



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis de la permeabilidad del pavimento rígido en terrenos que presentan alto nivel freático. Cañete, Mala – 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Huamán Manco, Christian Raúl

<https://orcid.org/0000-0003-0854-1517>

ASESOR:

Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio

<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial.

Lima — Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios, Omnisapiente y Omnipotente; a María Virgen, Asiento de la Sabiduría.

A mi madre, quien demostró que sí podía formar a unos hijos profesionales y con valores.

A mami Rosa, porque su amor trasciende más allá del espacio y tiempo.

A mis hermanos: David y Fernando. A mis tíos Pedro y Mary, quienes son el seno familiar donde crecí.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que permiten que pueda realizar esta investigación. Especialmente a los maestros que me enseñaron desde el colegio hasta la universidad.

Al ingeniero Iván Pehovaz, +Luis Fernando Núñez Vilela, Víctor Mao Campos, Manuel Laurencio, Miguel Ángel Ramos.

A *Julicio* quien me enseñó la pasión por la construcción y tener en cuenta todos los cuidados necesarios para hacer un trabajo con eficacia, solvencia y maestría.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | vi |
| Índice de figuras..... | vii |
| Resumen..... | viii |
| Abstract... .. | viii |
| I. Introducción..... | 1 |
| II. Marco teórico..... | 4 |
| III Metodología..... | 27 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 27 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 31 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 32 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos... .. | 33 |
| 3.5. Procedimientos..... | 33 |
| 3.6. Método de análisis de datos... .. | 34 |
| 3.7. Aspectos éticos... .. | 34 |
| IV. Resultados... .. | 35 |
| V. Discusión | 40 |
| VI. Conclusiones... .. | 44 |

VII. Recomendaciones..... 46

Referencias

Anexos

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---------------|----|
| Tabla 1..... | 13 |
| Tabla 2..... | 23 |
| Tabla 3..... | 36 |
| Tabla 4..... | 37 |
| Tabla 5 | 38 |
| Tabla 6 | 40 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

| | |
|---------------|----|
| Figura 1..... | 15 |
| Figura 2..... | 25 |

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar de qué manera conocer la permeabilidad del pavimento rígido ayuda en la construcción de vías. Para conseguir lo trazado se utilizó de la metodología deductiva por la cual se tenían en cuenta las teorías antes especificadas y tipo aplicativo porque los dos aspectos a investigar: nivel freático y permeabilidad del concreto iban a ser estudiados sin modificar su esencia. Con respecto a los resultados tenemos por un lado que la profundidad donde se encuentra el agua es a 1.10 m, esto hace que sea un nivel freático alto y por el otro que la permeabilidad del concreto expuesto a un nivel freático alto es moderadamente rápido con un coeficiente de permeabilidad de 9.63×10^{-11} esto hace que un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ tenga la capacidad de una permeabilidad moderadamente rápida. Para la conclusión tenemos que decir que el nivel freático es alto debido a la infiltración del Océano Pacífico y del río Mala, es adecuado construir pavimentos rígidos en zonas con alto nivel freático siempre y cuando se tenga en cuenta un sistema de drenaje adecuado y sin tener en cuenta el drenaje se puede construir para pavimentos rígidos de bajo tránsito.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate how knowing the permeability of rigid pavement helps in the construction of roads. To achieve the outline, the deductive methodology was used by which the previously specified theories and the applicative type were taken into account because the two aspects to be investigated: groundwater level and permeability of the concrete were going to be studied without modifying its essence. Regarding the results, we have on the one hand that the depth where the water is found is at 1.10 m, this makes it a high water table and on the other hand that the permeability of concrete exposed to a high water table is moderately fast With a coefficient of permeability of 9.63×10^{-11} this makes a concrete of $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ have the capacity of a moderately fast permeability. For the conclusion we have to say that the water table is high due to the infiltration of the Pacific Ocean and the Mala River, it is appropriate to build rigid pavements in areas with a high water table as long as an adequate drainage system and Regardless of drainage, it can be built for rigid, low-traffic pavements.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país tercermundista lleno de riquezas. Encontramos en su interior un sin número de posibilidades, tales como la minería, la agricultura, la pesca, la ganadería; para emerger del tercermundismo en el que se encuentra sumergido. Sin embargo, si lo vemos de soslayo, nos daremos cuenta que también existe un sinnúmero de problemas que impiden el deseado ascenso hacia el progreso.

La creación de caminos para la circulación de personas y animales como medio de comunicación, ha estado presente en los albores de la Historia de la Humanidad desde que el hombre tuvo necesidad de comunicarse. Esta situación no es ajena a nuestra realidad. Aún en pleno siglo XXI la Humanidad necesita comunicarse. Esta realidad no sería un problema si es que todas las vías de nuestro territorio estarían construidas y en buen estado.

La dificultad de transitar y comunicarse a través de las vías no solo radica en el buen estado de éstas, sino también en la posibilidad de construirlas. El problema de la construcción de vías se agrava porque el suelo peruano no es uniforme en toda su área geográfica. Varía de acuerdo a la región. Presenta lugares muy sólidos como muy inestables.

Ciertamente la comunicación vial ha mejorado, sin embargo, hoy en día siguen patentes muchos problemas que no se han solucionado. Ello conlleva a que la comunicación a través de las vías no sea del todo efectiva. Uno de los problemas para la construcción de vías de transporte y comunicación radica en hacerlo en suelos que presentan alto índice de nivel freático.

Las costas del Pacífico se caracterizan por presentar alto índice de nivel freático, es decir, el agua del subsuelo se encuentra a escasa distancia de la superficie terrestre. Desde nuestro punto de vista este es un problema porque al presentar alto índice de napa freática las vías que se construyan aquí, tendrán que ajustarse a nuevas consideraciones. El comportamiento de un suelo con alto índice de capa freática es muy inestable.

La **necesidad de investigar** se identifica con la necesidad de buscar soluciones a los problemas que surgen. La Humanidad ha tenido necesidad de construir para vivir más cómodamente y desarrollar sus actividades de la manera más digna posible. Sin embargo, esta tarea no le ha sido sencilla porque la acción de construir no es la misma en todos los lugares.

Así mismo la necesidad de construir ha sido imperante. Y se debe construir vías en todos los lugares para interconectar a todos los pueblos. Hay lugares en nuestro territorio que presentan alto índice de nivel freático y los encontramos mayormente en las costas del Pacífico.

Es necesario construir pavimentos, y se deben construir en todo lugar y uno de los lugares que presenta mayor dificultad para la construcción de pavimentos es aquel donde el nivel freático es muy alto porque el comportamiento del suelo es inestable debido al alto grado de saturación.

Con respecto a la **importancia profesional** y avizorando el problema desde el campo de la ingeniería civil es importante dar soluciones óptimas a todos los inconvenientes que se presenten. En este caso es un reto para la ingeniería civil conocer cuál es el comportamiento del pavimento rígido en zonas que presenten alto índice de nivel freático. Esto conllevará a establecer parámetros en el conocimiento y praxis para posteriores construcciones de pavimentos, represas y edificios que se quieran hacer en lugares con estas características físicas del suelo.

La importancia social la tenemos en que “El hombre es un ser social por naturaleza” Esta sentencia formulada por Aristóteles nos enmarca en la necesidad de comunicación que tiene el ser humano con sus émulos. Conocer de qué manera se puede interconectar el género humano siempre será beneficioso para el desarrollo y progreso de la Humanidad. La importancia social de la investigación se acentúa en que mientras más comunicación haya entre los hombres, mayor será su crecimiento emocional, espiritual y cultural. Conocer el comportamiento del pavimento será de eficaz ayuda para realizar fehacientemente esta intercomunicación.

Después de haber mencionado la realidad peruana frente a la necesidad de comunicación vial y la importancia de construir pavimentos en lugares especiales **formulamos el siguiente problema:** *¿De qué manera conocer la permeabilidad del pavimento rígido ayudará en la construcción de vías en terrenos que presentan alto nivel freático?* Para poder darle solución a esta problemática hemos elegido como **objetivo general:** Evaluar de qué manera conocer la permeabilidad del pavimento rígido ayuda en la construcción de vías. Así mismo la **hipótesis general** se formula: conocer la permeabilidad del pavimento rígido ayudará en la construcción de vías en zonas que presentan alto nivel freático.

La **justificación social** se da gracias a la importancia que hay entre los hombres de permanecer interconectados en busca del bien común, también de comunicarse y transmitirse sus conocimientos, cultura, idiosincrasia, etc. Así mismo y muy unida está la **justificación económica** la cual se manifiesta en la facilidad de poder transitar la materia prima para su industrialización y que regrese en productos agregados. Tanto para la exportación e importación. También que toda construcción traerá consigo trabajo directo e indirecto para muchas personas. Con respecto a la **justificación tecnológica** vamos a considerar la contribución del conocimiento aplicado a dar nuevas técnicas de construcción de pavimentos en zonas que la geografía considera especiales, en este caso, con el nivel freático alto. Y la **justificación práctica** es añadida mediante la búsqueda de soluciones que se den gracias a la experiencia. La construcción de pavimentos en zonas especiales traerá consigo nuevas experiencias para futuras construcciones e investigaciones. Entonces, acogidos a la necesidad de comunicación connatural al género humano, a la importancia técnica de conocer el comportamiento físico y estructural del pavimento rígido en condiciones especiales para la construcción eficiente de caminos; se justifica la investigación bajo los beneficios para el desarrollo económico, desarrollo integral del ser humano y la **justificación metodológica** se da para nuevos conocimientos en la ingeniería civil sobre construcción en lugares no convencionales. Se asume el beneficio tanto social como económico de la investigación para conocer el comportamiento del pavimento rígido en zonas con nivel freático alto.

II. MARCO TEÓRICO

En la búsqueda de material informativo con la finalidad de que nos sirva como base para nuestra presente investigación hemos decidido contar con algunas tesis como antecedentes. Las cuales son investigaciones realizadas en nuestro territorio, es decir, tesis nacionales y otras que son internacionales. Teniendo en cuenta la antigüedad y la importancia de cada uno de las investigaciones para nuestro propósito. De esa misma manera tenemos el material teórico correspondiente a los pavimentos y a la calidad del suelo cuando presenta alto índice de nivel freático.

López (2016), El **objetivo general** de su investigación fue analizar las características del pavimento permeable en lugares donde las precipitaciones fluviales son muchas y el nivel freático es alto. La **metodología** de la cual echó mano se basa en que hizo un estudio descriptivo y su modelo fue cuasi experimental. Los **resultados** a los que llegó fueron que el concreto permeable permite ser el paso entre dos fuentes de agua: lluvias y napa freática para luego ser llevada, el agua, a un lugar de drenaje. Con respecto a las **conclusiones** y después de analizar las características del concreto permeable afirma que éstos son una alternativa de infiltración para zonas rurales donde existe escurrimientos superficiales debido a las precipitaciones y la napa freática está muy cerca a la superficie terrestre.

Ccasani (2017), La importancia de un pavimento en buen estado y el lugar de construcción para la correcta transitabilidad de vehículos. El **objetivo general** que se trazó en su investigación fue determinar cuál es la mejora en la función estructural del pavimento haciéndole una evaluación y análisis funcional, en la ciudad de Abancay. Para la **metodología** se valió de un paradigma positivista, es decir, la variable de investigación será cuantificada. Por lo tanto el enfoque que le dio a su investigación fue cuantitativo. Para la recolección de datos echó mano de la observación y de aparatos de medición. Con respecto a la observación lo hizo a través de diversas etapas. Con respecto a los **resultados**, su investigación le llevó a conocer que el deterioro del pavimento es perjudicial para la correcta transitabilidad vehicular. Por ello menciona en

sus **conclusiones** que es importante tener en cuenta, para el diseño estructural de los pavimentos, el uso que se le dará a la vía y el lugar donde esté construida.

Esta tesis aporta a nuestra investigación porque el uso de la metodología positiva y cuantitativa, la cual conlleva a manipular la variable para dar un resultado numérico, y con ello conocerla y poder modificarla para lograr cualquier resultado. También es necesario resaltar la importancia que tiene, para el correcto desempeño funcional de una vía, el lugar donde esté construida.

Santiesteban (2017), tuvo como **objetivo general** determinar, a través de una evaluación y así poder comprobar de qué manera la aplicación del aditivo Quim KD-40 mejora el comportamiento de los suelos estabilizados de las vías no pavimentadas. Lo importante del objetivo general que se trazó, para nuestra investigación, es el estudio del comportamiento de pavimentos, ya sean rígidos o flexibles, ante condiciones externas y no convencionales. Las teorías científicas de las cuales se valió se remontan a los documentos publicados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones precisamente en la sección de suelos y pavimentos (MTC, 2013), donde se conceptualiza fácticamente la aplicación de aditivos y el comportamiento de suelos estabilizados. **La metodología** científica utilizada fue el de tipo aplicado y de nivel explicativo. Teniendo en cuenta que el diseño no era experimental puesto que la población en estudio estuvo representada por los caminos que no han sido pavimentados del distrito de Végueta, los que en total llegan a la suma de 18 con un aproximado de 90 kilómetros de longitud. En los **resultados** de su investigación obtuvo que una parcela vial en la cual se utilizó Quim KD-40 llegó a alcanzar la deflexión admisible pues esta está por debajo del 25%. Por último, después de haber realizado la evaluación de la aplicación del aditivo Quim KD-40 en el mejoramiento del comportamiento de los suelos estabilizados de las vías no pavimentadas la **conclusión** a la que se llegó es, lo tenemos en los factores expresados en el acrecentamiento de la capacidad de soporte CBR del orden de 41%, el nivel de conservación de la vía donde se usó Quim KD-40 se encuentra aún por debajo de 25% de la deflexión admisible, además de significar un ahorro del 29%, entre el sector donde se empleó el aditivo.

Esta investigación realizada en la ciudad de Lima aporta a nuestra tarea de conocer el comportamiento del pavimento rígido en zonas de alto nivel freático o aguas subterráneas superficiales, en que el pavimento tiene diversos comportamientos y va a depender del material con que sea construido y del lugar. En este caso el factor del lugar de construcción serán las aguas superficiales o el alto nivel freático.

