



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Influencia del uso de escoria siderúrgica en la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles, Nuevo Chimbote, 2022.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Aguirre Garrido, Jordi Andre ( [orcid.org/0000-0003-1385-8391](https://orcid.org/0000-0003-1385-8391) )

**ASESOR:**

Mgtr. Diaz Garcia, Gonzalo Hugo ( [orcid.org/0000-0002-3441-8005](https://orcid.org/0000-0002-3441-8005) )

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE – PERÚ

2022

## ***DEDICATORIA***

La presente investigación está dedicada a mis padres e hija por el gran apoyo brindado y a sus grandes sacrificios.

A los futuros colegas de esta hermosa carrera que se comprometan en formalizar investigaciones en Infraestructura vial.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, en primer lugar, por iluminar nuestro camino en todo momento.

A mis familiares por brindarme todo su apoyo.

A todas mis amistades por los ánimos constantes para seguir este camino.

A mi Asesor Ing. Gonzalo Hugo Diaz García por brindarme su guía y ayuda profesional para la realización y finalización de la presente investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO .....	12
III. METODOLOGÍA .....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	19
3.2. Variables y Operacionalización .....	20
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Procedimientos .....	22
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Principios Éticos.....	23
IV. RESULTADOS.....	24
4.1. Mezcla Asfáltica modificada con 7% de escoria siderúrgica.....	29
4.2. Mezcla Asfáltica modificada con 14% de escoria siderúrgica .....	33
4.3. Mezcla Asfáltica modificada con 21% de escoria siderúrgica .....	37
4.4. Comparación de Resultados .....	41
V. DISCUSIÓN .....	45
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS .....	50
ANEXOS .....	4

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1.	Población y Muestra.....	21
Tabla 2.	Dosificación para mezcla tradicional.....	24
Tabla 3.	Combinación teórica dosificación – ASTM.....	24
Tabla 4.	Resultados Marshall de C.A.....	28
Tabla 5.	Resultados Marshall de C.A.....	32
Tabla 6.	Resultados Marshall de C.A.....	36
Tabla 7.	Resultados Marshall de C.A.....	40
Tabla 8.	Comparación de resultados.....	41

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfica 1 .....	25
Gráfica 2 .....	26
Gráfica 3.....	26
Gráfica 4.....	27
Gráfica 5.....	27
Gráfica 6.....	28
Gráfica 7 .....	29
Gráfica 8. ....	30
Gráfica 9.....	30
Gráfica 10.....	31
Gráfica 11.....	31
Gráfica 12.....	32
Gráfica 13.....	33
Gráfica 14. ....	34
Gráfica 15.....	34
Gráfica 16.....	35
Gráfica 17.....	35
Gráfica 18.....	36
Gráfica 19.....	37
Gráfica 20. ....	38
Gráfica 21.....	38
Gráfica 22.....	39
Gráfica 23.....	39
Gráfica 24.....	40
Gráfica 25.....	41
Gráfica 26.....	42
Gráfica 27.....	43
Gráfica 28.....	44

## **RESUMEN**

En el Perú se ha venido realizando investigaciones con el objetivo de mejorar el comportamiento y durabilidad de la carpeta asfáltica. Motivo por el cual, la presente investigación tiene como principal objetivo establecer de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles y como objetivos específicos se planteó lo siguiente: De qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la estabilidad, permeabilidad, durabilidad y fluencia en la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles.

Se ha demostrado positivamente y de manera sustentable su aplicabilidad técnica, siendo un aporte importante al mejoramiento de sus características físicas y mecánicas.

Del mismo modo, se concluyó que el uso del 7% de escoria siderúrgica en las mezclas asfálticas es la combinación más estable y beneficiosa para la mezcla.

**PALABRAS CLAVES:** Infraestructura Vial, Pavimentos Flexibles, Mezcla Asfáltica, Escoria Siderúrgica.

## ***ABSTRACT***

In Peru, research has been carried out with the aim of improving the behavior and durability of the asphalt layer. Reason for which, the present investigation has as main objective to establish how the use of steel slag influences in the hot asphalt mixture for flexible pavements and as specific objectives the following was raised: How the use of steel slag influences in stability, permeability, durability and flow in hot mix asphalt for flexible pavements.

Its technical applicability has been positively and sustainably demonstrated, being an important contribution to the improvement of its physical and mechanical characteristics.

Similarly, it was concluded that the use of 7% iron and steel slag in asphalt mixtures is the most stable and beneficial combination for the mixture.

**Keywords:**Road Infrastructure, Flexible Pavements, Asphalt Mixture, Steel Slag

## ***I. INTRODUCCIÓN***

Luego del desastre ocurrido en los últimos años por la pandemia generada a causa de la COVID 19; afecto drásticamente a la población mundial, generando pérdidas humanas, de economía e inestabilidad social. Actualmente nos encontramos en plena recuperación y para ello uno de los puntos importantes a tener en cuenta es la economía nacional, la cual nos brinda una estabilidad social; para ello, la industria de la construcción es esencial. Lo anterior implica la explotación de recursos naturales no renovables; por lo tanto, un mayor daño al medio ambiente al contaminar sus principales recursos naturales. Motivo por el cual, el desarrollo sostenible es una prioridad para las industrias. Del mismo modo para mí; ya que, lo considero en mi “Línea de investigación de responsabilidad social universitaria”.

Según (Rojas y Otálvaro, 2020) manifiestan que, existen dos métodos para la producción del acero: el alto horno y el horno de acero eléctrico donde se funden minerales de hierro y chatarra metálica respectivamente. Asimismo; se realizaron algunos estudios para determinar sus variedades de uso en la construcción; estos pueden funcionar como agregados y materia prima para el cemento; del mismo modo se puede apreciar que donde mas se aprovecha es en el área de pavimentos. Es por ello que los autores promueven el uso correcto y seguro de estos residuos; ya que, aportan a la sostenibilidad de las industrias siderúrgicas.

Méndez (2020) agregó que son explotadas para la elaboración de cemento resistente y maleable, por consiguiente, más competencia y operatividad, sumando a eso se pudo observar que tiene cuantiosas empleabilidades como el procedimiento de fluidos, subvención de control de grado de calor ambiental durante la licuefacción y ajustar el anti corroído del latón. También Soto (2019) señaló que “en España los restos siderúrgicos han tenido un impacto bonancible en virtud de que, ha contribuido en economizar corriente y aminoramiento de irradiación al ambiente, del mismo modo, ha sido factible la extracción de concreto con peculiaridades optimizadas”.

Según Bauer (2018) en el artículo 'Furnace Slag and Metallurgical Slag' (Escoria de Horno y Metalúrgica) nos indican que, la escoria siderúrgica es autóctona y de condición opuesta al líquido natural del globo terráqueo; son difíciles de conseguir. Este material al darle uso en obras de autovías en Alemania no tuvo ningún inconveniente con respecto a la salud humana; además, apoya correctamente a la mezcla asfáltica para armazones dúctiles.

En el ámbito nacional, las empresas aun no tienen en cuenta el uso de la escoria siderúrgica en la construcción a pesar de que estas son recicladas de manera exorbitante. Pérez (2019) nos informa que, a pesar de que contamos con grandes compañías que generan una gran cantidad de estos restos, no llegan a ser Re explotadas y que deberíamos de tomar como ejemplo a otros países que conocen plenamente los beneficios que ofrecen la escoria siderúrgica. De continuar con este desaprovechamiento de material a largo plazo, esto puede perjudicar el medio ambiente, cuando estas pueden ser aprovechadas en el reforzamiento de nuestras obras viales.

Minaya (2017) avaló que la consecuencia de no aprovechar la escoria siderúrgica ha provocado obras mal elaboradas, como las deficiencias de aceras, resquebrajadura en las calzadas y grietas en las avenidas. La realidad es que la prosperidad capital y comunitaria de un país, se puede evidenciar a través de las obras realizadas para el beneficio de su población en lo que corresponde a la transitabilidad. Mariños (2020) nos menciona que "aquellas obras son sustanciales como intercomunicación entre individuos y localidades"; es por ello, que se deben realizar de una manera minuciosa con el fin de extender su tiempo de vida.

En el ámbito local, podemos observar que, en Nuevo Chimbote existen numerosas obras que fueron entregadas en mal estado; carreteras resquebrajándose, veredas con aberturas, hendiduras al caminar y superficies con fisuras. Los lugares más notorios que están a la vista y alcance de los ciudadanos son; por ejemplo, las calles del pueblo joven 3 de octubre, Avenida Brasil, Avenida Pacífico, Avenida Anchoqueta y en distintas urbanizaciones como Garatea, Bellamar, Bruces y Casuarinas donde los pobladores constantemente han exteriorizado su

incomodidad; ya que, estos tienen altas probabilidades de causar un accidente y poner en riesgo su vida. También podemos observar que, las construcciones han sido de manera nefasta debido al carente uso de los materiales trayendo consigo consecuencias en un periodo corto de tiempo. Unos ejemplos claros son; privación económica, tránsito pesado, alza en los precios de pasajes y daño de las ganancias comunitarias. Es por ello, que la escoria siderúrgica debería de posicionarse dentro de los elementos predominantes en la ejecución de las obras, con el fin de tener características duraderas y firmes.

Nuevo Chimbote se caracteriza por tener lugares atractivos como la Plaza Mayor, La Catedral y riquezas naturales, sin embargo, las deplorables condiciones de las calles edificadas con materiales extemporáneos producen que tanto los mismos pobladores como los visitantes cuenten con una visión lamentable y, a la vez, riesgoso. Estas imperfecciones son tratadas algunas veces por las autoridades, aunque son de manera superficial y con materiales comunes obteniendo los mismos resultados en poco tiempo.

Por lo tanto, el problema que se ha planteado es el siguiente: ¿De qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles, en el distrito de Nuevo Chimbote, 2022?

Se justifica teóricamente, porque llevará información acreditada por autores destacados, revistas, teorías y testimonios fiables que sostiene las variables. En lo práctico, tendrá una buena acogida en un periodo largo de tiempo; ya que, beneficiará a futuras generaciones, próximos especialistas en el tema, estudiantes universitarios y fieles lectores. De la misma manera con la justificación metodológica, porque esta investigación estará avalada por especialistas, a decir, el instrumento en forma de ficha técnica será validada a través de juicio, y, por programas estadísticos fiables de versiones recientes, bajo una investigación de naturaleza aplicada.

Se considero como principal objetivo, determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles.

Del mismo modo, se determinó los objetivos específicos de la siguiente manera; determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles, determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la permeabilidad de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles, también, determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la durabilidad de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles, y, por último, determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la fluencia de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles.

Del mismo modo, la hipótesis general se estableció, el uso de escoria siderúrgica influiría significativamente en la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En el ámbito nacional, Zamudio (2018) tuvo por conveniente precisar que tanto influye la escoria en el concreto para la construcción de carreteras. La población se estableció por la Avenida Panacocha y, la muestra se precisó entre las cuadras 9 al 13. La técnica fue la observación y el instrumento fue la ficha técnica. De tal modo, el autor realizó la siguiente metodología: de naturaleza aplicada tipo cualitativa, así los resultados mostraron que: la escoria granulada adicionada al hormigón en un 15%, dio una estabilidad del 96% a la mezcla cumpliendo con las características de reglamento exigido por el instituto de masilla, motivo por el cual se concluyó que: la escoria granulada aporta positivamente en las características del hormigón en la maleabilidad, rigidez y solvencia.

Aquino (2020) en su tesis titulada “Proyecto para autopista basada en materiales de restos siderúrgicos en una región agreste, Sullana, 2020” se planteó como objetivo elaborar una mezcla dura y con solidez teniendo en cuenta los restos siderúrgicos para suelos de autovías, la población se conformó de la carretera que sitúa en el pueblo de Querecotillo y, la muestra se tomó de dos plantas a ser estudiadas. La técnica fue la observación y el instrumento una ficha técnica. La metodología fue de diseño experimental, nivel aplicado donde se encontraron los

siguientes resultados: cuando se agregó cadmio a la mistura sobrepasó la demarcación tolerada reduciéndose a 0.3, aunque, cuando el resto siderúrgico fue adicionado se obtuvo un concreto firme cuyo porcentaje está permitido, motivo por el cual, se determinó que la escoria siderúrgica es ejecutable en las obras utilizando hormigón, por lo tanto, es calificado significativamente.

Pérez (2018) tuvo como principal objetivo estudiar el comportamiento de las mezclas asfálticas al agregar escoria siderúrgica, con un enfoque cuantitativo, descriptivo correlacional, experimental, en una muestra de 57 briquetas con 4 diseños de mezclas en las cuales 3 se tomaron como diseños experimentales y una como diseño patrón. Donde finalmente determino que el uso de la escoria es de uso provechoso para el mejoramiento de las características mecánicas de la mezcla.

En el ámbito internacional, Díaz et al. (2021) en su tesis titulada “Análisis integral de la escoria de acero como agregado para la construcción de carreteras: Pruebas experimentales y evaluación de impacto ambiental” sostuvo como principal objetivo la influencia de la escoria de alto horno de oxígeno (BOF) como agregado para la construcción de carreteras. La muestra fue de un área de 50 Km, utilizándose una metodología de diseño experimental, descriptivo. La técnica fue la observación inmediata y el instrumento fue una ficha de recopilación de datos. Los resultados obtenidos fueron que, las propiedades físicas y mecánicas de los áridos gruesos, son del 15% de áridos gruesos con escoria BOF, después de 18 meses de servicio mostro un rendimiento excelente, llegando a la conclusión de que, la escoria BOF tiene mejores propiedades que la natural convencional de agregados y lo cual puede mejorar el rendimiento de la carretera.

