



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Propuesta de diseño de un pavimento permeable como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz-Huaraz-Ancash-2020”

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Bachiller en Ingeniería Civil**

AUTORES:

Castromonte Álvaro, Fredd Johan (ORCID: [0000-0002-6250-4509](#))

Choques Machero, Martin Jesus (ORCID: [0000-0002-0123-9190](#))

Mateo Camargo, Brittany Alejandra (ORCID: [0000-0003-2296-7418](#))

Torres La Torre, Kevin Bryan (ORCID: [0000-0001-8377-7138](#))

ASESORA:

Dr. Figueroa Rojas, Patricia del Valle (ORCID: [0000-0002-4933-690X](#))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

Índice

Índice	ii
Índice de tablas	iii
Índice de figuras	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	3
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
IV. CONCLUSIONES	51
V. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1	4
----------------------	----------

Índice de figuras

Figura 1.....	5
Figura 2.....	5
Figura 3.....	6

RESUMEN

El artículo de revisión literaria fue denominada “Propuesta de diseño de un pavimento permeable como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz-Huaraz-Ancash-2020”, el cual fue elaborado con el fin de informar al sector constructor de infraestructura vial que existen alternativas de pavimentos, tal como el pavimento permeable que se podría fabricar para el beneficio de la ciudad. El objetivo general consistió en plasmar las alternativas de diseño de un pavimento permeable de diversos autores utilizando como referencia artículos científicos actualizados para aplicarlo como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz, Huaraz, Ancash, 2020. La metodología de la investigación consistió en recopilar 40 artículos científicos para poder sustentar los objetivos específicos del trabajo de investigación consultando en diferentes bases de datos académicos. Los resultados destacan a artículos importantes referentes a la resistencia, permeabilidad, impacto ambiental, normatividad y diseños en general de pavimentos permeables. Por último, se concluyó que esta alternativa de pavimento será un beneficio ambiental y social por lo que se recomienda aplicar el primer pavimento permeable en calles auxiliares o no tan concurridas en la ciudad de Huaraz ya que cumple con los requisitos para poder diseñar un pavimento tipo permeable.

Palabras clave: Pavimento permeable, infraestructura sostenible, diseño innovador.

ABSTRACT

The literary review article was called “Proposal for design of a permeable pavement as an innovative ecological drainage system in the city of Huaraz-Huaraz-Ancash-2020”, which was made in order to inform the road infrastructure construction sector road that there are alternative pavements, such as pervious pavement that could be developed for the environmental and economic benefit of a city. The general objective was to capture the design alternatives of a permeable pavement by various authors using updated scientific articles as a reference to apply it as an innovative ecological drainage system in the city of Huaraz-Huaraz-Ancash-2020. The research methodology consisted of in compiling 40 scientific articles in order to support the specific objectives of the research word by consulting different academic databases. The results highlight important articles regarding resistance, permeability, environmental impact, regulations and designs in general of permeable pavements. Lastly, it was concluded that pavement alternative will be an environmental and social benefit; so it is recommended to apply the first permeable pavement in auxiliary or not so crowded streets in the city of Huaraz since it meets the requirements to be able to design a permeable type pavement.

Keywords: Permeable pavement, sustainable infrastructure, innovative design.

I. INTRODUCCIÓN

El planeta ha experimentado procesos como el ciclo del agua, el cual es fundamental para que el ecosistema subsista. Sin embargo, esta fase es variable debido a las características geográficas que se presentan en zonas cuya precipitación es mayor, provocando inundaciones, huaycos y desbordes de ríos en estas zonas. Tal es el caso del país de Ecuador, uno de los países vecinos del Perú, donde según el diario El Comercio de Ecuador (2020) comunica que La prefectura del Napo informaba que las lluvias de esas fechas ocasionaron el colapso del sistema de alcantarillado de diferentes ciudades (párr. 5). Se puede observar que cuando existen lluvias de gran magnitud, las secuelas son de colapso de drenajes, en estas ciudades de Ecuador.

En el Perú la situación es parecida, las lluvias excesivas traen como consecuencia diferentes desastres naturales relacionados a este fenómeno, este acontecimiento hace que el país sufra demasiados daños materiales y en ocasiones pérdidas humanas. Esto es lo que ocurre con la ciudad de Arequipa, el periódico nacional La República indica que las lluvias son intensas cada vez más, las cuales dañan y ponen en riesgo a las ciudades y regiones afectadas. También se menciona que debido a las grandes precipitaciones muchas viviendas son damnificadas y las tuberías de agua potable fueron perjudicadas (La República, 2020, párr. 1-5).

En la ciudad de Huaraz, el agua de lluvia que se embalsa en las calles es un problema para los pobladores, esto surge debido al ineficiente sistema de drenaje que ocasiona charcos de agua en las calles esto origina una fluidez vehicular limitada y un mal aprovechamiento del recurso hídrico al ser desperdiciado, por lo que estas carencias impiden el correcto manejo de este recurso que es vital para los seres vivos. La Agencia Peruana de Noticias Andina (2020) declara noticias relacionadas a la realidad problemática, puesto que Ancash se encontraba en alerta ante la posible activación de dos quebradas a causa de lluvias intensas que se manifestaron por casi dos días (párr. 1-2). En consecuencia, sectores poblacionales quedan afectados por las constantes lluvias y algo importante es que no se aprovecha el recurso hídrico el cual es fundamental para el hombre.

Al tener en cuenta las problemáticas ya mencionadas, se tiene como alternativa de solución el trabajo de investigación “Propuesta de diseño de un pavimento permeable como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz-Huaraz-Ancash-2020”, la pregunta de la investigación que se propuso fue: ¿Cuál es la propuesta de diseño de un pavimento permeable que servirá como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz, Huaraz, Ancash, 2020? Por esta razón, este trabajo tuvo como objetivo general plasmar las alternativas de solución de diversos autores con respecto al diseño de un pavimento permeable, utilizando como referencia artículos científicos actualizados para aplicarlo como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz, Huaraz, Ancash, 2020, dentro de los objetivos específicos postulados consistieron en establecer el grado de permeabilidad correcto, examinar la resistencia adecuada, analizar el impacto ambiental y corroborar la verificación de la normativa nacional e internacional que debe cumplir un pavimento permeable.

Evidentemente, la representación fundamental en este trabajo de investigación es el pavimento permeable, aquella que es definida por los autores que se ha consultado. En ese marco, Jiménez y Joya (2015) explica sobre los pavimentos permeables definiendo que estos son sistemas continuos que admiten la penetración del agua hacia el subsuelo para su reutilización o deposición, reduciendo el caudal que filtraría por la superficie de un pavimento común (p. 24).

El presente estudio desde un aspecto teórico, se realiza con el propósito de exponer las características del pavimento permeable teniendo como base las diferentes alternativas planteadas por los autores con respecto al diseño de este tipo de estructuras, con la finalidad de contribuir como un sistema innovador de drenaje ecológico en zonas donde exista la presencia de altas precipitaciones, optimizando la calidad de vida de la comunidad del área geográfica delimitada en el título del trabajo de investigación, de manera que se pueda reducir el impacto ambiental y amenorar el colapso de los sistemas de alcantarillado. Estos resultados podrán sistematizarse como una propuesta y ser incorporado como alternativa en obras de saneamiento y viabilidad urbana.

II. METODOLOGÍA

Para poder comenzar con la recolección de la información primero se identificó las diferentes problemáticas que se puede encontrar en el país, claramente existen gran variedad de problemas, pero teniendo presente en el tema de investigación y la ubicación de la investigación las problemáticas se fueron volviendo más puntuales.

La metodología propuesta se aplicó a un tema de Ingeniería Civil cuya línea de investigación corresponde a Obras de Infraestructura Vial que están relacionados a un tipo de pavimento existente. Como título de investigación se definió la “Propuesta de diseño de un pavimento permeable como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz-Huaraz-Ancash-2020”

Este trabajo consistió principalmente en recopilar la información para cumplir con el objetivo general que tiene que ver con el diseño de un pavimento permeable y con los objetivos específicos propuestos por los investigadores, que en este caso son temas relacionados con la resistencia, permeabilidad, impacto ambiental y la verificación de la aplicación de la normativa.

Por esa misma razón, se comenzó investigando en muchas bases de datos, tales como Google Académico, también se indagó en los recursos digitales de búsqueda, situadas en la plataforma virtual Trilce de la Universidad Cesar Vallejo “Servicios Varios” el cual abre una pestaña llamada “Biblioteca” donde seleccionando esta opción se abrirá una página donde encontraremos “Recursos Digitales” dicho link te llevará a una página emergente donde estarán disponibles un Buscador integral, Scopus, Bases de Datos Multidisciplinarias, Libros Electrónicos, Diarios, Gale, Concytec, Publicaciones UCV, Open Access y Patentes, se consultó el Buscador Integral cuya herramienta de búsqueda es EBSCO Discovery Service donde su mecanismo de obtención de información están centralizadas en 3 tipos una de ellas es palabra clave, Título y Autor que serán utilizadas dependiendo de la capacidad de búsqueda del investigador, en la presente metodología se realizó la indagación con la herramienta de “palabra clave”.

La obtención de información se centralizó netamente en artículos científicos internacionales que hacen referencia al tema propuesto para el país porque en Perú aun no existen construcciones viales realizadas con el pavimento de tipo permeable el cual refuerza el análisis en cuanto al mejoramiento en los sistemas de drenajes. Por ello, también se recurrió a tesis nacionales en las que también proponen el pavimento permeable como una alternativa de solución para ciudades con gran demanda de precipitación.

Estas publicaciones tienen un periodo de publicación no menor a los últimos 5 años, en este artículo de revisión literaria se empelo un patrón de búsqueda que se manifiestan en la siguiente tabla:

Tabla 1
Resultados de Búsqueda

Descripción de Búsqueda	Resultados
Pavimento Permeable	295
Pavimento Ecológico	55
Pavimento Permeable Ecológico	35
Pavimento Poroso	195
Pavimento Rígido Poroso	15
Diseño de Pavimentos Permeables	16
Diseño de Pavimentos Porosos	4
Pavimento Permeable Drenaje	26
TOTAL	641

Fuente: Propia

De los 641 artículos encontrados en la herramienta de búsqueda empleada se eligieron 40 artículos publicados en revistas especializadas, estos están directamente relacionados al objetivo universal y a los objetivos concretos del presente trabajo de investigación, esta selección se realizó después de hacer la lectura de cada uno de los resúmenes de los artículos para posteriormente ser analizados con la finalidad de llegar a encontrar las ideas más importantes y relevantes, para poder plasmar las alternativas brindadas por cada uno de los autores y sobre todo para poder brindar posibles soluciones.

Al efectuar el análisis de los 40 artículos seleccionados, se logró obtener el siguiente Figura 1 donde se indicó los países a los que pertenecen estos artículos y tesis escogidas:

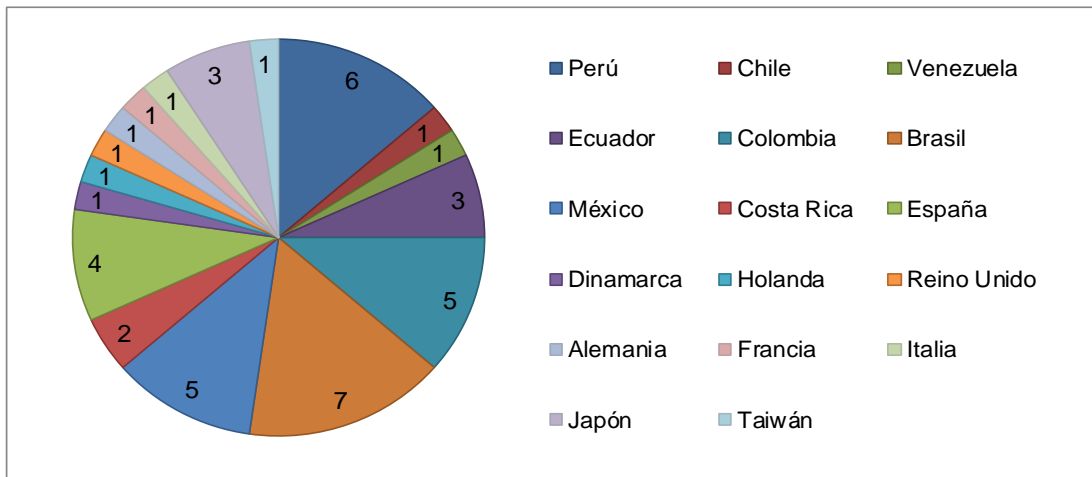


Figura 1. Estadística de los países de investigación referentes al tema **Fuente:** Propia

En esta figura se puede observar que del continente Asiático se obtuvo 1 artículo de Taiwán y 3 artículos innovadores de Japón. En el continente Europeo se indagaron 4 artículos científicos de España, uno de los países más distinguidos en el rubro de la construcción, de Dinamarca, Holanda, Reino Unido, Alemania, Francia e Italia se consiguió 1 artículo de cada país mencionado. En Centroamérica se obtuvo 5 artículos de México y 2 escritos de Costa Rica. También se recolectó artículos y tesis del continente Latinoamericano, como por ejemplo: Chile 1, Ecuador 3, Colombia 5, Brasil 7, Venezuela 1 y del Perú, país origen de este trabajo de investigación, solo se están tomando 6 trabajos, esto es debido a que en el país no existe mucha demanda de trabajos de investigación referentes al tema de esta investigación.

De la misma forma, se señaló los idiomas que se manejan en este artículo de revisión literaria en la siguiente figura:

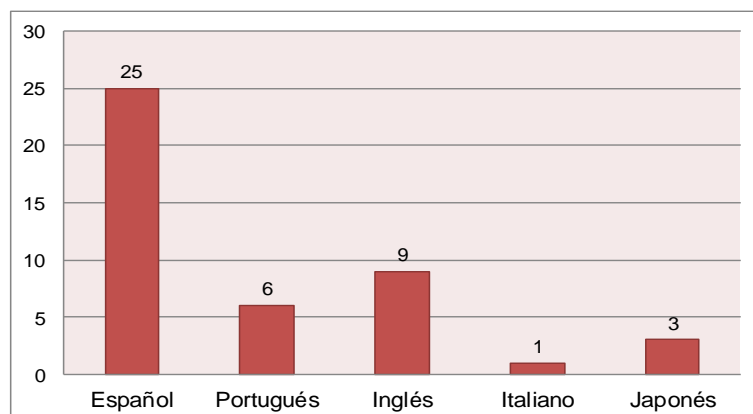


Figura 2. Estadística del idioma trabajado en los trabajos indagados **Fuente:** Propia

En la Figura 2 se puntualiza que el idioma dominante de las referencias investigadas es el español con 25 trabajos de investigación, entre artículos científicos, tesis y artículos periodísticos. Mientras que en el idioma extranjero se manejan artículos científicos en el lenguaje inglés con un total de 9 artículos, 6 trabajos en portugués, 3 artículos en japonés y 1 artículo en italiano concernientes al tema de esta investigación.

Inclusive se elaboró un diagrama de barras, expresado en la Figura 3 donde se resalta los tipos de trabajos que se han recolectado para poder realizar el artículo de revisión literaria.

