

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**BASES TEORICAS PARA REALIZAR LA INVESTIGACION INFLUENCIA DEL
PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO EN EL
DISTRITO VÍCTOR LARCO, 2018**

**TRABAJO DE INVESTIGACION PARA
OPTAR EL GRADO DE BACHILLER**

AUTOR:

Gustavo Guerrero Soza

TRUJILLO - PERU

2019

I. INDICE

I. INTRODUCCION.....	5
1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte.....	6
1.1.1. Campo temático.....	7
1.1.2. Espacio.....	7
1.1.3. Tiempo.....	7
1.2. Formulación del problema.....	7
1.3. Justificación del tema.....	7
1.3.1. Realidad Problemática	7
1.3.2. Aspectos diferenciados de justificación	8
1.4. Objetivos.....	9
1.4.1. Objetivo General	9
1.4.2. Objetivo Específicos	9
1.5. Procedimientos metodológicos seguidos	9
1.5.1. Técnica de recolección	9
1.5.2. Instrumentos de recolección	10
1.5.3. Fuentes de información	10
II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTION	10
2.1. Antecedentes	10
2.1.1. “Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos” – COLOMBIA	10
2.1.2. “Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, el Carmen, Aramuaca y la pedrera, de la zona oriental de EL SALVADOR”	10
2.1.3. “Diseño de un concreto permeable para la recuperación de agua” – MÉXICO.	12
2.1.4. “Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas” – GUATEMALA.	13
2.1.5. “Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra”	14
2.1.6. “Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando	



agregados de la cantera río Jequetepeque y el aditivo Chemaplast”	15
2.2. Bases teóricas	16
2.2.1. Origen y formación de suelos	16
2.2.2. Clasificación de los suelos	17
2.2.2.1. Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS).	17
2.2.2.1.1. Tamaño de las partículas, según los sistemas de clasificación SUCS.	17
2.2.2.1.2. Suelos finos	20
III. CONCLUSIONES	37
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
V. ANEXOS	40

II. RESUMEN

La presente monografía busca obtener información técnica necesaria para elaborar la investigación Influencia del porcentaje de desperdicio de estructuras de concreto en las propiedades mecánicas de un pavimento de concreto permeable, Víctor Larco, dicha teoría desarrollará el análisis de la influencia reemplazando un porcentaje de agregado de concreto reciclado de la mezcla de diseño evaluando su efecto en las propiedades mecánicas y propiedades hidráulicas, aplicándola para pavimentos de concreto permeable, en el distrito de Víctor Larco. Debido a la enorme proporción de todos los materiales utilizados para la construcción de las obras, se está convirtiendo en un enorme depósito, por lo que la reutilización de ello toma una total importancia, para el desarrollo sostenible y medioambiental.

La teoría necesaria nos proporciona los resultados acerca de cuál es el mejor porcentaje para un pavimento de concreto permeable, el cual demuestran que es de una proporción de 20%, ya que alcanza la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión estándar y necesaria para un pavimento de tránsito liviano, además que se comporta permeablemente mejor como sistema de drenaje

La obtención en el proceso de búsqueda de información se realizó tomando en cuenta el Reglamento Nacional de Edificaciones en especial la Norma E-060, se recolectaron datos, utilizando matriz de datos, aplicando fuentes de información primaria, que resulta de suma importancia en la búsqueda del conocimiento necesario para llevar a cabo la investigación en dicho lugar.

PALABRAS CLAVES

- Concreto Permeable
- Desperdicio de estructuras
- Propiedades mecánicas de un pavimento.

III. ABSTRAC

The present monograph seeks to obtain technical information necessary to develop the research Influence of the percentage of waste of concrete structures in the mechanical properties of a pervious concrete pavement, Víctor Larco, said theory will develop the analysis of the influence replacing a percentage of aggregate of concrete recycling of the design mixture evaluating its effect on the mechanical properties and hydraulic properties, applying it to pervious concrete pavements, in the district of Víctor Larco. Due to the enormous proportion of all the materials used for the construction of the works, it is becoming a huge deposit, so the reuse of it takes a total importance, for sustainable and environmental development.

The necessary theory gives us the results about what is the best percentage for a pervious concrete pavement, which shows that it is of a proportion of 20%, since it reaches the resistance to compression and resistance to the standard bending and necessary for a pavement of light traffic, in addition that behaves permeable better as a drainage system

The obtaining in the information search process was done taking into account the National Building Regulations especially the E-060 Standard, data were collected, using data matrix, applying primary information sources, which is very important in the search of the knowledge necessary to carry out the research in said place.

KEYWORDS

- Permeable Concrete
- Waste of structures
- Mechanical properties of a pavement.

I. INTRODUCCION

El futuro del concreto permeable está sujeta a las nuevas tecnologías, materiales, investigaciones de laboratorio que den el impulso y desarrollo de diseños y especificaciones existentes. Las investigaciones hechas sobre el concreto permeable no han tenido el éxito esperado, ya que existen empresas que lo elaboran, pero no han tenido la demanda que ellos esperaban debido a la poca resistencia a cargas de gran consideración.

“El concreto es el segundo producto de mayor consumo en la tierra, después del agua”, Koji Sakai, investigador, Universidad de Kagawa. En palabras del ingeniero Enrique Pasquel, director ejecutivo de Pasquel Consultores y Control Mix Express, “El concreto, en su composición está el cemento, que tiene muchos problemas con el medio ambiente. Por cada tonelada que se produce de este insumo, se genera una tonelada de CO₂ que va al medio ambiente. El cemento, en ese sentido, al ser el constituyente principal de muchas construcciones, les traslada todo ese problema anti ecológico”.

Hoy en día la actividad de la construcción se ha constituido en un medidor del crecimiento de los pueblos. Cada día es necesario desarrollar proyectos que lleguen a satisfacer las necesidades de los habitantes y que respondan a sus estilos de vida, pero este desarrollo es a la vez un llamado a realizar acciones responsables con nuestro planeta, el cual es cada vez más agobiado y maltratado por las acciones y los estilos de vida que resultan insostenibles, a la vez la industria del concreto es una de las actividades que más modifican el ambiente, puesto que exige un gran consumo de recursos naturales y produce grandes volúmenes de desechos.

En este caso, el principal inconveniente es la carencia de experiencia y la desconfianza de los técnicos, lo cual supone una limitación a la hora de intentar implantar pavimentos permeables. Carencia de implementación de políticas de manejo y gestión de los desechos por parte de las empresas constructores en sus proyectos.

Además el costo de un pavimento permeable es comúnmente mayor que el del pavimento convencional, ya que es una mezcla especial con procedimientos de instalación especiales que requieren personal especializado con experiencia. Y el principal indicador de la poca demanda del concreto permeable, es debido a la menor resistencia que un concreto común, por ende los estudios hasta hoy indican que solo deben colocarse en zonas de tránsito ligero.

1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte

El análisis de las bases teórica de la investigación Influencia del porcentaje de desperdicio de estructuras de concreto en las propiedades mecánicas de un pavimento de concreto permeable, Víctor Larco, busca reincorporar la reutilización de el desperdicio de las estructuras de concreto impactando en el medio ambiente.

Hoy en día el planeta ha sufrido muchos cambios, el Perú ha sido testigo de los azotes de la naturaleza, donde cada cierto periodo el fenómeno “El niño”, ha sido devastador para las regiones donde no se tiene sistemas de drenaje adecuados ni mucho menos plan de prevención. En tanto la característica más resaltante del concreto reutilizado como agregado, es la absorción de agua. Por eso utilizar este material como un tipo de pavimento permite permeabilidad; por lo tanto filtración de las precipitaciones hacia la capa freática, en contraposición al asfalto tradicional que impermeabiliza el suelo y genera problemas como aniegos, estancamiento e inundación de calles.