En el país vecino de Chile, López (2018) en su tesis magisterial titulada “Optimización de la masilla asfáltica con restos siderúrgicos para pisos dúctiles, Chile, 2018” tuvo como principal objetivo el perfeccionamiento de las particularidades de misturas asfálticas con aplicación de desechos siderúrgicos. La población se conformó por la campiña de Los Menores al oeste de Santiago, la muestra fue de un terreno de 350 metros realizando una metodología de naturaleza

aplicada, y diseño experimental. La técnica fue la observación inmediata y el instrumento fue una ficha de recopilación de datos. Los resultados fueron los siguientes: existió una consistencia de 16.9345 KN para el espécimen 1, y, 18.09 KN para el espécimen 2, también se logró obtener la firmeza considerándose como un baturrillo espléndido, llegando a la conclusión que, las mezclas asfálticas con desechos siderúrgicos son apropiados y aptos para soportar pesos.

Pérez (2020) en su tesis titulada “Explotación de desperdicios siderúrgicos para el perfeccionamiento de revueltos asfálticos, Colombia, 2020” se planteó como objetivo calcular y paralelar la conducta de la mistura asfálticas con la empleabilidad de restos siderúrgicos para determinar si ayuda al aguante y son aptas. La población fue la calle San Francisco en Cali, y, la muestra fue de las avenidas 15 y 16. La técnica fue la observación y, el instrumento fue una ficha recopilatoria. La metodología fue de naturaleza aplicada y de diseño experimental donde se obtuvieron los siguientes resultados: los restos siderúrgicos obtuvieron una rigidez de 17mm y un aguante de 2566 lb, motivo por el cual, se concluyó: los desperdicios siderúrgicos optimizaron las particularidades automáticas para que así sean empleadas en zonas de circulación.

Teniendo en cuenta las teorías relacionadas al tema, la escoria es un subproducto que se forma en la fundición y en otros procesos metalúrgicos y de combustión de las impurezas de los metales o de los minerales que se tratan. Durante la fundición o el refinado la escoria flota en la superficie del metal fundido, protegiéndolo de la oxidación o reducción por parte de la atmósfera y manteniéndolo limpio. (Soto, 2020)

La escoria de acero es un material duro y denso, del mismo modo que la escoria de hierro refrigerada por aire. Los elementos oxidados restantes se mezclan con cal para obtener la escoria de acero. La propiedades y composición de las escorias siderúrgicas se someten al tipo de proceso de fabricación del acero y/o del tipo de acero. Las escorias siderúrgicas se obtienen en el proceso de refundición de chatarra de acero en un horno de arco eléctrico: es la llamada escoria negra. (Rodríguez, 2018).

En un horno de descarburación al vacío: es la llamada escoria blanca. La escoria blanca también se obtiene en un horno de arco eléctrico durante la producción de aceros no oxidables. Teniendo como diferencia la composición química y mineral; asimismo, de sus posibilidades de uso y sus principales propiedades. Anteriormente, el uso de la escoria de acero no era atractiva porque se necesitaba de grandes cantidades de escoria de alto horno. La escoria siderúrgica se ha estado en el mercado desde al menos mediados del siglo XIX. Hoy en día se utiliza en todos los países industrializados que produzcan acero. A partir del siglo XX se elaboraron muchos nuevos usos para la escoria siderúrgica en una variedad de industrias (Rodríguez,2018).

La escoria de acero es de uso variado para las necesidades medioambientales, como armadura para la estabilización de riberas, o un filtro para contener el fósforo y elevar el pH de las aguas superficiales ácidas. La escoria de acero es más que un subproducto del proceso de fabricación del acero; se ha usado en algunas aplicaciones medioambientales; tales como, los humedales construidos, cabe recalcar que la amplitud de las aplicaciones medioambientales de las escorias de acero va más allá, su uso es de manera amplia. Teniendo como tema del taller el uso de escorias de acero en construcción de carreteras, éste fue el filtro en el que se evaluaron los impactos ambientales. La expansión de la escoria con el pasar de los años depende de la cantidad de cal y periclusa libre que contenga la escoria (Campos,2017).

La escoria mantiene una temperatura formando una tapa y protege el metal líquido del oxígeno. Como la escoria es más ligera que el metal líquido, flota y puede quitarse de una manera fácil. Hay tres tipos principales de escorias comercializadas para la fabricación de hierro, que se caracterizan por su forma de refrigeración: refrigerada por aire, granulada y expandida (Cassany, 2018).

La industria de carreteras y transporte usaran materiales sustentables y de reciclaje con la finalidad de hacer frente a los dos problemas globales: el medio ambiente y la energía. Uno de los materiales es la escoria de horno de acero, un material de desecho sostenible, que incluye dos tipos, a saber: el agregado compuesto que

surge como consecuencia del Horno de Arco Eléctrico (EAF) y del Horno Básico de Oxígeno (BOF). La escoria de acero puede suplantar a los áridos comunes porque tiene una característica casi igual a la de los áridos comunes y es fácil de obtener como subproducto de la industria siderúrgica (Thomas y Springer, 2018).

En los últimos años se han realizado investigaciones experimentales que han demostrado las propiedades químicas mecánicas y físicas de la escoria de acero. El valor del coeficiente de carga de California (CBR) de la escoria de acero está entre el 200 y el 300%, mientras que el CBR del árido triturado es sólo del 80 al 100%. Asimismo, la mezcla asfáltica que usa escoria de acero presenta mejores características mecánicas que las del asfalto correspondiente con el 100% de árido natural. La combinación de un 30% de escoria de acero y 70% de áridos naturales en la mezcla de betún muestra un excelente rendimiento como capa de rodadura de las carreteras. Motivo por el cual, el uso de la escoria de acero en la construcción de carreteras disminuye el relleno del terreno, ahorra recursos naturales y mejora la resistencia del pavimento para obtener un volumen más pesado y mayor volumen de vehículos. El objetivo principal de este artículo es recopilar las características químicas, físicas y mecánicas de la escoria de acero para ilustrar su rendimiento, destacando los estudios anteriores sobre el uso de la escoria de acero en la construcción de carreteras y el efecto de los diferentes porcentajes de escoria de acero en el pavimento, como sustitución de los áridos naturales (Thomas y Springer, 2018).

El pavimento asfáltico son elementos compuestos que contienen áridos, vacíos de aire relleno y masilla asfáltica. El asfalto suele ser blando cuando hace calor y frágil cuando hace frío. Es el tipo de pavimentación más común para carreteras y aeropuertos en todos los países por su buen rendimiento. El pavimento asfáltico se caracteriza por su estabilidad, durabilidad bajo los cambios climáticos, flexibilidad, resistencia al deslizamiento y una alta resistencia a los daños causados por la humedad; asimismo, se le saca un gran provecho debido a su bajo nivel de ruido y una buena capacidad de adaptación a las deformaciones de la subrasante (Ñuñuvero, 2018).

Suele mantenerse fácilmente y a su vez reutilizarse. El constante tránsito, la sobrecarga, algunos errores de construcción y el mismo medio ambiente; como el agrietamiento térmico generan un impacto negativo en los costes de mantenimiento, la vida útil y el rendimiento del pavimento; asimismo, provocan defectos no deseados como los ciclos de congelación y descongelación trayendo consigo el agrietamiento térmico a bajas temperaturas (Loyola, 2019).

La escoria de acero es esencial para mejorar las características de las mezclas asfálticas como su estabilidad y su vida a la fatiga. Louzi estableció un modelo para calcular el número de repeticiones a una tensión primaria en cualquier etapa para cada método de diseño, se le añadió tres porcentajes de escoria de acero en las piedras de cal (15%, 30% y 45%), ensayó estas muestras a diferentes niveles de tensión primaria y registró el fallo de la muestra por ciclos. Se determinó que los porcentajes de escoria de acero con mezcla de piedra caliza tienen un mayor rendimiento en comparación con SUPERPAVE (Superior Performance asphalt Pavement) y Marshal durante el ensayo de estabilidad y resistencia a la tracción indirecta (Hernández, 2019).

La durabilidad del pavimento asfáltico se puede determinar por la capacidad del mismo para resistir a la intemperie. Por otro lado, el recubrimiento asfáltico sobre los áridos es el elemento de impermeabilización del pavimento; a su vez, el pavimento asfáltico se vuelve más susceptible a la intemperie, cuando el recubrimiento asfáltico de los áridos es inadecuado y se logra oxidar trae como consecuencia el agrietamiento, cuando los huecos son demasiado notorios, hay incompatibilidad entre la superficie de los áridos y el ligante asfáltico (Sáenz, 2020).

La oxidación del asfalto hace que el pavimento se vuelva frágil y susceptible acortando la vida útil del pavimento. Muchos agregados suelen ser hidrofílicos. En consecuencia, la combinación de cintas finas y oxidadas en presencia de hidrofílicos es el método perfecto para una rápida reducción de la durabilidad. Del mismo modo, el cálculo del espesor de la cinta según la comparación de la superficie de los áridos con el contenido efectivo de asfalto ha resultado ser discutible en función de la gradación de los mismos. Debido a que es poco probable

que todos los áridos tengan el mismo espesor medio de película asfáltica. Asimismo, el valor para el espesor de la película es dudosa, no existe un método acordado para medir la superficie de los áridos triturados de forma irregular. Los valores indicados por el Instituto del Asfalto (MS-2) se basan en los trabajos de Francis Hveem (Hveem 1942) utilizando queroseno y asfalto recortado MC250 (Ramírez, 2019).

Las propiedades físicas del asfalto son derivados del petróleo, la cual se consigue durante la destilación industrial del crudo, que representa un 90% de la producción total de asfaltos, los asfáltenos suministran la dureza del pavimento, proporcionando la resistencia mecánica otorgándole consistencia; resinas, que proporcionan al asfalto sus propiedades cementantes y proceden como peptizantes. Aromáticos porque proporcionan la dispersión de los asfáltenos peptizados y saturados por lo que contiene entre 20 y 70 átomos de carbono de hidrocarburos normales y de cadena ramificada, actúan como antioxidantes e impermeabilizantes y ocasionan deformación en el asfalto (Cheng et al., 2019).

Las debilidades y defectos del pavimento de carreteras asfálticas son provocados comúnmente por la humedad del medio ambiente y la carga excesiva de tráfico. Las principales consecuencias suelen ser el agrietamiento longitudinal y transversal, agrietamientos, bloques y baches. Los pavimentos de hormigón tienen mejor durabilidad, los vehículos consumen menos energía y suelen tener menores costos de mantenimiento. Aunque, estas suelen ser más costosas y tiene menor tracción en climas húmedos en comparación con su contraparte. (Henares, 2018).

Baptista y Suárez (2018), al realizar sus estudios con respecto a los áridos gruesos y finos del hormigón por escoria lo dividieron en dos fases, el uso de la escoria cristalizada como agregado grueso y el uso de la escoria granular como agregado fino. Finalmente determinaron que la resistencia a la tracción es similar, mientras que la flexión y densidad del concreto obtuvieron unas mejoras respectivamente.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación fue cuantitativo. La investigación cuantitativa es el proceso de recogida y análisis de datos numéricos (Hernández y Mendoza, 2018). Puede utilizarse para encontrar patrones y promedios, hacer predicciones, probar relaciones causales y generalizar los resultados a poblaciones más amplias. Los métodos de investigación cuantitativos se aplican básicamente a la recogida de datos que están estructurados y que pueden representarse numéricamente. Por lo general, los datos cuantitativos se recogen cuando el investigador ha adoptado el enfoque epistemológico positivista y se recogen datos que pueden ser analizados científicamente. (Tamayo,2017)

El diseño de la investigación fue pre-experimental. Un tipo especial de diseño experimental viene determinado por el grado en que el investigador asigna los sujetos a las diferentes condiciones y grupos, además el autor manipula una de las variables para cuantificar el efecto sobre la otra. (Gutiérrez,2019)

Se estructura así:

**G: O1 ——— X ——— O2**

Leyenda:

G: Muestra

O1: Escoria siderúrgica

O2: Mezcla asfáltica

X: Estímulo

### 3.2. Variables y Operacionalización

#### **Variable Independiente: Escoria Siderúrgica**

**Definición conceptual:** La escoria es un subproducto que se forma en la fundición y en otros procesos metalúrgicos y de combustión de las impurezas de los metales o de los minerales que se tratan.

Durante la fundición o el refinado la escoria flota en la superficie del metal fundido, protegiéndolo de la oxidación o reducción por parte de la atmósfera y manteniéndolo limpio (Soto, 2020).

**Definición operacional:** La escoria siderúrgica se mide a través del porcentaje de escoria siderúrgica.

**Indicadores:** Porcentaje al 7%, porcentaje al 14% y porcentaje al 21%.

#### **Variable Dependiente: Mezcla Asfáltica**

**Definición conceptual:** Un pavimento asfáltico se vuelve más susceptible a la intemperie cuando el recubrimiento asfáltico de los áridos es inadecuado, cuando el recubrimiento asfáltico se oxida y, por tanto, se agrieta, cuando los huecos son demasiado altos, hay incompatibilidad entre la superficie de los áridos y el ligante asfáltico o una combinación de estos factores (Sáenz,2020).

**Definición operacional:** La mezcla asfáltica se mide a través de sus propiedades físicas y propiedades mecánicas.

**Indicadores:** Estabilidad, permeabilidad, durabilidad y fluencia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### **Población**

García, Reding y López (2013), es el total de las muestras y del muestreo de ser necesario, estos elementos se caracterizan por el espacio, tiempo, etc.

Nuestra población está conformada por el número total de briquetas de mezclas asfálticas en caliente donde se realizarán los respectivos ensayos para determinar sus propiedades mecánicas y físicas. Teniendo como referencia un total de 40 briquetas de mezcla asfáltica en caliente.