Macedo (2016), realizó un estudio concienzudo sobre el concreto antideslave; el **objetivo general** fue realizar el estudio y análisis del Concreto Antideslave con aditivos, mediante ensayos de laboratorio, para ser empleado en zonas con presencia de nivel freático alto, así como el proponer diseños a resistencias de 175 kg/cm², 210 kg/cm², y 280 kg/cm² que permitan asegurar la resistencia a compresión y evite el lavado excesivo de material fino. De esta manera pudo echar mano de la **metodología** de prueba para determinar la cantidad de pérdida de finos en concreto fresco sumergido en agua, así mismo utilizó el método TREMIE. Con esto los **resultados** que consiguió con la utilización de aditivos encontrados en el mercado nacional y que proporcionan una mayor capacidad de cohesividad a la mezcla, de esta manera se logra disminuir atenuando la desmembración de partículas finas de esta. Y llegó a la **conclusión** que la disgregación de partículas finas del concreto es perjudicial para la impermeabilidad y permite el deterioro por estar en contacto con el agua del subsuelo. A la vez que usó la técnica “tremie” para hacer una reducción del área de contacto entre el concreto y el agua del subsuelo.

Esta investigación precedente nos aporta los conocimientos que son necesarios para evaluar la variable: alto nivel freático. Cualquier construcción que se haga bajo estas condiciones del terreno va tener en cuenta que la pérdida de materiales finos de un concreto no permite que éste tenga el comportamiento de diseño. De esta manera para conocer el comportamiento del pavimento rígido construido en zonas que presentan alto índice de nivel freático se debe tener en cuenta la exposición al agua y el deterioro de la cohesividad del concreto al contacto directo con el agua superficial.

Gonzales (2016), consideró como **objetivo general** determinar cómo el tráfico pesado, el cual transita por las carreteras del país, lo hace transgrediendo las cargas permitidas por el diseñador, demandando, de esta manera, que se proyecte en el diseño, se construya efectivamente y mantengan con eficacia las altas especificaciones de comodidad, seguridad y resistencia, las cuales son necesarias para el correcto tránsito de los vehículos y esto va a requerir la aplicación de nuevos y excelsos diseños. En cuanto a la **metodología** se perfiló en utilizar equipos dotados de mejor tecnología y mayor eficiencia, por lo cual se requirió actualizar la normativa, así como las técnicas de conservación y rehabilitación de los caminos de todo el país. Así, encontramos, en los **resultados**, la importancia que tiene un pavimento en buen estado para conseguir la finalidad para la cual fue creado. En lo que concierne a la conservación en buen estado y rehabilitación constante se requiere contar además de equipos modernos y sofisticados, tecnología de punta y materiales específicos que tengan la cualidad de satisfacer todas las necesidades planteadas desde el descubrimiento del problema, requiriendo la implementación de materiales más durables, eficientes y con mínimos requisitos para la conservación apoyado con la correcta construcción. En las **conclusiones** se tiene que para una investigación futura, que en este caso es la nuestra, el autor de la tesis incita a conocer el comportamiento del pavimento bajo dos premisas: la calidad de sus materiales y el lugar donde será construido. Es nuestra tarea luego aplicar un pavimento rígido para estudio y bajo las condiciones especiales del suelo, que presenta alto índice de nivel freático.

Zhang (2020), "Permeable pavements (PPs) are widely implemented in urban areas to mimic natural hydrologic processes through enhancing infiltration, and reducing, delaying, and retaining surface runoff. However, its performance can be affected by shallow groundwater since high soil moisture may inhibit its infiltration and exfiltration. This study built a numerical model, which was calibrated and validated based on laboratory experiment data, to evaluate the water balance and retention of PP in shallow groundwater conditions. It assessed the impacts of shallow groundwater and the hydrologic effectiveness of different PP design measures (i.e., building a PP with a

smaller storage depth, implementing an underdrain at different elevations, and installing an impermeable liner) on relieving the impacts”. [Los pavimentos permeables (PPs) se implementan ampliamente en áreas urbanas para imitar los procesos hidrológicos naturales al mejorar la infiltración y reducir, retrasar y retener la escorrentía superficial. Sin embargo, su desempeño puede verse afectado por aguas subterráneas poco profundas ya que la alta humedad del suelo puede inhibir su infiltración y exfiltración. Este estudio construyó un modelo numérico, que fue calibrado y validado en base a datos de experimentos de laboratorio, para evaluar el balance hídrico y la retención de Pavimentos Permeables en condiciones de aguas subterráneas poco profundas. Evaluó los impactos del agua subterránea poco profunda y la efectividad hidrológica de diferentes medidas de diseño de PP (es decir, construir un PP con una profundidad de almacenamiento menor, implementar un drenaje subterráneo en diferentes elevaciones e instalar un revestimiento impermeable) para aliviar los impactos].

Liu (2020), “The permeable pavement is effective green infrastructure that can improve stormwater hydrology and mitigate urban inundation. However, its performance can be sharply weakened when it is used in an area having a high water table and low-permeability soil. This paper proposes an innovative permeable pavement (IPP) wherein capillary columns and an internal water storage zone formed by a high-density polyethylene liner are set up. To investigate the performance of the pavement in terms of its mitigation of the urban heat island effect and hydrological performance in an area with a high water table, four pilot pavements, including an impervious concrete pavement (CP), two permeable interlocking concrete pavements (PICP1 and PICP2), and the IPP, were constructed in a parking lot at our university campus and monitored throughout the year of 2018”. [El pavimento permeable es una infraestructura verde eficaz que puede mejorar la hidrología de las aguas pluviales y mitigar las inundaciones urbanas. Sin embargo, su rendimiento puede debilitarse drásticamente cuando se utiliza en un área que tiene un nivel freático alto y un suelo de baja permeabilidad. Este trabajo propone un innovador pavimento permeable (IPP) en el que se instalan columnas capilares y una zona interna de almacenamiento de agua formada

por un revestimiento de polietileno de alta densidad. Investigar el desempeño del pavimento en términos de su mitigación del efecto isla de calor urbano y el desempeño hidrológico en un área con un nivel freático alto, cuatro pavimentos piloto, incluido un pavimento de concreto impermeable (CP), dos pavimentos de concreto entrelazados permeables (PICP1 y PICP2), y el IPP, fueron construidos en un estacionamiento en nuestro campus universitario y monitoreados durante todo el año de 2018].

Hu (2018), "This study installed water table monitoring systems of the permeable pavement and rain Barrel sites. The data set can be transmitted to the web by 3G systems. By the long-term monitoring works, we can realize the change the water table and effectiveness. Using the SWMM (Storm Water Management Model) model to simulate the water table hydrographs under different rain events. The different cases included short-duration and high-density rainfall, long-duration and low-density rainfall, and typhoon events" [Este estudio instaló sistemas de monitoreo del nivel freático del pavimento permeable y los sitios de los barriles de lluvia. El conjunto de datos se puede transmitir a la web mediante sistemas 3G. Mediante los trabajos de seguimiento a largo plazo, podemos darnos cuenta del cambio en el nivel freático y la eficacia. Usando el modelo SWMM (Storm Water Management Model) para simular los hidrogramas del nivel freático bajo diferentes eventos de lluvia. Los diferentes casos incluyeron lluvias de corta duración y alta densidad, lluvias de larga duración y baja densidad y tifones].

Mora (2015), consideró como **objetivo general** determinar, con el diseño estructural, es decir, con las consideraciones técnicas y profesionales que se han tomado, de las estructuras de los pavimentos ya sean rígidos, flexibles o mixtos como tema de estudio constante de investigación. La **metodología** surge como consecuencia de los diversos resultados obtenidos en la construcción de edificios, canales, presas, y, particularmente en la construcción de estructuras diseñadas para una vía vehicular. Este desmedido trabajo que se ha llevado a cabo en todo el país realiza una exhaustiva evaluación de los diferentes métodos, empíricos y teóricos, empleados para los diseños de estructuras de pavimentos según criterios de parámetros empíricos, semi-empíricos y racionales para establecer las distintas alternativas que se tienen en esta área. Esto con la finalidad de hacer frente y poder hacer una comparación

de los conceptos técnicos académicos y parámetros empleados para los diferentes tipos de diseño. Para conocer los **resultados** se debe determinar las diferencias en que ellos se derivan y que al ser aplicados puedan o no desarrollar resultados objetables e inadecuados con respecto a los comportamientos de la situación real de la estructura. En forma complementaria este trabajo se realiza para conocer las condiciones actuales de la zona que va ser intervenida y recolectar información de las características y propiedades que el suelo está presentando para procederá a identificar qué tipo de diseño implementar para dicho proyecto. Y en **conclusión** esta investigación consume gran importancia ya que se tendrán en cuenta, a través de la recolección de datos empíricos y técnicos, las características del suelo para su diseño adecuado. En nuestra investigación las condiciones del suelo y de la geografía se fundamentan en la calidad de nivel freático alto. Esto no es ajeno a la investigación que tomamos como antecedente. Los métodos empíricos de construcción tanto como los técnicos aportan porque están, todos, llenos de sabiduría y se hacen con la finalidad de dar soluciones a grandes problemas. La estructura de los pavimentos será diseñada respecto a la funcionalidad de la rodadura y de acuerdo a las condiciones del suelo.

Li (2016), "Fully permeable (or porous or pervious) pavements are pavements whose layers are all intended to be permeable. They are used to minimize the adverse effects of stormwater runoff generated from impervious surfaces. They may also be an effective solution for cool pavement strategies for improving outdoor thermal environments and mitigating heat island effects in hot climates. Most current applications of permeable pavements in North America are used for roads with a low traffic volume, basic access streets, parking lots, and recreation and landscaped areas, all of which carry light, slow-moving traffic. Structural design methods have been empirical in nature". [Los pavimentos totalmente permeables (o porosos o permeables) son pavimentos cuyas capas están destinadas a ser permeables. Se utilizan para minimizar los efectos adversos de la escorrentía de aguas pluviales generada por superficies impermeables. También pueden ser una solución eficaz para las estrategias de pavimento frío para mejorar los entornos térmicos al aire libre y mitigar los efectos de la isla de calor en climas cálidos. La mayoría de las aplicaciones actuales de pavimentos

permeables en América del Norte se utilizan para carreteras con poco tráfico, calles de acceso básico, estacionamientos y áreas recreativas y ajardinadas, todas las cuales tienen tráfico ligero y lento. Los métodos de diseño estructural han sido de naturaleza empírica].

Bryan (2015), realizó el estudio teniendo como **objetivo general** conocer el comportamiento del pavimento rígido sometido a condiciones especiales del ambiente y geográficos incluyendo entre las condiciones especiales al nivel freático alto de la Isla San Andrés. El trabajo realizado para obtener el grado académico de ingeniero civil, contiene como metodología el análisis de los criterios de diseño de pavimento rígido, este diseño ha sido realizado bajo la óptica de las condiciones especiales que presenta el terreno, el clima, la geografía y las cargas vehiculares de la isla San Andrés y especificaciones técnicas realizadas desde de la secretaria de infraestructura de la gobernación departamental. Un análisis de los criterios de diseño realizados para las vías con los cuales se diseñan los pavimentos rígidos y semi-rígidos en la isla de San Andrés, cuyo principal y primordial objetivo es la valoración de los diversos criterios utilizados para el diseño de pavimentos rígidos en la isla de San Andrés. Teniendo en consideración las condiciones especiales de tránsito, características de la sub rasante, material de soporte del pavimento y características del concreto rígido, todas estas consideraciones a tener en cuenta para el diseño del pavimento rígido han sido consideradas y la finalidad es darle una correcta funcionalidad al pavimento y no crear caos vehicular en la capa de rodadura. Para lograr los objetivos que se trazó, teniendo en cuenta la problemática vigente en la isla San Andrés y el alcance de trabajo de grado se utilizó una **metodología** de recolección y análisis de la información proporcionada por la experiencia y verificación, la modelación del diseño utilizando el Software BS-PCA, vigente en el país que se hizo el estudio y que se recomienda sea utilizado para más modelaciones, para después desarrollar las conclusiones y recomendaciones. La principal **conclusión**, a la que llegó, después de realizar el análisis propuesto de la información y los resultados fácticos obtenidos es que bajo las condiciones especiales y las limitaciones existentes en el ingreso de los vehículos, además de las condiciones del terreno de soporte, el nivel freático alto, los pavimentos en San Andrés pueden ser

diseñados considerándose como bajo volumen de tránsito para las vías principales. Sin embargo con un adecuado diseño y un tratamiento del suelo se puede diseñar como tránsito de alto volumen.

Esta tesis es considerada para nuestra investigación de vital importancia porque a lo largo de nuestro camino hemos encontrado poca literatura sobre investigaciones que unan las estructuras de una investigación con el nivel freático alto. La isla de San Andrés, además de presentar un sinnúmero de problemas para cualquier tipo de construcción, se le suma el poder construir un pavimento rígido sobre el suelo. Por el nivel freático alto que presenta.

Una vez analizado cada una de los antecedentes, tanto nacionales como internacionales, nos disponemos a realizar la teoría de lo que compete a nuestra investigación, en este caso: los pavimentos y la condición del suelo que presenta alto índice de nivel freático.

Pavimentos en el mundo: Desde que en el género humano existió la necesidad de comunicarse, buscó la forma de encontrar soluciones a los problemas que acaecían. Así desde las primeras civilizaciones el género humano se ha enfrentado a este inconveniente dándole diversas soluciones. Dion Casio (33 d.C) Los primeros y más excelsos constructores de caminos de los primeros albores de la Humanidad, fueron los romanos. El vasto Imperio dominado por los césares, es el imperio más grande que ha conocido la Historia de los hombres, como dice Apiano en su libro la *Historia Romana I* (35 a.C.). Su territorio abarcaba todas las costas del mediterráneo, partiendo de Roma y llegando hasta África septentrional. Ellos lograron interconectar todo el extenso Imperio a través de sus vías, muchas de esas construcciones han quedado como vestigio para las futuras generaciones.