Respecto a la implementación de concretos permeables en pavimentos se han obtenido grandes ventajas en los países industrializados, los beneficios que se han logrado son los siguientes: la recarga de acuíferos (principal fuente de agua en países europeo), el amortiguamiento de la lluvia, el aprovechamiento de la misma, y un aumento en la seguridad vial al evitar zonas de encharcamiento y congelamiento.



1.1.1. Campo Temático

- Estructuras

1.1.2. Espacio

Urbanización UPAO II etapa.

Distrito : Trujillo

Provincia : Trujillo.

Región : La Libertad

1.1.3. Tiempo

Octubre 2018 a enero 2019.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál son las bases teóricas que permitirán realizar la investigación Influencia del porcentaje de desperdicio de estructuras de concreto en las propiedades mecánicas de un pavimento de concreto permeable, Víctor Larco?

1.3. Justificación del Tema

1.3.1. Realidad Problemática

El uso del pavimento de concreto permeable es muy limitado, además de pocos procedimientos estándares para fabricarlos y de un costo mayor al pavimento convencional; y que sus propiedades mecánicas dependen mucho de la calidad del agregado. Hasta el momento hay poca información relevante de su aplicación de este material en problemas reales por la poca resistencia a cargas de gran consideración.

Se necesita evaluar la incorporación de materiales de desecho en las mezclas de concreto permeable, debido a que tiene la capacidad de mejorar los beneficios medioambientales del concreto permeable sin afectar significativamente sus propiedades físicas y mecánicas

El concreto reciclado es el concreto endurecido que ha sido procesado para reutilizarse. El reciclaje de los escombros, es un sector económicamente rentable y muy organizado en algunos países europeos como Alemania y Holanda, donde unas legislaciones más restrictivas, la escasez de recursos naturales y, sobre todo, el gran valor económico que se da al suelo, ha obligado a fomentar el reciclaje desde hace muchos años con resultados muy positivos. Todos estos hechos convergen en la necesidad de investigar acerca de las características de estos residuos sólidos inertes, con el fin de conocer su idoneidad para ser aplicados en la industria de la construcción

1.3.2. Aspectos diferenciados de justificación

La búsqueda de información general, permitirá la implementación de desechos de estructuras de concreto se presenta como otra alternativa de agregado en la elaboración de nuevas estructuras de concreto permeables, tal como el diseño de pavimentos; debido a las propiedades de permeabilidad, con esta propuesta se obtiene un costo beneficio y mejoramiento del funcionamiento de los sistemas de drenaje urbano para el agua de lluvia. Por lo tanto, los concretos permeables en pavimentos pueden llegar a ser parte de la solución a los problemas de inundaciones.

Asimismo, las bases teóricas, buscan aperturar a nuevas soluciones La incorporación de materiales de desecho en las mezclas de concreto permeable tiene la capacidad de mejorar los beneficios medioambientales del concreto permeable sin afectar significativamente sus propiedades físicas y mecánicas. Además tiene un gran alcance social al formularse como alternativa de solución, ya que las más grandes preocupaciones que enfrentan los habitantes no solo de la ciudad de Trujillo, sino de todo el país, son la pavimentación desordenada de caminos, estacionamientos y áreas que rodean las edificaciones con pavimentos impermeables, que en temporadas de lluvias, se inundan y sin fin solución de sistemas de drenaje, año tras año por nuestras autoridades.

Los alcances de referencias técnicas permitirán realizar un análisis que incidan en aspectos concluyentes en la recopilación de información, cómo la optimización, relación y secuencias de la información obtenida.

Desde la perspectiva de otorgar soluciones basadas en la obtención de información valorativa, se pretende demostrar que la búsqueda de información de reutilización de estructuras corresponde al sustento que generan soluciones técnicas y normativas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Redactar bases teóricas para realizar la investigación Influencia del porcentaje de desperdicio de estructuras de concreto en las propiedades mecánicas de un pavimento de concreto permeable, Víctor Larco.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir información acerca del concreto y concreto permeable.
- Revisar la teoría acerca de pavimentos permeables.
- Identificar la teoría acerca de concreto reciclado.

1.5. PROCEDIMIENTOS METODOLOGICOS SEGUIDOS

1.5.1. Técnica de recolección

- Revisión documental y análisis al contenido de la búsqueda de información, clasificación y selección de información de Bases Teóricas, con la consiguiente toma de lectura de las condiciones, procesos y consecuencias observables, servirán de aporte importante a una solución al problema detectado.

1.5.2. Instrumentos de recolección

Representa el modo y forma que utiliza el investigador para recolectar la información adecuada para su tema, utilizando matriz de datos:

- Ver Anexo 01°, Anexo N° 02.

1.5.3. Fuentes de Información

Corresponde a los instrumentos diferenciados para la toma de conocimientos, búsqueda y acceso a información necesaria.

- **Fuente de datos primaria:**

- Norma E.060 Concreto armado.
- Investigaciones de artículos científicos en revistas indexadas acerca del comportamiento volumétrico de los suelos.
- Tesis acerca del comportamiento volumétrico de los suelos con alto contenido de finos.

II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTION

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. “Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos” – COLOMBIA

(Luis Castañeda & Yalil Moujir, 2014). Evaluar las propiedades físico-mecánicas de las mezclas de concreto poroso, por medio de ensayos de laboratorio utilizados para concretos convencionales, para el diseño de un concreto poroso. Ante la inexistencia de un método normalizado para el diseño de mezclas de concretos porosos, tomó como referencia

el documento titulado “Laboratory study of mixture proportioning for previous concrete pavement” (Castro, de Solinihac, Videla, & Fernandez, 2009); una metodología de dosificación, a partir de la deducción de una ecuación que analiza el comportamiento de 18 mezclas de concreto poroso, con diferentes relaciones agua/cemento entre 0.29 y 0.41 y su relación existente entre el contenido de vacíos, se realizaron ensayos para determinar el asentamiento, determinar las densidades, porcentaje de vacíos relacionados con el tipo de mezcla convencional y mezcla con finos. Además de los dos tipos de mezcla, la resistencia a compresión de cilindros a diferentes edades. Un indicativo para determinar las curvas resistencia vs % de finos. La investigación concluye que el concreto poroso, por la gran cantidad de poros le otorga la propiedad mecánica de permeabilidad, haciendo que los fluidos atraviesen su estructura con mayor facilidad que el concreto convencional; además que el agregado grueso de ½” pulgada en la mezcla, le permite una mejor manejabilidad a la mezcla.

Este estudio será de sustento en la preparación de la mezcla de un concreto permeable debido a que el mejor tamaño de agregado debe ser menor igual ½”, además que la resistencia promedio a la compresión y a la flexión de una mezcla con finos, es 7.71% y 3.0% mayor que una mezcla sin finos, sirviendo de base para optar por una mejor calidad de agregados para mejorar sus propiedades mecánicas.

2.1.2. “Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, el Carmen, Aramuaca y la pedrera, de la zona oriental de EL SALVADOR”

(Rene Barahona, Marlon Martinez, Steven Zelaya, 2013). Realizar un Estudio del Comportamiento del Concreto Permeable en función del tipo de agregado grueso utilizado. De las canteras seleccionó una muestra representativa para evaluar sus características de los agregados

(pruebas de laboratorio) y con lo cual elaboro un diseño de mezcla para el concreto permeable, en tres tipos de especímenes evaluado a una edad específica (7, 14, 28 días), su resistencia a la compresión, flexión, prueba de infiltración. Se realizaron los ensayos para conocer sus propiedades mecánicas e hidráulicas de las canteras, para representar por medio de graficas la resistencia a compresión vs permeabilidad y resistencia a flexión vs permeabilidad, para cada edad de concreto, donde se concluyó que el uso del concreto permeable con el agregado grueso de tamaño nominal de 3/8” de las canteras y según las pruebas de ASTM C-132 Y ASTM C-72 su resistencia es ideal para superficies de baja intensidad de carga. Y según la prueba ASTM C 1701 Prueba de permeabilidad del concreto permeable, se concluyó que no es adecuado la instalación de pavimentos de concreto permeable en lugares donde haya mucho contenido de arcilla y sea del tipo arcilla limosa debido a que requiere una gran restitución del suelo y la capa de base granular sea mayor lo que genera más inversión económica. Este estudio aportará a nuestra investigación ya que se estableció una relación entre la resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad para agregados de tamaño nominal de 3/8”, que basándose en los reglamentos ASTM y ACI se pudo conocer que los pavimentos de concreto permeable no son muy adecuados instalarlos en suelos donde haya mucho contenido de arcilla.