## Muestra

López (2004) define a la muestra como una porción de la población, es decir que, del total, se escogerá una parte mediante el empleo de fórmulas o la lógica para la realización de la investigación.

Para esta investigación, se tomará como muestra la cantidad de 20 briquetas de mezcla asfáltica en caliente y para los cuales se realizarán 5 dosificaciones de diseño de mezcla, en el que se contemplarán los porcentajes de adición de escoria siderúrgica: 0%, 7%, 14% y 21% respectivamente.

Tabla 1. Población y Muestra

Ensayos		Rotura Marshall	Total
Briquetas			
Nombre	Escoria siderúrgica		
Mezcla Asfáltica sin escoria	0%	5	5
Mezcla asfáltica con 3%	7%	5	5
Mezcla asfáltica con 10%	17%	5	5
Mezcla asfáltica con 17%	21%	5	5
		<b>Total</b>	<b>20</b>

Fuente: Elaboración propia

## Muestreo

Westreicher (2012) Es aquel indicador no probabilístico donde los sujetos de la población estadística no tienen la misma probabilidad de ser escogidos para ser integrados a la investigación.

De tal modo, nuestra investigación tiene un tipo de investigación no probabilístico por conveniencia; porque nuestra muestra se basó en el criterio propio.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos es el intermedio para tener información y compilarla; la cual debe ir acompañada de un diseño apropiado. (Tamayo, 2017).

En la presente investigación se empleará la técnica de observación directa, utilizando los protocolos aprobados del laboratorio se determinará los efectos de la adición de la escoria siderúrgica para nuestra investigación.

Para Sajjad y Syed (2018) mencionan que los instrumentos de recolección de datos es un método por el cual se recopilan y miden información de diversas fuentes, a fin de obtener un panorama completo, responder preguntas importantes, evaluar sus resultados y anticipar futuras tendencias.

Para nuestra investigación se empleará la ficha de recolección de datos, en las cuales se plasmará la información que se considere pertinente para el desarrollo de la investigación.

Para ello se realizarán los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por tamizado ASTM D422, MTC E 107.
- Diseño de mezcla asfáltica en caliente.
- Diseño de mezcla asfáltica en caliente con adición de escoria siderúrgica en porcentajes de 7%, 14% y 21%.
- Rotura Marshall

### **3.5. Procedimientos**

El presente trabajo de investigación parte de la necesidad de hallar una solución factible a la problemática mencionada anteriormente, es por ello que planteamos como solución de mejora la adición de escoria siderúrgica a la mezcla asfáltica en caliente.

El primer lugar se recolectará los materiales necesarios para llevar a cabo el diseño de mezcla asfáltica en caliente junto con ellos, la escoria siderúrgica. Una vez hecho esto, los materiales se trasladarán al laboratorio de pruebas y ensayos.

Entonces, en laboratorio se llevará a cabo la dosificación y diseño de mezcla para la elaboración de mezcla asfáltica según los porcentajes de adición de escoria siderúrgica al 7%, 14% y 21%, una vez realizado cada ensayo planeado, se evaluará la muestra personalizada con el fin de analizar la estabilidad, permeabilidad, durabilidad y fluencia, para así determinar si la adición de escoria al diseño de mezcla asfáltica influye favorablemente a las propiedades de esta.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El método que se utilizará para el presente proyecto es el análisis descriptivo, la cual será una explicación detallada de los datos recopilados en el laboratorio. Es menester describir el objetivo principal de esta investigación.

### **3.7. Principios Éticos**

El siguiente proyecto de investigación se lleva a cabo de conformidad con la Ley Universitaria 30220 y de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Resolución de Consejo Universitario N° 126-2022/UCV, aprobada el 23 de agosto de 2022, modificada por el Código. La universidad estableció un centro de investigación ética, en donde se asegura los cuatro criterios éticos expuestos en la resolución: beneficencia ya que se buscará dar solución a los problemas que se plantean, no maleficencia debido a que los datos que se obtengan no serán manipulados con el fin de beneficiar intereses personales, autonomía debido a que los datos recopilados serán obtenidos de manera verídica y única evitando de esta manera duplicidad y justicia porque se regirá de acuerdo a las normas ya establecida para los ensayos que se emplearan para el desarrollo del proyecto.

## IV. RESULTADOS

Tabla 2. Dosificación para mezcla tradicional

INSUMOS	PORCENTEJE %
Ag. Fino	51%
Ag. Grueso	44%
Filler	5%

Fuente: Elaboración propia

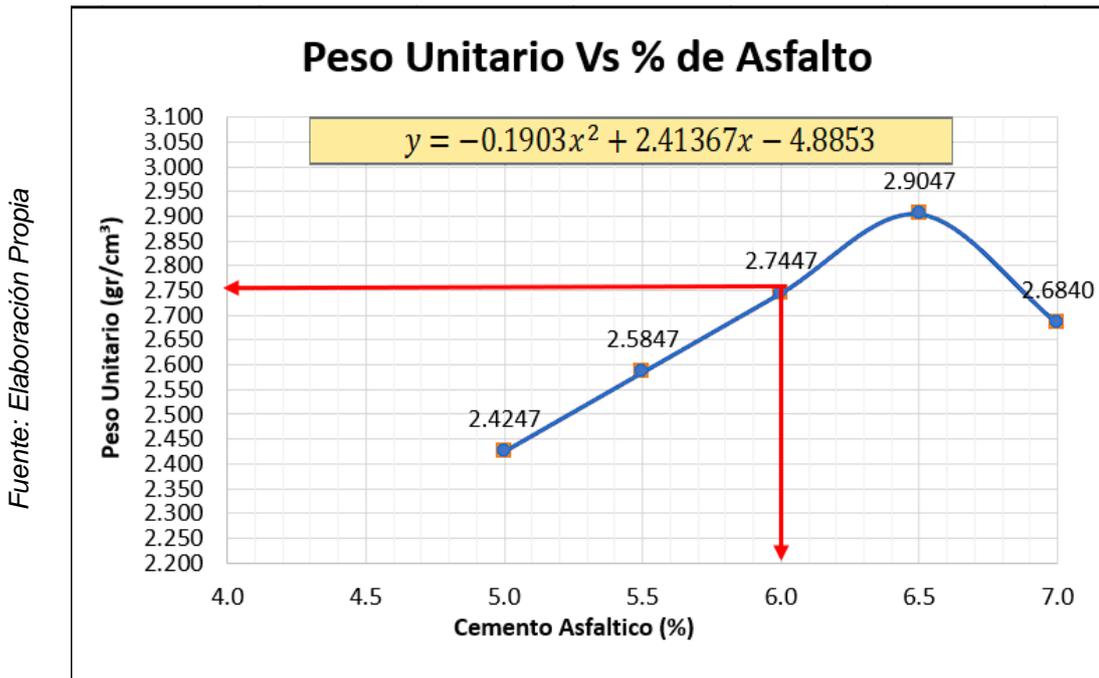
Tabla 3. Combinación teórica dosificación – ASTM

		INFLUENCIA DEL USO DE ESCORIA SIDERURGICA EN LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, NUEVO CHIMBOTE, 2022.								
CODIGO: CHIMBOTE-2022		Version				19/10/2022				
OBRA: AGUIRRE GARRIDO JORDI ANDRE		Revision				1				
ASESOR: MS. ING. GONZALO HUGO DIAZ GARCIA										
COMBINACION TEORICA DOSIFICACION - ASTM (ASTM D-3515)										
Muestra:	Combinacion Teorica	Pen - 60/70				Fecha :		10/09/2022		
Cantera:	Besique	DISEÑO N° 01								
DATOS DE LA MUESTRA										
MATERIAL		PROCEDENCIA		OBSERVACIONES						
1. Grava Chancada 3/4"		Besique								
2. Arena Chancada 1/4 "		Besique								
3. Filler		Filler Carpetek								
4. Aditivo		Quimibond 3000								
Total										
TAMIZ	ABERT. mm	% RETENIDO PARCIAL			Promedio % Que Pasa	ESPECIFICACION		FORMULA DE TRABAJO SEGÚN ESPECIFICACION		DESCRIPCION
		1. Grava Chancada 3/4"	2. Arena Chancada 3/4"	3. Carpeted		Min.	Max.	Min.	Max.	
1 1/2"	38.100					ASTM 3515 (D-5)		Obra		Tamaño max: 3/4"
1"	25.400									Tamaño nominal: 2"
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100			
1/2"	12.500	86.8	100.0	100.0	94.2	90	100			Composicion de Agregados:
3/8"	9.500	54.4	100.0	100.0	79.9					Grava: 47.5%
1/4"	6.350									Arena: 46.8%
N° 4	4.750	1.1	92.9	100.0	52.5	44	74			Finos: 5.7%
N° 8	2.360	0.0	64.0	100.0	36.2	28	58			
N° 10	2.000									
N° 16	1.190	0.0	40.7	100.0	23.4					
N° 30	0.600	0.0	26.7	100.0	15.7					
N° 40	0.425	0.0	19.3							
N° 50	0.300	0.0	19.3	100.0	11.6	5	21			
N° 80	0.297	0.0								
N° 100	0.150	0.0	13.1	100.0	8.2					
N° 200	0.075	0.0	8.6	99.0	5.7	2	10			
< N° 200										

Fuente: Elaboración propia

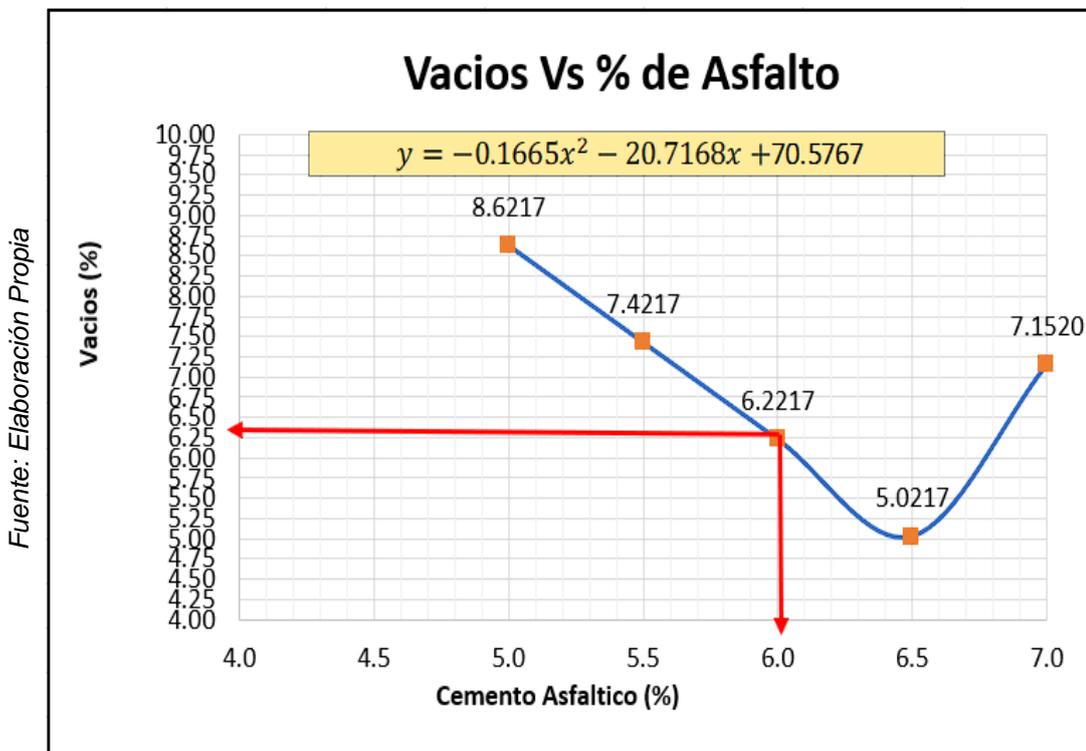


Gráfica 2.



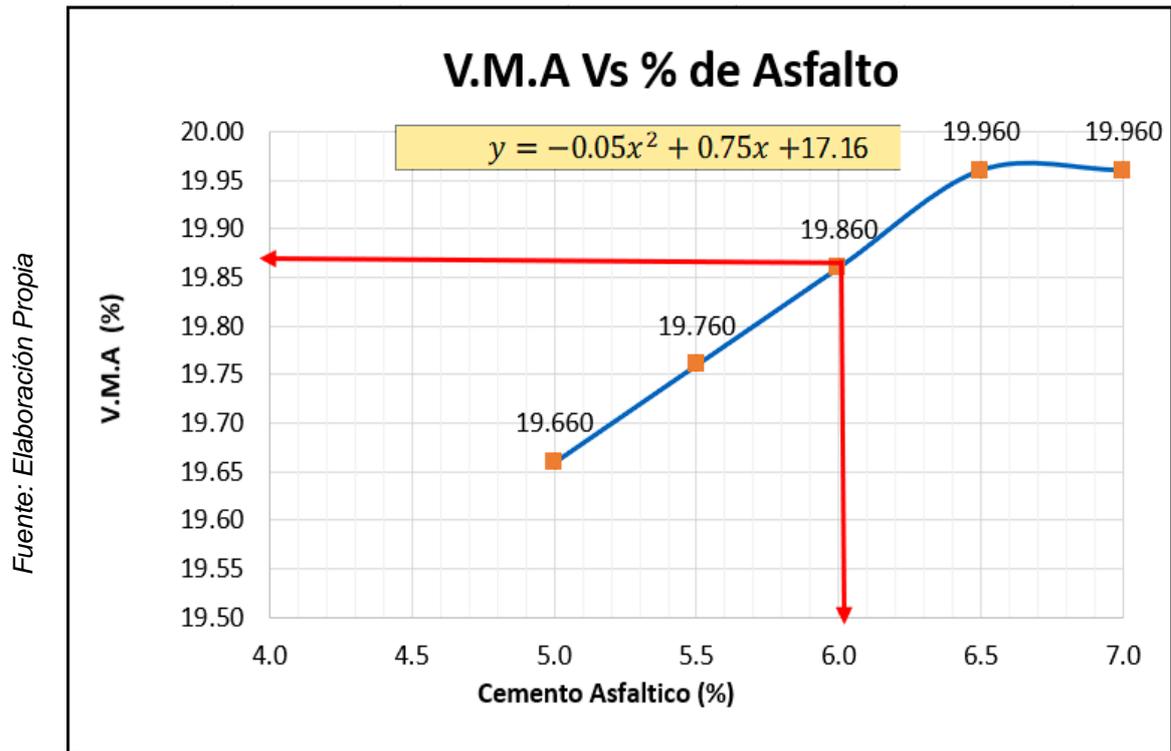
Peso Unitario Vs Porcentaje de Asfalto

Gráfica 3.