Gracias a Cieza de León (1553) en sus "*Crónicas del Perú*", sabemos que en nuestro territorio, el Perú, los caminos del inca tuvieron mayor importancia para la intercomunicación entre los pueblos conquistados. El Imperio incaico fue el más grande de esta zona del continente, su mayor apogeo lo alcanza con Pachacútec. Sin embargo, y como sabemos, no eran tan elaborados porque no conocían la rueda y los

caminos estaban diseñados para el tránsito de los chasquis y animales que trasportaban alimentos. Y nuestros ancestros no se trasladaban en caravanas como sí otras culturas. Con la llegada de los españoles hubo un mejoramiento de las vías porque trajeron con ellos la carreta, pero se enfocaban en las ciudades grandes y poco trabajo hizo en la intercomunicación.

La siguiente tabla sustraída del MTC, nos va a mencionar, expresado en kilómetros, la magnitud de redes viales que existen en el Perú. El porcentaje de redes no pavimentadas es considerable. Se denomina a una vía que no está pavimentada cuando su estructura solo consta de trocha carrozable, es decir, al terreno natural no se le ha modificado de ninguna manera para que pueda recibir las cargas propias del volumen de tránsito.

Tabla 1. Sistema Nacional de Carreteras – SINAC

| Red vial | Pavimentado | % | No pavimentado | % | Red vial existente | % |
|------------------|-------------|------|----------------|------|--------------------|-------|
| RV nacional | 18.420 | 69.7 | 8.016 | 30.3 | 26.436 | 15.9 |
| RV Departamental | 2.430 | 9.7 | 22.582 | 90.3 | 25.012 | 15.1 |
| RV vecinal | 1.925 | 1.7 | 112.74 | 98.3 | 114.666 | 69.0 |
| Total (Km) | 22.775 | 13.7 | 143.339 | 86.3 | 166.114 | 100.0 |

Fuente: (MTC, 2016 p. 7)

Para conocer qué es el pavimento y sus tipos, nos valemos de la definición proporcionada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (MTC, 2014). “El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub-rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, sub-base y capa de rodadura.”

Esta definición correspondiente al Ministerio de Transporte y Comunicaciones nos coloca frente al pavimento como tal y visto desde la óptica de nuestros tiempos. Al mencionar que es una estructura lleva tácita la definición que es una articulación de

más de un elemento, el cual tiene como función principal actuar de soporte. Su función es recibir la carga de los vehículos y distribuirlos para que el tránsito sea confortable.

Tenemos, también, la definición de un especialista en este campo: (Alfonso Montejo, (2006). “Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, es decir, una encima de otra: relativamente horizontales porque presentan inclinación para el correcto drenaje, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Los diseños se hacen de acuerdo a las especificaciones del volumen de tránsito y las condiciones del suelo. Los materiales de construcción deben ser los adecuados para cada una de las capas que componen el pavimento. Estas estructuras estratificadas, presentadas en capas con diferentes características, se apoyan sobre la sub rasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras, el movimiento de tierras es para quitar el suelo de relleno, en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura”.

Tenemos otra definición considera al pavimento como un conjunto de capas puestas una encima de otra. Configurándose con la definición proporcionada por el MTC consideramos que una estructura es un conjunto de elementos que unidos cumplen una finalidad. A la definición brindada por el MTC el autor subraya la característica principal en la construcción de los pavimentos y ésta es: “Construcción técnica”. Se necesita de conocimientos teóricos y prácticos para la realización de un pavimento ya que su finalidad es la transitabilidad.

Elementos de la estructura de un pavimento. Según (Menéndez Acurio, 2016). Los principales componentes de una estructura de pavimentos son:

- Capa de rodadura.
- Capa de base.
- Capa de sub-base.
- Sub-rasante.
- Suelo de fundación.

- Bermas.

Figura 1: Estructura del Pavimento Flexible



Fuente. (Cámara de Comercio del Cemento, 2014)

En la figura 1 podemos observar la estructura típica de un pavimento flexible. Y como podemos recordar, la diferencia sustancial entre el pavimento rígido y el pavimento flexible radica explícitamente en la capa de rodadura, en la capa principal. Las dimensiones para las capas que la Cámara de Comercio del Cemento proporciona son relativas y están en función del diseño del pavimento. El diseño del pavimento tiene las consideraciones del suelo y del volumen de tránsito.

Capa de Rodadura: (MTC, 2014). “Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.”

La capa de rodadura no es más que la parte superior, es decir, la capa que está expuesta al ambiente de un pavimento. Su función es sostener el paso de los vehículos y darle mayor transitabilidad. Del material que esté hecho dependerá el nombre que lleve. Ya sea flexible con base de brea y rígido con base de cemento portland. Esta

capa tiene que ser diseñada con los principios técnicos de compactación y permeabilidad. La compactación para el curso de los automóviles y la permeabilidad por la retención de agua ya sea pluviales o las aguas superficiales del subsuelo.

Capa de Base: (MTC, 2014). “Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función la de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR \geq 80%) o será tratada con asfalto, cal o cemento.”

En la estructura del pavimento encontramos a esta capa, denominada de base porque cumple la función de soporte a la capa de rodadura. Esta capa ha de ser de material granular. Un material granular que contenga más del 80% del CBR. Esta capa no ha de contener finos porque su función es drenar el agua de la capa de rodadura y no deteriorar la estructura del pavimento por contacto con el agua.

Capa de Sub-Base: (MTC, 2014). “Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular (CBR \geq 40%) o tratada con asfalto, cal o cemento”. Para la construcción de esta capa se necesita conocer las características del suelo sobre el cual se construye el pavimento. La sub-base en algunos pavimentos donde el CBR del suelo es mayor al 80% se puede obviar. Es importante mencionar que para el tratamiento se utilice cal o cemento. Este tratamiento ha de realizarse de acuerdo a las indicaciones del MTC. El material con el cual se construya la capa de sub-base ha de ser especificado con los datos de diseño y con los datos arrojados por el estudio del suelo.

Sub-Rasante: (Altamirano Kauffmanm, 2008). Es la capa de terreno *natural* de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto...

Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

La capa sub-rasante o simplemente la sub-rasante es la capa que se puede encontrar haciendo una excavación al terreno natural donde se construirá el pavimento. La finalidad de esta excavación consiste en quitar el material excedente y que no presenta aporte positivo a la resistencia en la estructura del pavimento. Por lo general este material se constituye de relleno, tierra suelta, material no homogéneo. Una vez realizada la excavación y conseguida la profundidad de diseño, esta capa puede ser modificada a través de la compactación hidráulica o manual, dependiendo del uso y de las características del suelo, para dar mejores resultados en su funcionamiento estructural. Tendrá la función de soportar el peso de las capas superiores: de rodadura, base y sub-base.

Suelo de Fundación: (Menéndez Acurio, 2016). La estructura del pavimento se apoya sobre una superficie con determinado espesor denominado sub-rasante. Esta está conformada por suelo natural compactado, material transportado y suelos mejorados entre otros. El soporte de la capa de sub-rasante puede ser a su vez suelo natural o material de préstamo.

Incluso algunos autores identifican a la sub-rasante con la capa denominada suelo de fundación. La diferencia según Menéndez Acurio, (2016) radica en la obtención del material para la construcción de estas capa. Para la conformación del suelo de fundación y es quien va a soportar la carga de las demás capas y es la última capa se puede utilizar material propio o material de préstamos. Teniendo en cuenta en todos los casos las condiciones de diseño. Esta capa, haciendo una analogía, con las edificaciones representaría a los cimientos. El material de préstamo debe pasar los parámetros de calidad y adecuarse a las condiciones del suelo. También es importante la medida de compactación para que sea la óptima y pueda cumplir los requerimientos. Podemos añadir que esta capa es la que tendrá contacto directo con la geografía del

lugar. Es aquí donde el suelo entra a tallar, es decir si nos encontramos en un suelo con alto nivel freático esta capa será quien esté en contacto directo con el agua.

Bermas: (MTC, 2014), Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Encontramos las bermas a lo largo de una franja paralela al pavimento. Constituye una parte importante del mismo ya que la finalidad es darle seguridad a las vías ya sea en el caso de aparcamiento por accidente o para cualquier eventualidad. Se encuentran contiguos al pavimento, no hay otro elemento que los pueda separar. El diseño utilizado para las bermas laterales es el mismo que el del pavimento a excepción de la capa de rodadura. El mantenimiento de éstas es más sencillo porque no recibe las cargas tan igual a las demás partes de la estructura. Es importante mencionar que existen dos tipos de bermas. Tenemos las que se encuentran al mismo nivel de la carretera y las que están a desnivel respecto a la vía. En el caso de las bermas con peralte necesitan de una inclinación para darle mayor funcionalidad a las vías. Según (MTC, 2014) el ángulo de inclinación de las bermas laterales que se hagan con peralte no debe exceder al 4%.

Tipo de Pavimentos: (Gonzáles, 2016) Existen dos tipos principales de pavimento: los flexibles y los rígidos.

En el caso de los pavimentos flexibles, una carpeta asfáltica proporciona la superficie de rodamiento, esta superficie va a variar de acuerdo a la funcionalidad a las cargas estructurales y al lugar donde se consolide el pavimento. Las cargas producidas por los automóviles, camiones y carruajes se dispersan hacia las capas inferiores, las cuales funcionan como cimientos y reciben las cargas. Estas cargas producidas por el uso debido de las carreteras se distribuyen por medio de las características de fricción y cohesión de los átomos de los materiales de diseño; y la carpeta asfáltica se frunce en pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se desgaje.

La diferencia de los tipos de pavimentos va a versar sobre la capa de rodadura ya sean flexibles o rígidos.

Pavimentos Flexibles: Los pavimentos flexibles o también denominados pavimentos bituminosos por la composición de sus materiales. La calidad de ser flexibles lo dan las propiedades con la que está constituida la capa de rodadura.

Una definición de pavimento flexible la encontramos en (MTC, 2014). El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares, como todos los pavimentos y se compone de (sub-base, base) y la principal característica será que tiene como capa de rodadura una carpeta construida a base de materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos, se le conoce también como pista brea. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica que estará sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro-pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente, esto dependiendo de la zona donde se construya el pavimento flexible. El clima influirá para lograr un correcto diseño y elegir si es en frío o caliente.

Los pavimentos que son llamados flexibles tienen la consideración de su diseño en función del tráfico, es decir de la carga y volumen vial que soportarán. Y, también, tienen su diseño, teniendo en cuenta la funcionalidad que se le dará. Debido a sus propiedades bituminosas, esto es, por su contenido maleable, se deflexa permitiendo una mayor rodadura en su funcionalidad. El pavimento flexible es más preferible para construir vías donde la función es que la velocidad sea alta.

Con respecto a la estructura de los pavimentos flexibles según (González, 2016) presentan en su composición y construcción una capa de asfalto o carpeta asfáltica que está formada por la unión de agregado grueso y fino con material bituminoso (brea).

Pavimentos Rígidos: (MTC, 2014), El pavimento rígido es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub-base granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento,

asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo.

Lo principal del pavimento rígido, según el MTC, lo encontramos en la capa de rodadura, que es la capa superior y sobre la cual transitan los vehículos. Esta capa debe ser de losa de concreto. Se le llama rígido porque no presenta las características bituminosas del asfáltico y por la propiedad mecánica del concreto de compresión. Al tener alto índice de compresión se convierte en un pavimento más rígido (sin flexar). Esto conlleva a mayor consideración en el paso de vehículos, lo cual permitirá mayor carga.

Sin embargo según (Nicholas J., y otros, 2005), Los pavimentos rígidos también presentan algo de resistencia a la flexión, aunque no sea tan alta como la resistencia a la compresión, que les permite sostener una acción como de viga a través de irregularidades menores en el material subyacente. Estas irregularidades que le permite la capacidad a flexión son debido al suelo. Para el diseño del pavimento rígido se tendrá en cuenta el tipo de suelo sobre el cual se construya y las condiciones geográficas del mismo.

Si necesita mayor capacidad de flexión de la que proporciona el concreto, se va a echar mano del acero y se va a convertir en una gran losa y la capacidad de flexión va a ser superior gracias a este incremento de acero.

Así tenemos (Nicholas J., y otros, 2005), Los pavimentos rígidos de vías se subdividen en tres grandes tipos generales: **pavimentos de concreto simple**, **pavimentos de concreto con refuerzo simple** y **pavimentos de concreto con refuerzo continuo**. Esta división dentro del pavimento rígido está en función de la capacidad de resistencia a la flexión y no en función al suelo. Es decir que va a depender de la carga. Puesto que lo que se va a encontrar en función al suelo serán las capas inferiores. La definición de cada tipo se relaciona con la cantidad de refuerzo que se usa.

Con respecto a la literatura obtenida para la realización de nuestra investigación el conocimiento sobre construcción de pavimentos rígidos en lugares que presenten nivel freático alto se encuentra muy documentado.

De acuerdo a Ccasiani (2017), El pavimento de concreto simple no tiene acero de temperatura ni espigas para transferir la carga. En otras palabras y como dice el mismo nombre, es concreto simple, sin acero de refuerzo. El pavimento de concreto simple se utiliza para vías donde las cargas que transmite la capa de rodadura a las capas inferiores no es mayor a la capacidad de comprensión del concreto. Los vehículos que transitan por estas vías no han de ser de grandes dimensiones. En ocasiones, esta capa de rodadura puede ser reemplazada por adoquines, lo cuales se construyen con finalidad estilística. Las uniones entre placas de pavimento rígido simple, se colocan a distancia pequeñas unas de otras (de 10 a 20 pies). Esto con la finalidad de reducir la cantidad de agrietamiento. Al no contar con acero de temperatura, las juntas cumplen esa función y hacen que la transmisión de cargas sea uniforme.