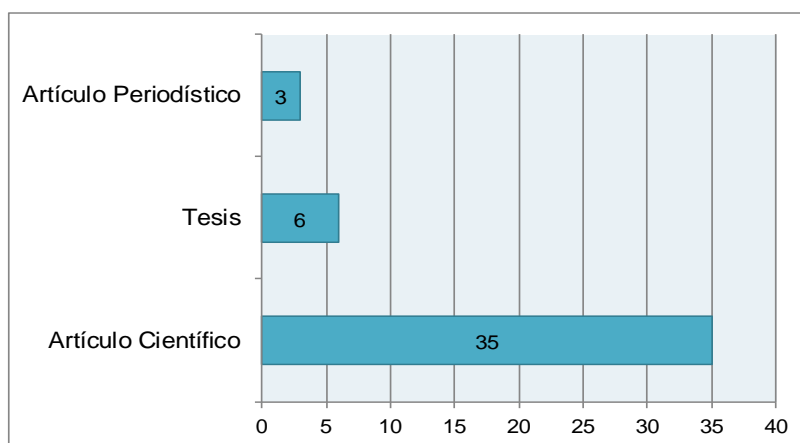


Figura 3. Tipos de trabajo recolectados para el trabajo de investigación **Fuente:** Propia

En la Figura 3 se detalla los tipos de trabajo que se usaron para el artículo de revisión literaria, se consideraron artículos científicos de revistas con una cantidad de 35. Se extrajeron 6 tesis del país de origen, ya que también existen autores peruanos que han hecho propuestas de diseño relacionadas con el tema de investigación. Y se adjuntaron 3 artículos periodísticos para manifestarlo en la parte de la problemática del trabajo de investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizada la selección de los 40 artículos, se desarrolló el análisis de los resultados donde se evidenció la postura de los investigadores con respecto a los objetivos ya mencionados en la parte introductoria.

3.1. Resistencia del Concreto Permeable

El concreto convencional que se aplica al ámbito vial no posee suficiente permeabilidad de agua hacia el subsuelo, además de provocar encharcamientos los que provocan la erosión del concreto ya colocado, es por ello que se realizan diferentes ensayos y diseños con la finalidad de dar solución a este tipo de problemas presentes en ciudades donde las lluvias son recurrentes.

Por esta razón, lo primero que se analizará es la resistencia que tiene el concreto drenante, la cual es uno de los componentes más vitales para la elaboración del pavimento permeable.

a) Opción 1:

Los autores Benavides, Fernández, Villalpando, Chacón y Alvarado (2015) muestran en la parte de resultados una tabla donde se evaluaron 8 diseños diferentes en un periodo de tiempo de 3, 7 y 28 días donde se determinó la relación de agua-cemento, revenimiento y contenido de agua por metro cubico, de esta tabla se obtuvieron datos importantes como la resistencia de cada diseño en los periodos de tiempo ya mencionados, donde el cemento 1 sólo sin ningún otro componente es el que presentó una resistencia más elevada y cuando se le añadieron fibras a este mismo tipo de cemento arrojó como resultado la misma tendencia, por lo tanto los investigadores coinciden que las muestras 1 y 5 presentan una dosificación adecuada para la elaboración de concreto.

También afirman que las demás combinaciones o sinergias pueden ser mejoradas con otra clase de aditivos y optar por distintos diseños para la optimización de recursos. Sin embargo, reafirman que las mezclas elaboradas con el cemento 1 muestran una óptima calidad de un concreto, mientras las otras combinaciones y diseños pueden ser manipuladas para el estudio del comportamiento y posibles fallas cuanto se haga una dosificación para este tipo de concreto.

Los investigadores enfatizan manifestando en que la relación agua-cemento es de suma importancia para mantener un parámetro de calidad en el concreto que será suministrado en el usuario final. Finalmente dicen que en los resultados obtenidos en las pruebas experimentales realizadas, el concreto poroso es un elemento que por su alta resistencia a flexión se recomienda ser utilizado en un tráfico vehicular moderado, así como viabilidades peatonales y terminan manifestando que este tipo de concreto es durable y resistente pro es de importancia hacer un mantenimiento adecuado (p. 139).

Los resultados obtenidos por los investigadores son satisfactorios debido a que han logrado un resultado óptimo con el diseño elaborado del cemento 1 el cual en términos de resistencia (característica de suma importancia en el diseño vial) presenta un mayor promedio a los otros 7 diseños elaborados y estudiados, este diseño elegido por su alta capacidad de soportar cargas de compresión presenta el mismo comportamiento en los 3 periodos de tiempo empleados para los resultados, es por ello que la postura tomada por el grupo de investigación es favorable y que es compartida con la de los autores citados en la alternativa 1, debido a que presentaron datos precisos como el porcentaje de agua y de cemento empleados en cada diseño.

Una alternativa real probadas en el ensayo del Revenimiento y sobre todo que puede ser una solución viable debido a que los materiales que intervinieron en su experimentación pueden ser adquiridos y cotizados en obras de este tipo y a su vez ser utilizados dentro de proyectos que puedan dar solución a las problemáticas citadas en la parte introductoria.

b) Opción 2:

El Pervious Concrete (PC) u Hormigón Permeable es una clase de concreto y una de sus características principales es su alta permeabilidad que llega a variar de 15 a 30 %, una característica de importancia es la porosidad que se rige por la proporción de mezcla, tamaño del agregado y su tipología como también el proceso de compactación el cual se le aplique. Este modelo de diseño vial es aplicado para solucionar problemas de drenaje de forma efectiva y ecológica.

Los resultados del programa experimental presentados por los autores Sandoval, Galobardes, Schwantes, Campos y Tollares (2019) en primer lugar exhiben sus resultados con respecto a las propiedades mecánicas conseguidas: la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexo tracción. Estos se presentan considerando el tipo de agregado utilizado en la mezcla y muestran gráficamente la desviación de los resultados. En relación a los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, se varió de 3.3 a 11.0 Mega Pascales (MPa) realizando un análisis de significación con el software ANOVA un valor “p” menor que Se obtuvo 1×10^{-5} , lo que indica que los resultados presentados manifiestan diferencias significativas considerando el tipo de agregado utilizado en cada mezcla.

La resistencia a la compresión de EFS era de alrededor 5% más alto en comparación con el basalto. Por otra parte, Las resistencias a la compresión de CW y RCA fueron alrededor de un 60% y un 34% más bajas, respectivamente, en comparación con el basalto. Esto sugiere que la naturaleza de los agregados es un importante parámetro a considerar. La baja densidad aparente de CW y RCA indica que son más porosos, heterogéneos en comparación con los otros agregados. Esta diferencia afecta las propiedades mecánicas de la PC. Con respecto a los resultados de resistencia a la flexotracción, estos siguen la misma tendencia observada en la resistencia a la compresión, los cuales fueron los que se esperaban.

En este estudio, la resistencia al flexo tracción es en promedio el 40% de la resistencia a la compresión de acuerdo con los resultados obtenidos en la revisión sistemática de literatura. También presentan los resultados de las propiedades hidráulicas: porosidad (Φ) y permeabilidad (k). Los resultados presentados consideran el tipo de agregado utilizado en las mezclas, producción y desviación de resultados. Los resultados experimentales muestran que la porosidad varió de 19.1 a 28.6%, mientras que la permeabilidad varió de 4.3 a 15.3 mm / s. Ambos parámetros presentaron la misma tendencia: los aumentos en la porosidad implicaron una mayor permeabilidad de acuerdo con los resultados encontrados en la parte de la literatura. Además, para analizar cómo el tipo de agregado influye en los resultados, se realizó un análisis de significación utilizando el software ANOVA.

Como resultado, se obtuvo un valor p inferior a 1×10^{-5} , lo que indicó que hubo diferencias significativas en los resultados de porosidad y permeabilidad entre las PC producidas con diferentes tipos de agregados. Considerando la naturaleza de los agregados, PC producida con CW, que presentó una mayor absorción de agua, mostró la mayor porosidad (27.06%). En el basalto el agregado contenía más granos finos que los otros tipos, lo que condujo a una reducción de la porosidad final del material. Por otro lado, EFS presentó el contenido más bajo de poros, y valor más bajo de Cu (1.80) que implica una porosidad promedio de 24.75%, que fue inferior al producido con CW (p. 158).

Los autores citados obtuvieron sus resultados respaldadas por un Software especializado y pruebas experimentales que en esencia tocan dos puntos importantes que están dentro de los objetivos específicos de este artículo de revisión literaria, estos puntos mencionados son la permeabilidad y la resistencia de un concreto permeable donde se demuestra con 4 diferentes diseños de hormigón el comportamiento que manifiesta el agua en este tipo de estructura.

Se analizó y se revisó adicionalmente información de diversas fuentes donde se respalda esta investigación, por ello la postura del grupo investigativo es a favor de los resultados obtenidos en el artículo, debido a que estos brindan algunas alternativas de solución que pueden ser consideradas en una determinada zona geográfica con alta intensidad de lluvias, ya que los 4 diseños mostrados poseen un buen comportamiento hidráulico en cuanto a la permeabilidad que está directamente relacionada a la porosidad donde se evidencia que mientras más poroso sea un concreto la permeabilidad será mayor por los vacíos que existen en este tipo de concreto.

Por otro lado, ya aplicando a obras de infraestructura vial, estos resultados responden a uno de los objetivos específicos enfocados en responder sobre la resistencia de un concreto permeable donde se evidencia que las fuerzas de compresión y que las de flexo tracción poseen una tendencia similar que varían de acuerdo a los materiales y a las proporciones que se empleen en su diseño, se muestra en los diferentes cuadros y tablas resistencias medias para este tipo de diseño es por ello que se sugiere una aplicación para un tránsito liviano a medio, estos resultados ya aplicados y estudiados pero teniendo en cuenta factores como la región, precipitación, tipo de suelo serían prometedores para ser

aplicados en proyectos porque los análisis realizados están siendo respaldadas por lo expuesto y citado en esta investigación.

c) Opción 3:

En los diversos trabajos que estudian los diferentes autores mencionados hablan de manera objetiva sobre la mecánica de suelo e hidráulica, En el pavimento que se diseña para obtener una mejor permeabilidad este diseño también ayuda al medio ambiente que al reutilizar en los drenajes el agua que fluye cuando este pavimento está recibiendo directamente por las lluvias. Por ende como lo mencionan:

Ulloa, Paz, Uribe, Alvarado (2018) mostraron que los resultados de resistencia a la compresión en este estudio fueron encontrados dentro del intervalo permitido para concreto permeable otorgados por el Comité ACI 522. Sin embargo, la energía vibratoria ($27 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}^2$) utilizado en este estudio es demasiado bajo en comparación con el valor propuesto Esto afecta considerable densidad, contenido vacío y la mecánica propiedades del hormigón permeable (p. 40).

Carvalho, Ramos, Zegarra, Pereira (2016) explicaron que la resistencia a la compresión simple aumentó con la edad del moldeo, oscilando de 9 MPa (a 28 días de moldeo) a 11 MPa (a 130 días de moldeo) y 12 MPa (bloques removidos del pavimento a 1650 días de moldeo). Se puede notar que los bloques removidos mostraron un ligero aumento de la resistencia (menos del 10%) en relación con los bloques en el moldeo de 130 días, lo que cabe la posibilidad que podría ser las reacciones que todavía están teniendo lugar entre el agua, el cemento y el suelo o la variabilidad en las materias primas y el equipo utilizado. Por lo tanto, es posible confirmar que los bloques presentaron un comportamiento adecuado cuando se sometieron a tráfico peatonal ligero y condiciones climáticas (p. 69).

Terafiño (2018) fundamentó que se debe tener en cuenta que un gran conjunto de agua en la mezcla ocasionará el drenaje de la pasta cementante tapando los poros de la misma y, en consecuencia, porosidad reducida. Por otro lado, la carencia de agua formará un concreto muy seco que no podrá formar enlaces resistentes entre sus partículas también La firmeza del concreto y su absorción están ligadas directamente al porcentaje de vacíos que la mezcla

tenga, y este valor se verá presumido dependiendo del porcentaje de la arena, el porcentaje de pasta cementante que se utilice y la fuerza con la que se compacte al concreto. Los valores de porcentaje de vacíos recomendados para este concreto (p. 37).

En los dos casos los autores exponen sus conclusiones por el lado de Ulloa concluyen que lo que se afecta considerable a la densidad, por el contenido vacío y la mecánica propiedades del concreto permeable. Con respecto a Carvalho llegan a cabo que el comportamiento del uso de bloques de concreto en el pavimento no reducen la resistencias a la cual del punto de vista se somete a condiciones del clima el cual confirma que es adecuado para la absorción de agua. También cabe mencionar que Terafiño menciona que la propiedad mecánica que a menor cantidad de agregados finos la resistencia a compresión es menor, pero hay una mayor capacidad de permeabilidad. Como postura de los investigadores del artículo están conforme a las posturas que los autores exponen sobre la densidad, la resistencia del pavimento en su diseño.

d) Opción 4:

Ochoa (2019) El prototipo consta de la capa de concreto poroso de 10 a 20 cm de espesor, elaborado con material granular de 3/8", contenidos de cemento de 0.35 y porcentaje de vacíos del 15%; una capa filtrante de material granular de tamaño 4.75 mm con porcentaje de vacíos del 10 al 20%, esta capa funciona como filtro para los materiales arrastrados por el agua; una membrana geo textil permeable que permite el drenaje de las aguas entre el manto filtrante y la sub-base, su función es evitar que los materiales granulares se mezclen; una sub-base con material granular de tamaños mayores a 1 ½ con porcentaje de vacíos del 30 al 40%", esta capa permite el almacenamiento del agua; finalmente un sistema de drenaje que permite transportar los excesos de agua hacia sistemas de alcantarillado y fuentes de almacenamiento para su posterior reúso.

Se realizaron 9 dosificaciones de mezcla de hormigón poroso, tomando como referencia valores de relaciones de vacíos de 0.35, 0.38 y 0.41; porcentaje de vacíos de diseño del 15, 17 y 19%. Con estos parámetros se elaboraron diferentes muestras de hormigón poroso, las cuales mediante ensayos de

laboratorio se determinaron sus características físicas y mecánicas, obteniendo como resultados:

Para las muestras de triturado de 3/8" se obtuvieron valores máximos de 10.92 MPa en resistencia a la compresión, permeabilidad de 1.98 cm/s y porcentajes de vacíos de 33.68%. En muestras de triturado de 3/4" se obtuvieron valores máximos de 9.34 Mpa en resistencia a la compresión, permeabilidad 4.51 cm/s y porcentajes de vacíos de 35.65; mientras que en muestras de canto rodado de 3/4" se obtuvieron valores máximos de 12.45 Mpa en resistencia a la compresión, permeabilidad de 4.05 cm/s y porcentajes de vacíos de 35.82%.

Teniendo como resultado del prototipo del concreto poroso aplicado a la vía del pavimento permeable con un 15%-20% y una relación de vacíos de 0.35 en la mallas de 3/8", tiene una solución al drenaje de las aguas en las carreteras a altísimas lluvias existiendo variedad de dosificación en los concretos porosos para mayor permeabilidad en el pavimento permeable (p. 13).

Los investigadores del artículo de revisión literaria se encuentran de acuerdo con las posturas de este autor, ya que este ofrece datos y parámetros para poder diseñar un pavimento permeable, otorgando su espesor, relación de vacíos, etc.

e) Opción 5:

Méndez y Mosqueda (2017) exponen que la intransigencia del concreto permeable para poder comprobar si puede llegar a desarrollar una resistencia para el mejor del concreto ordinario y así evaluar si puede ser aplicado para todo tipo de vías, uno de los diseños en la mezcla adecuada para el concreto permeable donde se avala su permeabilidad y buen resistencia a la flexión, establecido por la ACI 211-3R donde se proporcionan la dosificación adecuada de agregado fino, agregado grueso y relación agua/cemento.

También Mendoza y Ospina (2018) explica de manera que con el fin de encontrar la resistencia al desgaste de los agregados grueso, se empleó la máquina de Los Ángeles con una carga áspera. El procedimiento del cálculo de los resultados en ese ensayo se realizó de acuerdo a lo establecido en la NTC 98. Teniendo en cuenta que la granulometría de ambos tipos de agregado que se

usan en esta investigación y lo establecido en la norma de Determinación a la resistencia.