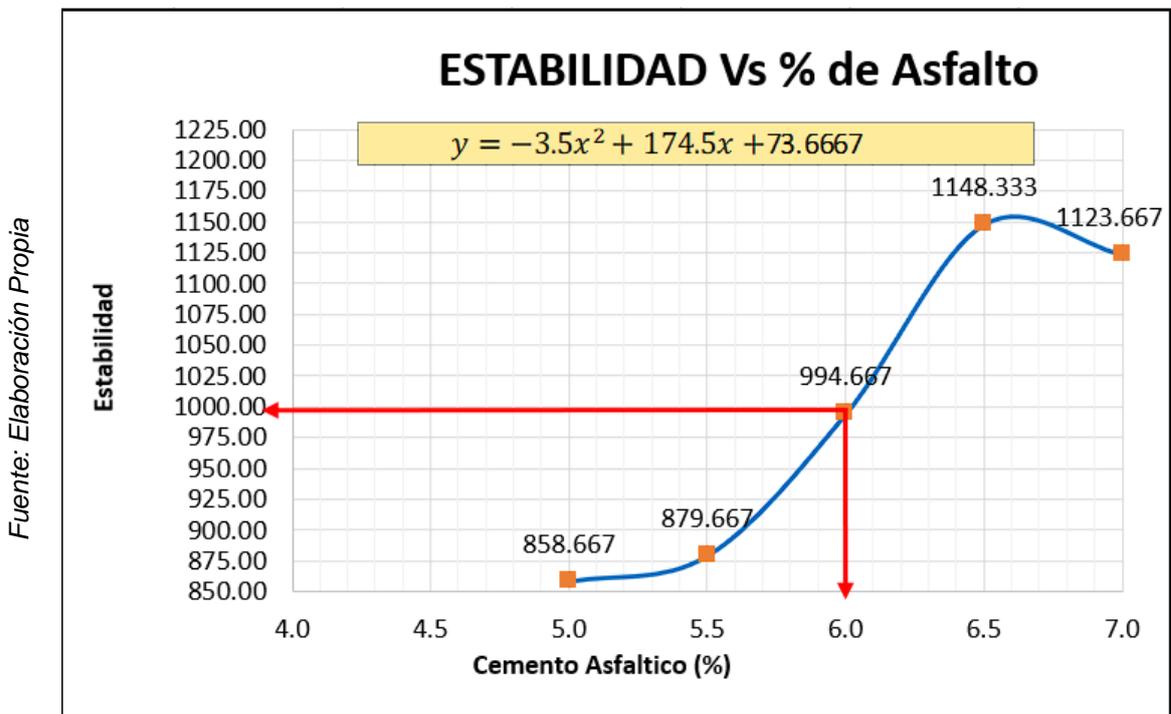
Porcentaje de Vacíos vs Porcentaje de Asfalto

Gráfica 4.



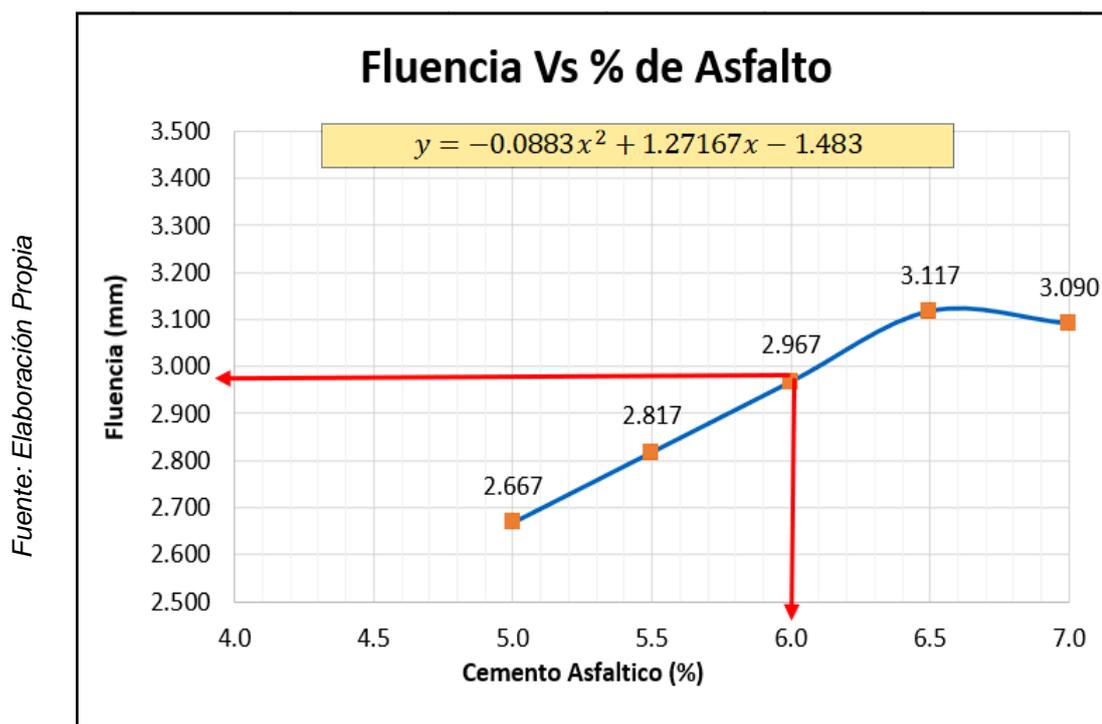
Porcentaje de V.M.A Vs Porcentaje de Asfalto

Gráfica 5.



Estabilidad Vs Porcentaje de Asfalto

Gráfica 6.



Fluencia Vs Porcentaje de Asfalto

Tabla 4. Resultados Marshall de C.A

Especificaciones	ASTM D-3515	Resultado	Unidades	Condicion
Optimo Contenido C.A	.+/- 0.3	6.00	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.74	(gr/cm <sup>3</sup> )	Cumple
Vacios al Aire	3-5	6.22	(%)	No Cumple
V.M.A	Min. 14	19.86	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	71.23	(%)	Cumple
Fluencia	2-4	2.97	(mm)	Cumple
Indice compactibilidad	Min. 5 (***)		(%)	
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min 75		(%)	
Estabilidad	Min. 830	994.67	(Kg)	Cumple
Indice de Rigidez	1700 - 4000	3405.33	(Kg/cm)	Cumple

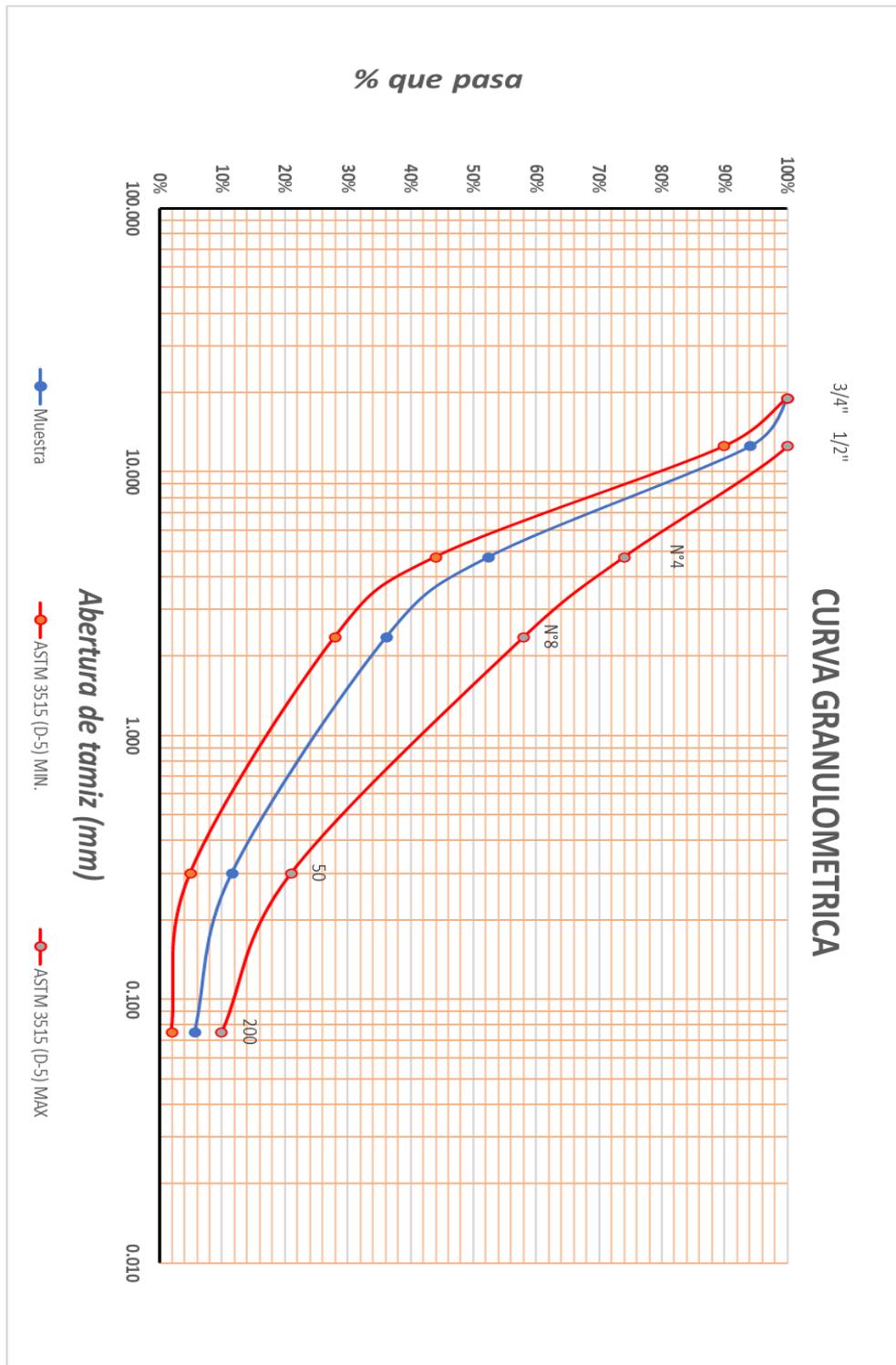
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se observa que la mezcla convencional no cumple con los requisitos de 3% a 5% como mínimo; de tal modo que la capa de rodadura se verá afectada por el ingreso de aire, lo cual genera deterioro del pavimento.

#### 4.1. Mezcla Asfáltica modificada con 7% de escoria siderúrgica

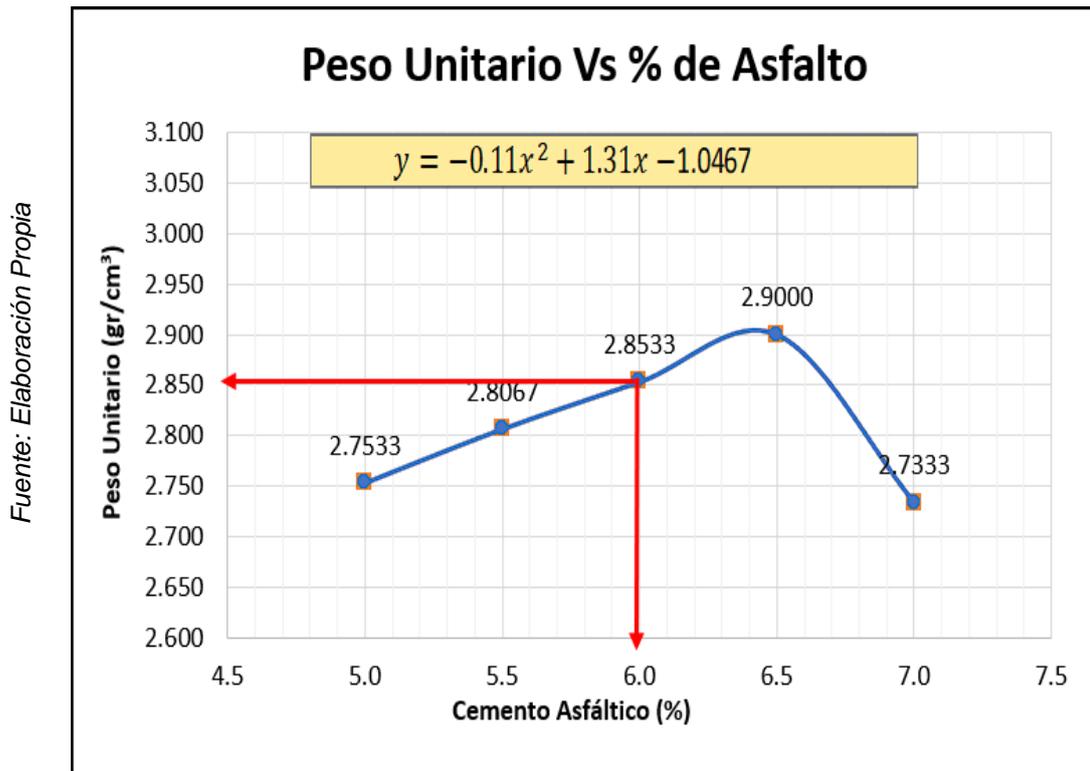
Para la realización del ensayo Marshall se realizaron 5 espécimen para los respectivos porcentajes que tendremos a continuación.