Para Ccasani (2017), Los pavimentos de concreto con refuerzo simple tienen espigas para transferir las cargas de tránsito por medio de las juntas. Las cargas deben ser transmitidas porque se admite mayor carga de los vehículos. En este tipo de pavimento rígido toda la capa de rodadura tiene acero de temperatura. Para las juntas transversales también se utiliza acero de refuerzo.

Conforme a Ccasani (2017), Los pavimentos de concreto con refuerzo continuo no tienen juntas transversales. El acero en estos pavimentos es continuo, es decir, a lo largo y ancho de estos pavimentos el acero está presente. La cantidad de acero es mayor a otros tipos de pavimento rígido, según Ccasani, el porcentaje de acero ha de estar en 6%. La razón de por qué no llevan refuerzo transversal es porque todo el pavimento contiene tanto acero de temperatura como acero estructural. Las capas inferiores, en este pavimento, transmiten las cargas al suelo de fundación sin problemas por la uniformidad de la losa formada en la capa de rodadura.

El acero para el pavimento rígido se presenta en acero de refuerzo y acero de temperatura. Los cuales van a estar en función de las cargas transmitidas y de las condiciones del suelo para su diseño longitudinal y transversal.

El acero de refuerzo reduce la capacidad de agrietamiento en las juntas. Este acero es proporcional con las condiciones geográficas por la inestabilidad del suelo.

Este acero va a estar en todo el pavimento. Y la proporción de acero en el concreto es mínima.

También está el acero de temperatura quien tiene la función sobretodo de evitar el agrietamiento en la capa de rodadura y no disminuir la transitabilidad del pavimento. Se sabe que el buen estado de un pavimento está en relación con la capacidad funcional, es decir, qué tan bien es útil para transitar y su aspecto estructural, las capas inferiores cumplen la función de soporte en las cargas.

Tenemos una definición sobre las juntas en los pavimentos, según (Nicholas J., y otros, 2005), En los pavimentos de concreto o también llamados pavimentos rígidos, se ubican juntas que pueden ser de distintos tipos, con la finalidad de limitar los esfuerzos inducidos por modificaciones abruptas de temperatura y para favorecer la unión correcta de dos secciones adyacentes de pavimento. La unión entre capas del concreto, la unión entre losas se da a través de las juntas que algunas veces, de acuerdo al diseño, serán transversales y éstas sirven para permitir la correcta función de transitabilidad de los vehículos. Así Se puede contar el correcto comportamiento del pavimento para lo que fue echo.

Encontramos diferencias entro los dos tipos de pavimentos presentados. La losa o concreto, debido a su rigidez, resistencia a la compresión y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen debido al tránsito vehicular sobre el pavimento. Lo que produce una excelente distribución de todas las cargas de rueda, dando como resultado las tensiones consideradas en el diseño para la sub rasante. En cambio los pavimentos flexibles, por sus propiedades físicas presentan menor rigidez y llegan a transmitir los esfuerzos de rodadura hacia las capas inferiores, lo cual trae como consecuencias mayores tensiones en la sub rasante. Los pavimentos de concreto están establecidos para ser diseñados con una vida útil de 30 años o más y duran, según algunos estudios y la experiencia colectiva alrededor de tres veces más que las de asfalto, antes de requerir trabajos importantes de rehabilitación los cuales son necesarios para alcanzar la vida útil de diseño.

Tabla 2: Pavimento flexible vs. Pavimento rígido.

| Pavimentos flexibles | Pavimentos rígidos |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Vida estimada de servicio entre 10 a 20 años.• Costos iniciales bajos.• Requiere mantenimiento continuo.• Reparación fácil pero continua si no se hace mantenimiento.• Se puede añadir capas en cualquier momento.• No pierde propiedades antideslizantes.• Es más suave y menos ruidosa.• Soporta un mayor rango de temperaturas. | <ul style="list-style-type: none">• Vida estimada de servicio entre 20 a 30 años (en Lima hasta 50).• Costos iniciales altos.• Requiere mantenimiento continuo pero mínimo (primordialmente las juntas).• Reparación difícil pero esporádica.• Poner capas encima produce grietas de reflejo.• Soporta inundaciones y contaminación de la napa freática (JUL vs PEM)• Requiere capas inferiores bien niveladas. |

Fuente: (Sotil, 2014)

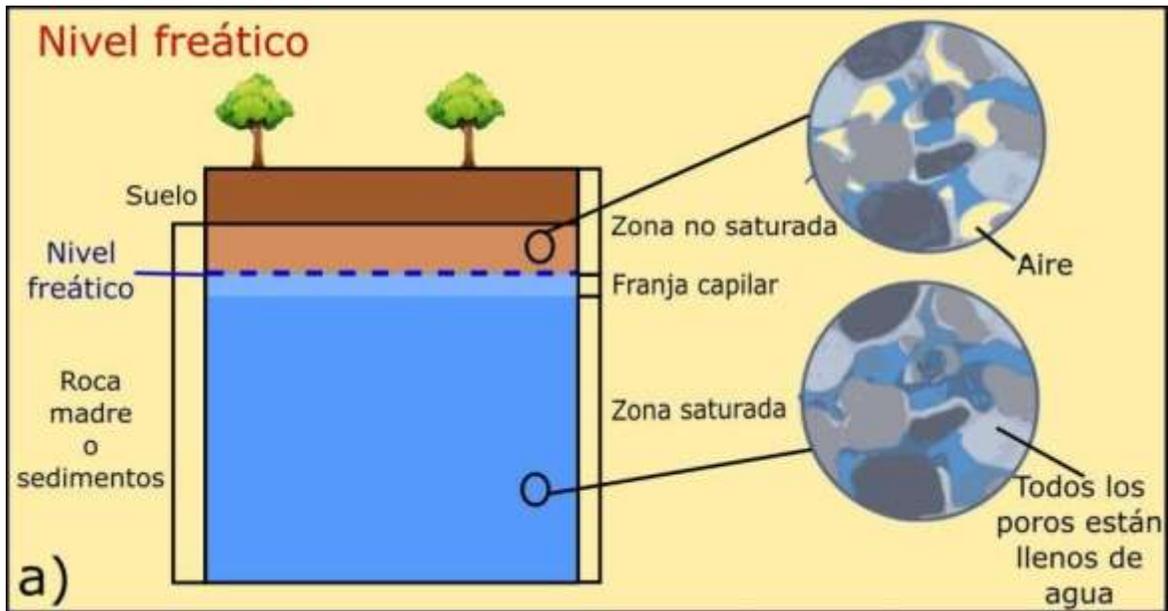
Todos los pavimentos rígidos han sido diseñados para poder durar un periodo de vida útil considerable de 10 años, sin embargo, para lograr este objetivo se requiere de mantenimientos regulares y reconstrucciones frecuentes. Teniendo como base los modelos matemáticos, que realizaron un considerable grupo de eximios ingenieros civiles, han demostrado teóricamente que el transitar a través de pavimentos rígidos en las carreteras norteamericanas podría reducir considerablemente el consumo de combustible hasta en un 3%. Los ahorros obtenidos serían equivalentes a doscientos setenta y tres millones de barriles de petróleo al año. La importancia del uso de pavimentos rígidos no solo radica en el nivel económico, sino también ambiental, puesto que únicamente considerando a Estados Unidos y un ahorro de emisiones de CO₂ al medio

ambiente. Debido a que el pavimento flexiblemente asfáltico presenta menor rigidez, genera que los neumáticos al desplazarse sobre la vía, sufran desviaciones debido a las distintas imperfecciones presentes, la energía se disipa y el vehículo debe efectuar un mayor esfuerzo para seguir transitando, generando un considerablemente aumento en el consumo de combustible. El pavimento rígido, entonces, en cuanto a ahorro de energía debe ser considerado, sin embargo su misma construcción es más cara y la durabilidad de éste es menor. Haciendo un análisis global tendría que evaluarse si es conveniente o no su construcción en detrimento del pavimento flexible.

En esta parte, tenemos que centrar como modo inicial la revisión sobre algunos conceptos o características propias del suelo para conocer su comportamiento y si es factible la construcción de pavimentos. Se deben seguir los diversos patrones de comportamiento de dicho suelo ante variaciones de sus condiciones iniciales por acciones antrópicas o de la naturaleza que sean directas o indirectas.

Ferrer (2010), Teóricamente un suelo puede hallarse desde la forma más suelta, con partículas desorientadas que no proporcionan cohesión entre sí ni resistencia al medio ambiente, a la forma más densa con sus partículas muy compactas, unidas y acomodadas. Un suelo muy suelto, puede ser producido en un laboratorio, desmembrando sus partes y provocando que el conjunto de sus partículas caigan de manera lenta a una corta distancia, a través de agua. Una configuración muy densa se podría obtener a partir de un fuerte prensado de la muestra en condiciones óptimas reduciendo los vacíos de tal manera que estén entre sí muy unidas y reduciendo el porcentaje de humedad. En la naturaleza encontramos que la mayoría de los suelos en forma natural de composición existen entre estos dos extremos, dependiendo del lugar, el clima, la saturación, de cómo el suelo fue depositado y de los estados de tensión a los que ha sido sometido a lo largo de la historia geológica.

Figura 2: Nivel freático



Fuente: (Geologíaweb, 2020)

Deben ser analizadas las condiciones de tensión efectiva del suelo saturado, con porcentaje alto de agua, en las que no existe flujo, es decir, en condiciones hidrostáticas. Las condiciones hidrostáticas se dan cuando el fluido se encuentra en estado de reposo. Aunque la viscosidad del agua no sea nula, es decir que no presenta resistencia al corte. Por lo tanto, como no existe flujo no tiene sentido pensar en obstáculos que se opongan a éste. Supongamos un contenedor ha sido llenado con un suelo granular a una altura sobre el plano. Además este contenedor ha sido inundado hasta alcanzar una altura sobre la superficie del granular. El suelo se encuentra saturado, es decir, con alto porcentaje de agua. Esta condición hace que el agua presente en el suelo esté en estado de reposo. Por ese motivo no es productivo decir que va a presentar resistencia al corte o viscosidad.

La capa freática viene a ser la acumulación de agua en el subsuelo. Es una capa terrestre la cual se encuentra bajo la litosfera. Esta capa, de acuerdo a la profundidad que se encuentre respecto al suelo va a ser denominada como nivel freático alto, medio y bajo. El nivel freático alto es cuando la profundidad del agua es muy corta y no está más allá de los tres metros de profundidad.

También se le denomina, al nivel freático alto, aguas superficiales o acuíferos. Representan, de acuerdo a la doctora Rodas (2019), el 39% de las reservas de agua para el Perú. Las fuentes con las que se irrigan de agua estos acuíferos y los que permiten la formación del nivel freático alto, son la filtración del mar o la filtración de los ríos, en caso de valles. Menciona Mendoza (2019), que otras fuentes representan los lagos y las precipitaciones pluviales. Los grandes canales de riego también forman los acuíferos ya que la filtración debida a la composición del suelo es alta. Las características de un suelo donde la capa freática es superficialmente alta, es que presenta un gran porcentaje de arena. La arena permite que el suelo esté saturado.

Por la cercanía al océano pacífico las zonas que presentan alto nivel freático suelen presentar alto grado de salitre. Esto hace que las construcciones que se hagan en el área geográfica presenten los problemas propios por erosión del ambiente.

III. METODOLOGÍA

En esta parte que nos compete vamos a analizar todo lo que respecta a la metodología de la investigación. (Santiago, 2017) Nos anuncia que la palabra metodología proviene del latín *methodus* y *logía* cuya interpretación literal es: ciencia que estudia los pasos a seguir para alcanzar una meta. También se tiene en cuenta la expresión más arcaica de la palabra “método” que proviene del griego cuyo significado es pies. Ya Sócrates en el siglo VI antes de Cristo, utilizaba un método, conocido universalmente como la *mayéutica* con el fin de alcanzar lo que se proponía. En síntesis, en el acápite sobre la metodología de la investigación vamos a saber de qué manera se realizará y cuáles son los pasos a seguir para conseguir ese objetivo. Estos pasos por su misma naturaleza, son ordenados y planificados. La terminación *logía* del latín hace que este estudio sea sistemático, y por lo tanto los pasos a seguir son ordenados, no son a la deriva.

3.1. Tipo y diseño de investigación

(Vara Horna, 2012 p. 202), puntualizó enfáticamente que es la planificación o técnica determinada que se usa para responder confiablemente a las interrogantes de la investigación, planteando un conjunto de tareas secuenciales y sistematizadas, adaptables a la peculiaridad de cada tesis, donde se señalan las acciones y estudios a realizarse y las técnicas a usarse para la recolección y análisis de la información. Nos vamos a centralizar en un diseño de investigación el diseño que se ajuste a los requerimientos. Se debe especificar todos los por menores que acaezcan en la investigación. Se tiene en cuenta que todo este proceso está regido por una secuencia lógica y que permite el correcto desempeño del investigador. De obviarse una de las secuencias el resultado distaría de lo que debería ser.

3.1.1. Método: deductivo

(Bernal Torres, 2010 p. 59), indicó que “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”. De ese mismo modo, esta investigación que presentamos, estuvo inmersa en el método deductivo. En toda ocasión que se utiliza conocimientos definidos previamente y con autoridad, se dice que se utiliza el método deductivo. Este método parte de principios establecido a modo de generalidades y va desmembrando conocimientos particulares. Se tiene que de lo general se desciende hacia lo particular; de lo grande a lo pequeño.

El MTC ha definido qué son los pavimentos, los cuales han sido mencionados extensamente en el capítulo que corresponde. También se tiene conocimiento de qué es el nivel freático de un terreno. Estos conocimientos son en definidas cuentas la parte general y nosotros al conocer la permeabilidad de la capa de rodadura del pavimento rígido estamos descendiendo hacia lo particular. De este modo se cumple en la presente investigación con la sustancia del método deductivo. Recordando que todas las definiciones, conceptos y técnicas ya han sido estudiadas y permanecen como normas. Sin embargo no ha sido nada escrito como ley sobre pavimentos rígidos que se encuentren en lugares con alto nivel freático.