2.1.3. “Diseño de un concreto permeable para la recuperación de agua” – MÉXICO.

(Sandoval, 2014). Búsqueda de nuevos métodos de construcción que reduzcan el impacto en nuestro medio ambiente y el manejo del agua de lluvia. En la presente investigación, se diseñó un concreto permeable para su utilización en estaciones de lavado de autos, de manera que el agua pueda recuperarse para su tratamiento y reutilización o bien,

descarga en los sistemas de alcantarillado con una menor carga de contaminantes. Utilizándose como aditivos al mismo cemento, así como ceniza volante y arena de sílice, en diferentes especímenes, de los cuales serán sometidos a la prueba de resistencia de acuerdo a la norma ASTM C31 y la capacidad de permeabilidad para el flujo laminar de agua. Los resultados mostraron el concreto sin agregado fino y humo de sílice como aditivo al 15% desarrolla a los 21 días de edad las propiedades de resistencia necesarias para esta aplicación. Donde se concluyó que el humo de sílice es un aditivo adecuado, en comparación con las cenizas volantes, para la elaboración de pavimento con concreto permeable en estaciones de lavado de autos. Con las dosificaciones utilizadas, se demostró que a medida que se aumenta la concentración de humo de sílice aumenta la resistencia del concreto.

Este estudio nos brinda un análisis de los aditivos como el humo de sílice, el cual mejora las propiedades de resistencia a la compresión para un pavimento de concreto permeable, de las cuales por los antecedentes se sabe que esta tiene poca resistencia a la compresión y en la búsqueda de concretos ecológicos el humo de sílice es de buena recomendación.

2.1.4. “Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas” – GUATEMALA

(Marroquín, 2012). Reciclar desechos de concreto y verificar las características físicas y propiedades mecánicas, proveniente de los ensayos realizados en laboratorio. Se presenta el desempeño del concreto elaborado, la caracterización de agregado de concreto reciclado, la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo a las especificaciones de las Normas ASTM C-33; en testigos cilíndricos con mezclas con agregado natural y agregado reciclado. Para conocer el comportamiento del concreto reciclado, se evaluaron las

propiedades físicas y mecánicas de un agregado natural fino y grueso, conforme las Normas ASTM, y con los datos obtenidos, se determinó que los agregados de estos bancos cumplen con la mayoría de las especificaciones. Dándose a conocer que el agregado grueso reciclado cumple con las especificaciones físicas y mecánicas, sin embargo, posee un alto desgaste a sulfatos, el cual es de 55,70 por ciento mientras que la especificación de la norma es del 12 por ciento como máximo. Este estudio aporta un análisis de las propiedades de las propiedades de concreto reciclado como agregado, estudio de sus propiedades tanto físicas como mecánicas de las cuales servirá de base para elaborar un pavimento de concreto permeable y tener en cuenta que el agregado grueso reciclado posee un alto desgaste a sulfatos.

2.1.5. “Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra”

(Jordan Saldaña, Viera Caballero, 2014). Conocer los procesos de variación del comportamiento estructural del concreto, elaborados con diferentes porcentajes de agregados gruesos reciclados, para su respectiva utilización, determinando las resistencias a la compresión. Se ejecutó el diseño de mezclas de acuerdo al método de diseño ACI 211, para testigos cilíndricos con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado (0 % AR, el 25 % AR, el 50 % AR y el 100 % AR) para resistencias a compresión de $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ y $f_c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$, a los 7, 14, 28 días de curado. Se realizaron ensayos a compresión de las muestras para determinar su resistencia según varía el porcentaje de agregado grueso añadido, para observar el porcentaje de resistencia requerida estándar a los 7, 14 y 28 días. Donde La mezcla con un aporte de 25% de agregado de concreto reciclado según los resultados, demuestran que se tiene un incremento de la resistencia a la compresión de manera ascendente y homogéneo, sin embargo los gastos operativos

en la producción del mismo son más elevados en comparación con la utilización del 50% de agregado de concreto reciclado, debido a que en esta proporción genera el uso de mayor cantidad de agregado grueso natural.

Este estudio nos indica que el uso de concreto reciclado es viable y cumple con los parámetros estándar de resistencia a la compresión, aun una menor resistencia que un concreto convencional pero una mejor absorción, debido a la porosidad de sus partículas.

2.1.6. “Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera río Jequetepeque y el aditivo Chemaplast”

(Benites, 2014). Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto permeable, usando agregados de la zona, para combatir el aumento de escorrentía superficial. Se ejecutó diseñando una mezcla utilizando el valor medio del rango recomendado de la relación agua - cemento, con un porcentaje de vacíos del 20% y con el valor medio de un aditivo tipo A, se han moldeado y curado probetas para luego de 7, 14 y 28 días ensayarlas a compresión y permeabilidad obteniendo resultados donde la resistencia promedio es de 6.030 MPa, 7.148 MPa y 7.556 MPa respectivamente siendo baja pero que está dentro del rango de 2.8 MPa a 28 MPa que especifica la norma ACI 522R-1 O y la permeabilidad medida a través de su coeficiente de permeabilidad promedio es de 0.321 cm/s que está dentro del rango de 0.2 cm/s a 0.54 cm/s que también establece la norma antes mencionada.

Este estudio aporta a nuestra investigación ya que se determinó del coeficiente de permeabilidad para agregados de la cantera de la misma zona, la cual se encuentra dentro del rango que posee el concreto permeable según las normas ACI, por ser una zona cercana a nuestra

región, es un indicador de que los agregados son adecuados para la elaboración de un concreto permeable.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. Origen y formación de suelos:

El origen de los tiene como base fundamental las tocas y los cambios de la misma debido a las consecuencias de los fenómenos físicos, físico-químicos y biológico a los que está constantemente sometido (Francisco Javier, 2011) afirma que: “Los suelos son producidos por el intemperismo y la erosión de las rocas, los cuales pueden ser residuales o transportados, los primeros, son aquellos que se localizan junto a la roca que le dio origen y los transportados, se consideran aquellos que son localizados lejos de las rocas que le dan origen, siendo el medio de transporte: el agua, el viento, los glaciares, los animales o la gravedad. Por consecuencia son agregados pétreos que tienen una composición mineral idéntica a la roca que le dio origen, con la diferencia de que los suelos son partículas con un tamaño máximo de tres pulgadas (7.5 cm). Las partículas con tamaño mayor se consideran fragmentos de roca” (P.07). como característica determinante para diferir los fragmentos de rocas por sobre los suelos, este tiene tamaño máximo y mínimo para poder definirse como suelos o rocas que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 01.