Gráfica 7. Granulometría 2



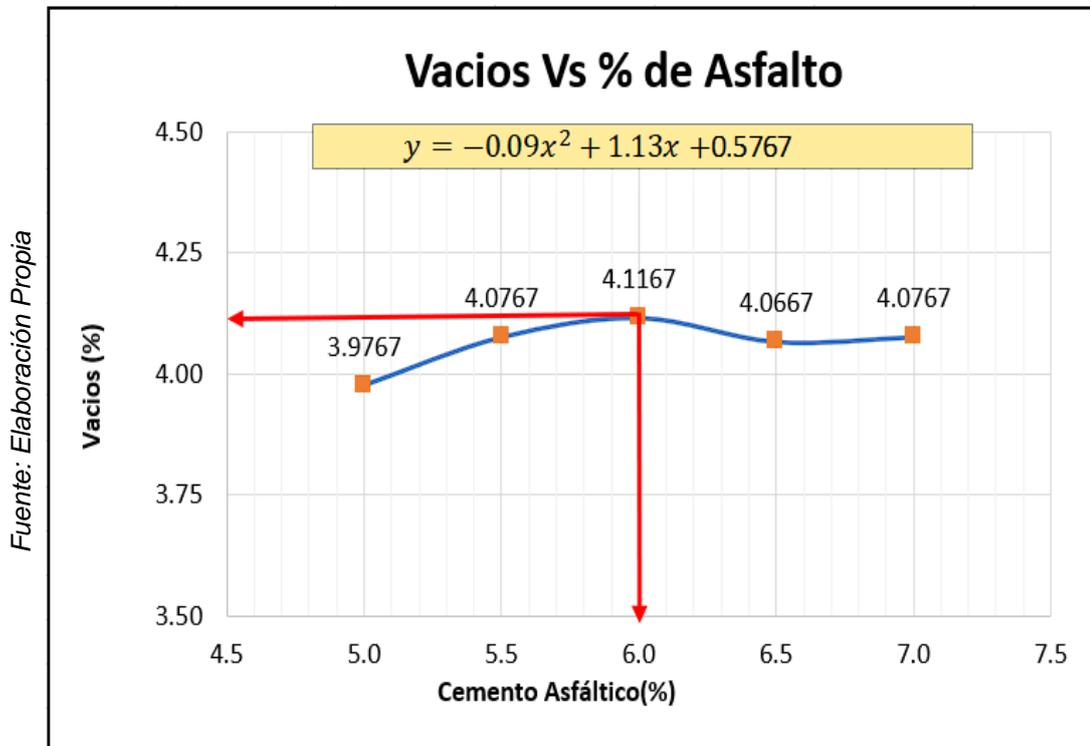
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8.



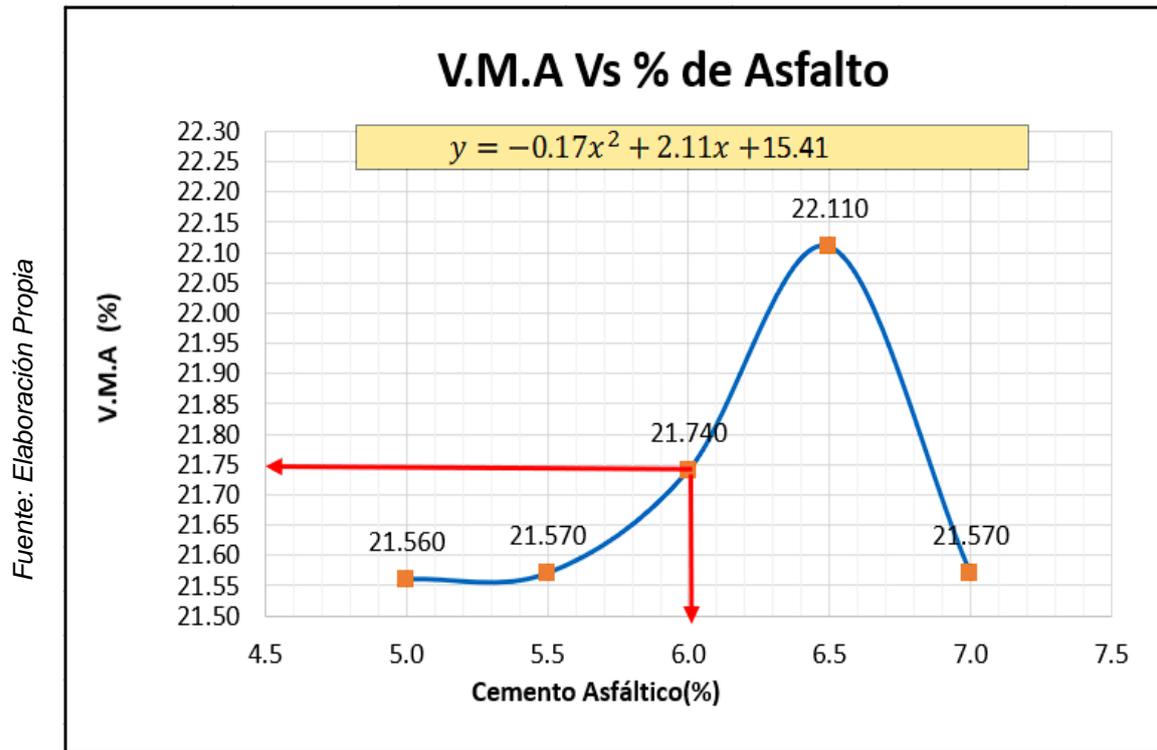
Peso Unitario Vs Porcentaje de Asfalto con 7% de Escoria Siderúrgica

Gráfica 9.



Porcentaje de Vacíos vs Porcentaje de Asfalto con 7% de Escoria Siderúrgica

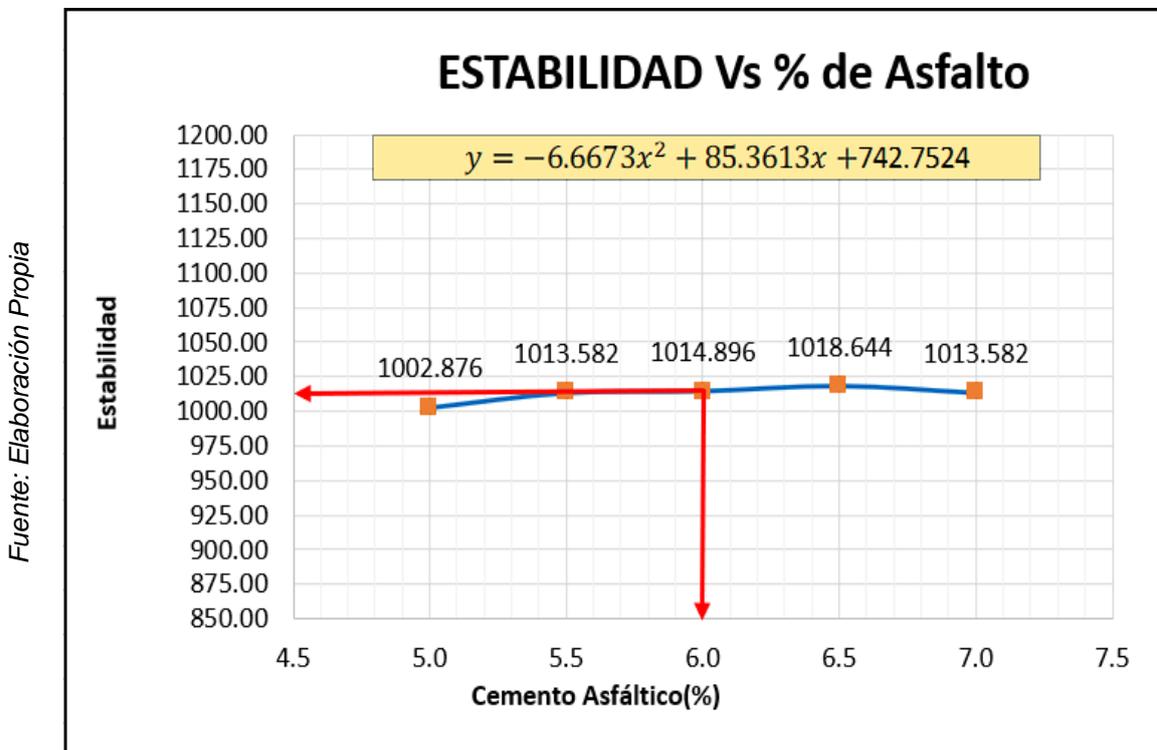
Gráfica 10.



Fuente: Elaboración Propia

Porcentaje de V.M.A Vs Porcentaje de Asfalto con 7% de Escoria Siderúrgica

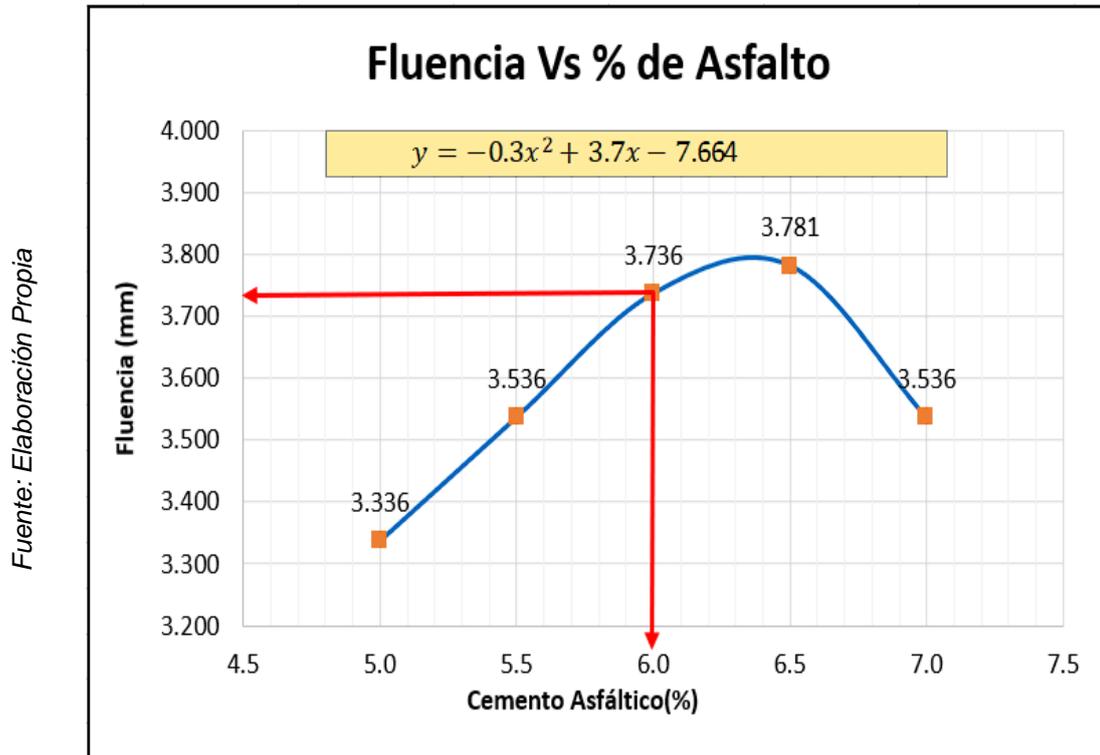
Gráfica 11.



Fuente: Elaboración Propia

Estabilidad Vs Porcentaje de Asfalto con 7% de Escoria Siderúrgica

Gráfica 12.



