investigador de la FIEEUNAC.

MUÑOZ, Rafael. Estudio de mezclas de áridos reciclados de hormigón y asfáltico estabilizados con cemento para su aplicación en bases y sub-bases de carreteras. Tesis (Maestría en ingeniería estructural y de la construcción), Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2013,95 pp.

Disponible en <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26051/TFM%20Rafael%20Mu%C3%B1oz%20Est%20A9vez.pdf?sequence=1>

PARRA, Carlos. Cemento alcalinamente activados a base de zeolitas naturales.Tesis (Título de ingeniero mecánico). Ecuador:Escuela Superior Politécnica del Litoral,2011,147 pp)

Pérez, Julian y Gardey, Ana, 2015

REVISTA Colombiana de Materiales N. 5 pp. 382-388 Edición especial artículos cortos Disponible en <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/viewFile/19627/16684>

REVISTA Instituto de desarrollo urbano Colombia IDU.

Disponible en <https://www.idu.gov.co/documents/629245/736522/560-11.pdf/52c387c1-0988-443f-aa37-6dead1a1b821>

Rodríguez, Alfonso, 2012

RONDON, Hugo y REYES, Fredy. Pavimentos, materiales, construcción y diseño. Bogotá: Macro, 2015, 605 pp.

ISBN: 9789587711752

TAMAYO, Mario, Aprender a Investigar, módulo 2- La Investigación, (3ra. Ed.) ICFES, Sta. Fe de Bogotá, Colombia, 1999. 140 pp.

ISBN: 958-9279-13-9

Universidad de Auburn, (2017).

VALDERRAMA Mendoza, Santiago. 2015. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Lima: San Marcos, 2015.

ISBN: 978-612-302-878-7.

YARANGO, Eduardo. Rehabilitación de la carretera de acceso a la sociedad minera Cerro verde (s.m.c.v) desde la prog. Km 0+000 hasta el km 1+900, en el distrito de Uchumayo, Arequipa, Arequipa. Empleando el sistema Bitufor para reducir la reflexión de grietas y prolongar la vida útil del pavimento. Tesis (Título de Ingeniero civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2014, 243 pp.

Disponible en http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/421/1/Yarango_em.pdf

TRICHÊS, Antônio. Desempenho da reciclagem com Adição de Cimento da Rodovia SC 150". Artigo de investigação apresentado em la "42ª Reunião Anual de Pavimentação /Universidade Federal de Santa Catarina-Departamento de Engenharia Civil, 2013.

Department of transport, Pretoria "
Csir Transportek, Pretoria
Thenoux, G. y Gaete R.

"Guidelines for Road Constructions"

Software me PADS 2002

"Análisis Mecanicista De Estructuras Utilizadas En Chile Diseñados Por 93", 10 grados Congreso Ibero - Latinoamericano Sevilla 1999

Theyse, H.L.

"Overview of The South African Design Method", 1996

Department of transport, Pretoria

"Structural Design of Interurban Pavements", Draft 1996

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“REHABILITACIÓN CON CONCRETO ZEOLITICO SINTETICO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DE LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS DE LA AV. LIBERTADORES, SAN MARTIN DE PORRES. LIMA. 2017”

PROBLEMAS GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	METODOLOGIA
¿De qué manera la rehabilitación con concreto zeolítico sintético mejora la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017?	Determinar de qué manera la rehabilitación con concreto zeolítico sintético mejora la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.	La rehabilitación con concreto Zeolítico sintético mejora la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.	Rehabilitación con Concreto Zeolítico sintético	Según De La Roij (2014, p. 15) indico que es una combinación de suelos (arena, gravas, humus, materia orgánica, coloides, etcétera) con zeolitas sintéticas, ingredientes alcalinos y activadores de patente, incluyendo el cemento Portland y agua, experto en emplearse en las construcciones de las carreteras terrestres, también en obras hidráulicas, en construcciones, bases e otras	Materiales para la elaboración del concreto Zeolítico sintético	Material de las capas del pavimento recuperado	Ensayo de laboratorio Triaxial.	Método de investigación: Enfoque cuantitativos, va de lo general a lo específico, por lo que se aplica la lógica deductiva. Se considera esta investigación como deductiva. Tipo: Es la aplicación del conocimiento a la práctica. Según este concepto el tipo de investigación es aplicada. Nivel: Esta investigación se centra en explicar un proceso de rehabilitación con Zeolítica sintética. Es por ello que este
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS			Diseño de pavimentos con Zeolítico sintéticas	Aditivo de zeolíticas sintéticas		
						Cemento y Agua	Datos de entrada	
						Control en la elaboración	Diseño de prueba Resistencia estructural	

<p>cortantes de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017?</p>	<p>mejora los esfuerzos cortantes de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.</p>	<p>cortantes de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.</p>			<p>del concreto Zeolítico</p>	<p>Plasticidad</p>	<p>Memoria de cálculos</p>	<p>trabajo es del nivel explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: Esta investigación es pre experimental.</p> <p>Población: Se considera a todas las vías del distrito de San Martín de Porres. 4413 metro.</p>
<p>¿De qué manera el concreto Zeolítico sintético mejora la respuesta estructural de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017?</p>	<p>Determinar de qué manera el concreto Zeolítico sintético mejora la respuesta estructural de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.</p>	<p>El concreto Zeolítico sintético mejora la respuesta estructural de la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.</p>	<p>Resistencia de los pavimentos asfálticos</p>	<p>Para Rondón y Reyes (2015) "los pavimentos son estructuras viales multicapa constituidos por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados, estas estructuras son diseñadas para soportar la cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales "(pp. 26-27).</p>	<p>Esfuerzos Cortantes</p>	<p>Angulo de fricción</p> <p>Cohesión</p> <p>Resistencia al esfuerzo cortante</p>	<p>Ensayo de laboratorio Triaxial.</p>	<p>Muestra: La muestra seleccionada es la primera cuadra de la Av. Los Libertadores en SMP. 135 m.</p> <p>Muestreo: Se empleó el muestreo no probabilístico de tipo intencional.</p> <p>Técnica: La técnica empleada es la observación.</p> <p>Instrumento: Ensayo de laboratorio Triaxial.</p>
					<p>Respuesta Estructural</p>	<p>Esfuerzos</p>	<p>Software MEPADS</p>	
						<p>Deformaciones</p>		

								Software MEPADS y Memoria de cálculos
¿De qué forma el concreto Zeolítico sintético mejora la ingeniería de tránsito para ampliar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017? 2017?	Establecer de que forma el concreto Zeolítico sintético mejora la ingeniería de tránsito para ampliar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.	El concreto Zeolítico sintético mejora la ingeniería de tránsito para ampliar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores San Martín de Porres, Lima, 2017.			Ingeniería de Transito	Deflexiones	Memoria de cálculos	
						Estado actual de la vía		
						Clasificación		
						Clasificación del tipo de vehículos		