Se selecciona a la cadena Tipo del cual el tamaño de la muestra que se emplea en el ensayo fue de 5kg, compuesto por 25kg de material que pasa por el tamiz 3/8" y es retenido en el tamiz 1/4" del material es de 25kg, que pasa por el tamiz 1/4" y se retiene en el tamiz No 4. Proporcionando como consecuencia con un 38% en el deterioro que cumple con lo exigido en sus ensayos, como también se dan especificaciones para el pavimento de concreto hidráulico, se tiene como exigencia para este prototipo de pavimento, un porcentaje de desgaste de Los Ángeles máximo de 40 % (p. 44).

Por otro lado también Porras Morales (2017) menciona que este conjunto de técnicas de concreto que viene a ser una de soluciones, uno de los problemas que enfrentan las centros hoy en día, como lo es la impermeabilización del suelo, secuela que evita la recarga de los mantos acuíferos, además que el agua en zonas impermeables no solo se desperdicia, sino que llega a recolectar y puede llegar a ser muy destructivo como se ha visto en Costa Rica. Alrededor del mundo se ha estado manejando el concreto permeable esencialmente como pavimento en estudios viales de bajo tráfico, espacios de movilizaciones, senderos y caminos para transeúntes o ciclistas, ya que además al eliminar el agua de la superficie, se vuelve mucho más seguro recorrer sobre el concreto permeable (p. 7).

Como bien lo exponen Méndez, Porras, Ospina la resistencia del concreto permeable en la vía es importante, para las futres lluvias que van a sufrir las vías y tengan una gran permeabilidad y evitar las inundaciones, los desgates del concreto lo cual toman los tamaños que consideran el de 3/8" por lo cual los investigadores dan su punto de vista sobre lo que los autores mencionan en sus resultados sobre el concreto permeable en la resistencia que este brinda para un mejor impermeabilizan, evitando los acumulando el agua infiltrado por lo que están a favor.

3.2. Permeabilidad

Usualmente lo que principalmente se busca en un pavimento común es que resista el tráfico vehicular, por ello para impedir lo mayor posible a la escorrentía

se elaboran pavimentos impermeables realizando una pendiente de bombeo y la construcción de cunetas que cumplen la función de facilitar el escurrimiento superficial del agua hacia los lados de la vía. Actualmente, contando con la gran demanda de contaminación que hay en estos días, ya no sirve de mucho la aplicación de cunetas cuando se habla de aprovechar el recurso hídrico, ya que este escurrimiento trae consigo componentes de aceite de autos y hasta residuos sólidos. Es por ese motivo que lo siguiente a analizar es la permeabilidad que debe de tener el pavimento de tipo permeable.

a) Alternativa 1:

Los resultados expuestos por los autores Cárdenas, Albiter y Jaimes (2017) basándose en investigaciones existentes sobre el empleo de los pavimentos permeables como alternativa de preservación del medio ambiente, los autores ven como prioridad dar a conocer y a divulgar el uso de este tipo concreto. Los resultados que respaldan a los siguientes investigadores son evidencias existentes en el país de México y en otros países del mundo a pesar de conocerse que existen deficiencias en cuanto a la estructura de dicho elemento como la resistencia a los esfuerzos cortantes ya que al aumentar la permeabilidad se sacrifica gran parte de la resistencia. Lo expuesto anteriormente se convierte en un reto para poder lograr un diseño que sea resistente y permeable.

Para ello, es necesario recordar el comportamiento mecánico de este tipo de estructura, donde la relación agua versus el cemento es de importancia para el desarrollo de las mezclas físicas y químicas entre el cemento y los agregados que se consideran en cada diseño, también tener en cuenta la porosidad que se incorporan a su mezcla que serán diferentes dependiendo del tipo de suelo y la técnica de compactado aplicada en el lugar donde se desee implementar el concreto como opción vial, en consecuencia se necesitan estudios en las tecnologías del concreto y sobre el compactado con la intención de mejorar la resistencia pero sin disminuir la capacidad de permeabilidad del posible diseño.

Por esta razón es que se han planteado tres posibles soluciones una de ellas es desarrollar un prototipo matemático como la Ley de Abrams, planteado por el autor del mismo nombre, para así poder simbolizar el comportamiento de estas mezclas especiales de concreto, otra posible alternativa de solución es

simular el comportamiento de todas las mezclas que se enfoquen en métodos numéricos como los elementos finitos que en la actualidad es posible gracias a las diferentes herramientas de la tecnología, finalmente otra opción de solución es usar métodos estadísticos de diseños experimentales y de las respuestas para poder explotar la ruta y poder emplearlas en este tipo de producto, mencionan también la importancia del tipo de suelo cuya permeabilidad puede ser estabilizada con técnicas de compactado.

Adicional a ello, los autores buscan maximizar la aplicación de esta infraestructura vial para lograr propósitos de tránsito y dar un mejor sustento a través de la conservación del agua, donde dicen que el futuro de sustentabilidad de la infraestructura vial dependerá de qué manera se podría preservar el agua y de los materiales que puedan utilizarse para poder lograr mayor eficiencia del pavimento permeable, finalmente se advierte que con un buen estudio de sus propiedades se pueden evaluar proyectos relacionados con el tema involucrando los beneficios y costos generados, obviamente dándole importancia al recurso hídrico el cual es un tema pendiente por resolver ya que se considera el costo de extracción, conducción, tratamiento y embotellada en algunos casos.

Sin embargo, no se le ha dado el valor propio y la problemática mundial de escasez es latente, y de manera de reflexión se dice lo siguiente, que el agua puede infiltrarse en el subsuelo y de ello analizar el costo que este genere vs el costo de obtener agua de otras fuentes, así como el costo de desalojar aguas de lluvia que no logran su infiltración, es por ello que trabajos como los que son expuesto por los autores proponen la necesidad de ir en ese rumbo (p. 179).

Realizado el análisis correspondiente de los resultados expuestos por los autores, el presente grupo investigativo tomó la postura a favor de lo manifestado, debido a que en lo plasmado se tocan puntos que determinan la finalidad de este artículo el cual toca puntos como la permeabilidad del concreto, cuyo diseño dependerá del tipo de material a utilizar, de la resistencia a la que se quiere llegar y lo más importante la proporción agua y cemento que se debe de emplear.

Sugieren en este punto la utilización de 3 formas diferentes para realizar de manera efectiva el análisis y la evaluación del comportamiento de esta estructura ya aplicada a la viabilidad urbana, una de estas formas es el desarrollo de un modelo matemático, segundo hacer simulaciones de diferentes mezclas utilizando

herramientas computacionales especializadas y finalmente la utilización de métodos estadísticos experimentales.

Otro objetivo específico que se ve relacionado a lo expuesto es el impacto ambiental de este tipo de aplicaciones viales y es que manifiestan el interés dando a conocer los beneficios y la importancia que tendrían estos elementos aplicados a nuevos proyectos de manera que al ser considerados como solución de preservación del agua se estaría generando un impacto ambiental positivo consecuencia que no se puede conseguir con pavimentos convencionales como el flexible o el rígido que por sus características mecánicas y el compactado que requieren no filtran el agua como lo haría un pavimento permeable.

Otro punto de importancia que se tuvo en cuenta para estar favor de lo expuesto es el impacto económico que genera un pavimento permeable en relación a los diseños más usados y es que este pavimento puede recolectar agua por infiltración de esa manera evitar el costo innecesario que se consideraría para la obtención de agua de otras fuentes, por otro lado se minimiza el gasto que genera la evacuación del agua de las calles donde ésta no ha podido ser drenada naturalmente, esta acumulación de agua conlleva a consecuencias como el deterioro del pavimento y todas las capas que se encuentran debajo de la superficie de rodadura, este deterioro se ve reflejado en un costo extra ya que al estar expuestos a encharcamientos se minimiza el tiempo de vida útil del pavimento donde los mantenimientos prematuros son más frecuentes.

b) Alternativa 2:

Los sistemas de pavimentos permeables han estado en el mercado comercial a nivel mundial durante aproximadamente 30 años, a pesar de que la obstrucción de la superficie es un problema frecuente de este tipo de estructura, este déficit es ampliamente abordado en la investigación, pero a la que se le ha prestado poca atención en cuanto a la naturaleza contextual de la obstrucción por residuos sobre la superficie del pavimento. Las investigaciones existentes sobre la capacidad de infiltración en la superficie rara vez informan factores relacionados con los procesos de sedimentación locales, esta mala comprensión ha llevado a los investigadores a considerar la disminución de la permeabilidad como una simple cuestión de edad.

En los resultados obtenidos por los investigadores Støvring, Dam y Bergen (2018) encontraron una permeabilidad superficial significativamente mejorada de todos los sitios probados en la primera visita, lo que apunta a un fuerte efecto inmediato de la limpieza al probar la durabilidad de la limpieza, al volver a visitar exactamente las mismas ubicaciones aproximadamente un año después, nuevamente resultó en una permeabilidad significativamente mejorada.

Este patrón sugiere que el efecto de RC es de corta duración, lo que se confirma aún más en comparación con las ubicaciones de control vecinas que no fueron sometidas a la prueba, mostrando que los valores de SIR no son significativamente diferentes. Por lo tanto, los sistemas PP sometidos a un año de sedimentación no dejaron una permeabilidad de la superficie significativamente diferente, independientemente de si se realizó o no RC. En otras palabras, RC parece no haber tenido un impacto a largo plazo en SIR.

Esto destaca la alta variabilidad dentro de unos pocos metros en las superficies de PP que visualmente parecen ser similares y parecen haber sido sometidas a factores de sedimentación similares. Esto refleja el hecho de que esos sitios estuvieron sujetos a una considerable acumulación de sedimentos en los centímetros superiores en las juntas desde 2014 a 2015 y, además, que esta obstrucción se superó por completo mediante la realización de un nuevo RC en 2015.

La acumulación de sedimentos también fue claramente visible para los vecinos de una localidad que se analizó, que también muestran una marcada caída entre visitas. En comparación, los Sitios 3, 4 y 5, que tuvieron los valores medios SIR más altos después de RC, respondieron relativamente menos dramáticamente a RC en 2015, con mejoras que van de dos a siete veces, lo que indica que estos sitios son menos sometidos a la acumulación de sedimentos (p. 126-129).

La postura que tomó el grupo de investigación es a favor de los autores porque ayudan a llegar al objetivo específico que corresponde a la permeabilidad donde se muestran resultados experimentales durante un periodo de tiempo que hace énfasis en la afectación de esta propiedad del pavimento a causa del arrastre de los sedimentos y la acumulación de estas, donde se demostró que es de importancia hacer un mantenimiento recurrente dependiendo de la

transitabilidad de la zona y los sedimentos que puedan ser transportadas por las precipitaciones.

Estos sedimentos que tapan la estructura porosa de un concreto permeable tienen una relación inversamente proporcional a la permeabilidad debido a que mientras mayor existencia de sedimentos el indicador de permeabilidad será menor, incluso estas partículas pueden hacer perder esta propiedad del pavimento, es por ello que se hacen este tipo de estudios para poder evaluar la frecuencia con la que se tienen que mantener estas estructuras de viabilidad urbana y en qué zonas, porque no es aplicable y funcional para todo contexto geográfico.

c) Alternativa 3:

Para poder indagar sobre la permeabilidad se deben realizar diferentes estudios basados en una norma modelo. Tal como lo demuestran Geloni y Arantes (2015) que trabajaron el artículo “Análise da Permeabilidade e dos métodos de instalação de pavimentos permeáveis contidos em artigos científicos e em catálogos técnicos”. Este consistió en comparaciones de tasas de permeabilidad, el estudio de trabajos científicos con diferentes tipos de superficies en épocas de lluvia.

Sus resultados mostraron que el concreto poroso tiene tasas muy cercanas a las del césped, por ello se sugiere un método de prueba para establecer el coeficiente de infiltración basado en el estándar ASTM C1701, que el mantenimiento del pavimento permeable consiste mayormente en barrido y lavado a presión. La forma de instalación varía mínimamente entre proveedores, pero concuerdan en que se usa el índice pluviométrico de la ubicación para la dimensión de las capas de gravas y también afirman que el suelo no debe ser arcilloso.

Diferentes autores concuerdan en que el pavimento permeable tiene limitaciones previas a su construcción, pero de igual manera es necesario reducir la impermeabilidad del suelo, y aquí postulan que no sólo sirve para carreteras de tráfico liviano, sino también para una mejor accesibilidad para los peatones. Los autores sugieren usar veredas hechas de concreto poroso, ya que pueden ayudar a reducir el acontecimiento de inundaciones y cuando se producen el

mantenimiento es más eficiente para los peatones. En conclusión, los investigadores del presente artículo de revisión está conforme con los datos realizados por Geloni y Arantes, teniendo en cuenta que este tipo de pavimento solo puede ser usado para tráfico liviano, podría ser aplicado para el tránsito peatonal y adicionalmente requiere un mantenimiento especial de barrido y lavado a presión que según investigaciones no es económicamente alto.

d) Alternativa 4:

Los sistemas de drenaje urbano sostenible (SDUS) existen en una variedad de formas, incluyendo pavimentos permeables. Los beneficios clave de este tipo de pavimento incluyen la reducción de la escorrentía, la recarga mejorada del agua subterránea y, en última instancia, la reducción de la contaminación. Como tal, los pavimentos permeables son una medida clave de SDUS empleada tanto para atenuar la escorrentía superficial en áreas urbanas como para filtrar contaminantes urbanos de aguas pluviales.

Los autores Alsubih, Scott, Wright y Allen (2017) muestran resultados sus en tres puntos, uno de ellos es el contenido de humedad y condición atmosférica donde el análisis de los datos del contenido de humedad demostró el período extendido necesario para permitir que el sub-grado de 300 mm se seque. La temperatura atmosférica promedio durante tres meses fue de 23.5 ° C (SD 1.5 ° C), con una humedad relativa del 33.6% (SD 4.8%).

La diferencia de temperatura fue de aproximadamente 9,5 ° C durante todo el período del experimento, que no es más de lo que cabría esperar en el campo y, por lo tanto, se considera que no es un factor significativo, estos datos muestran que las temperaturas promedio del aire y la superficie durante el período experimental fueron relativamente constantes. Por lo tanto, para los propósitos de este estudio, es seguro asumir que la tasa de evaporación durante el período del experimento se mantuvo constante.

Otro punto que fue considerado por los autores es la condición inicial del sub grado donde el contenido volumétrico de agua se midió usando una sonda a dos profundidades diferentes en la sub rasante. Se encontró que la sub-pendiente estaba relativamente seca durante este evento de lluvia, lo que explica la falta de descarga durante el primer y segundo evento de lluvia. Los resultados del estudio

confirman que la respuesta a la lluvia está asociada con condiciones de bajo grado.

Finalmente, el punto que tuvieron en cuenta es el rendimiento hidrológico donde se aplicaron 43 simulaciones de eventos de lluvia a la plataforma de pavimento permeable muestra que el pavimento descargó el volumen más bajo de escorrentía en el día 1 aunque el nivel de VWC en el sub-grado aumentó, esto ocurrió porque el contenido de humedad de las capas superiores disminuyó durante los días 6 y 7 debido a la infiltración. En general, el almacenamiento disponible dentro de la estructura del pavimento proporcionó un volumen constante en las tres intensidades de lluvia durante condiciones húmedas (días 2 a 5). Se puede concluir que la estructura del pavimento era capaz de proporcionar un volumen de almacenamiento significativamente mayor que el requerido (p. 429-433).

La postura tomada por el grupo investigativo con respecto a lo planteado por los autores citados es a favor puesto que los tres puntos mencionados amplían los conocimientos que se consideren en cuanto a la permeabilidad de un pavimento, dado que características específicas de una zona geográfica como la humedad y la condición atmosférica no influyen en el comportamiento del pavimento en cuanto a filtrar el agua se trate debido a que en las pruebas realizadas en los diferentes ciclos de tiempo y temperaturas esta eficiencia del pavimento no mostró mayores cambios.