Fluencia Vs Porcentaje de Asfalto con 7% de Escoria Siderúrgica

Tabla 5. Resultados Marshall de C.A

Especificaciones	ASTM D-3515	Resultado	Unidades	Condicion
Optimo Contenido C.A	.+/- 0.3	6.00	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.85	(gr/cm <sup>3</sup> )	Cumple
Vacios al Aire	3-5	4.12	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	21.74	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	58.12	(%)	Cumple
Fluencia	2-4	3.74	(mm)	Cumple
Indice compactibilidad	Min. 5 (***)		(%)	
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min 75		(%)	
Estabilidad	Min. 830	1014.90	(Kg)	Cumple
Indice de Rigidez	1700 - 4000	3646.00	(Kg/cm)	Cumple

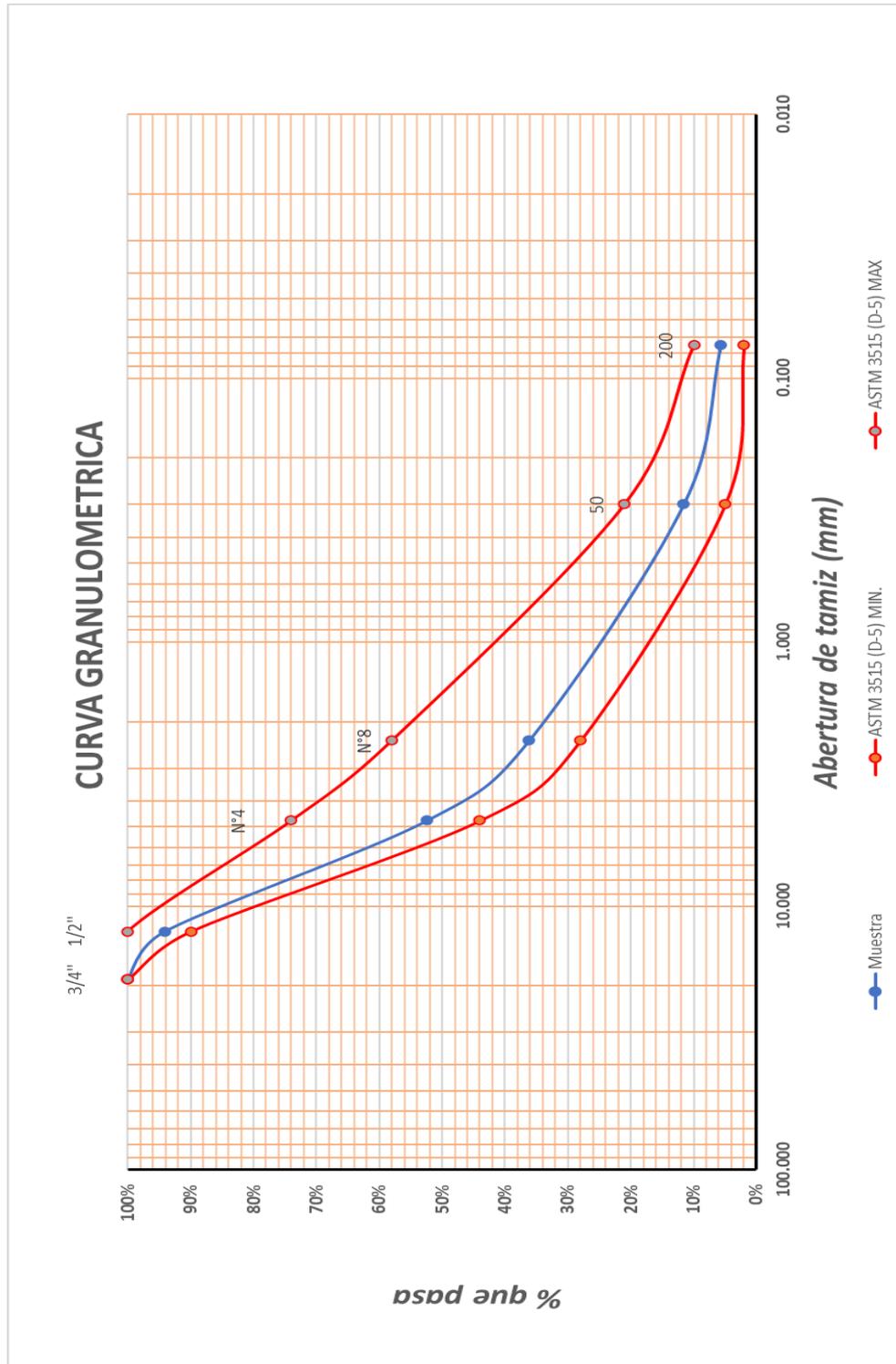
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se observa que la mezcla con el 7% de escoria siderúrgica cumple con los requisitos mínimos establecidos por el ASTM D-3515.

#### 4.2. Mezcla Asfáltica modificada con 14% de escoria siderúrgica

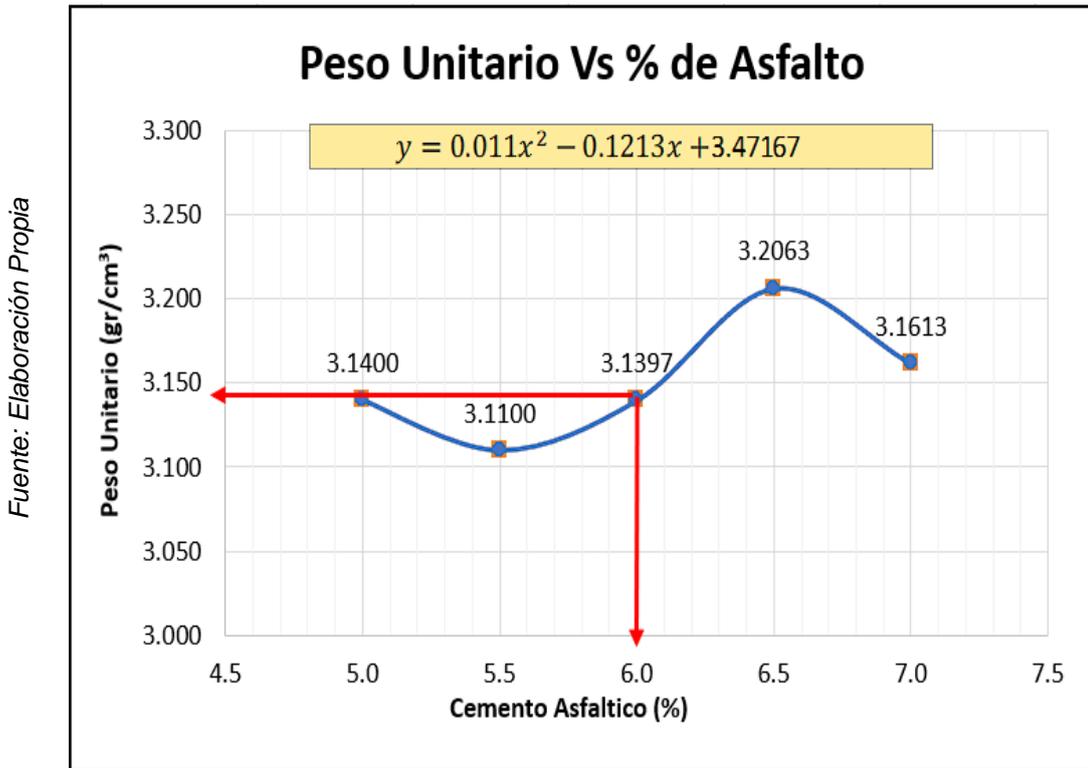
Para la realización del ensayo Marshall se realizaron 5 espécimen para los respectivos porcentajes que tendremos a continuación.

Gráfica 13. Granulometría 3



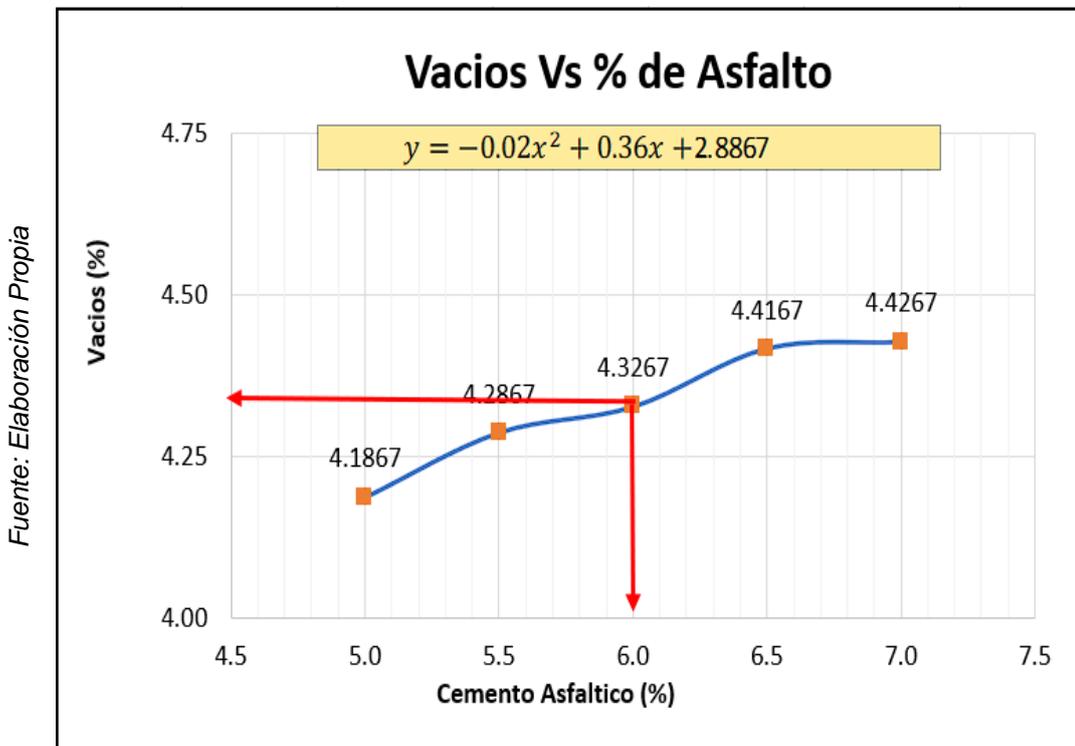
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 14.



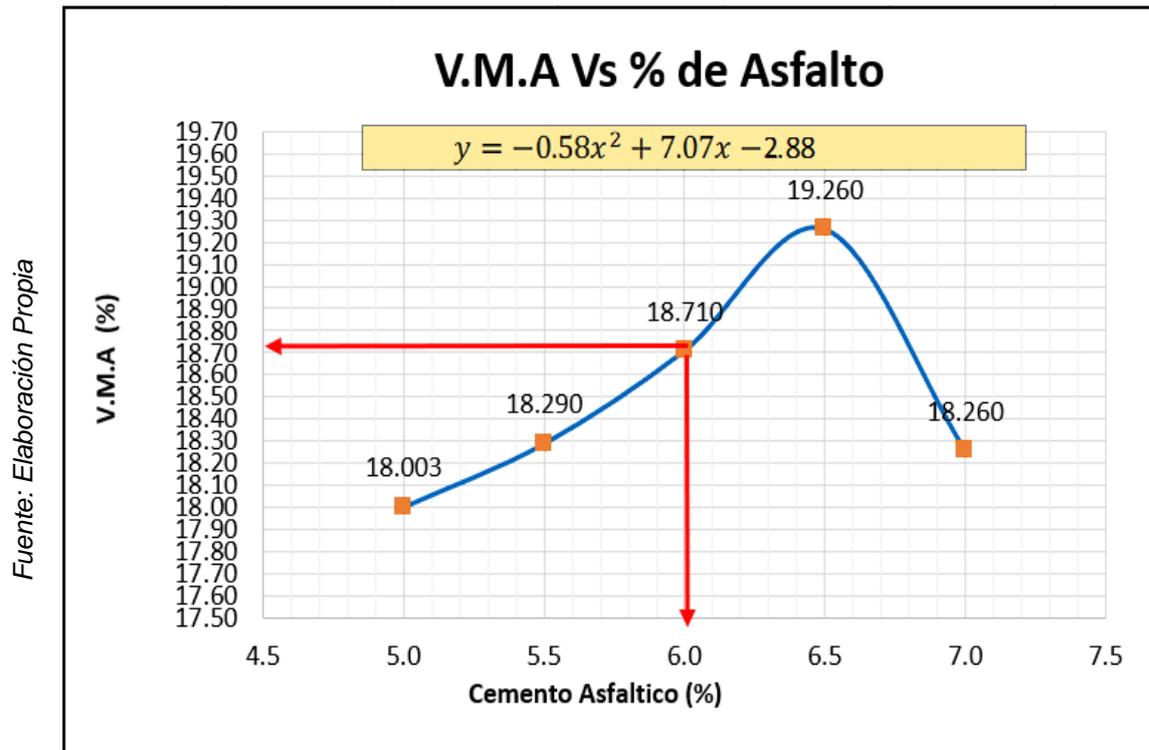
Peso Unitario Vs Porcentaje de Asfalto con 14% de Escoria Siderúrgica

Gráfica 15.



Porcentaje de Vacíos vs Porcentaje de Asfalto con 14% de Escoria Siderúrgica

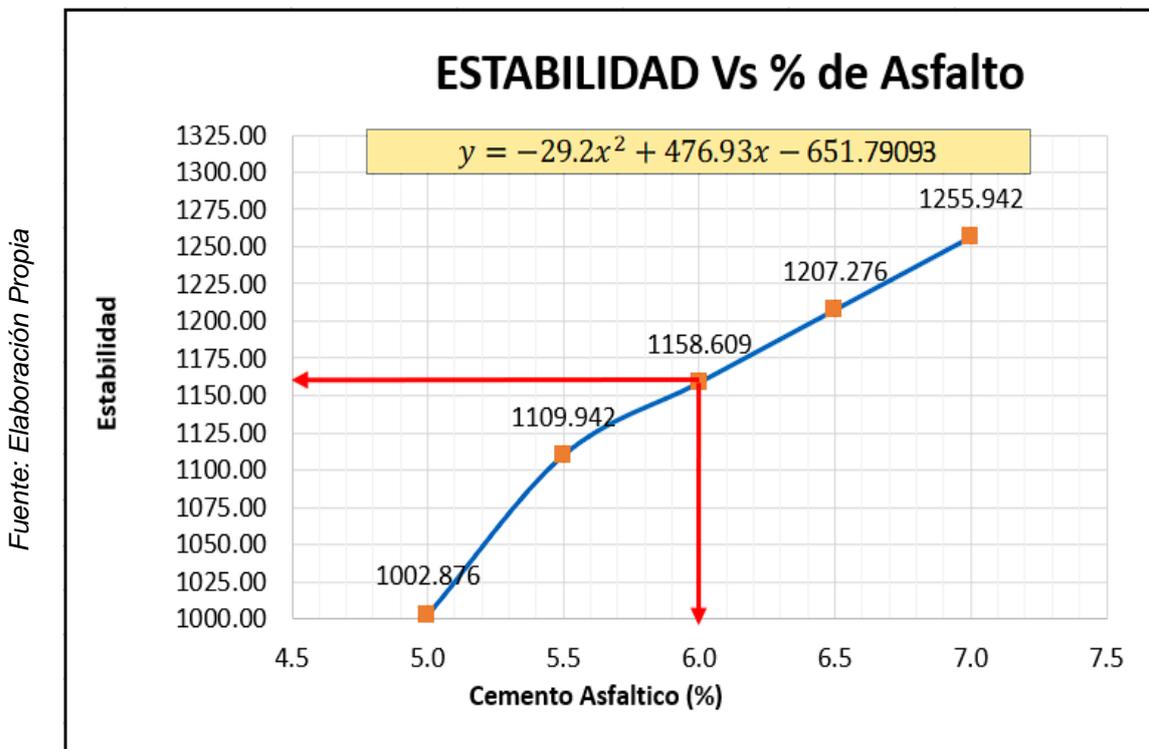
Gráfica 16.