Identificación entre suelo y roca según su tamaño

TAMAÑO	DENOMINACIÓN
<i>Mayores de 2.0 mts.</i>	<i>Macizo rocoso</i>
<i>De 70.0 cm a 2.0 mts.</i>	<i>Fragmentos grandes de roca.</i>
<i>De 20.0 cm a 70.0 cm</i>	<i>Fragmentos medianos de roca</i>
<i>De 3" a 20.0 cm.</i>	<i>Fragmentos chicos de roca</i>
<i>No. 4 a 3"</i>	<i>Suelos gruesos (Grava).</i>
<i>No. 200 a No.4</i>	<i>Suelos gruesos (Arenas)</i>
<i>Pasa la malla No. 200</i>	<i>Suelos finos</i>

2.2.2. Clasificación de los suelos:

2.2.2.1. Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)

El sistema de clasificación unificado USCS (Unified Soil Classification System), designación ASTM D-2487, originalmente fue desarrollado A. Casagrande (1948) para la construcción de aeródromos durante la segunda guerra mundial Este sistema de clasificación fue posteriormente modificado en 1952 por el mismo autor y el cuerpo de ingenieros de la armada de los Estados Unidos quienes asieron que este sistema sea más aplicable a los propósitos ingenieriles, es decir que no sean solo aplicables al campo de la aviación.

	Tamaño mínimo (mm)	Tamaño máximo
Bloques	300	-
Bolos	75	300
Grava	4.76	75
Arena	0.075	4.76
Limo	0.002	0.075
Arcilla	-	0.002

Tabla 01: Clasificación según su tamaño de partículas

2.2.2.1.1. Tamaño de las partículas, según los sistemas de clasificación SUCS

Parte de la granulometría realizada, hasta el pasa No. 200 (Granulometría por tamizado).

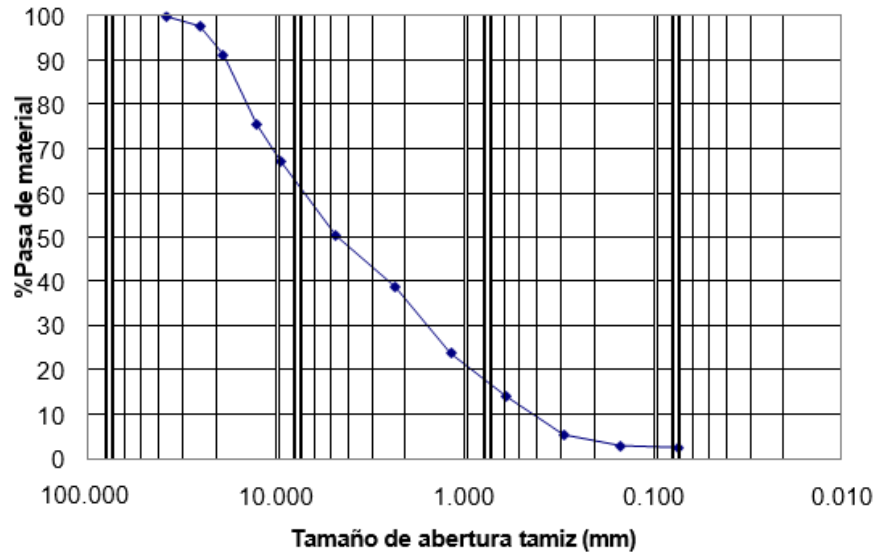
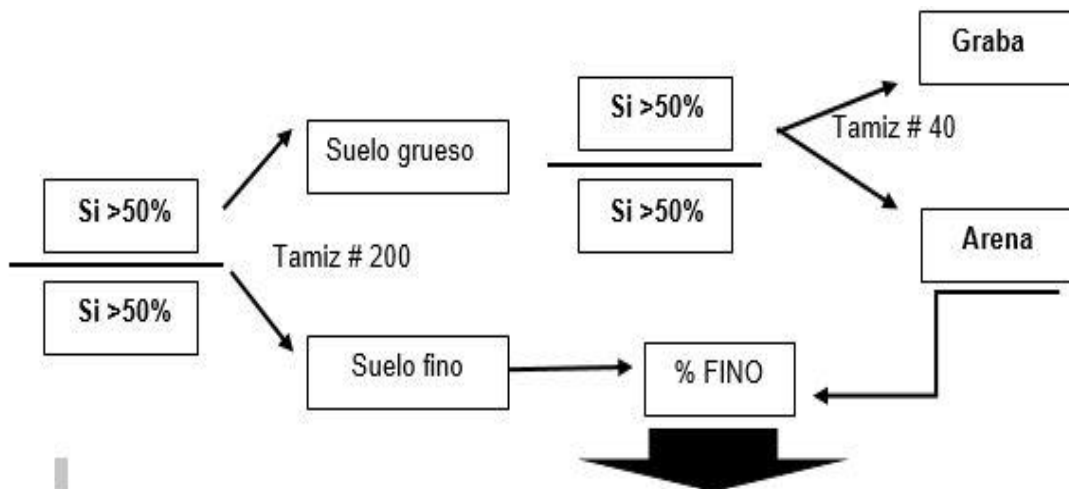


Figura 1. Curva granulométrica

Fuente: Cauca. Lucio Gerardo, Cruz Velasco (2014), Mecánica de suelos I (Geotecnia)

a) Clasificación de Suelos (SUCS)



Grupo	Pasa No 200	Clasificación SUCS	Se evalúa
I	< 5%	GW	cu, cc
		GP	
		SW	
		SP	
II	5% - 12%	GW-GM	cu, cc, IP, LL
		GW-GC	
		GP-GM	
		GP-GC	
		SW-SM	
		SW-SC	
		SP-SM	
		SP-SC	
III	12% - 50%	GM	IP, LL
		GC	
		SM	
		SC	
IV	> 50%	ML (OL)	IP, LL
		MH (OH)	
		CL	
		CH	
		CL - ML	

- Carta de plasticidad

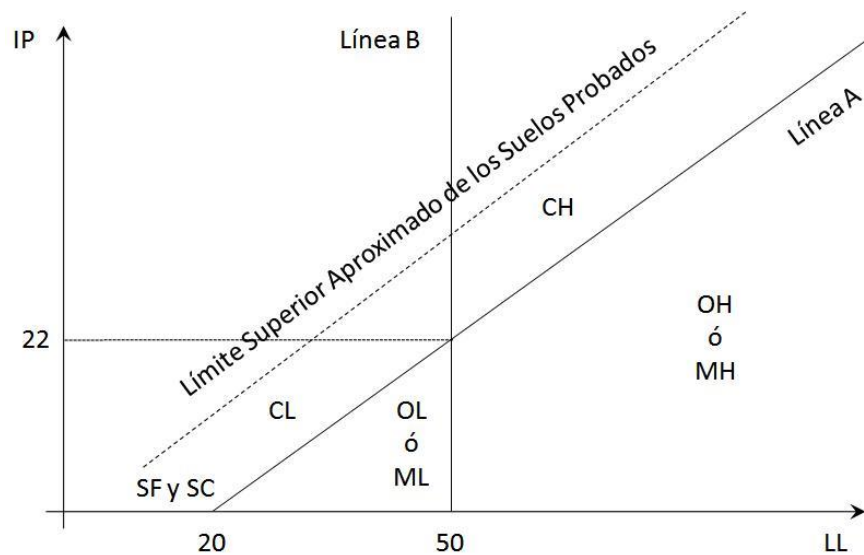


Figura 3. Carta de plasticidad

Fuente: Arthur, Casagrande (1942), Sistema de clasificación de aeropuerto.

Línea A	$IP = 0,73(LL - 20)$
Línea B	$LL = 50$
Línea U	$OP = 0,9(LL - 8)$

2.2.2.1.2. Suelos finos:

Los suelos son una constitución por partículas minúsculas de fragmentos de rocas. De acuerdo con, de acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm (a veces 0.060 dependiendo del tipo de clasificación), que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz Nr. 200 es considerado como suelo fino (pasante %50) (SUCS, 1952).

a. Clasificación de suelos finos (SUCS):

El sistema lo clasifica formando grupos y dándole un prefijo en letras mayúsculas que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo

Tabla 02: sistema lo clasifica formando grupos

Tipo de suelo	Prefijo
Limos inorgánicos	M
Arcillas inorgánicas	C
Limos y arcillas orgánicas	O

Los grupos se dividen teniendo como base un rango de su límite líquido. Si estos son menores a 50%, son suelos son baja o medianamente susceptibles a la compresibilidad, se le denomina con un símbolo L (low

compressibility) .si su límite líquido es mayor a 50% entonces eta tiene una alta susceptibilidad ala compresibilidad se le denomina con un símbolo H (high compressibility).