3.1.2. Tipo: aplicativo

(Borja Suárez, 2012 p. 10), nos reveló que aplicando este estilo a manera de tipo de investigación “busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática”. Lo importante de esta investigación es que se va a poder materializar la variable y de esa manera echar mano de las herramientas que nos proporciona la tecnología y la ciencia para poder conocerla. Es de tipo aplicativo porque a través de un proceso se va a conocer, se va a abstraer parte de su esencia para que de esa manera podamos actuar de acuerdo a los conocimientos que arrojen de aplicar. Para conseguir los nuevos conocimientos se

aplicarán conocimientos ya dados, de esa manera se habla de investigación o estudio aplicativo, porque se parte de un presupuesto y sobre el cual se obtienen nuevos conocimientos que ayudan a la solución del problema.

La información de la cual parte, es información fidedigna, es decir, información que ha pasado por un proceso de decantación y puede expresarse a todos los niveles. La base primordial es que lo que se conoce será aplicado. En este caso, tenemos que sobre la información de los pavimentos rígidos y sobre el nivel freático alto se podrá aplicar el poder medir la distancia entre la superficie terrestre y el acuífero y a la vez cuál es la permeabilidad de la capa de rodadura.

3.1.3. Nivel: explicativo

(Valderrama Mendoza, 2013 p. 45), dijo el nivel explicativo sobrepasa a la sola exposición de conocimientos ya que no solo se base en mencionar detalladamente cada uno de los elementos, también sobrepasa la exposición hechos o la relación entre conocimientos, básicamente está enfocada a establecer respuestas a las causas de los acontecimientos físicos o sociales, teniendo como objetivo manifestar la razón del porqué de su ocurrencia. La función del nivel explicativo llega a su culmen cuando alcanza, después de detallar cada uno de los elementos, dar una explicación en el binomio causa-efecto. El nivel explicativo fue utilizado ya por Aristóteles en su metafísica. A través de una exposición de ideas va llegando al porqué inicial de cada una de las cosas que existen. De esa misma manera, en el s. XXI entendemos esta investigación como un estudio explicativo porque al conocer lo que nos hemos determinado vamos a explicar sus causas conociendo los efectos.

El estudio que aquí se realiza es considerado de nivel explicativo, porque detallará los elementos para medir el nivel freático antes y después, así mismo determinará el porqué de ese resultado. De la misma manera se detallará el antes y después de medirse la permeabilidad del concreto, el cual es materia prima para la elaboración de la capa de rodadura del pavimento rígido.

3.1.4. Diseño: no experimental

Investigación no experimental. (Hérmndez Sampieri, y otros, 2014), Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos.

(Universidad Peruana Los Andes, 2014 p. 50), señaló que los diseños no experimentales se sustentan en la recolección de información, sin que exista ninguna manipulación de las variables por parte del investigador.

Con las dos anteriores definiciones, brindadas tanto por un investigador como por una casa de estudio podremos nosotros describir al diseño no experimental de la investigación como aquel cuya finalidad consiste en conocer todos los detalles del elemento estudiado sin la necesidad de maniobrar deliberadamente una de las variables para obtener un resultado ajeno al cual se inició.

Este diseño permitirá que no se aplique nada sobre la variable que pueda modificar su esencia. Es decir, la variable al entrar a la investigación debe salir tal cual entró. La finalidad no es modificar nada, sino y por muy al contrario, conocer cada uno de los pormenores que se deban. El diseño no experimental es atribuido desde los albores de la ciencia a los Escolásticos, quienes a través de la observación meticulosa trataban de conocer todo aquello sobre el elemento en estudio.

Este diseño va a presentar su contra porque no se va a conocer, sino se modifica un elemento, todo lo que pueda emanar de él. Es decir que el conocimiento solo estará limitado a la observación fáctica de los sentidos. La manipulación le daría otros conocimientos ya que lo estudiado actuaría de diversos modos frente a un cambio accidental o un cambio sustancial.

En la presente investigación los elementos o variables que pasarán por la caja de estudio serán el nivel freático y el concreto. Con respecto al nivel

freático solo se observará a cuanto dista de la superficie y con respecto al concreto se tendrán todas las consideraciones de acuerdo a su permeabilidad. Ambas variables no serán modificadas para obtener otros resultados, sino meramente los que cada uno ofrece.

3.2. Variables y operacionalización

Para esta investigación hemos creído conveniente tener como base principales variables: nivel freático y pavimento rígido. Para la realización de la operacionalización es necesario, primero, dar una definición de cada una de ellas.

Definición conceptual: Nivel freático alto: (González, 2016) Se define como la acumulación de agua subterránea que se halla a poca profundidad bajo el nivel del suelo. Esta capa se la denomina acuífero aun cuando estos pueden estar a mayor profundidad. El nivel freático del agua está determinado por tres parámetros: alto, medio, bajo. Y de acuerdo a la distancia que exista entre la superficie terrestre con la manta de agua se hablará de qué nivel le corresponde.

(MTC, 2014). El pavimento rígido es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub-base granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo.

Definición operacional: La variable nivel freático del suelo será medida de acuerdo a la profundidad que se encuentra con relación a la superficie. Y la variable permeabilidad del concreto será medida con la propiedad física denominada permeabilidad del concreto. Con la finalidad de conocer su permeabilidad en contacto con el agua.

Las definiciones aquí presentes nos ayudan para poder hacer la operacionalización de la variable, en este caso son dos variables que tienen que ser primero definidas para saber de qué estamos hablando y luego saber cómo es que se van a medir cada una de ellas.

Indicadores: Las dimensiones para medir el nivel freático va a estar en tres parámetros: alto, medio, bajo. Le va a corresponder al nivel alto cuando a través de una excavación o de una zona piezométrica encontramos agua entre el rango de 0 a 3 metros de profundidad. Para saber si el nivel freático es medio o mediano el agua oscilará entre los 3 a 10 metros de profundidad y para conocer si el nivel freático es bajo se tendrá cuando la distancia es mayor a 10 metros. Ahí se habla de nivel freático bajo.

Y para poder hacer el mismo sistema, ahora con el pavimento rígido representado en el concreto para ser utilizado en su capa principal, la capa de rodadura: recordando que solo se medirá la permeabilidad. Se va desde una permeabilidad lenta hasta una permeabilidad rápida pasando por otras tres que en resumidas cuentas se podría decir que tienen un comportamiento permeable intermedio o moderado. Lo ideal es que la principal capa de rodadura no sea permeable para que de esa manera, ya que se tiene contacto con el agua no se deteriore la capa principal del pavimento rígido.

Escala de medición: Para todos los ítems la escala de medición que le corresponde es de razón.

3.3. Población, muestra y muestreo

(Valderrama Mendoza, 2013 p. 182), señaló que el universo estadístico “es el conjunto de elementos finitos o infinitos, ya sea de elementos, individuos u objetos, con propiedades o peculiaridades similares, aptos para ser estudiado”.

(Vara Horna, 2012 p. 221), mencionó que muchas veces no es posible contactarse y ver a la población en general, esto nos lleva a trabajar solamente con una fracción, cuyo proceso de selección se denomina muestreo.

Muestreo no probabilístico intencional (Borja Suárez, 2012 p. 32), señaló que la elección de los elementos está en manos del investigador deliberadamente y no del muestreo probabilístico. El mismo que se empleó en el presente estudio dadas las características del universo estadístico.

(Universidad Peruana Los Andes, 2014 p. 101), mencionó que la muestra es un subconjunto representativo de la población, para ser sometida a observación científica para la obtención de resultados valederos. Como la población está referida a las vías que necesitan ser construidas pavimentadas del distrito de Mala.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

(Borja Suárez, 2012 p. 33), señaló que, es el proceso de acopio de información, siendo las principales: La observación, la entrevista, la encuesta y las pruebas estandarizadas, las mismas que no se excluyen entre sí, más bien en algunos casos se complementan. Para el presente estudio se usó la técnica de la observación.

(Valderrama Mendoza, 2013 p. 195), mencionó, “los instrumentos son los medios materiales que emplea el investigador para recoger y almacenar la información. Pueden ser formularios, pruebas de conocimientos o escala de actitudes”. En ese sentido, el estudio consideró el acopio de la información mediante formatos de los ensayos de laboratorio, como son: El análisis de zonda piezométrica y el ensayo de permeabilidad. Todo ello sistematizado en la ficha de recolección de datos.

3.5. Procedimientos

Para conocer el nivel freático del agua en el distrito de Mala, provincia de Cañete y de esa manera determinar cuan sumergido en agua estaría un pavimento rígido que se construya en esta zona. Lo que se debe tener en cuenta es determinar el lugar dónde se piensa realizar el estudio. Aleatoriamente se dispondrá de cinco puntos a lo largo de una vía no pavimentada, con la ayuda de un GPS se obtendrán las coordenadas para luego con la sonda piezométrica determinar cuál es la distancia de la superficie con el agua. Todas las anotaciones serán detalladas en el cuaderno de incidencias.

Luego para conocer la permeabilidad del concreto se dispondrá de diseñar un concreto 210, y proceder al estudio en el laboratorio para determinar si el concreto tiene una permeabilidad lenta, moderada o rápida.

3.6. Método de análisis de datos

La recolección de datos se realizará directamente en campo, mediante muestras de suelo, antes y después de realizadas las mediciones, para su posterior procesamiento considerando los lineamientos del manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se consideró para tal fin la elaboración de tablas y gráficos, donde se describió la tendencia de la evolución de los datos obtenidos antes y después de realizadas las mediciones

3.7. Aspectos éticos

La investigación que presentamos tiene como finalidad salvaguardar la integridad y respetar los derechos de autores de los antecedentes seleccionados para servir como guía y de todas las fuentes de las que se echó mano para conseguir los conceptos necesarios. Es por ello que, de acuerdo a la norma ISO 960 se han realizado todas las citas correspondientes.

IV. RESULTADOS

La ubicación geográfica de donde se realizó el ensayo y que luego dio los resultados que ahora mostramos es en el distrito de Mala, provincia de Cañete y departamento de Lima. Se ubica a la altura del km 87.5 de la panamericana sur, en el pasaje Palomino.

Con respecto al nivel freático: se realizó la excavación de una calicata para conocer el nivel freático del agua, es decir, la distancia que hay de la superficie terrestre a la manta de agua del subsuelo. El agua siempre permanecerá a nivel y formará una línea horizontal, considerando que el nivel freático es el nivel del agua bajo el subsuelo, es decir que el nivel del agua va a ser el mismo en una línea horizontal o un plano proyectado sobre las coordenadas XY. Por esta razón es que fue conveniente y apoyados en López (2017) quien afirma que es una línea horizontal el nivel freático, se realizó una calicata. De esta manera con una calicata se obtuvo el nivel freático porque de haber realizado más calicatas el mismo nivel freático nos hubiese arrojado. Se debe mencionar que otra forma de conocer el nivel freático del agua es a través de una sonda piezométrica, este aparato mide a través de golpes la distancia en la que se encuentra el agua, de la superficie. No se utilizó porque la calicata es más precisa y su margen de error es menor.

La calicata se realizó teniendo en cuenta el ASTM D420 para ello se dispuso un personal para que realizara la excavación teniendo como norma la antes mencionada y todos los protocolos de seguridad. No pasó mucho tiempo después de iniciada la realización de la calicata para encontrar el suelo húmedo y conforme se seguía excavando se encontró agua. Después de encontrar el agua se siguió con la realización del ensayo in situ porque la norma contempla que se debe llegar a 1.30 m de profundidad. Una vez llegada a esa profundidad se dispuso a realizar las mediciones correspondientes para determinar a cuántos metros de la superficie terrestre se encuentra el agua y con ello saber cuál es el nivel freático.

Los resultados obtenidos tanto de la estratigrafía (ASTM D420), como del nivel freático encontrados en los ensayos de laboratorio e in situ, respectivamente son los que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Certificado de ensayo perfil estratigráfico y nivel freático.

| Profundidad | Descripción del suelo | Muestra | Clasificación | |
|-------------|---|---------|---------------|-----------|
| | | | SUCS | AASHTO |
| 0.10 | Arena pobremente graduada con limo, estado húmedo, olor inusual, consistencia semi compacta, no presenta plasticidad, color marrón claro. | M-1 | SP-SM | A – 3 (0) |
| 0.15 | | | | |
| 0.20 | | | | |
| 0.30 | | | | |
| 0.40 | | | | |
| 0.50 | | | | |
| 0.60 | | | | |
| 0.70 | | | | |
| 0.80 | | | | |
| 0.90 | | | | |
| 1.00 | Nivel freático a la profundidad de 1.10 m | | | |
| 1.10 | | | | |
| 1.20 | | | | |

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y rocas (MTL GEOTECNIA).

Como se puede apreciar en la anterior tabla el nivel freático del suelo en el cual se encontró el agua fue a 1.10 m. El mismo laboratorio certifica que el nivel freático hallado en la calicata realizada es considerado nivel freático alto. El tipo de suelo encontrado es una arena pobremente graduada, es decir, hay mayor cantidad de arena que de gravas. Se encuentra en estado húmedo, se acerca a ser un suelo saturado. El nivel de agua es muy alto.

Tabla 4. Niveles de napa freática de acuerdo a la profundidad

| PROFUNDIDAD | UNIDAD | NIVEL |
|-----------------|--------|-------|
| De 0.00 a 3.00 | m | Alto |
| De 3.00 a 10.00 | m | Medio |
| De 10.00 a más | m | Bajo |

Fuente: ASTM D420

En resumen la tabla extraída del informe de laboratorio nos da como resultado que el nivel freático del terreno en estudio es alto (1.10 m). Y que el suelo es arena, la arena tiene como característica que puede filtrar agua porque sus poros no son compactos, además quedó como constancia que el suelo intervenido presenta una consistencia semi compacta. Con estas dos características anteriores y con el nivel freático alto se tiene como prioridad que el agua es muy perjudicial para alguna construcción. Esas características permiten que el suelo se sature con facilidad.