Por otro lado, la condición del sub grado fue tomada para poder confirmar que la respuesta a la lluvia está asociada con condiciones de bajo grado y finalmente el rendimiento hidrológico en general muestra un almacenamiento disponible dentro de la estructura del pavimento que proporcionó un volumen constante en las tres intensidades de lluvia durante condiciones húmedas a las cuales fueron sometida.

e) Alternativa 5:

En los artículos de los diferentes autores mencionados hablan de manera objetiva sobre la mecánica de suelo e hidráulica, En el pavimento que se diseña para obtener una mejor permeabilidad este diseño también ayuda al medio ambiente que al reutilizar en los drenajes el agua que fluye cuando este

pavimento está recibiendo directamente por las lluvias. Por ende como lo mencionan que:

Da Silva (2017) se adoptarán dos capas de filtro ubicada debajo del recubrimiento y la capa base para separar las capas y preservar la capacidad estructural e hidráulica de la base. Cada capa de filtro debe tener un espesor de 2.5 cm. Además, la estructura del pavimento permeable requiere un Modelado hidráulico e hidrológico para definir áreas de aplicación. De esta forma, como zonas de aceras y laderas de sub bases predominantemente urbanas. Como se explica no se recomienda ni el uso de Los pavimentos que impregnan el terreno con una pendiente superior al 5%, solo se consideraron rutas con una disminución menor o igual al 5% para la simulación del modelo.

Para calles con una pendiente entre 0% y 5%, se adoptó la construcción de pequeñas presas con orificios a sub cuenca En esta sub cuenca, fue posible aplicar pavimentos permeables a lo largo del sector Rua Jardim Botânico (S1), cuya pendiente de la calle es aproximadamente 0%, se aplicó a toda el área de la acera disponible Se considera un punto crítico de inundación, El área sufre inundaciones recurrentes, como los años 1988, 2010 y 2017, respectivamente (p. 100).

Fisac y Perales (2019) La red en los alivios de agua que concurren del sistema unitario al medio receptor. En Sus conocimientos sobre los desagües sostenibles que son utilizadas aprovechan también para la mejorara de sus condiciones de accesibilidad al Período, gracias a una ruta horizontal a lo largo de 360 m de distancia, este drenaje se desempeñó mediante la pavimentación de adoquines autoaislamiento y de losas prefabricadas drenantes por junta. Los pavimentos permeables que garantizan para la gestión en origen de la escorrentía generada en su mayoría de esa superficie. Con ello se consigue reducir en más del 60% (respecto a una solución de pavimentación impermeable) los caudales pico vertidos al sistema general de alcantarillado, reduciendo el riesgo de superación de capacidad de la red (p. 38).

En los dos casos los autores determinan en que por el lado de Da Silva sufren inundaciones por ello su recubrimiento en la capas de 2.5 cm se impregna al terreno y consideran el punto crítico por su pendiente esta entre 0% - 5% y la impermeabilidad en todo ese sector es por que aplican este pavimento para evitar

las inundaciones. Y en el caso de Fisac y Perales los caudales con un pico hacia el suelo en el alcantarillado reducen el riesgo de la capacidad de drenaje que sostiene al utilizar para el mejor condición de la acceso de los cuales los estudios para el sistema urbano tenga la sostenibilidad, Por lo tanto en la investigación del artículo estamos con sus puntos de vista en los resultados de sus investigaciones ya mencionados estamos en favor por lo que es accesible en su diseño garantizando una buena superficie en la cual se trabajan en el pavimento permeable.

f) Alternativa 6:

Yamada y Shibata (2017), explicaron acerca del aumento de superficies impermeables y la disminución de áreas verdes en las zonas de urbanismo, por lo que con este artículo se espera la circulación natural del agua en las ciudades de Japón. Por ello, han sugerido los túneles subterráneos para almacenamiento de este recurso hídrico conjuntamente con la aplicación de un pavimento permeable y la colocación de áreas verdes. El nombre de “Jardín de lluvia” hace referencia a la gestión adecuada del agua de lluvia. Los autores de este artículo evaluaron las características de la escorrentía pluvial, durante 138 días de precipitación total se midió el nivel de escorrentía con un Pluviómetro tipo caída con Talloger en 4 puntos del área seleccionado en la Universidad Kyoto Gakuen.

Los resultados consisten en que en primer lugar, la intensidad de lluvia fue de 6.0mm/h aprox., la capacidad de almacenamiento calculada fue de 95.934 m³ y el límite de la intensidad de lluvia que soporta la capacidad de infiltración del pavimento permeable es de 30mm/h. En este experimento se consideró que el pavimento permeable tiene una función supresora, sin embargo tiene un límite, la cual indica que no debe excederse a lluvias de alta intensidad (p. 251 y 254).

De este artículo se pueden sacar puntos muy importantes para este artículo, una de ellas es que el pavimento permeable tiene un límite y ese es que solo soporta una intensidad de lluvia de 30mm/h (mayor a este se considera intensidad alta de lluvia). Por lo que se está de acuerdo con lo realizado en este artículo de origen japonés, ya que las precipitaciones del Perú no pasan de los 5 mm/h, eso confirma que si se puede realizar un pavimento permeable en la ciudad que se ha seleccionado sin problemas.

g) Alternativa 7:

Los autores Harada, Hatanaka, Mishima e Iio (2018) realizaron experimentos para poder evaluar la infiltración del agua de lluvia que genera un pavimento permeable. Los resultados arrojan que el pavimento de concreto poroso tiene una alta capacidad de infiltración de agua pluvial y adicionalmente tiene un efecto de supresión de flujo de salida. Por ello, se están implementando un sistema de drenaje horizontal para que la escorrentía fluya a través de la misma y sea direccionada hacia el río y pueda cumplir con la ley del ciclo del agua. También se están estudiando medidas para poder mejorar el efecto de control de la escorrentía del pavimento (p. 967-968).

En este caso, el artículo japonés consistió en enfocar el cumplimiento de la ley de la permeabilidad del POC, en la cual con diferentes experimentos se puede decir que el concreto poroso del pavimento cumple con una permeabilidad adecuada y al tener como implemento adicional un tanque que se puede usar como conducto para poder guiar las aguas de lluvia hacia su cauce natural (río). Por estas posturas es que los investigadores están de acuerdo, ya que los ensayistas del artículo de la revista de la Sociedad de Ingeniería Verde de Japón tuvieron una propuesta de diseño y una finalidad muy parecida al que los investigadores del artículo de revisión literaria tenían en mente.

h) Alternativa 8:

Se utiliza una variedad de diferentes pavimentos permeables (o porosos) en todo el mundo para infiltrarse y tratar la escorrentía de aguas pluviales. Existen varios tipos de pavimentos permeables, incluidos los adoquines de concreto con juntas o aberturas anchas y los adoquines de concreto poroso, con o sin juntas anchas. El asfalto poroso es otro tipo de pavimento que se puede usar en carreteras y estacionamientos. La finalidad de estos pavimentos es que las aguas pluviales pueden infiltrarse a través de las aberturas y huecos en estos adoquines, que generalmente están llenos de grava o tierra vegetal plantada con pasto para una mejor permeabilidad del recurso hídrico.

Los autores Boogaard y Lucke (2019) muestran sus resultados a partir de 16 pavimentos los cuales se analizaron utilizando la metodología descrita anteriormente con el transductor de presión. Las lecturas se trazaron contra el

tiempo para generar curvas de infiltración precisas para cada uno de los sitios de prueba. Se usó un análisis de regresión lineal simple para generar líneas de mejor ajuste para las lecturas del transductor de cada sitio. Las ecuaciones de las líneas de regresión lineal se usaron para calcular el promedio tasa de infiltración en mm / h para cada sitio de prueba. Algunas de estas líneas se extrapolaron más allá del eje x para lograr la duración requerida de 60 minutos, lo que explica los valores de profundidad negativos.

Los resultados de las pruebas de infiltración denominadas Goirle 2 en las que se inundó el pavimento tres veces para evaluar cómo la saturación previa afectó las tasas de filtración, las ecuaciones de las líneas de regresión lineal para las tres pruebas de Goirle 2 se utilizaron para calcular la tasa de infiltración promedio en mm / h para cada sitio de prueba y estos se muestran en una de las tablas de los resultados obtenidos. Múltiples pruebas de infiltración también se realizaron en seis ubicaciones diferentes en Groningen. Adicional a ello dos pruebas fueron realizadas en cada ubicación una prueba no saturada, seguida de una prueba saturada aproximadamente 30 min después. Estos resultados se muestran en las tablas elaboradas por los autores dentro de los resultados plasmados (p. 7-8).

La postura tomada por el grupo de investigación es a favor de lo presentado por los autores ya que se muestran resultados importantes para poder llegar al objetivo específico en cuanto a la permeabilidad de este tipo de estructuras, mediante el uso de un transductor de presión se precisaron las curvas de infiltración en los diferentes pavimentos mostrados, donde realizando un análisis de los datos obtenidos se demuestra que la infiltración que ocurre en los pavimentos permeables se ven afectados y diferenciados dependiendo de las zonas geográficas y el punto de saturación en la que se vea expuesto el pavimento, estos resultados ayudan a que se realice un diseño más eficiente y real.

3.3. Impacto Ambiental:

Actualmente, uno de los elementos necesarios para poder solucionar problemas en el rubro de la construcción son los de viabilidad urbana. Las pautas para realizar el diseño de estos tipos de superficies de rodamiento por lo general

se refiere a la accesibilidad de una población, la resistencia del pavimento y a la eficiencia económica, pero en los últimos años se ha dado mayor importancia a la protección del medio ambiente donde es de carácter obligatorio realizar diferentes estudios de impacto ambiental en toda clase de proyectos.

a) Postura 1:

Para poder explicar acerca del pavimento permeable, se tiene que tener en cuenta diferentes características tales como el impacto ambiental que este genera, la cual es un impacto positivo al medio ambiente ya que ayuda a que el ciclo del agua siga su curso. En el artículo científico realizado por el autor Bassolino (2016) para la XIX Conferencia Nacional SIU se presentó cuatro propuestas para disminuir la problemática que genera el cambio climático, específicamente del incremento de la temperatura en la estación de verano y la formación de la isla de calor. Esas cuatro propuestas refieren a la implementación de materiales fríos, la incorporación de vegetación, la realización de sistemas de sombra y la utilización de cuerpos de agua. En donde su resultado fue combinar estas propuestas como el implemento de los pisos permeables en menos del 50% de la superficie y en zonas de estacionamiento. El siguiente resultado que se mostró es la inserción de superficies de agua para bajar las temperaturas de verano. Y por último, la aplicación de techos y paredes verdes conjuntamente con las restricciones de albedo (p. 682 y 688).

Con respecto a la postura del autor, se entiende que los pisos permeables ofrecen la filtración del agua, vapor de agua y aire. Cuando este pavimento está humedecido las temperaturas disminuyen por lo que evitan la creación de la isla de calor, este puede ser adicionado por vegetación como parte de la estética vial. Es por ello, que los investigadores de este artículo de revisión están de acuerdo con este trabajo de investigador, la cual fundamenta más razones para poder utilizar el pavimento permeable como propuesta de diseño y se pueda tener un impacto ambiental positivo para la ciudad de Ancash, disminuyendo las temperaturas altas que se generan en este caso en los meses de Agosto y Septiembre.

b) Postura 2:

En el artículo titulado “Pavimentos urbanos permeables” de Jato, Andrés, Rodríguez y Castro (2019), los autores describieron la composición, los principales tipos de pavimentos permeables y los materiales empleados para su construcción. La integración de estos sistemas innovadores en el rubro urbano es factible y que tiene una contribución positiva en la gestión cuantitativa y cualitativa de las aguas pluviales. Estos tipos de pavimentos aspiran como la clave primordial para la mitigación de los efectos del cambio climático y la urbanización, por lo que debe aplicarse en el diseño de planes y estrategias urbanas, para el bienestar del medio ambiente.

Asimismo, el artículo denominado “Pavimentos especiales y materiales para suelos en espacios públicos urbanos” hecho por Fallas (2016) se explica la identificación de los diferentes tipos de pavimentos especiales para uso en superficies que ayuden en la comodidad en clima tropical seco. Sus resultados demostraron que es importante a la hora de diseñar en zonas tropicales tener presente la variable agua y soleamiento, en este caso se diseña más para la comodidad en asuntos de manejo de calor, pero de todas maneras consideran la variable agua. Y por último, también fue fundamental mencionar que estos pavimentos no son recomendables para carreteras con tránsito alto.

Tanto Fallas como Jato [et al.] explicaron la parte descriptiva de los pavimentos permeables, la necesidad de ambas en el mundo urbano, y las limitaciones que se deben tener antes de realizarlas. Al contar con todas esas consideraciones, se puede decir que los investigadores del artículo de opinión están a favor de los autores Fallas y Jato, puesto que se cumplen con los requisitos para que en la ciudad de Huaraz pueda haber la elaboración de pavimentos permeables, siempre y cuando sólo sea aplicado en calles donde exista baja demanda de tránsito.

c) Postura 3:

Lo que se observa a menudo en el país que sufre de lluvias fuertes e inundaciones es que se busca diferentes tipos de pavimentos para solucionar estos problemas que causan en el país, hasta que se halló un tipo de pavimento

que ayudaría en estas zonas que sería el pavimento permeable además que ayudaría al medio ambiente por su diseño como indican en el siguiente artículo.

Según los siguientes autores Rodríguez y Jaramillo (2016), indican que el pavimento permeable tiene un proceso constructivo convencional en su diseño también se puede ver que indican que tiene diferencias en la resistencia, pero tiene una alta permeabilidad donde ayuda transcurrir el agua con normalidad y apoyando al medio ambiente de paso haciendo que haya una mejor transatibilidad para los vehículos esto ayuda mucho a las zonas lluviosas, donde muestran que es una buena alternativa y efectivo para preservación del recurso del agua (p. 173-180).

La postura de los autores Rodríguez y Jaramillo concluyen en dicho artículo que el pavimento permeable es de buen uso en zonas lluviosas por su alta permeabilidad ya que indican que tiene buena transatibilidad ya que no es como otros pavimentos que aglomeran el agua de las lluvias, por ello cabe mencionar que demostraron su conformidad con el diseño señalando las características y el aprovechamiento que tiene dicho pavimento. Como opinión, los pensadores se encuentran conformes con este pavimento, puesto que beneficiaría mucho en zonas donde llueve mucho otorgando una mejor transatibilidad y aprovechamiento del recurso del agua así ya no habría zonas afectadas por dichas aglomeraciones de agua acorde a la postura de los autores.

d) Postura 4:

Lo que se observa a menudo durante las lluvias o inundaciones es que el agua de la escorrentía tiene efectos negativos que ocasionan contaminantes a la sociedad y al medio ambiente, lo que se ha buscado es un pavimento que disminuya este problema y tenga una mejor filtración ya que siempre hay problemas debido a este caso.

Por ello, en el siguiente artículo de la revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología los autores Ortega, Coronel, Mendiola, Beltrán, Lucho, Vázquez (2017) indican que el pavimento permeable son tecnologías de mínimo impacto que permiten aminorar los efectos negativos que hay en el agua de escorrentía urbana, además que su filtración le proporciona un cierto tratamiento al pavimento permeable. En dicho artículo de los autores se calculó las capacidades de

expulsión de contaminantes microbiológicos que hay en los pavimentos permeables con una capa de fotocatalítica de nano partículas. Indican que se elaboró pruebas que presentaron una permeabilidad y una resistencia a la compresión adecuadas.

Según los autores estos pavimentos se recubrieron con una capa de nano partículas en dos diferentes concentraciones, que recibieron agua de escorrentía sintética. Los pavimentos permeables removieron los contaminantes microbiológicos según los autores. Aunque aún resta por aclarar si la presencia y la concentración son necesarias, detallaron que los pavimentos permeables demostraron su potencial en la reducción de las cargas microbianas del agua de escorrentía urbana.