Línea A	$IP = 0,73(LL - 20)$
Línea B	$LL = 50$

Tabla 03: sistema lo clasifica formando sub-grupos

Sub Grupo	Prefijo
Limite Liquido Alto(>50%)	H
Limite Liquido Alto(<50%)	L

Los suelos con características exageradamente compresibles, tiene un grupo aislado que se identifica con las letras en mayúsculas PT (del inglés peat: turba)

Grupo CL: está determinada por estar en la parte superior de la línea A de la carta de plasticidad, que es definido por $LL < 50\%$ e $IP > 7\%$

Grupo CH: está determinada por estar en la parte superior de la línea A de la carta de plasticidad, que es definido por $LL > 50\%$.

Dónde: LL: limite líquido y IP: índice de plasticidad



Grupo ML: está determinada por estar en la parte inferior de la línea A de la carta de plasticidad, que es definido por $LL < 50\%$. Y una porción sobre la línea A con un $IP < 4$

Grupo MH: está determinada por estar en la parte inferior de la línea A de la carta de plasticidad, que es definido por $LL > 50\%$.

En estos grupos se incluyen los limos típicos inorgánicos y limos arcillosos como:

Limos inorgánicos y polvo de roca, con $LL < 30\%$, están incluidos el grupo ML

Los depósitos eólicos, del tipo loess, con $25\% < LL < 35\%$ usualmente, están incluidos en alguno de estos grupos

Los suelos finos que son denominados CL-ML son los suelos que están incluidos en las zonas por encima de la línea A y con $4\% < IP < 7\%$.

Grupo OL y OH: comparten lugares junto con los grupos ML y MH respectivamente, pero los suelos orgánicos siempre están las zonas aproximadas a la línea A, pero el hecho de tener partículas orgánicas coloidales, aunque de forma muy escasa sea el caso, induce a que el límite líquido (LL) de una arcilla aumente sin embargo el límite plástico no lo hace de forma apreciables, esto provoca que el suelo se dirija hacia la derecha de la plasticidad, colocándose a una mayor distancia de la línea A.

Grupo PT: el límite líquido de este tipo de suelo pueden resultar entre 300% y 500%, colocándose en la parte inferior de la línea A; el índice de plasticidad generalmente esta entre 100% y 200%

Tabla 04: sistema lo clasifica se suelos finos

FINOS ($\geq 50\%$ pasa 0.08 mm)			
Tipo de Suelo	Símbolo	Lim. Liq. wl	Indice de Plasticidad * I _p
limos inorgánicos	ML	< 50	< 0.73 (w _L - 20) ó < 4
	MH	> 50	< 0.73 (w _L - 20)
arcillas inorgánicas	CL	< 50	> 0.73 (w _L - 20) y > 7
	CH	> 50	> 0.73 (w _L - 20)
limos y arcillas orgánicos	OL	< 50	** w _L seco al horno ≤ 75 % de w _L seco al aire
	OH	> 50	
turba	P _t	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente.	
Si I _p \cong 0.73 (w _L - 20) ó si IP entre 4 y 7 e I _p > 0.73 (w _L - 20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH			
** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente wl seco al horno			
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej: CH-MH en vez de CL-ML. Si w _L = 50; CL-CH ó ML-MH			

Suelos finos parcialmente saturados:

Las propiedades mecánicas de los suelos finos como en general de cualquier tipo de suelos está sujeta a la interacción de las 3 fases físicas la sólida, líquida y la gaseosa.

(Colmenares-2002 & Citado en Rodríguez Castiblanco, 2014) afirma que “La fase líquida se refiere al fluido que rellena en parte o totalmente los espacios (poros) existentes entre las partículas sólidas y puede variar en composición química de acuerdo a las características geológicas y ambientales en que se localizan los materiales. Por último, la fase gaseosa ocupa la parte de los poros que no están llenos de líquido y su

composición también puede variar en cortos intervalos de tiempo en función de las características geológicas y ambientales “

La mecánica de suelos clásica se basa considerando el suelo en 2 estados límites cuando este está completamente seco o totalmente saturado (Carnero Guzmán & Carnero Carnero, 2015) afirman que “La mecánica de suelos tradicional, tal como la concibió Karl Terzaghi en los años 30, se desarrolló sobre la hipótesis de que el suelo se encuentra en uno de los siguientes casos límite: completamente seco o completamente saturado (los poros del suelo se encuentran rellenos de un único fluido: aire, agua u otro). A través de esta hipótesis, una enorme simplificación fue conseguida para el estudio teórico y experimental del comportamiento del suelo. Sin embargo, un suelo totalmente seco o saturado rara vez se encuentra en la realidad, empero, dos fluidos suelen dividir los vacíos existentes en la estructura del suelo “(P.02).

Los suelos normalmente en la superficie están compuestos en su estado natural por 3 fases considerando que es un material poroso (Cahuape Casaux, Garibay, & Angelone, 2006) afirmaron que “Los suelos y rocas no son los sólidos ideales, si no que forman sistema de 2 o 3 fases: partículas sólidas y gases, partículas sólidas y líquidas, o bien, partículas sólidas, gas y líquidas. El líquido normalmente es agua y el gas se manifiesta a través de vapor de agua por lo tanto se habla de un medio “poroso”. A este medio se le caracteriza a través de su “porosidad” y a su vez esta propiedad condiciona la permeabilidad del medio o del material en estudio” (P. 03). la porosidad de cada suelo conlleva a darle una permeabilidad variable según el estado en que se encuentra o al medio al que está sometido.

Los suelos permeables tienden a estar casi siempre relacionados a el tamaño de la partículas de la misma (Franch, 2013) afirma que “Como regla general podemos considerar que a menor tamaño de grano, menor permeabilidad, y para una granulometría semejante (arenas, por ejemplo) a mejor gradación, mayor permeabilidad. En cuanto al quimismo, y para

el caso de arcillas y limos, la presencia de ciertos cationes (Sodio, Potasio) es un factor que disminuye la permeabilidad en relación a otros (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES, 2002)” (P.01). según el tamaño podemos tener un rango de valores de permeabilidad según la sigue tabla 05.

Tabla 05: Valores orientativos del coeficiente de permeabilidad

Tipo de suelo	k_z (m/s)
Grava limpia	$> 10^{-2}$
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	$10^{-2} - 10^{-5}$
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	$10^{-5} - 10^{-9}$
Arcilla	$< 10^{-9}$

Alguna propiedad y sus comportamientos están sujetas a las partículas por las cuales está constituida el suelo. (Carnero Guzmán & Carnero Carnero, 2015). Afirmaron que “Propiedades como la resistencia, permeabilidad, deformación, capacidad de retención de agua y reacciones químicas de los materiales térreos, están gobernadas principalmente por su composición y las características físicas de las partículas que los componen. La proporción relativa de tamaños de partículas tipo grava, arena, limo o arcilla, definen la textura del suelo o roca. Los patrones en que tales partículas se encuentran arregladas o dispuestas definen la fábrica o estructura del suelo”

La clasificación de los suelos basada también teniendo en cuenta el tamaño de las partículas que componen el material del suelo, por el hecho de que se puede predecir el comportamiento. Afirmar que “Los términos arcilla, limo, arena y grava son usados para indicar el tamaño de las partículas de la fase sólida del suelo denotado por su diámetro efectivo, o también para referirse a la textura de la fracción predominante que

determina su comportamiento. El rango de tamaños en las partículas sólidas de un material térreo está controlado en gran parte por su composición mineralógica”. Las partículas que conforma los suelos finos por lo general son minerales. (Chávez Negrete, Alarcón Ibarra, Espinosa Arreola, & Arreygue Rocha, 2016) encontró que “Las partículas de limo y arena están compuestas generalmente de granos de cuarzo, dado que este es el mineral más abundante y resistente a la meteorización en la superficie terrestre. Las arcillas por su parte, han sido clasificadas en muchas especies minerales cada una con una estructura cristalina y comportamiento distintivos”. Las partículas de minerales en los suelos finos son componentes.