Luego se realizó el estudio de la permeabilidad del concreto, este estudio fue realizado en laboratorio, no ha sido in situ. Se ha teniendo en cuenta el dato dado por el anterior estudio in situ, porque el nivel freático va a influenciar en la capacidad de absorción, de infiltración y exfiltración del agua. Con ese conocimiento, que el nivel freático del terreno en estudio es alto se comenzó a realizar el ensayo para conocer cuál es la permeabilidad del concreto con la cantidad de agua debido al nivel freático alto. La permeabilidad del concreto estuvo en función de varias consideraciones. El material que se usó, fue un concreto de resistencia $f'c$ 210 kg/cm², con una relación de agua cemento a/c de 0.50. Las probetas utilizadas fueron seis en total. También influyó el tiempo, fueron necesarios cuatro días expresados en segundos. Los segundos se utilizan en la fórmula para hallar el coeficiente de permeabilidad del concreto. El coeficiente de permeabilidad del resultado está en función al volumen del agua y al porcentaje de vacíos. El volumen del agua por ser un suelo con nivel freático alto se consideró una cabeza de presión adecuada al volumen del agua. Esta cabeza de presión fue expresada en 0.203 m aproximadamente por cada probeta. A continuación mostraremos la tabla extraída del informe del laboratorio.

Tabla 5. Certificado de ensayo de penetración de agua bajo presión.

| Probetas | Longitud de la muestra | Área transversal | Tiempo de ensayo | Porosidad | Profundidad de penetración máxima | Coefficiente de permeabilidad | Coe. de perme. promedio |
|------------|------------------------|-------------------|------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| | (m) | (m ²) | s | % | (m) | (m/s) | (m/s) |
| a/c = 0.50 | | | | | | | |
| 1 | 0.203 | 0.18 | 345600 | 2.02 | 0.045 | 9.78x10 ⁻¹¹ | 9.63x10 ⁻¹¹ |
| 2 | 0.202 | 0.18 | 345600 | 2.38 | 0.046 | 9.12x10 ⁻¹¹ | |
| 3 | 0.202 | 0.18 | 345600 | 2.38 | 0.046 | 9.58x10 ⁻¹¹ | |
| 4 | 0.202 | 0.18 | 345600 | 2.39 | 0.046 | 9.65x10 ⁻¹¹ | |
| 5 | 0.202 | 0.18 | 345600 | 2.41 | 0.046 | 9.87x10 ⁻¹¹ | |
| 6 | 0.203 | 0.18 | 345600 | 2.44 | 0.045 | 9.78x10 ⁻¹¹ | |

Fuente: Laboratorio de concreto y agregados (MTL GEOTECNIA)

En la tabla podemos observar el coeficiente de permeabilidad del concreto sometido a un volumen de agua de acuerdo al nivel freático que se halló in situ. Con un coeficiente igual $K = 9.63 \times 10^{-11}$ y de acuerdo a las especificaciones de la NTP 339.067:2004 y NTC 4483 la permeabilidad promedio del concreto es considerado como una estructura con permeabilidad moderadamente rápida.

Que el concreto sometido a las características de agua constante dadas por el nivel freático alto, el tiempo, la porosidad y las características de las probetas tenga como resultado una permeabilidad moderadamente lenta quiere decir que el agua del subsuelo así como las aguas producidas por la escorrentía no exfiltrarán o infiltrarán con facilidad sino que tendrán un tiempo de retardo para poder evacuarse.

Cuando se utilizó el diseño de mezcla de un concreto con resistencia $f'c$ 210 kg/cm² se consideró la relación de agua cemento igual a 0.50. Fue importante este dato para que el coeficiente de permeabilidad promedio sea el indicado en la tabla

superior. Ya que la permeabilidad del concreto también estará en relación con la cantidad de agua que se utilice para desarrollar dicho concreto.

Finalmente para un concreto armado con las características mencionadas, profundidad de contacto con agua, relación agua cemento, compresión, la permeabilidad no va a cambiar pese a que tenga acero en su estructura. Eso es debido a que el acero solo tiene una proporción mínima en el área del concreto para pavimentos rígidos.

V. DISCUSIÓN

Lui (2020), en el estudio que realizó para facilitar el drenaje a través de pavimentos permeables, encontró que el nivel freático alto del terreno en estudio se encuentra debido a las precipitaciones fluviales, es decir, que debido a las muchas lluvias las aguas se infiltran hacia el subsuelo y éstas forman el llamado acuífero de donde obtuvo los datos para determinar que el nivel freático es alto, determinó que el nivel freático es alto debido a una excavación (en el estudio no menciona la profundidad de la excavación), sin embargo determina que el nivel freático es alto. Para nosotros, el terreno de estudio presenta un nivel freático alto y esto es debido a la infiltración procedente tanto del Océano Pacífico y como del río Mala. Al igual que nosotros halló que el terreno presenta nivel freático alto, la diferencia la vamos a encontrar en el método utilizado y que nosotros nos valimos de la norma ASTM D420. Lui no consideró que también son fuentes para la formación de acuíferos la infiltración de estos dos fenómenos geográficos (río y mar). Por otro lado sí coincidió la permeabilidad del concreto como (permeabilidad rápida) un concreto permeable diseñado por él que permitió la exfiltración del agua en pavimentos rígidos permeables.

Tabla 6. Comparación de resultados Lui (2020).

| Lui (2020) | Nuestros resultados |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Nivel freático: ALTO | Nivel freático: ALTO |
| Fuente: PRECIPITACIONES FLUVIALES | Fuente: Océano Pacífico, río Mala. |
| Permeabilidad: RÁPIDA | Permeabilidad: MODERADAMENTE RÁPIDA |
| Modalidad: Exfiltración | Modalidad: Infiltración |

Fuente: Elaboración propia.

Arce (2019), consideró la capacidad de permeabilidad de un bloque de concreto $f'c$ 210 kg/cm², que el diseño, expuesto a lluvias torrenciales en la ciudad de Arequipa es de 12827.08 mm de agua en una hora, lo que en buenas cuentas equivale a 3.56 mm por segundo. Quepa resaltar que para la realización de este ensayo de permeabilidad él utilizó a norma ASTM C -1701, por eso los resultados no están en el mismo sistema que el nuestro, transformando sus resultados obtenemos una permeabilidad moderadamente rápida, es decir, el concreto que diseñó como permeable, expuesto a las precipitaciones fluviales le dio una capacidad de permeabilidad semejante a la nuestra, la diferencia es que nosotros obtenemos esa capacidad de permeabilidad debido al nivel freático alto. La gran diferencia con Arce (2019), es que él diseñó un concreto permeable, y nosotros utilizamos como referencia el concreto convencional y de esa manera poder medir su permeabilidad y saber qué tan conveniente es poder construir pavimentos rígidos teniendo en cuenta estas consideraciones. También se debe tener en cuenta las prepuestas que el autor da para solucionar el problema de las exfiltraciones que están en función únicamente del drenaje, sin embargo nosotros presentamos además del drenaje, la posibilidad de mantener el agua en el estado natural ya que un drenaje serviría siempre y cuando tenga continuo mantenimiento. El drenaje no ha de ser solo la acumulación de agua sobrante de una parte para llevarlo a otra parte, ha de tener un sistema convencional para poder utilizar esas aguas.

Zhang (2020), halló que el pavimento permeable que diseñó permitía la unión tanto de las aguas producidas por las lluvias como del nivel freático alto, esto resultó siendo un problema porque el pavimento permeable permitía esa unión. Y a ese problema dijo que era mejor una capa superior de pavimento permeable que permita llevar las aguas de las precipitaciones fluviales a través del drenaje hacia un punto y crear otra capa con de pavimento impermeable que evite el contacto de las aguas del subsuelo con las aguas de las lluvias. El problema que no consideró Zhang es el costo que esto conlleva, tendría en sí dos pavimentos en uno, además del costo lo que acarrea gran problema esta solución es que no ofrece una solución de qué se hará con las aguas del subsuelo. Entonces él obtiene un pavimento permeable: “permeabilidad

rápida” que es la capa superior y una “permeabilidad lenta” para la capa inferior. Nosotros obtenemos una permeabilidad moderadamente rápida para la única capa que porque no tenemos el problema de las precipitaciones y porque consideramos costoso el crear dos capas y para que ambos funcionen a la perfección se tendrían que utilizar dos sistemas de drenaje tanto para las aguas poco profundas (acuíferos) y para las aguas superficiales (producto de la lluvia).

De acuerdo a ASTM D420, con respecto al ensayo de suelos, se tiene que en donde el perfil estratigráfico de un suelo se encuentra, el agua del nivel freático, a menos de 3.00 m de profundidad, se habla de un nivel freático alto; cuando el agua se encuentra en el rango de 3.00 a 10.00 m se puede afirmar que el nivel freático es medio; sin embargo si se encuentra el agua a más de 10.00 m de profundidad, se trata de un nivel freático alto. En nuestro ensayo, realizado a través de una calicata, encontramos el nivel freático alto porque el plano horizontal formado por el agua del subsuelo se encuentra a 1.10 m.

Tuvimos en cuenta que el método para hallar el nivel freático alto era el más adecuado y el más económico, este método es la excavación de una calicata. Es el mejor método porque permite conocer con exactitud, o por lo menos con un rango de error muy mínimo la distancia que hay entre la superficie terrestre y el nivel del agua. Con respecto a determinar qué nivel freático le corresponde con cualquier método va a poder usarse. Ya que el rango de niveles es muy amplio y el error por método no difiere de más de 20 cm. Esto es que para medir el nivel freático alto el método de la calicata o el método de la sonda piezométrica nos daban el mismo valor, pero la diferencia estaba en la exactitud con la que íbamos a decir la distancia que hay entre el suelo y el nivel del agua. Además de la exactitud que existe con la calicata, está el tema de costos, ya que ambos nos daban el nivel freático nos permite decir que conviene utilizar el que menos costo demanda. Para poder utilizar los valores hallados con la sonda piezométrica se necesitaban de varios puntos de muestreo para poder hallar el promedio de profundidad, sin embargo, con la realización de la calicata era suficiente un punto de muestreo porque el nivel freático surge a la vista y es único como una

línea horizontal. Para el fuero científico es importante remarcar la exactitud de los resultados y esa exactitud la obtenemos con la calicata.

Ahora, con respecto al hallazgo de la permeabilidad del concreto sometido al nivel freático alto. La importancia de este resultado se encuentra en función de la cantidad de agua a la cual se somete, es decir, si tenemos una cantidad de agua mayor a los 3.55 mm por segundo estamos hablando de una permeabilidad rápida, sin embargo nuestro resultado quiso saber la permeabilidad del concreto convencional para saber si es conveniente ese concreto o es necesario un diseño y de ser el caso que se diseñe un concreto si tiene que ser permeable o impermeable.

Debido a los antecedentes y nuestros resultados se puede decir que la permeabilidad moderadamente rápida que se halló en el pavimento rígido convencional es conveniente para la realización de vías siempre y cuando sean de bajo tránsito. Para vías de alto tránsito se va a requerir pavimentos impermeables siempre y cuando exista un sistema de drenaje que se lleve el agua del subsuelo hacia otra parte. Es importante señalar que el método para hallar cuál es la permeabilidad del concreto f'c 210 kg/cm² sometido a la cantidad de agua proporcionada por el nivel freático alto está validado con la ley de Darcy quien afirma que un elemento sometido a constante contacto con el agua va a tener una capacidad de penetración mayor que otro que no está sometido. Esto es que se utilizó la ley de Darcy para conocer la permeabilidad del concreto sometido a unas especificaciones dadas por el nivel freático alto. Es de esa manera como compatibilizamos el nivel freático con la capacidad de permeabilidad y de penetración del agua sobre la capa de rodadura del pavimento rígido. El método para hallar la permeabilidad no es novedoso sin embargo la utilización de los resultados para saber si conviene o no utilizar un pavimento permeable o impermeable surge de la necesidad de construir vías que sean viables y tengan un costo coherente con el desarrollo económico del distrito de Mala.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo general: Evaluar de qué manera conocer la permeabilidad del pavimento rígido ayuda en la construcción de vías.

A través de los ensayos realizados y comparados con los resultados de nuestros antecedentes podemos decir que, conociendo la permeabilidad del concreto que es utilizado como capa de rodadura en zonas que presentan nivel freático alto sí se puede mejorar la praxis constructiva de vías porque la capacidad permeable del bloque de concreto va a estar en función de la cantidad de agua que esté en contacto. Por lo tanto, conocer la permeabilidad ayudará a diseñar un concreto más permeable o menos impermeable. Un concreto con características más permeables funcionará siempre y cuando exista un adecuado drenaje para poder conducir las aguas subterráneas. Las características de un concreto impermeable solo convendrán ser diseñadas si el lugar donde se construye además de presentar nivel freático alto, también presenta altas precipitaciones fluviales.

Objetivo específico 1: Determinar el nivel freático del terreno en estudio.

Con respecto a la determinación del nivel freático alto. Se halló, tal como lo propusimos en la hipótesis, que el nivel freático es alto. Estos indicios surgieron a raíz de ver el suelo con diversas ondas que asemejaban las ondas que se forman debido al movimiento del agua. También surgió la hipótesis porque el litoral peruano está a escasos quinientos metros y es natural que se infiltre el agua. Además de presentarse un nivel freático alto se halló que el suelo permanece en constante humedad, es decir es un suelo que tiende a estar saturado. Eso nos conlleva a concluir que el nivel freático alto es debido a la infiltración del Océano Pacífico y del río Mala, ya que un suelo con poca capacidad de infiltración va tener nula posibilidad que el nivel freático alto sea a causa o de las precipitaciones o que se haya quedado almacenada el agua en le época de formación de la tierra. Es decir que por las características de la estratigrafía del suelo se deduce que la fuente del nivel freático alto es por infiltración.

Objetivo específico 2: Conocer la permeabilidad del pavimento rígido que se encuentra en contacto con el agua.