En dicho artículo, explican su postura los autores Ortega, Coronel, Mendiola, Beltrán, Lucho y Vázquez donde concluyen que el pavimento permeable y las características de la escorrentía tienen mínima contaminación y evalúan las capacidades de remoción de contaminantes microbiológicos, su diseño que indican a través de pruebas con nano partículas en las capas donde fue muy eficaz el pavimento su prueba fue todo un éxito. Como postura de los investigadores están de acuerdo con la postura de los autores ya que los microorganismos que se insertaría al pavimento ayudaría a la escorrentía urbana y al medio ambiente de diferentes zonas en diversos países que sufren de efectos negativos de agua de escorrentía.

e) Postura 5:

Los autores Maruyama y Ribeiro (2016) indican que la infraestructura verde da una alternativa estupenda para las urbanizaciones del siglo XXI. Los autores según el contexto del pavimento permeable indican que son unos tipos que ayudaría a la reducción de las inundaciones por las lluvias en las ciudades. Observaron además que hay falta de materiales sobre los pavimentos permeables en el diseño de la infraestructura verde. Este artículo según lo que indican los autores busca información y los objetivos respecto a las características claves sobre la pavimentación permeable en la infraestructura verde y estudio en Sao Paulo.

Los resultados de los autores sobre el pavimento permeable mostraron sus definiciones, usos, tipos, recomendaciones de diseño, mantenimiento, limitaciones y ventajas. Además, señalan que tiene una proposición de una sección típica en la carretera dentro de los principios de la infraestructura verde utilizando pavimentos permeables. Como dato final los autores marcan que el pavimento permeable puede ser una buena alternativa para mitigar problemas como las inundaciones.

El artículo de los autores brasileños muestran una infraestructura verde con el contexto del pavimento permeable que son una tipología que podría ayudar a muchos lugares que sufren de lluvias e inundaciones indicaron sus características ventajas, etc. Según lo analizado el artículo de los autores recomiendan que se aplique este tipo de infraestructura con el diseño indicado, y los investigadores del artículo de revisión literaria están de acuerdo para poder aplicarlo al país, puesto que serviría mucho en zonas que sufren de este tipo de desastres naturales, además que paralelamente beneficia al medio ambiente.

f) Postura 6:

Los autores Becker y Pinheiro (2019) señalan que la escorrentía puede provocar inundaciones urbanas y además un aumento en la carga de contaminantes en los cuerpos de agua. Los autores indican que esto se debe al aumento en la carga de contaminantes por el hecho de que la escorrentía atraviesa los pavimentos, por ello se transporta los contaminantes depositados. Indican que la filtración en la escorrentía de los pavimentos permeables retiene los contaminantes por unos procesos físicos, químicos y / o biológicos. Los autores quieren verificar en dicho artículo las intervenciones que pasaron en la escorrentía en la superficie después de su filtración en el pavimento permeable, además analizaron todo el pavimento.

Según los resultados analizados demostraron que tiene una eficiencia en los pavimentos permeables en la reducción de contaminantes de la escorrentía, también se demostró que los pavimentos permeables son soberanamente eficientes para eliminar el fósforo total, pero son más, ineficientes para eliminar el nitrógeno total. Como dato final indican que los pavimentos permeables son conectores prometedores como una estrategia para gestionar la escorrentía, por

lo que indican que tiene una eficacia en el filtrado de aguas residuales de minas ácidas y áreas agrícolas, y la reutilización de la escorrentía en la agricultura.

Los autores Becker y Pinheiro según su postura concluye que la escorrentía provoca inundaciones en zonas urbanas e indican el aumento de contaminantes, por ello demostraron la colocación de un pavimento permeable ya que es más eficiente y ayudaría más en la retención de contaminantes en el agua y tiene más características que otros pavimentos. Como postura de los pensadores están a favor de la postura realizada por los autores brasileños, ya que este ayudaría a las zonas que son más afectadas por estos problemas y previene que los procesos naturales del ecosistema afecten al país, ya que se sufre mucho de estas causas.

g) Postura 7:

En el mundo lo que se busca es la reducción de la contaminación ya que es un problema fuerte por ello se están aplicando en diseños como un uso y prueba de las características que se pueden surgir es por eso que en el siguiente artículo hablan de un pavimento permeable reciclado para la reducción de contaminantes y su apoyo al medio ambiente.

Martins, Fukaya, Martins (2018) indican que con el aumentado de oportunidades de venta en la construcción civil, por eso indican que es necesario desarrollar nuevos productos, este artículo consiste en proponer un estudio manejando plástico reciclado, el objetivo de los autores es reducir el volumen de los residuos sólidos en la ciudad. Según los autores se usó para el trabajo, plásticos de botellas de mascotas, además que indican que los materiales fueron probados en un laboratorio, en la cual se plantearon los criterios necesarios para la aprobación y los resultados obtenidos muestran que el 99.5% del agua pasa a través del material indicado por lo que es muy aprobatorio.

Además, los autores indican que los resultados alcanzados con respecto a La resistencia a la abrasión, la limpieza, la resistencia al ataque de agentes químicos y la apariencia de la superficie fueron perfectas y buena para reducir el desperdicio de plástico en las ciudades por lo que los autores indican como dato final es ayudar en el drenaje urbano, ya que contribuiría a la escorrentía y, además, disminuiría el volumen de residuos sólidos.

Por lo que indican en el siguiente artículo la postura de los autores Martins, Fukaya y Martins que concluyen que el pavimento permeable con recursos reciclados de materiales y diversas cosas ayudarían al medio ambiente y drenaje en dicho pavimento por ello demostraron dicha planeación en los laboratorios y tuvieron resultados buenos donde demostraron la resistencia que fue perfecta y ayuda mucho al drenaje y a la escorrentía donde el agua pasa con normalidad. Los pensadores estuvieron conformes con el aporte de los autores ya que ayuda al medio ambiente y a la implementación de dicho pavimento propuesto contra la contaminación y mejoramiento.

h) Postura 8:

En los cambios del medio ambiente que sufre en todas partes del hermoso Perú, Es el medio por un cambio en el modo que se emplea el pavimento, en las siguientes investigaciones sobre este concreto también es brindar el madejo de diferentes tipos agregados los cuales son posibles de llegar a la misma permeabilidad para que se tenga un buen drenaje el cual también es posible gracias a su desempeño al material que se trabaja ya que es posible cambiar el diseño para tener un mejor medio ambiente también como lo explican los siguientes autores:

Hayato, Masaru y Kazumasa (2015) dado que el pavimento de concreto es altamente duradero, LCC es más barato que el pavimento de asfalto, y su propagación es deseable desde el punto de vista de reducir los costos de mantenimiento del capital social. En los últimos años, los agregados naturales se han agotado, y la corriente principal de los agregados de concreto se está transformando en piedra triturada. Además, se requiere el uso de agregados de escoria desde el punto de vista del uso efectivo de los recursos.

Por lo tanto, en este estudio, se investigó el concreto de pavimento con un total de 12 tipos de agregado grueso, 1 tipo de grava, 2 tipos de arenisca dura, 1 tipo de andesita, 4 tipos de piedra caliza, 3 tipos de escoria de alto horno y 1 tipo de escoria de oxidación de horno eléctrico. Se probaron flexión, compresión, resistencia a la tracción dividida y resistencia al desgaste. Como resultado, incluso si se usaran varios agregados gruesos, las resistencias a la flexión y a la compresión y las resistencias a la tracción por flexión y división.

Aunque el pavimento de concreto tiene solo alrededor del 5% de la porción del pavimento, tiene una mayor durabilidad en comparación con el pavimento de asfalto, por lo que los costos del ciclo de vida pueden ser suprimidos. Por lo tanto, desde la perspectiva de reducir los costos de mantenimiento del capital social.

Se espera que se utilice en el lugar. En comparación con el concreto ordinario, el concreto de pavimento general tiene una depresión más pequeña y el tamaño máximo de agregado grueso. Tiene una gran (Gmax) de 40 mm y una gran cantidad de agregado grueso. El agregado grueso del concreto se ha agotado del agregado natural desde alrededor de 1970, y las piedras trituradas hechas de arenisca y andesita se han utilizado como el agregado grueso principal.

En los últimos años, es difícil asegurar agregados de buena calidad incluso para piedras trituradas y es necesario considerar el uso de agregados de piedra caliza y agregados de escoria para pavimento de concreto. Además, hay pocas fábricas de concreto premezclado que manejan agregado grueso Gmax 40mm, y en general, se usa principalmente Gmax20 / 25mm (p. 107).

Como bien lo mencionan en el cual es los estudios con todo el agregado más accesible a mayores de 40 mm para una óptima compresión para el cual se maneja mejor con el concreto en el pavimento y también es para el medio ambiente en los cuales son los óptimos al manejo del agregados cercanos a los ríos son más drénales al pavimento permeable y a un mejor medio ambiente, entonces podemos dar una desplante sobre el autores Takinami y Kazumasa sobre la cantidad de agregados para el mejor desempeño para el pavimento permeable al medio ambiente estamos de acuerdo con respecto a nuestra aporte sobre su artículo que explica En comparación con el concreto ordinario, el concreto de pavimento general para el medio ambiente.

i) Postura 9:

La infraestructura verde de aguas pluviales, como el sistema de pavimento permeable (SPP), se ha utilizado ampliamente en la gestión de aguas pluviales urbanas. En comparación con los sistemas de pavimento convencionales, SPP muestra una eficacia generalizada en la reducción de la cantidad de escorrentía,

retrasando el flujo máximo y reduciendo las tasas de escorrentía máxima debido a sus altas tasas de infiltración de superficie. Además, este tipo de estructuras viales pueden reducir las concentraciones de varios contaminantes de aguas.

Para investigar las características de seis materiales de superficie diferentes los autores Li, Li, Zhang, Li, Liu, Li y Zhang (2017) usaron la fluorescencia de rayos X (XRF) para evaluar la composición química principal en los materiales debido a que las principales composiciones de los materiales de superficie son muy diferentes. Para el asfalto poroso, el hormigón poroso, el ladrillo de cemento y el ladrillo a base de arena, CaO, SiO₂ y MgO fueron componentes principales, con un contenido de 54, 20 y 12% en asfalto poroso; 54, 20 y 10% en hormigón poroso; 51, 24 y 11% en ladrillo de cemento; y 47, 28 y 15% en ladrillo a base de arena, respectivamente. Se consideraron cambios del valor del pH en el fluente donde valores altos o más bajos causarán un gran daño al ambiente de las aguas superficiales.

También cambios en TSS donde se demostró que la alta concentración de TSS no solo conducirá a una alta turbidez en el agua, sino que también provocará el problema de la obstrucción de la tubería, también los cambios de DQO el cual es un índice de importancia que en exceso causará la degradación del contenido de oxígeno disuelto del agua, resultando agua negra y olorosa, otro cambio que se tuvo en cuenta es el del NH₄-N al estar presentes en índices elevados en aguas urbanas causará una gran cantidad de algas en el agua, causando eutrofización, otro de los cambios que se considero es el de NO₃-N el cual no es tóxico, pero se convertirá en nitrito, poniendo en peligro la salud humana, los cambios de TN presentes en un fluente es un indicador importante del monitoreo de la calidad del agua donde una concentración demasiado alta o demasiado baja conducirá a cambios en el entorno del agua de la comunidad, lo que provocará la contaminación del agua.

Finalmente, otro cambio que consideraron es de TP el cual es uno de los índices más importantes del agua superficial; Demasiado fósforo descargado en el agua conducirá al crecimiento y reproducción anormales de organismos y plantas acuáticos, se añade también que los asfaltos porosos muestran grandes ventajas en la eliminación de contaminantes de la escorrentía. Por lo tanto, desde

el punto de vista del tratamiento del agua, el ladrillo de esquisto y el asfalto poroso pueden ser los materiales más adecuados para el PPS (p. 21105-21109).

La postura tomada por el grupo de investigación es a favor de lo manifestado por los autores en el presente artículo ya que se analizaron los diferentes componentes químicos que se encuentran en un afluente y cuyo control se puede realizar a través de la aplicación de los pavimentos permeables cuya principal ventaja es eliminar los contaminantes de escorrentía que encuentran siempre presentes a lo largo de las poblaciones, se debe de recalcar que estos contaminantes no pueden ser eliminados en su totalidad es por ello que el uso de este recurso recuperado ya filtrado puede ser utilizada para actividades urbanas como riego de áreas verdes pero no para el consumo humano, teniendo en cuenta los beneficios mencionados de estas estructuras viales se deduce que el impacto ambiental que ocasionan es positivo, quedando como alternativa de solución en poblaciones donde el recurso hídrico está contaminado y no es aprovechado.

j) Postura 10:

Para gestionar mejor las aguas pluviales en las zonas urbanas, los pavimentos permeables se consideran un sistema de drenaje sostenible que promueve la infiltración de aguas pluviales y retiene los contaminantes de escorrentía que llegan al medio receptor (ríos, lagos, cursos de agua, etc.). En general, un sistema de pavimento permeable típico incluye, desde el fondo hasta la superficie, geotextil o geo membrana, una sub base (piedra triturada, escombros gruesos), una capa base (arena) y una capa superficial porosa (rejilla de pavimento de concreto, hormigón poroso, pavimento entrelazado, asfalto poroso, etc.). En particular, se ha realizado un trabajo de investigación sobre la obstrucción de una capa de pavimento permeable con una capa base compuesta de grava fina con un tamaño de grano de 2 a 5 mm. Por lo tanto, la capa de superficie porosa más común incluye concreto permeable, asfalto permeable, etc.

Las curvas de avance obtenidas por los experimentos de trazadores realizado para los dos espesores de pavimento planteados por los autores Bentarzi, Ghenaim, Terfous, Wanko, Feugeas, Poulet y Mosé (2015) fueron de 40 cm y 60 cm a diferentes velocidades de alimentación. Al aumentar el caudal a 50

l/h, las curvas se superponen, esto significa que, a esta velocidad de flujo la adición de compost no tiene un efecto notable en el flujo de agua dentro del material. Esto se debe a la interacción entre el aumento de las fuerzas capilares debido a la adición de abono y a la mayor tasa de flujo que a su vez conduce a un aumento de la tasa de infiltración del marcador. Se trazaron histogramas para cada parámetro calculado a partir de cada muestra respecto a la evolución de los parámetros hidrodinámicos en función de la velocidad de flujo, se muestra un proceso progresivo disminución del tiempo medio de residencia y estadística dispersión cuando aumenta la velocidad de flujo, a diferencia de tasa de infiltración promedio (p. 690).

Después de un análisis a los resultados presentados por los autores los integrantes del presente grupo de investigación dan su postura a favor debido a que plasman información relevante en cuanto a consideraciones de diseños amigables con el planeta se propongan, es decir se realizaron diferentes pruebas utilizando un tipo de compost donde se determinó que no tiene un efecto notable en el flujo de agua dentro del material, es decir que en cuanto a la capacidad de permeabilidad se mantiene a pesar de utilizar un material elaborado de materiales biodegradables, esta principal propiedad de los pavimentos permeables es de importancia debido a que reducen por infiltración la contaminación de agentes externos que se encuentran en las calles como aceites de motor, aguas con algún componente químico como detergentes y material orgánico como animales muertos o plantas en descomposición.

En síntesis, se plateó un tipo de diseño considerando la utilización de un material que es amigable con el ambiente, cabe recalcar que al añadir dicho componente se perderá resistencia en el pavimento es por ello que su mejor forma de aplicación es para transitabilidad peatonal y para ciclo vías donde está claro que la resistencia en estos casos no son determinantes debido a que las cargas que soportaría el pavimento ni siquiera llegan a ser moderadas.