PAVIMENTOS DE CONCRETO

Definición.

Los pavimentos de concreto son por su naturaleza rígidas y solo requieren una capa de material granular como sub-base permitiendo el ahorro de los costos de materiales y el tiempo de trabajo.

Los pavimentos de concreto son reconocidos como una solución vial debido a que siendo competitivos en términos de costos de construcción, destacan además por su larga vida, por su resistencia. Entre sus principales fortalezas se deben considerar sus menores costos de mantenimiento y el menor costo de operación vehicular. Existen beneficios adicionales en términos de seguridad vial y cuidado del medio ambiente que deben tenerse en cuenta al momento de evaluar qué alternativa elegir.

Beneficios del Pavimento de Concreto

Seguridad Vial

Reduce el salpicado de agua superficial.

Mejor adherencia superficial de textura rugosa entre el neumático y el pavimento.

Nos da mayor visibilidad que en el asfalto.

Ahorro en costos de iluminación en vías urbanas en un 30%.

Conserva su planicidad superficial por más tiempo.

Cuidado del Medio Ambiente

Ahorro de Combustible en camiones.

Se reducen las emisiones de dióxido de carbono y otras.

Es menor los gastos en su construcción, mantenimiento y rehabilitación.

Es reciclable.

Reduce el efecto de calor urbano por su color y propiedades reflectoras.

Comportamiento deformacional de los suelos no saturados

Fenómeno de colapso

En los suelos parcialmente saturados con una estructura abierta, al aumentar el grado de saturación debido a cambios ambientales o de otro tipo, pueden producir reducciones volumétricas irreversibles sin que varíen las solicitaciones externas del suelo; es decir, sin aumento de la carga aplicada; este fenómeno se conoce con el nombre de colapso. (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES , 2002)

Según (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES , 2002) El colapso es uno de los fenómenos más característicos de los suelos parcialmente saturados y ha sido estudiado por numerosos autores, entre los que se pueden citar Dudley (1970), Jiménez Salas et al., (1973), Maswoswe (1985), entre otros, que exponen las características que debe tener un suelo para que en él ocurra un colapso:

Estructura abierta, no saturada, tipo panal de abeja, capaz de reducir significativamente su volumen a expensas de una disminución del volumen de poros.

Un estado exterior de carga suficientemente grande como para generar una condición metaestable para la succión aplicada.

La existencia de enlaces entre partículas, que se debiliten en presencia del agua.

Según (Jiménez Salas & Justo, 1975) “algunos materiales arcillosos de baja y mediana plasticidad presentan un comportamiento combinado de hinchamiento y colapso cuando se los satura. El cambio neto de volumen que experimenta un suelo arcilloso cuando se pone en contacto con el agua es la suma de dos términos, por un lado, el hinchamiento que se produce al relajar las tensiones netas entre partículas y por otro el colapso que ocurre al fallar las uniones entre grandes partículas. La deformación que se atribuye al hinchamiento puede ser elástica no así la que corresponde al colapso. Esta última implica un reordenamiento de la estructura y es irreversible”.

Un mismo suelo puede sufrir hinchamientos o colapso, o ningún cambio de volumen de acuerdo con la densidad seca, la humedad, y la presión aplicada en el momento en el que se lo inunda, como señalan Jennings y Kenight (1975), según estos autores, hay un cruce en las curvas obtenidas en los ensayos realizados en un doble edómetro , que separa la zona de hinchamientos probables, de la zona de colapsos probables (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES , 2002).

Mecanismo de colapso

Según (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES , 2002) encontró que Un suelo que tiene tendencia a colapsar, en general

es estable mientras el grado de saturación es inferior a un cierto límite, a partir del cual la llegada del agua puede debilitar suficientemente los enlaces existentes como para que se produzcan deslizamientos tangenciales en los contactos entre partículas. Los enlaces entre las partículas del suelo pueden ser de varios tipos:

Enlace capilar que se presenta fundamentalmente en el caso de limos y arenas. Los meniscos que se forman en la interface (aire-agua-partículas sólidas), generan fuerzas normales que aumentan las tensiones entre dichas partículas, rigidizando el conjunto. En el caso de las arcillas este fenómeno no es tan claro a nivel de partículas, aunque es probable que ocurra a nivel de agrupaciones más grandes de las mismas. En cualquier caso, si el grado de saturación crece por aumento de la humedad o por reducción del índice de vacíos, estos enlaces desaparecen con lo que el conjunto se debilita pudiendo llegar al colapso si la presión exterior aplicada es suficientemente grande.

Enlaces con puentes de partículas arcillosas que unen entre sí partículas mayores de limo, arena o arcilla. Las partículas de arcilla que forman los puentes pueden ser de origen diferente, pueden haber sido transportadas por el agua, o estar allí desde la formación del suelo, o ser autogénicas por acción del agua intersticial sobre los feldspatos existentes. Estos puentes de arcillas pueden desaparecer o cambiar su estructura con la llegada del agua.

Enlaces por cementación formados por el arrastre de sales, generalmente calcáreas, que precipitan en los huecos que dejan las partículas de arena. Si posteriormente estos suelos son sometidos a un lavado permanente, las sales pueden disolverse desapareciendo los ensalces y causando así una reordenación de la estructura.

En todos los enlaces descritos la llegada del agua causa el mismo efecto: reducción de la resistencia al corte en los contactos entre partículas sólidas. Si esta resistencia cae por debajo del esfuerzo impuesto por las cargas exteriores aplicadas se produce el colapso que conduce a una nueva estructura capaz de resistir el nuevo estado de tensiones. Una vez que ha ocurrido el colapso la nueva estructura del suelo es estable y es incapaz de sufrir nuevo colapso a menos que cambie el estado tensional existente y/o el grado de saturación. Los Ensayos de Booth (1975), Yudhbir (1982) y Maswoswe (1985) muestran que el colapso alcanza un máximo a partir del cual disminuye. El tipo de suelo y de estructura que se tiene en el suelo condiciona la magnitud del máximo de colapso y la presión para la que se produce. (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES , 2002).