Fuente: Elaboración Propia

Porcentaje de V.M.A Vs Porcentaje de Asfalto con 14% de Escoria Siderúrgica

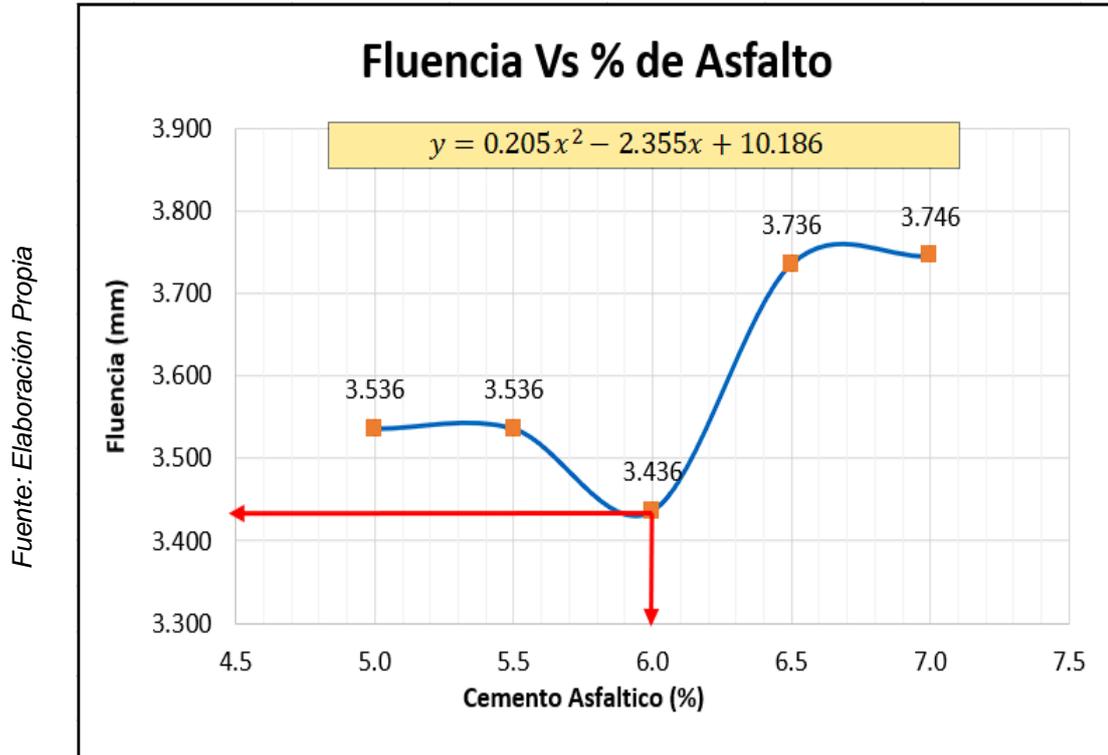
Gráfica 17.



Fuente: Elaboración Propia

Estabilidad Vs Porcentaje de Asfalto con 14% de Escoria Siderúrgica

Gráfica 18.



Fluencia Vs Porcentaje de Asfalto con 14% de Escoria Siderúrgica

Tabla 6. Resultados Marshall de C.A

Especificaciones	ASTM D-3515	Resultado	Unidades	Condicion
Optimo Contenido C.A	.+/- 0.3	6.00	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	3.14	(gr/cm <sup>3</sup> )	Cumple
Vacios al Aire	3-5	4.33	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	19.86	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	61.25	(%)	Cumple
Fluencia	2-4	3.44	(mm)	Cumple
Indice compactibilidad	Min. 5 (***)		(%)	
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min 75		(%)	
Estabilidad	Min. 830	1158.61	(Kg)	Cumple
Indice de Rigidez	1700 - 4000	3838.18	(Kg/cm)	Cumple

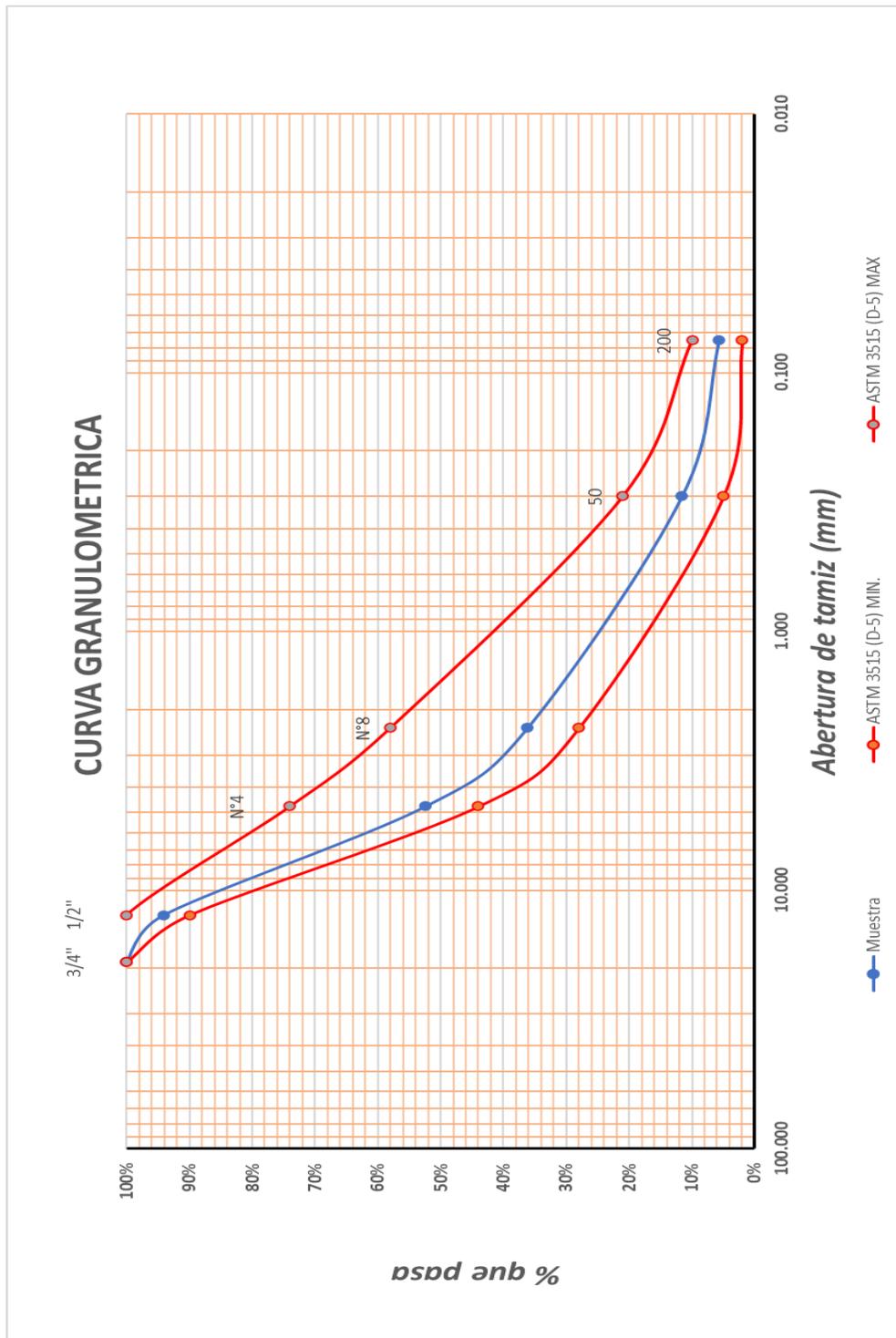
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se observa que la mezcla con el 14% de escoria siderúrgica cumple con los requisitos mínimos establecidos por el ASTM D-3515.

### 4.3. Mezcla Asfáltica modificada con 21% de escoria siderúrgica

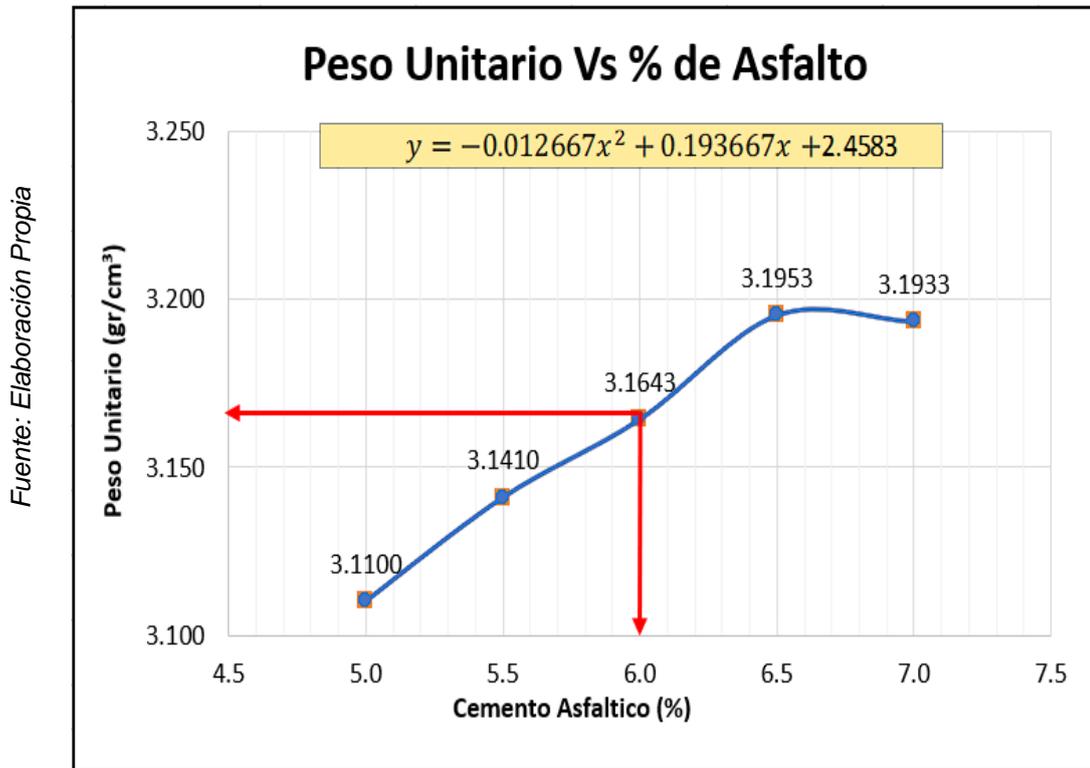
Para la realización del ensayo Marshall se realizaron 5 espécimen para los respectivos porcentajes que tendremos a continuación.

Gráfica 19. Granulometría 4



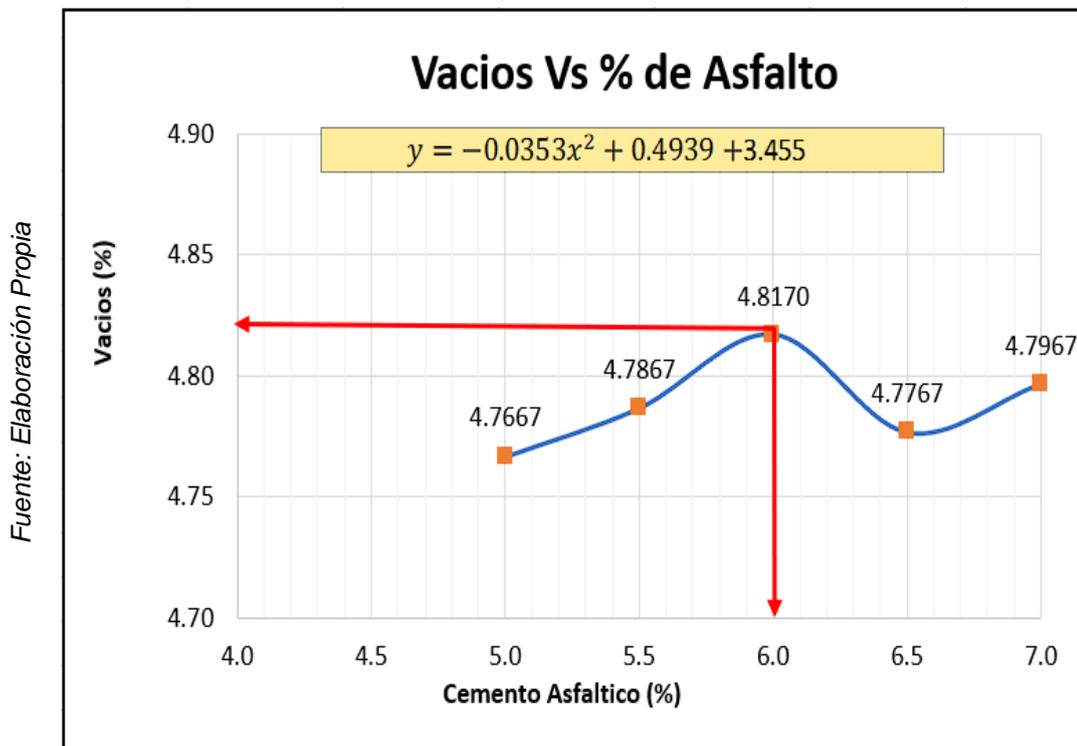
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 20.