3.4. Verificación del cumplimiento de la Normatividad Nacional e Internacional:

Tanto los diferentes tipos de pavimentos típicos que existen como las alternativas innovadoras de pavimentos deben cumplir con la normatividad

establecida nacional (Norma CE.010) e internacionalmente (Normas ACI y del ASTM) referente a los pavimentos urbanos. Por consiguiente, a continuación se mencionará algunas posiciones de autores donde presentan mediante a qué normativas se debe adecuar los investigadores para poder realizar el diseño de un pavimento permeable.

a) Posición 1:

Se conoce que el pavimento permeable en el Perú aún no ha sido construido por diversos factores, y entre ellos se encuentra el desconocimiento de las normas relacionadas con este tipo especial de pavimento. Por ello, uno de los trabajos peruanos que expresaron conocimientos de países internacionales para dar opción a aplicarlos en el país está en relación con la tesis ejecutada por Esquerre y Silva (2019), titulado “Propuesta de diseño de pavimento drenante para la captación de agua de lluvias en zonas urbanas del norte del Perú” en donde se elaboró un planteamiento de concreto permeable para ser utilizado como una opción a la atracción de aguas de lluvia en pavimentos urbanos de tránsito moderado en la región norte del Perú. Su diseño fue de tipo experimental. El experimento consistió en 11 pruebas de concreto permeable, las cuales fue elegida una de ellas para ser aplicada como una alternativa de solución de pavimento rígido. Sus resultados evidenciaron que la resistencia a la compresión fue de 280 kg/cm², un módulo de rotura de 42 kg/cm² y pudo llegar a filtrar hasta 60 litros/m²/min, cumpliendo con la Norma Peruana CE.010.

Aquí el autor se puntualizó netamente a encontrar el tipo de concreto conveniente que desempeñe adecuadamente los requisitos estipulados por las normas del ACI y adecuándolas a la norma CE.010 y llegó a la resistencia y filtración apropiada. Se verificó que los ensayos realizados fueron los correctos, al igual que los tipos de norma usadas. Sin embargo, los investigadores del artículo de revisión literaria no se encuentran de acuerdo del todo con este autor, el inconveniente que se ha tenido fue en la ubicación, a pesar de que la ciudad del autor y la ciudad de Huaraz se encuentren en el mismo país, el tipo de suelo del Norte es muy distinto a la parte Sierra del Perú. Según lo indagado, en el Norte del Perú el suelo es de tipo arena tipo limo, en cambio en Huaraz el tipo de suelo es gravas en una matriz de arena tipo limo-arcilla.

b) Posición 2:

Como todo proyecto y construcción debe cumplir ciertas normas para su planeación además de las conclusiones que surgen usando una norma por ello en el siguiente artículo se plantea un pavimento rígido permeable usando una norma que ayude a cumplir requisitos de una buena resistencia en un pavimento urbano.

Bautista (2018) habla de un diseño de un pavimento rígido permeable para la evaluación de aguas pluviales siguiendo la norma del ACI 522r-10 se puede observar también que esta implementación es poco conocida en el Perú, según el autor esta investigación habla sobre conocer más sobre este pavimento además muestra las características que tiene este pavimento y como ayudaría a las zonas ya que no es como otros pavimentos que cuando llueve se hacen charcos o inundaciones. Lo que el autor desea es verificar la capa de rodadura del pavimento si podría cumplir los requisitos de resistencia para que se considere como vía local de acuerdo al RNE, Norma CE. 010 pavimentos urbanos.

Lo que indica el autor Bautista en su postura es que concluye la verificación y diseño de un pavimento rígido permeable si es que cumple con los requisitos de resistencia para comprobar si es una buena vía local según el RNE, Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos. Los investigadores están de acuerdo con la postura del autor y su diseño, ya que si se podría ayudar mucho con la transitabilidad de zonas donde hay alta demanda de agua pluvial, esta investigación podría innovar al país ya que es muy poco tocado sobre el pavimento permeable, se podría aprovechar con los beneficios que tiene dicho pavimento usando las normas correspondientes.

c) Posición 3:

Para poder seguir una secuencia y respetar las normativas que ayuden a la elaboración del concreto permeable, que es el principal componente del pavimento permeable, se deben seguir diferentes cuantificaciones para poder realizar una mezcla adecuada para permitir la filtración del agua hacia el pavimento permeable. Tal es el caso del autor Cabello, Zapata, Pardo, Romo, Campuzano, Espinozal y Sánchez (2015) los cuales ejecutaron una revisión de literatura en la que explicaron acerca de los parámetros que se necesitan para poder realizar una adecuada dosificación para mezclas permeables que faciliten

el drenaje pluvial, también expusieron los protocolos y aspectos adicionales para la elaboración experimental del concreto poroso.

Los resultados que se pudieron obtener de este trabajo de revisión es que en la parte granulométrica se debe tener por lo menos un grano de tamaño de 10 mm para permitir una adecuada terminación superficial, el cemento debe de tener una dosis recomendable en un rango de 350–400 kg/m³, la dosis de agua tiene una gran efecto en las propiedades de la mezcla, la relación agua/cemento debe encontrarse en un rango de 0.3 a 0.6 y el contenido de vacíos depende del agregado que se va a utilizar, con un agregado de 10 mm va a estar en un rango de 15 a 25% de huecos, mientras que una roca de 12 mm produce de 30 a 40% de contenido de vacío con una superficie más áspera (p. 41).

Del trabajo investigado se puede destacar los parámetros conseguidos para poder elaborar un concreto poroso para la elaboración de un pavimento permeable, también fue importante mencionar la indicación de los ensayos que se deben realizar para tener un concreto poroso adecuado. Por este motivo es que los investigadores están de acuerdo con la postura de los autores, porque se necesita saber los parámetros y normativas que se tienen que usar para la elaboración de un concreto drenante, que es uno de los vitales componentes para la ejecución de un pavimento permeable.

d) Posición 4:

Claramente, al referirse a la verificación de la normatividad no solo se refiere a los ensayos que se deben realizar, también tiene que ver con las entidades que apoyan a los proyectos referidos a los recursos hídricos, que en esta oportunidad son las aguas pluviales. En el caso del autor Molina (2015) se elaboró una revisión de literatura fundamentado por investigaciones y documentos oficiales de algunos países de Europa en donde generaron estrategias y normativas para disminuir las inundaciones en las ciudades urbanas. Los resultados que se obtuvieron de este trabajo fue la indagación de cinco países europeos: En Dinamarca se indagó que se tienen políticas nacionales y locales relacionadas al manejo y aprovechamiento del agua pluvial.

En Suecia, se tienen planes estratégicos de carácter nacional como la Dirección General de Carreteras y la Agencia para el Medio Ambiente que plantea

diseños para una correcta gestión de aguas pluviales en las vías. En Bélgica, las políticas para la gestión del recurso ya son parte de los reglamentos en la normativa urbana. En Francia, la entidad que apoya el uso del recurso pluvial es el Ministerio de Ecología, Desarrollo Sustentable y Energía el cual genera documentos oficiales, proyectos y estrategias de la protección de aguas pluviales. Finalmente en Suiza, es uno de los más antiguos con respecto a la legislación a favor de las aguas de escorrentía por lo que se exige que los constructores deban presentar a las autoridades una correcta aplicación de las normativas para recién poder obtener el permiso de construcción (p. 127-135).

De este artículo se puede decir que estos cinco países que mencionó Molina el tema de la recolección de aguas pluviales ha sido apoyada algunos recientemente y otros desde ya décadas atrás. Por lo que los investigadores están en total acuerdo con los autores que postularon, puesto que, para poder iniciar una propuesta de diseño se debe tener el apoyo nacional y regional necesario. Según investigaciones, el ente que es encargado de la gestión del recurso hídrico nacional es la Autoridad Nacional de Agua, por lo que se deben revisar y verificar qué normativas aplicar para poder realizar un proyecto para la ejecución de un pavimento permeable.

3.5. Diseño de un pavimento permeable:

Es de conocimiento que para poder considerar el diseño de un pavimento permeable se tiene que considerar su correcto compactado y el material utilizado determinara la resistencia, durabilidad y permeabilidad que dependerán directamente de factores externos como el índice medio vehicular, tipo de suelo y características ambientales que se tienen que considerar para una aplicación eficiente, hoy en día se buscan la mejora de los suelos cuya composición poseen diferentes características, para que de esta manera puedan ser aplicadas en el mundo de la infraestructura vial.

a) Alternativa de diseño 1:

El incremento de superficies impermeables son consecuencia del crecimiento poblacional donde la construcción de suelos urbanos altera el ciclo hidrológico natural de la zona geográfica de incidencia, donde los principales

problemas en época de lluvias son la alteración de los niveles freáticos que existen al verse reducido el aporte natural del recurso hídrico al subsuelo y el aumento de la escorrentía superficial donde los caudales de las redes colectoras sobrepasan sus capacidades, además de estos dos problemas es muy frecuente que las aguas residuales como las pluviales se recojan en una red colectora donde el incremento del agua contaminada se eleva en temporadas de lluvias contaminando los suelos.

En la parte de los resultados los autores Calama, Calama y Cañas (2018) mencionan que antes de empezar un proyecto donde se involucren unos SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) se tiene que tener en cuenta las condiciones hidrológicas del barrio donde se estudia el comportamiento del agua en la superficie del suelo, en momentos donde existan precipitaciones es el ideal para poder comprobar cuál es el volumen del recurso que fluye y que cantidad del mismo se infiltra al subsuelo, de esta manera poder realizar el cálculo de la cantidad de agua que puede ser almacenada para su uso, es de importancia tener en cuenta la permeabilidad del suelo para poder hacer el cálculo del caudal de infiltración.

Sin embargo el objetivo de los autores es recuperar el agua de lluvia, almacenarla y utilizarla en labores urbanas que no requieran agua de mayor calidad por consiguiente lo que interesa es conocer la superficie del terreno para ser tratada como un sistema de drenaje donde se pueda recoger una cantidad suficiente en relación a lo previsto y poder almacenarla en depósitos de retención, los autores en este punto consideran un diseño de drenaje donde el caudal de diseño Q (m^3/s) es la igualdad del producto del coeficiente de escorrentía (C), intensidad media (I), área de la superficie drenada en metros cuadrados (A) sobre un coeficiente (K) que es el incremento del 20% del caudal.

Para la obtención de cada parámetro mencionado en las fórmulas los investigadores manejaron parámetros hidrológicos como es el tiempo de retorno de las precipitaciones donde se estimaron y se plasmaron los resultados en un hidrograma donde se plantean tiempos de retorno de 0.1, 1 y 10 años para poder obtener los datos necesarios que serán de importancia para el diseño de un sistema de drenaje permeable. Consideraron también la caracterización del agua recogida donde datos como la materia orgánica, sólidos en suspensión,

microorganismos, contaminación biológica y metales pesados fueron evaluados en laboratorios especializados cuyos resultados se plasman en el artículo publicado.

La elección del sistema en esta área geográfica parte del análisis de cada barrio urbano siguiendo los criterios que se plasman en la publicación citada, en cuanto a los sistemas para captación e infiltración del agua se recomienda la construcción de suelos permeables, en zonas como las peatonales y carriles para bicicletas se consideran adecuados los pavimentos permeables o drenantes, incorporando al diseño un firme rígido con una capa de 20 centímetros de material sintético poroso para que el agua pueda infiltrarse al subsuelo como se muestra en la figura 4 de este diseño (p. 6).

La postura tomada por el grupo de investigación es a favor de los autores citados debido a que también responden a los objetivos específicos del trabajo, en cuanto a la permeabilidad se expone lo siguiente, si se considera aplicar un pavimento permeable en una determinada zona, un factor de suma importancia que se tiene que considerar es el análisis de la hidrología de dicho lugar, debido a que con estos datos se va a poder diseñar un concreto óptimo y funcional que se acople a la realidad y características geográficas y así designar su utilidad que puede ser para uso peatonal, uso en ciclo vías y en caso la realidad y el tipo de suelo lo permita en usos como superficies de rodadura donde se va a considerar un tráfico vehicular bajo a moderado porque ya es de conocimiento la debilidad de este tipo de pavimento.

El manejo del recurso hídrico es un tema que se puede considerar dentro del punto de impacto ambiental el cual es otro objetivo específico del presente artículo de revisión literaria donde los autores indirectamente están dando a conocer un impacto positivo al medio ambiente al reutilizar y almacenar el agua drenada por este sistema planteado, esta preservación del agua puede ser utilizado para cubrir necesidades urbanas dentro de la población donde se requiera de este recurso sin mayor calidad o algún tipo de tratamiento.

b) Alternativa de diseño 2:

En estos tiempos, el mundo se encuentra en la etapa de adaptación con respecto a la mejora del medio ambiente, por ello existen diversas investigaciones

con respecto al incremento de los suelos con materiales ecológicos (reciclados), tal es el caso de la siguiente investigación donde se evalúa y analiza la reutilización de diferentes tipos de materiales para poder ser utilizados en esta rama de la ingeniería.

Los autores Etxeberria, Gonzales y Galindo (2016) plasmaron sus resultados de las propiedades físicas y mecánicas que se obtuvieron por los concretos porosos elaborados en su totalidad de áridos reciclados mixtos cuyos datos obtenidos en 7 días de edad son absorción 28%, densidad seca 1.49 (kg/dm³), densidad SSS 1.91 (kg/dm³), densidad aparente 2.57 (kg/dm³), poros accesibles 41.88%, poros de permeabilidad instantánea 17.96%, compresión 4.26 (Mpa) y flexión (no se obtuvieron datos) (Mpa) y con 28 días son absorción 27.10%, densidad seca 1.50 (kg/dm³), densidad SSS 1.91 (kg/dm³), densidad aparente 2.53 (kg/dm³), poros accesibles 40.66%, poros de permeabilidad instantánea 18.10%, compresión 4.17 (Mpa) y flexión 1.11 (Mpa).

De estos datos recolectados la interpretación de los autores es de que estas propiedades del hormigón poroso en un periodo de tiempo son mínimas debido a la altísima cantidad de vacíos del hormigón, la porosidad del hormigón reciclado fue muy elevada alcanzando un 40% en consecuencia las densidades obtenidas son muy bajas, esto lleva a manifestar que los poros milimétricos presentan una buena conectividad que genera esa permeabilidad para poder infiltrar el agua que queda por circular en la superficie.

La Asociación de Cemento (Cement Association) da rangos con respecto a la compresión que oscilan entre 3,5 MPa a 28 MPa el cual depende de la aplicación que se la quiere dar y en flexión 1 MPa a 3,5 MPa, por esta razón son considerados aceptables los resultados alcanzados donde se obtienen valores 4,26 y 4,17 MPa en cuanto a la resistencia a compresión a los 7 y 28 días de edad, respectivamente, y de 1,11 MPa en resistencia a flexión.

En cuanto a la permeabilidad los valores obtenidos a los 28 días de edad son bastante superiores a los considerados valores que son habituales de 0.2 cm/s a 0.54 cm/s. Las pruebas que se realizaron in situ se comprobó que las zanjas que drenan se colmataron ligeramente a una pequeña superficie donde se logró una permeabilidad (0.33-1.80 cm/s) que son muy inferiores a los alcanzados con el pavimento permeable (22.31-24.50 cm/s) a los 28 días (p.9).

La opinión que vierte el grupo de investigación es a favor de los autores debido a que estos respaldan lo planteado en los objetivos del presente trabajo investigativo con respecto al impacto ambiental de un concreto permeable, porque estos estudiosos llegaron a resultados prometedores con material árido reciclado y sobre todo que se encuentran dentro de los rangos de resistencia ya pre establecidos, se resalta la iniciativa de los autores al reutilizar diferentes materiales que se consideraban inservibles ya que con esta propuesta se da solución a dos problemas, uno de ellos es que se reduce el impacto ambiental debido a que es un material reutilizado para beneficio de una determinada población.