Fenómeno de hinchamiento

Determinados suelos (expansivos) sufren fenómenos de hinchamiento de magnitud considerable al aumentar su humedad. Aunque en general hinchamiento es cualquier disminución de deformación volumétrica, como por ejemplo la producida al reducir la tensión esférica, en este caso se refiere expresamente a este aumento de volumen provocado en el proceso de humedecimiento manteniendo constante el estado tensional exterior. (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES , 2002)

El proceso de hinchamiento se produce cuando un suelo no saturado se humedece adsorbiendo agua entre sus partículas y aumentando de volumen. Este aumento de volumen tiene una componente debida a la relajación de las tensiones intergranulares al aumentar el grado de saturación. De hecho, se pueden cambiar estos dos fenómenos, absorción

de agua y relajación tensional, con un posible colapso, dependiendo de la estructura del suelo (densidad seca, presión exterior, etc.). En general, el hinchamiento está asociado a terrenos arcillosos plásticos con densidades secas altas y presiones exteriores bajas, contrariamente a lo habitual en procesos de colapso. (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES , 2002)

Los suelos no saturados que contienen minerales arcillosos como la illita, la caolinita y la montmorillonita tienen tendencia a hinchar cuando se ponen en contacto con el agua. Lambe y Whitman (1959) se han referido exhaustivamente a estos minerales y consideran que el potencial de hinchamiento de los minerales arcillosos expansivos depende de los siguientes factores: estructura de los cristales; estructura del grupo de cristales y la capacidad de intercambio catiónico. (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES , 2002)

Los mecanismos que producen el hinchamiento están relacionados con las propiedades y características de las partículas arcillosas. Son fundamentales las cargas eléctricas netas existentes en estas partículas provocadas, sobre todo, por sustituciones isomorfas, y la consecuente formación de la capa doble difusa conteniendo cationes y moléculas de agua. (Barrera Bucio & Garnica Anguas, INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES , 2002)

(Burton, Sheng, & Airey, 2014) resume en tres los mecanismos microestructurales fundamentales que producen el hinchamiento

Hidratación de las partículas de arcilla: las partículas de arcilla, con cargas negativas, se rodean de moléculas de agua que a su vez atraen a otras moléculas de agua al quedar desbalanceada su carga eléctrica. El

equilibrio eléctrico puede ser satisfecho también por cationes, formándose así cadenas de partículas-agua-cación-agua-partícula. En resumen, la partícula de arcilla se hidrata y aumenta de volumen.

Hidratación de cationes: Los cationes adsorbidos en la capa doble difusa se rodean de moléculas de agua produciendo el consiguiente aumento de volumen.

Repulsión osmótica: la concentración de cationes en la capa doble difusa decrece al alejarse de la partícula arcillosa, lo cual puede provocar una migración de las moléculas de agua hacia el interior por ósmosis si se pone en contacto con agua pura o con agua con una concentración más baja de cationes. El resultado es un aumento de volumen.

Factores que afectan al hinchamiento

El proceso de hinchamiento de un terreno viene afectado por una serie de factores que condicionan su evolución y magnitud. (Ordóñez Ruiz, Auvinet Guichard, & Juárez Camarena, 2014) resume estos factores en los siguientes:

Tipo de minerales y cantidad de los mismos: cuanto más expansivos sean los minerales presentes en el suelo mayor será el hinchamiento que se producirá cuando el suelo se inunde. – Densidad: para el mismo suelo con la misma humedad inicial, el hinchamiento será mayor cuanto mayor sea la densidad seca del mismo. Este fenómeno se puede observar también en los ensayos realizados por Cox (1978) sobre una limonita con un 27 % de arcilla que fue sometida a diversas presiones e inundada posteriormente.

Estado de tensiones: la magnitud del hinchamiento es tanto menor cuanto mayor es la presión aplicada al suelo pudiendo llegar a anularlo por completo.

Estructura del suelo: los suelos que han experimentado cementaciones tienen menor tendencia a hinchar. señalan que las estructuras floculadas

tienen mayor tendencia a hinchar que las dispersas, en cambio la retracción es mucho menor para las primeras.

Tiempo: dado que los suelos arcillosos expansivos son muy poco permeables, el proceso de absorción de agua de los mismos puede durar semanas, incluso años dependiendo de las condiciones de infiltración y del espesor del estrato.

Fluidos intersticiales: la presencia de sales disueltas en el agua que ocupan los poros del suelo influye en los fenómenos de formación de la capa doble. Una elevada concentración de sales y un pH alto favorecen la disociación de éstas y por lo tanto aumenta la cantidad de cationes presentes en el agua libre. Esto hace que se produzca una menor adsorción de cationes y que por lo tanto el hinchamiento sea menor.

Humedad: a igualdad de otros factores la humedad del suelo influye también en la magnitud del hinchamiento. Cuanto menor es la humedad mayor es la expansividad potencial por cuanto el suelo es capaz de adsorber mayor cantidad de agua.

De acuerdo con los factores indicados, en un proceso de compactación la expansividad del suelo estará directamente relacionada con el método utilizado, la energía de compactación o la humedad inicial.

Lluvia

La lluvia (del lat. pluvĭa) es un fenómeno atmosférico de tipo acuático que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes.

Según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas. Si no alcanza la superficie terrestre, no sería lluvia sino virga y si el diámetro es menor sería llovizna. La lluvia se mide en milímetros al año, menos de 200 son pocas, entre 200 y 500 son escasas, entre 500 y 1.000 son normales, entre



1.000 y 2.000 son abundantes y más de 2.000 son muchas. La lluvia depende de tres factores: la presión atmosférica, la temperatura y, especialmente, la humedad atmosférica. (Lobios, 2013).

Origen de la lluvia

Según (Lobios, 2013) La lluvia puede originarse en diferentes tipos de nubes, generalmente nimbostratus y cumulonimbus, así como en diferentes sistemas organizados de células convectivas: la persistencia de una lluvia abundante requiere que las capas de nubes se renueven continuamente por un movimiento de ascenso de las más inferiores que las sitúe en condiciones propicias para que se produzca la lluvia. Únicamente así se explica que algunas estaciones meteorológicas, como las de Baguio (en la isla de Luzón, en las Filipinas), haya podido recibir 2.239 mm, de lluvia en cuatro días sucesivos. Todo volumen de aire que se eleva se dilata y, por consiguiente, se enfría. La ascensión de las masas de aire puede estar ligada a diversas causas, que dan lugar a diversos tipos de lluvia:

Lluvias de convección: Al calentarse las capas bajas que están en contacto con la superficie terrestre, el aire se hace más ligero, se expande, pesa menos y sube. Al subir se enfría y se produce la precipitación. Es característico de las latitudes cálidas y de las tormentas de verano de la zona templada.

Lluvias orográficas: Se producen cuando una masa de aire húmeda choca con un relieve montañoso y al chocar asciende por la ladera orientada al viento (barlovento); en la ladera opuesta a sotavento no se











producen precipitaciones, porque el aire desciende calentándose y se hace más seco.

Lluvias frontales o ciclónicas: Se produce en las latitudes templadas al entrar en contacto dos masas de aire de características térmicas distintas, como las provocadas por el frente polar (zona de contacto entre las masas de aire polares (frías) y tropicales (cálidas), Aparece acompañado de borrascas que son las causantes del tiempo inestable y lluvioso.

- Frente frío
- Frente cálido
- Frente ocluido
- Clasificación según su intensidad

Oficialmente, la lluvia se adjetiviza respecto a la cantidad de precipitación por hora (Tabla 1). Uno de los términos más empleados en los medios de comunicación es la lluvia torrencial, que comúnmente se asocia a los torrentes y por lo tanto a fenómenos como las inundaciones repentinas, deslaves y otros con daños materiales. (Lobios, 2013).

Tabla 06: Clasificación de la precipitación según la intensidad

Tabla correspondencia intensidad de precipitación		
Color	Intens. (mm/h) *	Tipo de precipitación
	mayor a 250	Granizo de gran tamaño
	mayor a 250	Torrencial y granizo
	100 a 250	Torrencial y prob. granizo
	40 a 100	Lluvia muy fuerte a torrencial
	16 a 40	Lluvia fuerte
	6'5 a 16	Lluvia moderada
	2'5 a 6'5	Lluvia ligera
	1 a 2'5	Lluvia débil
	0'4 a 1	Lluvia muy débil
	0'1 a 0'4	Traza de precipitación

* 1 mm de precipitación es equivalente a 1 (l/m²)

Medición de la lluvia

La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m^2), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm o l/m^2 . Nótese que 1 milímetro de agua de lluvia equivale a 1 L de agua por m^2 . (Lobios, 2013).