Y ahora, con respecto a la permeabilidad del concreto $f'c$ 210 kg/cm² en contacto constante con agua debido al nivel freático alto, debemos decir que un concreto convencional, el concreto con el cual se realiza normalmente la capa de rodadura del pavimento rígido presenta una capacidad de permeabilidad “moderadamente rápida” quiere decir que el agua pasa sin mucho problema. Este conocimiento nos ayuda para saber cuáles son las medidas que se han de tener para la construcción de vías. Como en el lugar de estudio tenemos que el pavimento estará en contacto con el agua debido al nivel freático alto, se concluye que es adecuado el concreto cuya capacidad de permeabilidad es moderadamente rápida. Pero debe tenerse en cuenta que es para bajo tránsito y siempre y cuando exista un sistema de drenaje para que no se cree una acumulación de agua. Se debe realizar, si se quiere hacer un pavimento rígido de alto tránsito se debe tener en cuenta que debe haber una capa de concreto permeable con su respectivo drenaje y otra capa de capacidad impermeable cuyo drenaje pueden estar anexados. El concreto en contacto con el agua, al presentar una permeabilidad moderadamente rápida ayudará que el agua que, aunque sea mínima, sea producto de las lluvias sea drenada hacia el subsuelo.

VII. RECOMENDACIONES

En el ámbito de las recomendaciones es importante mencionar que se debe conocer el nivel freático de zonas cercanas a fuente de agua como mares, ríos, lagos y altas precipitaciones; para la construcción de carreteras. Luego de evaluar el nivel freático del suelo, se debe analizar la composición estratigráfica del terreno con la finalidad de saber si el suelo presentará problemas de infiltración en el momento de construir pavimentos. De ser alto el nivel freático del terreno y de diseñar en pavimento con alto tránsito se debe diseñar un concreto con capacidad de permeabilidad rápida e instalar un sistema de drenaje. Para el sistema de drenaje se debe calcular la cantidad de agua y construir un almacenamiento que pueda contenerla.

El método para conocer el nivel freático de un terreno debe ser preciso. La precisión de la medición la da la excavación de una calicata y con una calicata es suficiente ya que el agua en el subsuelo y sobre cualquier recipiente va a presentar el mismo nivel.

También se recomienda a los futuros investigadores saber cuánta es la profundidad del acuífero con la finalidad de expresar cuantificadamente si es posible un sistema de drenaje o si es más factico dejarlo como está. Es decir al saber las dimensiones de la capa freática nos proporciona conocimientos para futuras construcciones. También, conocer la profundidad de la napa freática ayuda a elegir un sistema ya sea solo expulsión por bombeo o ya sea un aislamiento con muros y capas de capacidad impermeable.

Con respecto a la permeabilidad del concreto se recomienda para futuras investigaciones tener en cuenta la relación de agua cemento y con ello las proporciones de diseño ya que la capacidad de permeabilidad también está en función de los elementos que componen el concreto y es recomendable saber cuánto afecta las proporciones

de agua cemento como la composición de agregados. Es decir, a más grava más permeable o menos impermeable.

Por último se recomienda conocer la fuente del agua que se encuentra como base del nivel freático alto. Ya que no va a tener las mismas características un agua producto de infiltración del mar como un agua producto de las precipitaciones. Conocer la composición del agua y cuánto éstas afectan a la capacidad de permeabilidad. Es decir si el agua producto de la infiltración del mar proporcionan mayor capacidad de permeabilidad que las aguas producto de las lluvias. Y también con respecto a las características del agua, además de conocer la fuente del acuífero, se recomienda conocer las características de salinidad y analizarlas cuan beneficioso o maléfico es para la construcción de pavimentos rígidos.

REFERENCIAS:

ECURED. (s. f.). Pavimento rígido - EcuRed. Pavimento. Recuperado 12 de octubre de 2020, de: https://www.ecured.cu/Pavimento_r%C3%ADgido#:~:text=Pavimento%20r%C3%ADgido%20es%20el%20que,de%20hor-mig%C3%B3n%20que%20se%20emplee.

CCASANI, B y FERRO, M. (2017). Evaluación y Análisis de Pavimentos en la Ciudad de Abancay, para Proponer una Mejor Alternativa Estructural en el Diseño de Pavimentos. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Apurímac.

SANTIESTEBAN, J. (2017). Evaluación del comportamiento de suelos estabilizados con aplicación de Quim KD-40 en vías no pavimentadas en Végueta. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Huaura.

MACEDO, E. y MIRANDA, J. (2016). Diseño de concreto antideslave, para vaciados en zonas con presencia de nivel freático alto con uso de aditivos. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa.

GONZÁLES, J. (2016). Evaluación de pavimentos en la conservación de carreteras. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma, México.

BRYAN, C. (2015). Análisis de los criterios de diseño de pavimento rígido bajo la óptica de las condiciones especiales de la isla de san Andrés y especificaciones técnicas de la secretaria de infraestructura de la gobernación departamental. (Tesis doctoral). Universidad Católica, Colombia.

Cámara de comercio del cemento. 2014. [En línea] 2020.

SOTIL, A. (2014). Tipo de fallas en pavimento flexible-rígido. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/kevinromerolatorre/tipos-de-pavimentos>.

GEOLOGIAWEB, (2020). ¿Qué es el nivel freático? Recuperado de: <https://geologia-web.com/hidrogeologia/nivel-freatico/>

APIANO, (35 a.C.). Historia Romana I. Roma, Herder. Tomo I.

CIEZA, P. La crónica del Perú. Madrid: Historia 16, 1984.

ISBN 13: 9788485229604

ASTM International. Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements. D4695–03. United States: ASTM International, 2003, 6 pp.

ASTM International. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory - Compacted Soils. D1883–07. United States: ASTM International, 2007, 9 pp.

ATARAMA Mondragón, Aldair Edson. Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo proes. Tesis (Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2015, 154 pp.

BAÑÓN Blázquez, Luis y BELIÁ García, José Francisco. Manual de carreteras - Volumen 2: Construcción y mantenimiento. España: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000, 328 pp. ISBN: 8460701239.

BAÑÓN Blázquez, Luis y BEVIÁ García, José Francisco. Manual de carreteras -Volumen 1: Elementos y Proyecto. España: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. 409 pp. ISBN: 8460702677.

BERNAL Torres, César Augusto. Metodología de la investigación. 3.ª ed. Bogotá D.C.: Pearson, 2010. 320 pp. ISBN: 9789586991285.

BONO Cabré, Roser. Diseños cuasi-experimentales y longitudinales. Barcelona: Facultad de Psicología - Universidad de Barcelona, 2012. 86 pp.

BORJA Suárez, Manuel. Metodología de investigación científica para ingenieros. Chichayo: s.n., 2012. 38 pp.

MARQUEZ, Santiago. Estabilización de suelos. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. [Fecha de consulta: 14 octubre 2020]. Disponible en: <http://www.erosion.com.co/obras-de-tierra/66-estabilizacion-desuelos.html>.

MARTÍNEZ Navarro, Georgina Guadalupe. Correlación de las fallas en pavimentos con respecto a la estabilización de los suelos en las capas de base y subbase. Tesis (Ingeniero Civil). Xalapa - Veracruz: Universidad Veracruzana, 2011, 61 pp.

MATEOS De Vicente, Manuel. Efectos del cloruro cálcico en la estabilidad de las tierras. [Fecha de consulta: 12 octubre 2020]. Disponible en: http://www.citop.es/publicaciones/documentos/Cimbra373_06.pdf.

Concreto Permeable, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., 2008.

DEBO Thomas, Municipal Stormwater Management, Lewis Publishers, 2013.

NOVOTNY Vladimir, Nonpoint Pollution and Urban Stormwater Management, Technomic Publishing Company, 2017.

NOVOTNY Vladimir, Water Quality, Diffuse Pollution and Watershed Management, Second Edition, John Wiley & Sons Inc., 2003.

STAHRE Peter, URBONAS Ben, Storm-Water Detention for Drainage, Water Quality, and CSO Management, Prentice-Hall, 2016.

TCHOBANOGLIOUS George, Ingeniería de Aguas Residuales, Redes de Alcantarillado y Bombeo, traducción de Juan De Dios Trillo Montsoriu, McGraw-Hill, 2016.

ZHANG K, "Design measures to mitigate the impact of shallow groundwater on hydrologic performance of permeable pavements". Hydrological Processes. Volume 34, Issue 25, 15 December 2020, Pages 5146-5166. DOI: 10.1002/hyp.13935. 2020.

LIU Y, "Urban heat island mitigation and hydrology performance of innovative permeable pavement: A pilot-scale study". *Journal of Cleaner Production* Volume 244, 20 January 2020, Article number 118938. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118938. 2020.

HU T, "The water table monitoring system of low impact development units and simulation". *Journal of Taiwan Agricultural Engineering* Volume 64, Issue 4, December 2018, Pages 84-93. DOI: 10.29974/JTAE.201812_64(4).0006. 2018

LI H, "Development and validation of a mechanistic-empirical design method for permeable interlocking concrete pavement". *Transportation Research Record* Volume 2590, 2016, Pages 74-83. DOI: 10.3141/2590-09. 2016

Nesterenko, D. (2017). Diseño de pavimento flexible con base y subbase modificada con el polímero PolyCom en la Carretera La Oroya – Huánuco – Tingo María (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Huánuco, Huánuco.

Norvial y Equilibrium Clasificadora de riesgo S.A. (2018) Informe de clasificación. Lima, Perú. p. 3.

NTP. (2004). Estabilización química de suelos - Caracterización del estabilizador y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo mejorado. Norma Técnica de Estabilizadores Químicos, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles DGC y F-Perú, Lima.

Núñez, D. (2017). Elección y Dosificación del conglomerante en estabilización de suelos. Ciudad de Obregón, Sonora, México: Instituto Tecnológico de Sonora.

Overby, C. & Pinard, M. (2007). Development of an Economic and Practical Alternative to Traditional Bituminous Surface Treatments. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1. No. 1989. Washington: Transportation Research Board of the National Academies, pp. 226-233.

Pérez, C. (2018). Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o subbase de pavimentos (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

PETCO S. A. (2018). Estructura molecular del PVC. Recuperado de <http://www.petco.com.co/>

Petts, R., Cook, J. y Salter, D. (2018). Key Management Issues for Low Volume Rural Roads in Developing Countries. Incotals South Asia.

Pradena, M., Mery, J. P. y Novoa, E. (2010). Estabilización y mantenimiento de caminos no pavimentados sometidos a condiciones de hielo-nieve en zona de montaña. Chile: Revista de la construcción, Volumen 9, Nº 2.

ANEXOS:

1. Comprobante de pago a laboratorio MTL GEOTECNIA S.A.C.

55/2021 Boleta de Venta Electrónica - Impresión

| | | | | | | |
|--|--|--|--------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------|
| <p>MTL GEOTECNIA S.A.C. CAL. LA MADRID 264 ASC. LOS OLIVOS AV ANTUNEZ DE MAYOLO CON AV DANIEL ALCEDO SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA</p> | <p>BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA RUC: 20600375262 EB01-34</p> | | | | | |
| <p>Fecha de Vencimiento: Fecha de Emisión: 05/05/2021 Señor(es): CHRISTIAN RAUL HUAMAN MANCO DNI: 70267764 Tipo de Moneda: SOLES Observación:</p> | | | | | | |
| Cantidad | Unidad Medida | Descripción | Valor Unitario(*) | Descuento(*) | Importe de Venta(**) | ICBPER |
| 1.00 | UNIDAD | TESIS: ANALISIS DE LA PERMEABILIDAD DEL PAVIMENTO RIGIDO EN TERRENOS QUE PRESENTAN ALTO NIVEL FREATICO - CAÑETE, MALA - 2021 | 779.662 | 0.00 | 920.00116 | 0.00 |
| Otros Cargos : S/0.00 Otros Tributos : S/0.00 ICBPER : S/ 0.00 Importe Total : S/920.00 | | | | | | |
| SON: NOVECIENTOS VEINTE Y 00/100 SOLES | | | | | | |
| (*) Sin impuestos. (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada. | | | | | | |
| Op. Gravada : S/ 779.66 Op. Exonerada : S/ 0.00 Op. Inafecta : S/ 0.00 ISC : S/ 0.00 IGV : S/ 140.34 ICBPER : S/ 0.00 Otros Cargos : S/ 0.00 Otros Tributos : S/ 0.00 Monto de Redondeo : S/ 0.00 Importe Total : S/ 920.00 | | | | | | |
| Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE. | | | | | | |

<http://www1.sunat.gob.pe/si-ti-suma/boletas/emitir/faccion+emisor/Comprobante&prev=entCache=1620245817899>
1/1

2. Resultados de permeabilidad del concreto.



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN | Código | FOR-LAB-CO-018 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 NTC 4483

| | |
|-------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Christian Raúl Huaman Manco |
| TESIS | : "Análisis de la permeabilidad del pavimento rígido en terrenos que presentan alto nivel freático - Cafete, Mala - 2021" |
| UBICACIÓN | : Lima, Perú |
| | Fecha de emisión: 22/04/2021 |

Diseño : 0.60 - Patrón 0%
 Presión aplicada : 0.5 Mpa
 Tiempo : 4 días

| Probetas | Longitud de la muestra | Área transversal | Tiempo de ensayo | Porosidad | Profundidad de penetración máxima | Coefficiente de permeabilidad | Coefficiente de permeabilidad promedio |
|----------|------------------------|-------------------|------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| | (m) | (m ²) | (s) | (%) | (m) | (m/s) | (m/s) |
| α = 0.60 | | | | | | | |
| 1 | 0.203 | 0.018 | 345600 | 2.02 | 0.045 | 9.78E-11 | 9.63E-11 |
| 2 | 0.202 | 0.018 | 345600 | 2.38 | 0.045 | 9.12E-11 | |
| 3 | 0.202 | 0.018 | 345600 | 2.38 | 0.048 | 9.59E-11 | |
| 4 | 0.202 | 0.018 | 345600 | 2.39 | 0.047 | 9.65E-11 | |
| 5 | 0.202 | 0.018 | 345600 | 2.41 | 0.048 | 9.87E-11 | |
| 6 | 0.203 | 0.018 | 345600 | 2.44 | 0.070 | 9.78E-11 | |

k = coeficiente de permeabilidad en m/s
 D = profundidad de penetración en m
 T = tiempo para penetrar en días en s
 h = cabeza de presión en m
 v = porosidad abierta al agua ASTM C - 942

$$K = \frac{D^2 \cdot v}{2 T h}$$

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
| MTL GEOTECNIA S.A.C. LABORATORIO DE MATERIALES | MTL GEOTECNIA S.A.C. INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS | MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