Así mismo otro problema que se soluciona es que al ser un hormigón poroso y con una resistencia aceptable se puede usar como alternativa de pavimentación en zonas con incidencias de lluvias frecuentes pero con una carga vehicular media a baja debido a que la porosidad resta resistencia a la estructura del pavimento permeable, es por estos motivos que se coincide y se respalda los resultados experimentales expuestos por los autores.

c) Alternativa de diseño 3:

Muchas de los artículos encontrados inquietan con la mejora del pavimento permeable, agregando mejoras para una mejor permeabilidad o mejor resistencia, en el artículo elaborado por Martins, Lopes, Ohnuma y Da Silva (2017), explican que este trabajo consistió en el cálculo del flujo de escorrentía y el diseño de técnicas compensatorias por el método de la curva envolvente para tres diferentes condiciones: sin ninguna modificación, con implementación de trinchera de infiltración y con ejecución de trinchera de infiltración y pavimento permeable.

Los productos dieron como resultados flujos de 400, 200 y 30,2 litros por segundo para el pavimento sin ninguna modificación, para un pavimento con trinchera de infiltración y para un pavimento permeable con ejecución de trinchera de infiltración respectivamente, las cuales demuestran que la trinchera de infiltración y el pavimento permeable en conjunto son totalmente eficaces para la reducción de la escorrentía.

Con respecto a lo indicado por los autores de la segunda alternativa de diseño, se examina que el pavimento permeable es muy significativo para una

ciudad en donde existe presencia de lluvias, pero debido a los estudios en laboratorio se llegó a la conclusión de que otorga un mejor funcionamiento si trabaja conjunto con una zanja de infiltración.

Para poder llegar a un acuerdo con la postura de los autores, se debe saber que las trincheras de infiltración solo se pueden usar en áreas pequeñas, tal como puede ser una calle, un pasaje, es decir, vías de transporte que tengan un bajo índice de demanda vehicular y el suelo no debe ser de tipo arcilloso o por lo menos no debe de ser un suelo que provoque la acumulación de sedimentos. La ciudad de Huaraz es un lugar con un tipo de suelo gravoso con una pequeña escala de arena limo-arcillosa y si se lograría aplicar a muchas calles con un índice de tráfico vehicular liviano. Por esta razón es que los investigadores del presente artículo están conformes con Martins, Lopes, Ohnuma y Da Silva, puesto que esta opción también merece presentarse como propuesta de diseño.

d) Alternativa de diseño 4:

En el siguiente artículo elaborado por el autor Covarrubias (2016), explica sobre los pavimentos permeables típicos que se usan en otros países, en la que indica los tipos de capas subyacentes que se usan con los materiales en un pavimento permeable además se detalla que hay otra forma de construir dicho pavimento que se basa en piedra, concreto y adoquines de plástico formando un patrón de rejillas. Según el autor esta construcción típica aumenta la permeabilidad y permite que el agua de lluvia se pueda infiltrar de manera rápida de tal manera que no pueda escapar, una observación del autor es que este sistema no provee una capacidad estructural substancial por ello su aplicación es limitada (p. 12-15).

Mediante la observación por lo que indico el autor es que el pavimento permeable típico tiene diferentes capas subyacentes para el proceso que tiene dicho pavimento además de sus materiales que se usa en el diseño, el autor da una alternativa diferente que se podría usar con piedra, concreto y adoquines de plástico esto para que tenga una mejor permeabilidad esto se podría usar en zonas del país donde llueve mucho como en el norte haciendo que el agua de la lluvia se infiltre de manera rápida y ayude a los pobladores y aprovechar esa agua

para las cosechas, además indico que este sistema no provee una capacidad estructural substancial por ello dijo que es limitada.

e) Alternativa de diseño 5:

Lo que todo ingeniero es desarrollar un pavimento donde transcurra con normalidad el agua y no se aglomere en las calles y mandar el agua al desagüe por ello se crea un pavimento con combinación de diferente pavimento para tener un pavimento que apoye a estas cusas y obtén un mejor funcionamiento eso es lo que detallan en el siguiente artículo.

Los autores Uco, Hernández y Quen (2018) explican presentar la utilización de un sistema constructivo de pavimentación en las calles y zonas donde presentan inundación debido a las lluvias y además de desprendimiento de pavimento asfaltico a causa de las cargas ejercidas, los autores debido a las condiciones climáticas de su país intentan realizar un pavimento de dos tipos implementando el uso de un desagüe más efectivo para que transcurra el agua.

Según lo que indican está compuesto de 70% pavimento asfaltico y 30% concreto permeable, ellos indican que se enviará el agua a un desagüe situado bajo la misma calle y que llevará el volumen de agua subterráneamente evitando las afectaciones a las carreteras y caminos por este líquido vital. Uno de los beneficios que tendría la aplicación de este nuevo diseño radica en el tiempo de vida que se podría alargar para el asfalto en estas zonas, debido a sus características del concreto permeable el flujo constante de agua representa un mantenimiento constante para dicho material; por lo que indica que es importante tener en cuenta que solo se puede usar en ciertos lugares con determinadas características (p. 18-21).

Según lo observado por los autores Uco, Hernández y Quen concluyen que quieren crear un pavimento mixto con un sistema ante inundaciones implementando un desagüe más efectivo para las zonas que sufren por lluvias altas esto hará que lleve el volumen de agua subterráneamente evitando las afectaciones a las carreteras y caminos por este líquido vital. Por ello llevan a cabo este diseño, ya que tiene más tiempo de vida, además que debe ser usado en lugares con ciertas características, como postura de los investigadores están conformes con la idea de los autores ya que sería efectivo en zonas donde llueve

fuerte y eficaz e innovador de paso un aprovechamiento de esa agua y ayudando mucho a las zonas que sufren de estas inundaciones de paso este pavimento debe tener un cierto mantenimiento constante.

f) Alternativa de diseño 6:

Gaedicke, Marines, Mata y Miankodila (2015) indican que su objetivo fue evaluar los materiales reciclados y escoria de alto horno en varias probetas de hormigón permeable, según los autores hay dos métodos de compactación que son la energía de compactación fija y la porosidad fija donde sacaron la permeabilidad, según lo hallado por los autores el uso de la escoria de alto horno no afecta negativamente la permeabilidad o resistencia a la compresión y al contrario mejora la relación de reflectancia solar en el hormigón en pocas palabras según lo mostrado en el artículo el uso de materiales reciclados mejora las propiedades mecánicas.

Como bien concluyen los autores Gaedicke, Marines, Mata y Miankodila el uso de materiales reciclados mejorando las propiedades mecánicas ya que los materiales reciclados no serían una desventaja, sino que al contrario se podría aprovechar y tener un mejor uso del pavimento según los autores. Los presentes investigadores se encuentran a favor de la postura de los autores Gaedicke, Marines, Mata y Miankodila, puesto que hicieron que el pavimento tenga buenas características en la permeabilidad y en la resistencia al mismo tiempo mejorando el medio ambiente, muy aparte que este tipo de pavimentos especiales tienen un buen aprovechamiento del material reciclado y una ventaja al progreso.

g) Alternativa de diseño 7:

En la revista de Construcción y Tecnología en Concreto donde el autor Aire (2016) indica que Costa Rica fue una de las sedes de una serie de conferencias sobre el tema de sustentabilidad y concreto en el cual el autor indica que los pavimentos permeables fueron tema obligado y de gran relevancia en la infraestructura vial en dicha conferencia. Además, que se diera a conocer en dicha conferencia sobre un experimento realizado en fechas recientes en el país de Puerto Rico, donde indican que se trabajó con novedosas tecnologías de

ingeniería civil para resaltar la manera de lograr una mejor “infiltración de agua y la disminución de la escorrentía” en el pavimento permeable.

Según la postura del autor Aire, se puede concluir que en la conferencia de Costa Rica además de hablar sobre la sustentabilidad y concreto hablaron sobre el pavimento permeable y su importancia en la infraestructura, además resalta sobre un diseño que se experimentó en Costa Rica que trabajaron con tecnología avanzada para lograr una mejor infiltración de agua y la disminución de escorrentía. Los autores peruanos se encuentran de acuerdo con las posturas de Aire, porque esto podría ayudar mucho a los países que sufren de fuertes inundaciones y lluvias así como es el caso del Perú en épocas de lluvias y desastres naturales como el Fenómeno de El Niño esto traería buenos resultados a la infraestructura vial peruana.

3.6. Preguntas Emergentes de la investigación:

A partir de la revisión exhaustiva de los artículos de revisión literaria, surgen alguna que otra incertidumbre generando varias interrogantes que se generan a lo largo de la investigación a partir los resultados publicados por los diferentes autores citados. Es de importancia seguir investigando sobre los pavimentos permeables ya que a lo largo de lo plasmado por los investigadores estas estructuras generan beneficios sociales y ambientales, así como la aplicación de estos pavimentos que son reguladas por normas nacionales e internacionales para una correcta y optima funcionalidad.

Sin embargo, existe una deficiencia en cuando a su diseño en la parte de la resistencia a la compresión y a la flexotracción debido a la cantidad de vacíos que se existen en su estructura, estas deficiencias no han sido abordadas en los artículos citados de manera técnica y química para que con estos estudios se pueda llegar a obtener una mezcla efectiva que pueda ser aplicada incluso en zonas con un índice vehicular alto con precipitaciones constantes. A partir de las afirmaciones expuestas anteriormente surge la siguiente interrogante ¿Un estudio técnico respaldado con un análisis químico garantizarían un material con alta resistencia a la compresión y a la flexotracción manteniendo la propiedad de permeabilidad en este tipo de pavimentos?

Por otro lado, se encontró otra duda dentro de la investigación que no se llegó a profundizar concretamente la cual abarca el tema sobre el aprovechamiento del agua ante la remoción de contaminantes microbiológicos por medio de los pavimentos permeables cuyo enfoque se relaciona a la purificación y ahorro de dicho recurso, su aplicación beneficia directamente a zonas agrícolas y urbanas aportando tanto en el ámbito económico como en el ambiental. A partir de las afirmaciones anteriores, surge la siguiente pregunta: ¿Es posible diseñar un pavimento permeable cuya red de recolección sea dirigida a una planta de tratamiento de aguas para el consumo humano cuyo costo sea inferior a un tratamiento de aguas convencional?

Un punto que tampoco se ha mencionado es el tema referente al estudio de suelos, cartas hidrográficas de la zona y grados de escorrentía en cada tesis peruana encontrada, se ha analizado que en estos casos estos autores se enfocaron netamente en el análisis del concreto permeable y los respectivos ensayos de la misma, mas no se ha explicado su diseño y aplicación en una vía. El Perú es un país cuya zonificación geográfica es muy diversa, lo que significa que tiene variedad de climas y tipos de suelo, por ello realizar estudios de suelo y realizar la verificación de cartas hidrográficas es vital al momento de diseñar un pavimento permeable adecuado, por ejemplo, no es igual diseñar con datos de Lima que diseñar con datos de Huaraz, ambos tienen tipos de suelo y escorrentía diferente.

Por consiguiente, después del análisis en las afirmaciones anteriores, se manifiesta la siguiente pregunta: ¿Qué tanto varía el diseño de un pavimento permeable al implementar los estudios de suelo y cartas hidrográficas de la zona donde se encuentra la vía a la que se le quiere aplicar?

Otro punto también importante el cual deja con interrogantes es que en las investigaciones analizadas existen reportes donde entidades extranjeras reguladoras del agua controlan el recurso hídrico en el ámbito urbano ocasionado por las precipitaciones cuya recolección es por medio de la implementación de una red de pavimentos permeables, estas entidades invierten presupuestos en estudios e investigaciones que ayudan a un mejor manejo, cuidado y aprovechamiento de dicho recurso, mientras que en el Perú las autorizadas nacionales como la ANA o la ALA no realizan este cuidado de las aguas que se

producen a causa de las precipitaciones en las zonas urbanas, su misión es la preservación de cuencas y el manejo oportuno y responsable del recurso mencionado en estas.

Con lo expuesto anteriormente surge la siguiente interrogante ¿De qué manera las autoridades nacionales reguladoras del recurso hidrológico muestran su preocupación de las aguas pluviales recolectadas en las zonas urbanas?

IV. CONCLUSIONES

- En el presente artículo de revisión literaria se presenta una exploración sistemática de resultados presentada por los autores citados sobre el diseño del pavimento permeable, donde se llegó a la conclusión general de todos los artículos consultados, este diseño conjuntamente con estructuras adicionales serán un gran aporte para la comunidad siempre y cuando cumplan con los requisitos en el sector de estudio de Huaraz. También está considerado como un beneficio para el medio ambiente ya que uno de los propósitos principales de este diseño de pavimento es drenar las aguas priorizando su permeabilidad para no obstruir el ciclo natural del agua, siempre y cuando cumpla los estándares de las normas estipuladas nacional e internacional.
- La búsqueda sistemática se realizó siguiendo la metodológica planteada y explicada anteriormente encontrando propuestas, análisis y alternativas ingenieriles en cuanto la resistencia del pavimento estudiado, relacionado al objetivo específico planteado, dando como resultado 5 opciones de análisis con respecto a la resistencia de este tipo de estructura vial donde los autores coinciden en que la resistencia de este tipo de pavimento es deficiente a la capacidad de soportar cargas muy altas en compresión y flexo tracción a pesar de que se examinaron diferentes agregados, diferentes materiales y diferentes formas de compactación se sigue encontrando este déficit porque la estructura porosa del pavimento hace que pierda esta propiedad de soportar las cargas mencionadas.
- Tal como esta investigación lo ha demostrado, se concluye que la permeabilidad del pavimento permeable tiene unas características y propiedades que son fundamentales para su infraestructura vial ya que ha aportado mucho contra las fuertes lluvias para la prevención de las inundaciones y problemas de escorrentías, realizado dicho análisis cabe resaltar que es un diseño acto ya que contribuye para el mejoramiento y disminución de lluvias y una mejor transatibilidad para la zona Huaraz de dicha investigación.

- Con respecto al impacto ambiental que genere un pavimento permeable, se llega a la conclusión de que este pavimento especial origina un impacto positivo al medio ambiente. Una de las razones es porque contribuye a la disminución de las islas de calor que son ocasionadas por el cambio climático. También restringe los efectos negativos que causa el agua de escorrentía debido a la gran infiltración que este pavimento tiene. Además que mejora la transitabilidad en épocas de lluvia, puesto que reduce la superficie resbaladiza y filtra diferentes tipos de contaminantes que uno encuentra en las calles.
- En definitiva, se ha tomado en cuenta las normas regidas para el diseño de pavimento permeable optadas del ACI, ASTM estas son mencionadas internacionalmente, en lo nacional mencionamos a la Norma CE.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Los cuales nos plantean estrategias en las que se cumplan capacidades que debeos emplear para la delineación de nuestra propuesta de diseño, la autoridad nacional formaliza el proyecto cumpliendo todos los restricciones que desempeñan en las normas. Confirmando que al emplear en el diseño de pavimento estén dentro de estas normas para así estén probos en los criterios requeridos.

V. RECOMENDACIONES

- Con respecto a la resistencia de este tipo de pavimento se recomienda realizar un buen estudio de incidencia vehicular para poder determinar el índice medio anual con respecto a la zona donde se quiera construir y aplicar este sistema de pavimentado, debido a que si este factor es muy elevado no se podrá tener en cuenta esta propuesta, por lo que la mejor opción es aplicarla en lugares donde la afluencia vehicular es baja o moderada. Finalmente se considera el planteamiento en futuras investigaciones la invención de un material resistente a la compresión con solicitaciones técnicas y químicas que cubran este déficit.
- Se propone aplicar en el Perú este excelente de pavimento, para que no se tengan inconvenientes con respecto al problema de lluvias y escorrentías por ello se escogió el pavimento permeable porque es adecuado y maximiza y mejora la transatibilidad, así como también una mejor filtración de agua por ello se requiere hacer más pruebas para que en un futuro sea una infraestructura sustentable para la comunidad.
- Diversas posturas de los autores recomiendan reconocen que el pavimento permeable es considerado como un sistema de drenaje sostenible por lo que es denominado internacionalmente como una infraestructura verde. Actualmente el Perú se encuentra en la fase de adaptación con respecto a la relación del hombre con el medio ambiente, por lo que se sugiere realizar proyectos en función del mejoramiento ambiental es una oportunidad sustentable para beneficiar la calidad de vida tanto de los pobladores de las comunidades en Huaraz, como el ecosistema de la zona.
- Se exhibe en el pavimento permeable solucionar en las exigencias que se cumplen dentro de las normas, estas proponen una información que comprometen a cumplir para el propósito de diseñar. En terrenos como plasmamos en el artículo se elaboran en el concreto drenante, este por ser un tipo incomparable es considerado un trabajo que debe cumplir las normas citadas en la investigación. La elaboración en carreteras es un medio para el desarrollo en los sectores más pluviosos y son reutilizados para su mayor utilización del agua. Por ende, se indica seguir las normas

que se cumplen en lo nacional e internacional para manifestar una buena labor al emplearlas en el diseño.