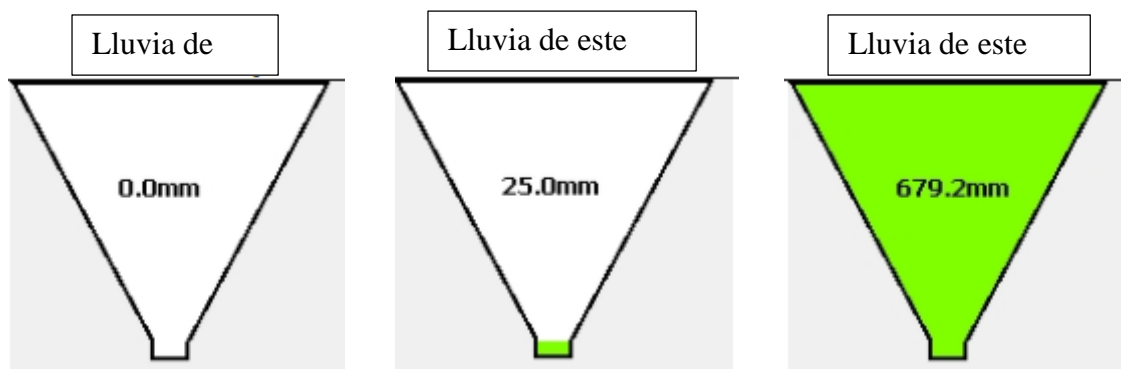


Figura 6. Medición por acumulación de lluvias

Fuente: Mateo Lobios (2013), Lluvia

Según (Lobios, 2013) La cantidad de lluvia que cae en un lugar se mide por los pluviómetros. La medición se expresa en milímetros de agua y equivale al agua que se acumularía en una superficie horizontal e impermeable durante el tiempo que dure la precipitación o sólo en una parte del periodo de la misma.

Pluviómetro manual: es un indicador simple de la lluvia caída, consiste en un recipiente especial cilíndrico, por lo general de plástico, con una escala graduada en donde todas las marcas están a igual distancia entre sí.

La altura del agua que llena la jarra es equivalente a la precipitación y se mide en mm.

Pluviómetros totalizadores: se componen de un embudo o triángulo invertido, que mejora la precisión y recoge el agua en un recipiente graduado. A diferencia del anterior, cuanto más hacia abajo están, las marcas de los milímetros se van separando entre sí cada vez más, esto compensa el estrechamiento del recipiente. El mismo tiene esa forma para dar más precisión en lluvias de poco volumen y facilitar su lectura. El instrumento se coloca a una determinada altura del suelo y un operador registra cada 12 horas el agua caída. Con este tipo de instrumento no se pueden definir las horas aproximadas en que llovió.

Pluviógrafo de sifón: consta de un tambor giratorio que, rota con velocidad constante, este tambor arrastra un papel graduado, en la abscisa se tiene el tiempo y en la ordenada la altura de la precipitación pluvial, que se registra por una pluma que se mueve verticalmente, accionada por un flotador, marcando en el papel la altura de la lluvia.

Pluviógrafo de doble cubeta basculante: el embudo conduce el agua colectada a una pequeña cubeta triangular doble, de metal o plástico, con una bisagra en su punto medio. Es un sistema cuyo equilibrio varía en función de la cantidad de agua en las cubetas. La inversión se produce generalmente a 0,2 mm de precipitación, así que cada vez que caen 0,2 mm de lluvia la báscula oscila, vaciando la cubeta llena, mientras comienza a llenarse la otra.

III. CONCLUSION

- Se redactaron las bases teóricas de la investigación influencia del porcentaje de desperdicio de estructuras de concreto en las propiedades mecánicas de un pavimento de concreto permeable, Víctor Larco.

- Se definió la información acerca del concreto y el concreto permeable conociendo su composición.
- Se revisó la teoría acerca de concreto permeable conociendo sus propiedades.
- Se identificó el uso que se le puede dar al concreto reciclado para su reutilización en la construcción.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Benites Bustamante, J. C. (2014). *Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera Río Jequetepeque y el Aditivo Chemaplast*. Cajamarca.
- Benites, J. (2014). *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO PERMEABLE*. Cajamarca, Perú.
- Calderón Colca, Y. V., & Charca Chura, J. A. (2011). *Boletín Informativo ASOCEM 2013*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/221334073/Ponencia-Investigacion-de-Pavimento-Permeable-de-Concreto-Poroso-1>
- Castro, J. (2004). "Diseño de mezcla y construcción de pavimentos de hormigón poroso en Chile". *scielo*. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732009000300005&script=sci_arttext#back
- Castro, J. (2009). *Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón*. Santiago - Chile.
- Chávez Juanito, H., Azañedo Medina, W., & Muñoz Valdivia, R. (2007). *DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POROSO CON AGREGADOS DE LA CANTERA*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/30421057/RESUMEN-TESIS-CONCRETO-PERMEABLE#logout>

- Constructivo. (2016). CONCRETO ECOLÓGICO, AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE. *Constructivo*. Obtenido de <http://www.constructivo.com/cn/d/novedad.php?id=332#>
- Cruz Palafox, C., Segovia López, A., González Sandoval, M., Lizárraga Mendiola, L., Olguín Coca, F., & Rangel Martínez, Y. (s.f.). *Repositorio Universidad Autónoma del estado de Hidalgo*. Obtenido de http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/6287/disenio_de_un_concreto_permeable_para_la_recuperacion_de_agua.pdf
- Flores Prieto, J. R. (Julio de 2010). *Repositorio Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. Obtenido de www.construaprende.com > Documentos > Tesis
- Flores Quispe, C. E., & Pacompia Calcina, I. A. (2015). *Repositorio Universidad Nacional del Altiplano*. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/unappuno/310>
- García, E. (2011). *"Control de Escorrentías Urbanas mediante Pavimentos Permeables: Aplicacion en climas mediterraneos"*. Valencia / España.
- Ito, Y. (2014). *"El concreto Ecológico Permeable"*. Lima, Perú.
- Jordan Saldaña, Viera Caballero. (2014). *Estudio de la resistencia del Concreto utilizando como aregado el concreto reciclado de Obra*. Chimbote, Perú.
- Kibert, C. J. (2007). The next generation of sustainable construction. *BUILDING RESEARCH & INFORMATION*, 35. Recuperado el 2017
- Luis Castañeda & Yalil Moujir. (2014). *Diseño y Aplicación de concreto poroso para pavimentos*. Pontificia Universidad Javeriana Cali, Santiago de Cali - Colombia.
- Marroquín, E. (2012). 1.5 *"Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas"*. Guatemala.
- Montoya, E. (2014). *Prácticas sostenibles en la construcción de edificaciones*. Lima, Perú.
- Ramírez, L. C. (2010). *"TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PERMEABLE O ECOLÓGICO EN LA CONSTRUCCIÓN"*. México.



ANEXO N° 2

MATRIZ DE DATOS

Items	TEMA	AUTOR	FUENTE
1	Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera Río Jequetepeque y el Aditivo Chemaplast.	Benites Bustamante, J. C. (2014).	http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/522
2	<i>Boletín Informativo ASOCEM 2013.</i>	Calderón Colca, Y. V., & Charca Chura, J. A. (2011).	https://es.scribd.com/doc/221334073/Ponencia-Investigacion-de-Pavimento-Permeable-de-Concreto-Poroso-1
3	"Diseño de mezcla y construcción de pavimentos de hormigón poroso en Chile".	Castro, J. (2004).	http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732009000300005&script=sci_arttext#back



4	<i>Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón.</i>	Castro, J. (2009).	https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732009000300005
5	<i>"TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PERMEABLE O ECOLÓGICO EN LA CONSTRUCCIÓN". México.</i>	Ramírez, L. C. (2010).	http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmli/bitstream/handle/132.248.52.100/8684/Tesis.pdf?sequence=1