3. Resultado: análisis granulométrico



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

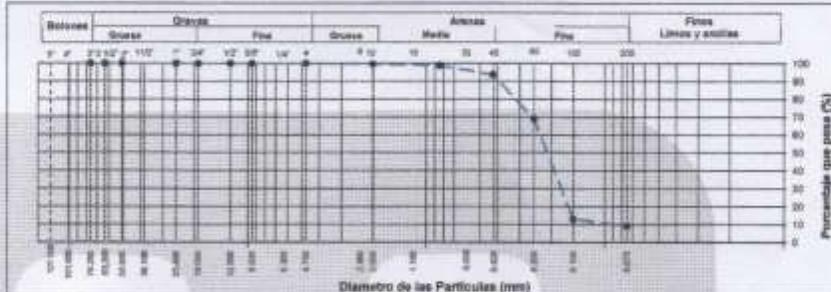
| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | Código | FOR-LSR-MS-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D4913 / MTC E - 204

| | |
|-----------------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de Laboratorio |
| SOLICITANTE | : Christian Paul Huaman Merco |
| TESTES | : "Módulo de la permeabilidad del pavimento rígido en terreno que presenten alta nivel fretico, Carles, Maiz - 2021" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| CALICATA | : C-01 |
| MUESTRA | : M-01 |
| PROFUNDIDAD | : 0.00 - 1.50 m |
| Fecha de ensayo: 20/04/2021 | |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------|---------------------|---------------------|----------------|---|
| 5" | 127.000 | 100.0 | / | CORTEJDO DE HUMEDAD (ASTM D3216) Contenido Humedad (%) 13.5 LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) N.F. Límite Plástico (LP) N.F. Índice Plástico (IP) N.F. Grava (%) 0.0 Arena (%) 90.5 Fines (%) 9.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) SP - SM Clasificación AASHTO (D3282) A-3 (0) Nombre del Grupo Arena pobremente gradada con limo INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C. |
| 4" | 101.600 | 100.0 | | |
| 3" | 76.200 | 100.0 | | |
| 2 1/2" | 63.500 | 100.0 | | |
| 2" | 50.800 | 100.0 | | |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 | | |
| 1" | 25.400 | 100.0 | | |
| 3/4" | 19.000 | 100.0 | | |
| 1/2" | 12.500 | 100.0 | | |
| 3/8" | 9.500 | 100.0 | | |
| Nº 4 | 4.750 | 100.0 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 99.5 | | |
| Nº 20 | 0.840 | 98.5 | | |
| Nº 40 | 0.425 | 83.6 | | |
| Nº 60 | 0.250 | 68.9 | | |
| Nº 100 | 0.150 | 13.0 | | |
| Nº 200 | 0.075 | 9.1 | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



- OBSERVACIONES:**
- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 - * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
 - * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA

| | | |
|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

4. Resultados: Nivel freático.



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO PERFIL ESTRATIGRÁFICO | Código | FOR-LSR-MS-005 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 23/10/2017 |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D420

| | |
|-----------------------------|---|
| REFERENCIA | DA705 DE CAMPO |
| SOLICITANTE | Christian Raul Huaman Alvarado |
| TEMA | Análisis de la permeabilidad del pavimento rígido en terreno que presentan alto nivel freático - Cañete, 2017 |
| UBICACIÓN | Lima |
| CALCATA | C-1 |
| MUESTRA | M-1 |
| PROFUNDIDAD | 1.20 m |
| Fecha de ensayo: 17/04/2017 | |

| PROF. (m) | SIMBOLO | DESCRIPCION DEL SUELO | MUESTRA | CLASIFICACION | |
|-----------|--|--|---------|---------------|---------|
| | | | | SUCS | AASHTO |
| 0.15 | [Diagrama de perfil estratigráfico con una columna de arena amarilla y una columna de limo gris] | ARENA FORTEMENTE GRADUADA CON LIMO, ESTADO HUMEDO, OLOR INUSUAL, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA, DE CONSISTENCIA SEMI COMPACTA, NO PRESENTA PLASTICIDAD, COLOR MARRÓN CLARO. | M-1 | SP SM | A-3 (G) |
| 0.18 | | | | | |
| 0.20 | | | | | |
| 0.30 | | | | | |
| 0.40 | | | | | |
| 0.50 | | | | | |
| 0.60 | | | | | |
| 0.70 | | | | | |
| 0.80 | | | | | |
| 0.90 | | | | | |
| 1.00 | | NIVEL FREÁTICO A LA PROF. DE 1.10 m. | | | |
| 1.10 | | | | | |
| 1.20 | | | | | |
| 1.30 | | | | | |
| 1.40 | | | | | |
| 1.50 | | | | | |
| 1.60 | | | | | |
| 1.70 | | | | | |
| 1.80 | | | | | |
| 1.90 | | | | | |
| 2.00 | | | | | |
| 2.10 | | | | | |
| 2.20 | | | | | |
| 2.30 | | | | | |
| 2.40 | | | | | |
| 2.50 | | | | | |
| 2.60 | | | | | |
| 2.70 | | | | | |
| 2.80 | | | | | |
| 2.90 | | | | | |
| 3.00 | | | | | |

OBSERVACIONES:

- * Tipo de Excavación manual e cielo abierto (calcata)
- * El nivel freático encontrado a la profundidad de 1.10 m. es considerado como nivel freático alto
- * Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

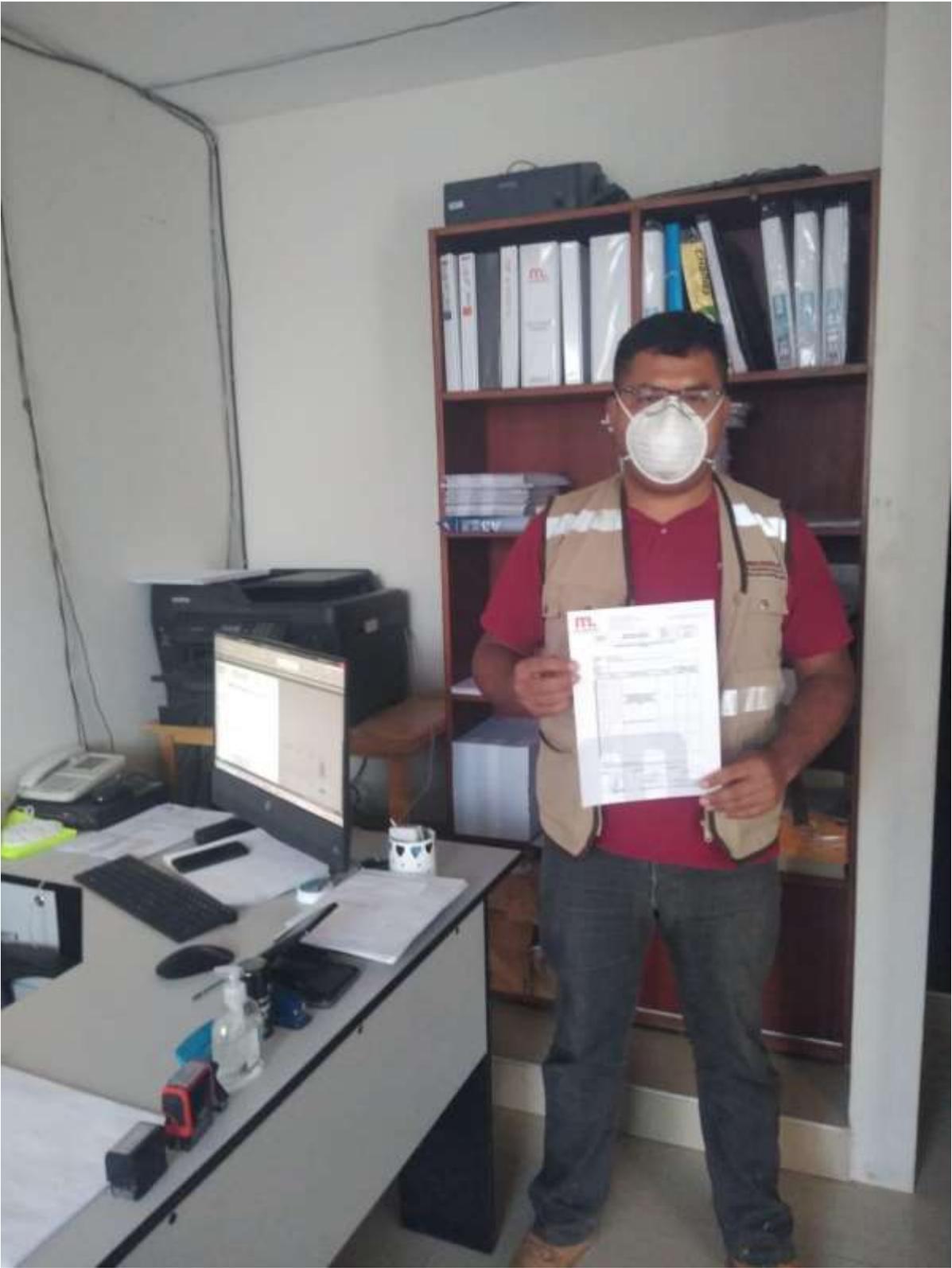
| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por: Jefe de Laboratorio | Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA |
|---|---|---|

5. Panel fotográfico que evidencian la toma de muestras y ensayos en laboratorio.





TESIS: ANÁLISIS DE LA
PERMEABILIDAD DEL PAVIMENTO
RIGIDO EN TERRENOS QUE
PRESENTAN ALTO NIVEL
FREÁTICO CANETE, MALA 2021





TESIS: "Análisis de la permeabilidad del pavimento rígido en terrenos que presentan alto nivel freático Cañete, Mala - 2021"



6. Matriz de Consistencia: “Análisis de la permeabilidad del pavimento rígido en terrenos que presentan alto nivel freático. Cañete, Mala – 2021”

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLE INDEPENDIENTE (X) Terrenos con alto nivel freático. | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS | |
|---|---|--|---|--|-----------------------------------|--|----------|
| PROBLEMA GENERAL: | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS GENERAL | | <p>¿De qué manera conocer la permeabilidad del pavimento rígido ayudará en la construcción de vías en terrenos que presentan alto nivel freático?</p> <p>Evaluar de qué manera conocer la permeabilidad del pavimento rígido ayuda en la construcción de vías.</p> <p>Conocer la permeabilidad del pavimento rígido ayudará en la construcción de vías en zonas que presentan alto nivel freático.</p> | Alto | Se encuentra agua de 0 a 3 m. | Calicata |
| | | | | | Mediano | Se encuentra agua entre 3 a 10 metros. | |
| | | | | | Bajo | Se encuentra agua entre 10 a más metros. | |
| PROBLEMA ESPECÍFICO 1 | OBJETIVO ESPECÍFICO 1 | HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1 | VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Permeabilidad del pavimento rígido. | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS | |
| ¿En qué medida es importante conocer el nivel freático de los terrenos para la construcción de pavimentos rígidos? | Determinar el nivel freático del terreno en estudio. | El nivel freático de la zona en estudio es alto. | | Permeabilidad lenta | $< 10^{-13}$ m/s | Ensayo de permeabilidad del concreto. NTP 339.067:2004. NTC 4483 | |
| | | | | Permeabilidad moderadamente lenta | Entre 10^{-13} – 10^{-12} m/s | | |
| PROBLEMA ESPECÍFICO 2 | OBJETIVO ESPECÍFICO 2 | HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2 | | Permeabilidad moderada | Entre 10^{-12} – 10^{-11} m/s | | |
| ¿En qué medida el conocimiento de la permeabilidad del pavimento rígido en contacto con agua es beneficioso para la construcción de vías? | Conocer la permeabilidad del pavimento rígido que se encuentra en contacto con el agua. | Una permeabilidad moderada del pavimento rígido es factible para construir en zonas con alto índice de nivel freático. | | Permeabilidad moderadamente rápida | Entre 10^{-11} – 10^{-10} m/s | | |
| | | | Permeabilidad rápida. | $> 10^{-10}$ m/s | | | |

7. Matriz de Operacionalización de la Variable: “Análisis de la permeabilidad del pavimento rígido en terrenos que presentan alto nivel freático. Cañete, Mala – 2021”

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---|--|---|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| VARIABLE INDEPENDIENTE (X) Terrenos con alto nivel freático | Se define como la acumulación de agua subterránea que se halla a poca profundidad bajo el nivel del suelo. Esta capa se la denomina acuífero aun cuando estos pueden estar a mayor profundidad. (Gonzales, 2016) | La variable nivel freático del suelo será medida de acuerdo a la profundidad que se encuentra con relación a la superficie. | Alto | DE 0 a 3 m | RAZÓN |
| | | | Medio | 3 a 10 m | |
| | | | Bajo | 10 a Más | |
| VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Permeabilidad del pavimento rígido | El pavimento rígido es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub-base granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo, (MTC, 2014). | Esta variable, pavimento rígido, será medida con las propiedades físicas denominada permeabilidad del concreto. Con la finalidad de conocer su permeabilidad en contacto con el agua. | Permeabilidad lenta | $< 10^{-13}$ m/s | RAZÓN |
| | | | Permeabilidad moderadamente lenta | entre 10^{-13} - 10^{-12} m/s | RAZÓN |
| | | | Permeabilidad moderada | entre 10^{-12} - 10^{-11} m/s | RAZÓN |
| | | | Permeabilidad moderadamente rápida | entre 10^{-11} - 10^{-10} m/s | RAZÓN |
| | | | Permeabilidad rápida | $> 10^{-10}$ m/s | RAZÓN |