- Se sugiere aplicar el primer pavimento permeable en la ciudad de Huaraz, porque esta ciudad es una de las tantas que tienen un deficiente sistema de drenaje, pero al ser una ciudad pequeña y de un suelo tipo grava en su mayoría cumple con los requisitos para poder diseñar un pavimento tipo permeable. Cabe resaltar que este tipo de pavimento se debe diseñar para una vía de tránsito bajo por lo que es viable adaptarlas a calles auxiliares o no tan concurridas en Huaraz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AIRE, Carlos. Soluciones con Concreto Permeable. Construcción y Tecnología en el Concreto [en línea]. Abril 2016, Vol.9 nº11. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2020]. Disponible en: <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/abril2016/fuga.pdf>
2. ALSUBIH, Majed, Scott, Arthur, Wright, Grant y Allen, Deonie. Experimental study on the hydrological performance of a permeable pavement. Urban Water Journal [en línea]. Vol 14, nº 4. Abril, 2017 [Fecha de consulta: 17 de junio de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2016.1176221>
ISSN: 1573-062X
3. BASSOLINO, Eduardo. Strategie di rigenerazione urbana clima adattiva: soluzioni progettuali per la resilienza degli spazi pubblici di Napoli. Planum Publisher [en línea]. Junio 2016. [Fecha de Consulta: 18 de junio de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316648352_Strategie_di_rigenerazione_urbana_clima_adattiva_soluzioni_progettuali_per_la_resilienza_degli_spazi_publici_di_Napoli
ISBN: 9788899237080
4. BAUTISTA, Alessandro. Diseño de Pavimento Rígido Permeable para la Evacuación de agua pluviales según la norma ACI 522R-10. Tesis (Ingeniería Civil). Lima: Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería Civil, 2018. 157pp. Disponible en: <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/usmp/4928>
5. BECKER, Nayara, PINHEIRO, Ivone. Potencialidade dos pavimentos permeáveis na melhoria da qualidade da água do escoamento superficial: uma revisão. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana [en línea]. Febrero 2019, Vol 11. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.ao07>
ISSN: 2175-3369

6. BENAVIDES, Eddiel [et al.]. Factibilidad del Concreto Permeable en la Filtración del Agua al Subsuelo. *Cultura Científica y Tecnológica* [en línea]. Vol. 12, nº 55. Enero-Abril 2015. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1042>
ISSN: 2007-0411
7. BENTARZI, Y., GHENAIM A., TERFOUS, A., WANKO, A., FEUGEAS, F., POULET, J. y MOSE, R. Hydrodynamic behaviour of a new permeable pavement material under high rainfall conditions. *Urban Water Journal* [en línea]. Vol 13, nº 7. Octubre, 2016 [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2015.1024688>
ISSN: 1573-062X
8. BOOGAARD, Floris y LUCKE, Terry. Long-Term Infiltration Performance Evaluation of Dutch Permeable Pavements Using the Full-Scale Infiltration Method. *Water* [en línea]. Vol 11, nº 2. Enero-febrero, 2019 [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020]. Disponible en: <https://doaj.org/article/c81cf58878ff40dba99bd8802bb00712>
ISSN: 2073-4441
9. CABELLO, Sandra [et al.]. Concreto Poroso: constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización. Universidad Técnica de Machala [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/4996>
ISBN: 9789942211491
10. CALAMA, Carmen, CALAMA, María y CAÑAS, Cecilia. Rehabilitación hidrológica de barrios a través de sistemas urbanos de drenaje sostenible. *Anales de Edificación* [en línea]. Febrero-marzo 2018, n.º 4. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.20868/ade.2018.3729>
ISSN: 2444-1309

11. CÁRDENAS Eusebio, RODRÍGUEZ Ángel y JAIMES Janner. Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de viabilidades urbanas y en la preservación del recurso agua. *Ciencia Ergo Sum* [en línea]. Vol 24, nº 2. Julio- octubre, 2017 [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doaj.org/article/74a3074bfa314a9aa912fc9a130ba268>
ISSN: 2395-8782
12. CARVALHO, M. [et al.]. Evaluation over time of the mechanical properties of soil-cement blocks used in semi-permeable pavements. *Revista ingeniería de construcción* [en línea]. Vol.31 n. ° 1. Abril 2016. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000100006>
ISSN: 0718-5073
13. COER Ancash en alerta ante posible activación de dos quebradas por lluvias intensas [en línea]. *Agencia peruana de Noticias Andina*. Perú. 1 de marzo de 2020. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-coer-ancash-alerta-ante-posible-activacion-dos-quebradas-lluvias-intensas-786643.aspx>
14. COVARRUBIAS, Juan. La sustentabilidad y el Concreto Permeable. *Construcción y Tecnología en Concreto* [en línea]. Abril 2016, Vol.9 nº11. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.imcyc.com/revistacyt/index.php/contenido/posibilidades-del-concreto/590-la-sustentabilidad-y-el-concreto-permeable>
15. CUTI, Mónica. Lluvias en Arequipa dejan sin hogar a varias familias [en línea]. *La República*. Perú. 16 de marzo de 2020. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://larepublica.pe/sociedad/2020/03/16/lluvias-en-arequipa-dejan-sin-hogar-a-varias-familias-lrsd/>
16. DA Silva, Patricia. Uso do pavimento permeável de concreto para atenuação de cheias urbanas. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro [en

línea]. Febrero 2017. [Fecha de consulta 12 de mayo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.33013>

- 17.** ESQUERRE, Michell y Silva, Héctor. Propuesta de diseño de pavimento drenante para la captación de agua de lluvias en zonas urbanas del norte del Perú. Tesis (Para optar el título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería Civil, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.19083/tesis/625617>
- 18.** ETXEBERRIA M., Gonzales A. y Galindo A. Estudio de la Aplicación del árido Reciclado Mixto en Hormigón Poroso y como relleno de zanjas en la ciudad de Barcelona. Informes de la Construcción [en línea]. Vol. 68, nº 542. Abril-junio, 2016. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.15.062>
ISSN: 0020-0883
- 19.** FALLAS, Aarón. Pavimentos especiales y materiales para suelos en espacios públicos urbanos. Revista Repertorio Científico [en línea]. Vol.19 n. ° 2 Diciembre 2016. [Fecha de Consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.22458/rc.v19i2.2443>
ISSN: 1021-6294
- 20.** FISAC Juan y Perales Sara. Sistemas urbanos de drenaje sostenible y sus usos complementarios como garantes de la accesibilidad universal en la urbanización del Estadio Wanda Metropolitano. Revista de Obras Públicas [en línea]. Nº. 3607, 2019. [Fecha de consulta 21 de mayo de 2020] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6935079>
ISSN 0034-8619
- 21.** GAEDICKE, Cristian, MARINES, Armando, MATA, Luis y MIANKODILA, Farei. Efecto del uso de materiales reciclados y métodos de compactación en las propiedades mecánicas e índice de reflectancia solar del hormigón permeable. Revista ingeniería de construcción [en línea]. Vol. 30 nº3

Diciembre, 2015. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732015000300001>

ISSN: 0718-5073

- 22.** GELONI, Geovana y Arantes, Bernardo. Análise da Permeabilidade e dos métodos de instalação de pavimentos permeáveis contidos em artigos científicos e em catálogos técnicos. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades [en línea]. Vol. 3 n. ° 15 2015. [Fecha de Consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17271/2318847231520151013>

ISSN: 2318-8472

- 23.** GUTIÉRREZ, Eusebio, RODRÍGUEZ, Ángel y JARAMILLO, Janner. Pavimentos Permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua. Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva [en línea]. Julio-octubre 2017. Vol. 24, n. ° 2. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10450491009>

ISSN: 1405-0269

- 24.** HAIYAN, Li, Zhifei, Li, Xiaoran, Zhang, Zhuorong Li, Dongqing Liu, Tanghu, Li y Ziyang, Zhang. The effect of different surface materials on runoff quality in permeable pavement systems. Environmental Science & Pollution Research [en línea]. Vol 24, nº 26. Setiembre, 2017 [Fecha de consulta: 15 de junio de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9750-6>

ISSN: 0944-1344

- 25.** HARADA, Morihiro [et al.]. 大型実験に基づくポーラスコンクリート舗装の雨水浸透過程および流出抑制効果の評価 [Evaluación del proceso de infiltración de agua de lluvia y el efecto de control de la escorrentía del pavimento de concreto poroso basado en un experimento a gran escala]. 土木学会論文集B1 (水工学) [Actas JSCE B1 (Ingeniería del agua)] [en línea]. Vol. 74, 2018, n. ° 4. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020]. Disponible en: https://doi.org/10.2208/jscejhe.74.I_967

- 26.** HAYATO Takinami [et al.]. 各種粗骨材を用いた舗装コンクリートの強度特性及び耐摩耗性に関する研究 [Estudio sobre las características de resistencia y resistencia al desgaste del concreto del pavimento utilizando varios agregados gruesos]. 土木学会論文集E1 (舗装工学) [Actas JSCE E1 (Ingeniería de pavimento)] [en línea]. Vol. 70, 2015, n. ° 3. [Fecha de consulta 24 de junio de 2020]. Disponible en: https://doi.org/10.2208/jscejpe.70.I_107ISSN: 2185 – 6559
- 27.** JATO, Daniel [et al.]. Pavimentos urbanos permeables. Revista de Obras Públicas [en línea]. n. ° 5 Marzo 2019. [Fecha de Consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en: http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2019/2019_marzo_3607.pdf
ISSN: 1695-4408
- 28.** JIMENEZ, Andres y Joya, Jose. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) como gestión integral en la regulación y control de aguas lluvias; caso de estudio sector en la ciudad de Bogotá. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, facultad de Ingeniería, programa de Ingeniería Civil, 2015. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10983/2406>
- 29.** MARTINS, Dayana [et al.]. Aplicação de técnicas compensatórias no controle dos escoamentos superficiais: estudo de caso em loteamento residencial em Jacarepaguá, Rio de Janeiro. Revista Internacional de Ciências [en línea]. Vol. 7 n. ° 1 Enero-junio 2017. [Fecha de Consulta: 13 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.12957/ric.2017.21887>
ISSN: 2316-7041
- 30.** MARTINS, Yago, FUKAYA, Hiroyuki y MARTINS, Aline. Utilização de plástico reciclado para obtenção de um novo pavimento permeável. Periódico Tchê Química [en línea]. Vol.15 n. ° 29 Octubre 2018. [Fecha de consulta: 21 de

junio de 2020]. Disponible en:
http://www.resag.org.br/downloads/utilizacao_plastico.pdf
ISSN: 1806-0374

31. MARUYAMA, Cintia, RIBEIRO, Maria. Pavimentos Permeáveis e Infraestructura Verde. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes [en línea]. Vol. 4 n. ° 9 2016. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17271/231786044920161384>
ISSN: 2317-8604
32. MEDINA, Andrea. Fuertes lluvias aumentaron el caudal de tres ríos en la Amazonía [en línea]. *El Comercio*. Ecuador. 9 de mayo de 2020. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/fuertes-lluvias-caudal-rios-amazonia.html>
33. MENDEZ, Natasha y Mosqueda, María. Estudio de la resistencia del Concreto Permeable para Pavimentos [en línea]. Universidad de Carabobo, Venezuela, 2016 [fecha de consulta: 24 de junio de 2020]. Disponible en: <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/5506>
34. MENDOZA, Eddy y Ospina, Jenny. Mezcla de concreto Permeable como Parte de la Estructura del Pavimento Rígido, Aplicado a Vías de Trafico Medio [en línea] Universidad Distrital Bogotá, Colombia, 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/14127>
35. MOLINA, Luis. Gestión urbana del recurso pluvial: estrategias, políticas y normativa urbana en cinco países europeos. Ediciones Universidad de América [en línea]. Vol. 8, 2015, n. ° 1. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/710>
ISSN: 2011 – 639X
36. ORTEGA, Rosangel, CORONEL, Claudia, MENDIOLA, Liliana, BELTRAN, Rosa, LUCHO, Carlos, VAZQUEZ, Gabriela. Remoción de contaminantes microbiológicos presentes en agua de escorrentía urbana mediante

pavimentos permeables fotocatalíticos. Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología [en línea]. Vol.1 n. ° 2, Diciembre 2017. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2020]. Disponible en: https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Ingenieria_Biomedica_y_Biotecnologia/vol1num2/Revista%20de%20Ingenier%C3%ADa%20Biom%C3%A9dica%20y%20Biotecnolog%C3%ADa_V1_N2_1.pdf
ISSN: 2523-6857

- 37.** PORRAS, José. Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad. Tesis (Para optar la licenciatura en Ingeniería de la Construcción). Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2238/7109>
- 38.** SANCHEZ, Carlos y Feijoo, Eduardo. Propuesta para el almacenamiento y recolección de agua lluvia en zonas urbanas mediante la aplicación de un hormigón poroso [en línea]. Universidad Técnica de Machala, Ecuador, 2019 [Fecha de consulta: 24 de junio de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13872>
- 39.** SANDOVAL, Gersson [et al.]. Correlación de la Permeabilidad y la Porosidad para el Concreto Permeable (CoPe). Revista DYNA [en línea]. Vol. 86, n. ° 209. Abril-junio, 2019 [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.77613>
ISSN: 0012-7353
- 40.** STØVRING, Jan, DAM, Torben y BERGEN, Marina. Surface sedimentation at permeable pavement systems: implications for planning and design. Urban Water Journal [en línea]. Vol 15, n° 2. Marzo- noviembre, 2017 [Fecha de consulta: 16 de junio de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2017.1414273>
ISSN: 1573-062X
- 41.** TERAFIÑO, Branco. Evaluación de las propiedades del concreto permeable en pavimentos especiales, Lambayeque. 2018 [en línea], Pimentel Perú,

2019. [Fecha de consulta 13 de mayo 2020]. Disponible en:
<http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/6425>

- 42.** UCO, Yarizma, HERNANDEZ, Eric y QUEN, Mauricio. Diseño de Pavimento Mixto. Revista de Ingeniería Biomédica y Biotecnología [en línea]. Febrero-Marzo 2018, Vol.2 nº3. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en:
http://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Civil/vol2num3/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Civil_V2_N3_4.pdf
ISSN: 2523-2428
- 43.** ULLOA, Vivian [et al.]. Performance of pervious concrete containing combined recycled aggregates. Revista de Ingeniería e Investigación [en línea]. Vol. 38, Nº. 2, 2018, págs. 34-41. [Fecha de consulta 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6629777>
ISSN: 0120-5609
- 44.** YAMADA, Shunsuke y Shibata, Shozo. 雨庭の降雨流出特性の定量的評価 [Evaluación cuantitativa de las características de escorrentía pluvial del jardín de lluvia]. 日本緑化工学会誌 [Revista de la Sociedad de Ingeniería Verde de Japón] [en línea]. Vol. 43, 2017, n. ° 1. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.7211/jjsrt.43.251>
ISSN: 1884 – 3670