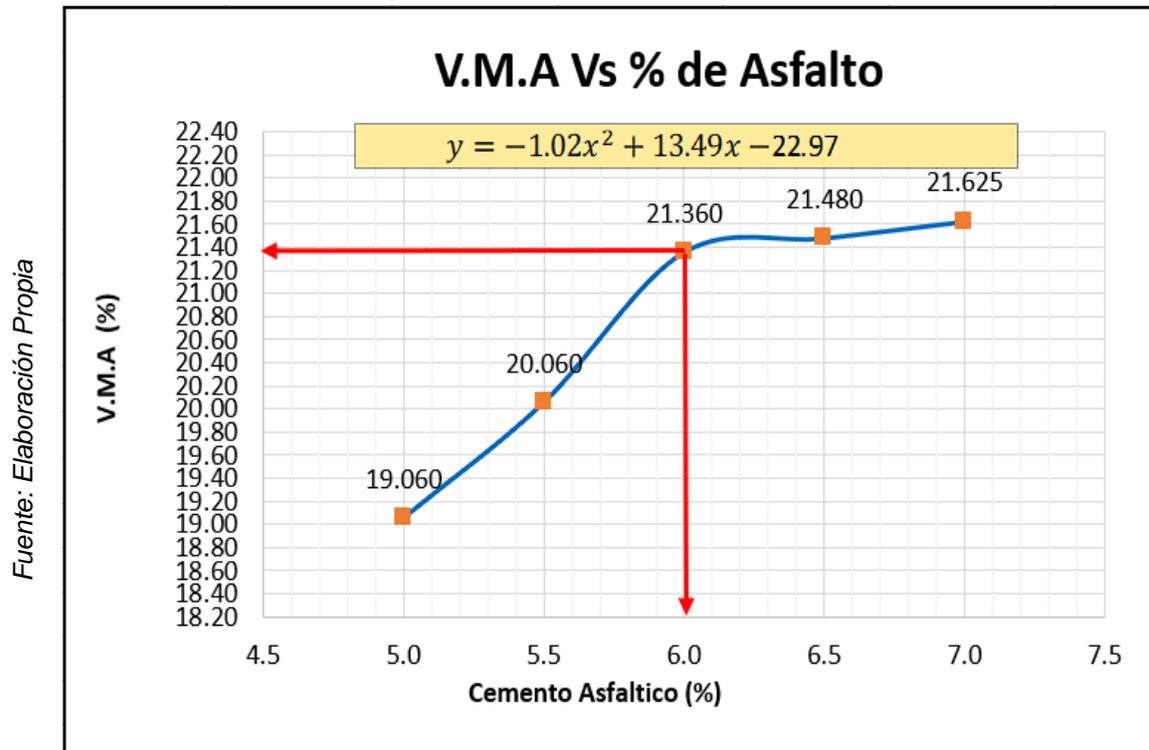
Peso Unitario Vs Porcentaje de Asfalto con 21% de Escoria Siderúrgica

Gráfica 21.



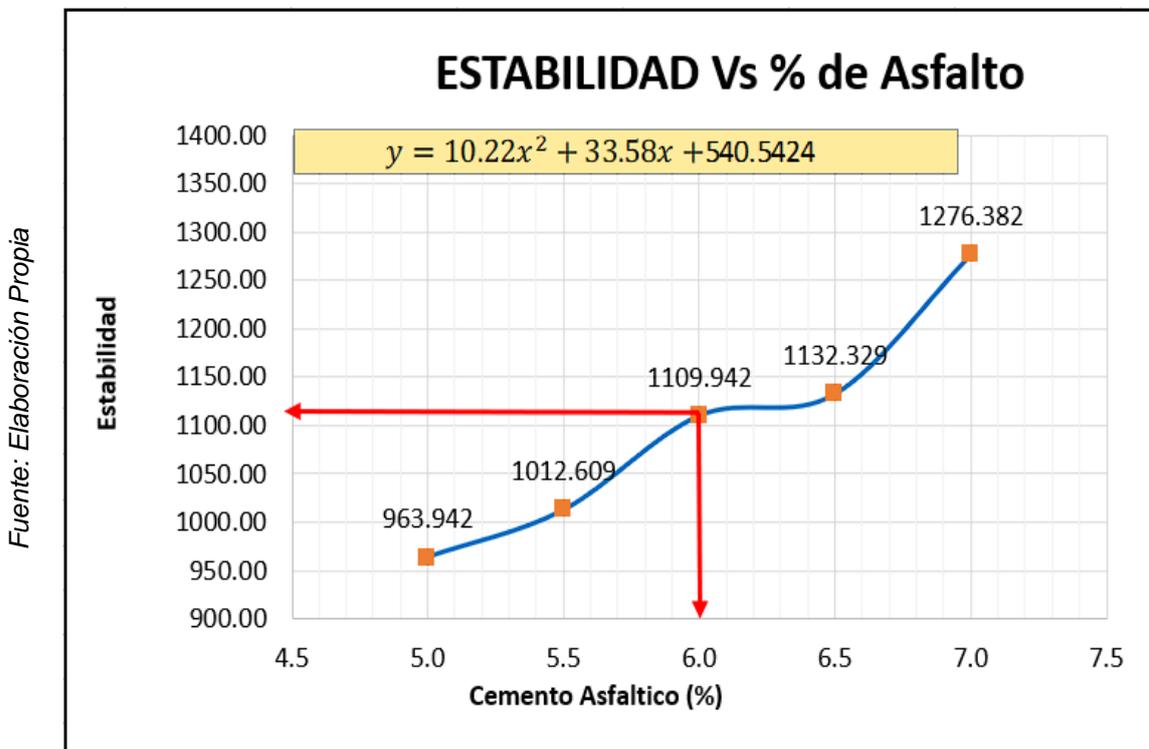
Porcentaje de Vacíos vs Porcentaje de Asfalto con 21% de Escoria Siderúrgica

Gráfica 22.



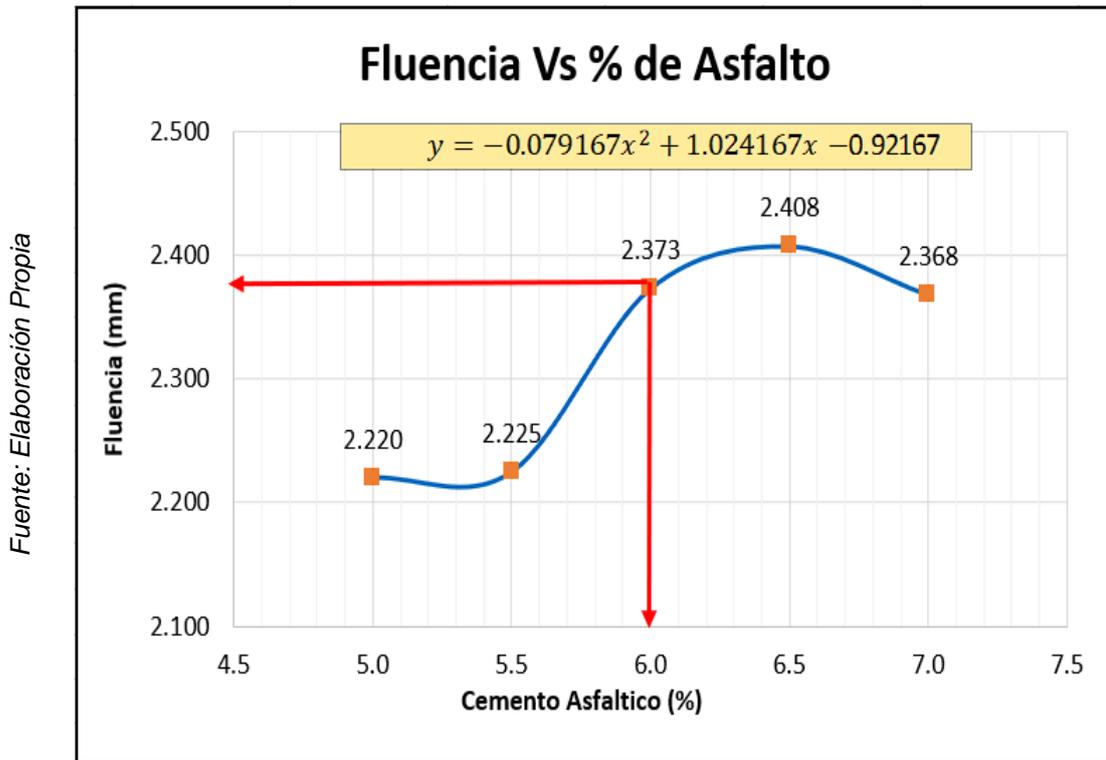
Porcentaje de V.M.A Vs Porcentaje de Asfalto con 21% de Escoria Siderúrgica

Gráfica 23.



Estabilidad Vs Porcentaje de Asfalto con 21% de Escoria Siderúrgica

Gráfica 24.



Fluencia Vs Porcentaje de Asfalto con 21% de Escoria Siderúrgica

Tabla 7. Resultados Marshall de C.A

Especificaciones	ASTM D-3515	Resultado	Unidades	Condicion
Optimo Contenido C.A	./- 0.3	6.00	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	3.16	(gr/cm <sup>3</sup> )	Cumple
Vacios al Aire	3-5	4.82	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	21.36	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	75.22	(%)	Cumple
Fluencia	2-4	2.37	(mm)	Cumple
Indice compactibilidad	Min. 5 (***)		(%)	
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min 75		(%)	
Estabilidad	Min. 830	1109.94	(Kg)	Cumple
Indice de Rigidez	1700 - 4000	3996.52	(Kg/cm)	Cumple

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se observa que la mezcla con el 21% de escoria siderúrgica cumple con los requisitos mínimos establecidos por el ASTM D-3515.

#### 4.4. Comparación de Resultados

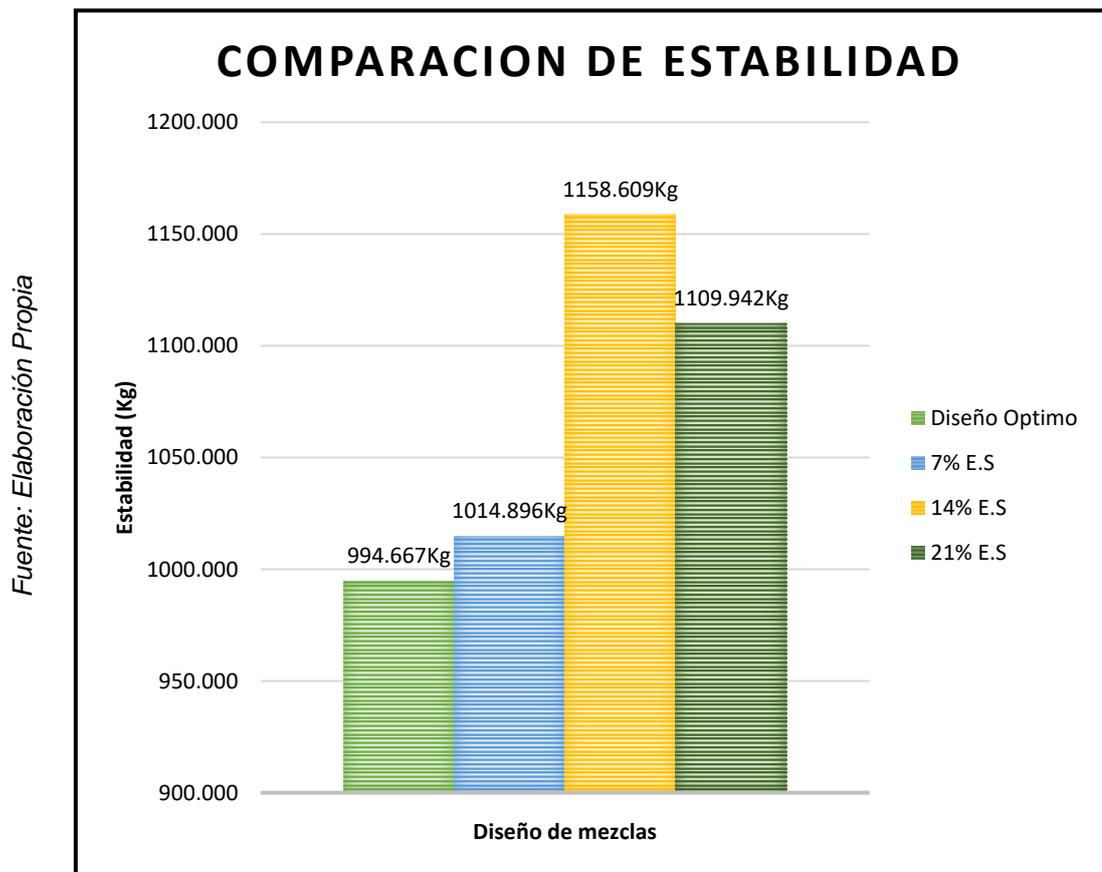
Tabla 8. Comparación de resultados

Especificaciones	ASTM D-3515	Optimo Diseño convencional	Con el 7% de Escoria Siderurgica	Con el 14% de Escoria Siderurgica	Con el 21% de Escoria Siderurgica	Unidades
Optimo Contenido C.A	.+/- 0.3	6.00	6.00	6.00	6.00	(%)
Peso Unitario	-	2.745	2.853	3.140	3.164	(gr/cm <sup>3</sup> )
Vacios al Aire	3-5	6.222	4.117	4.327	4.817	(%)
V.M.A	Min. 14	19.860	21.740	19.860	21.360	(%)
Fluencia	2-4	2.967	3.736	3.436	2.373	(mm)
Indice compactibilidad	Min. 5 (***)					(%)
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min 75					(%)
Estabilidad	Min. 830	994.667	1014.896	1158.609	1109.942	(Kg)
Indice de Rigidez	1700 - 4000	3405.333	3646.000	3838.180	3996.517	(Kg/cm)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.1. Influencia del uso de escoria siderúrgica en la “ESTABILIDAD” de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles.

Gráfica 25.



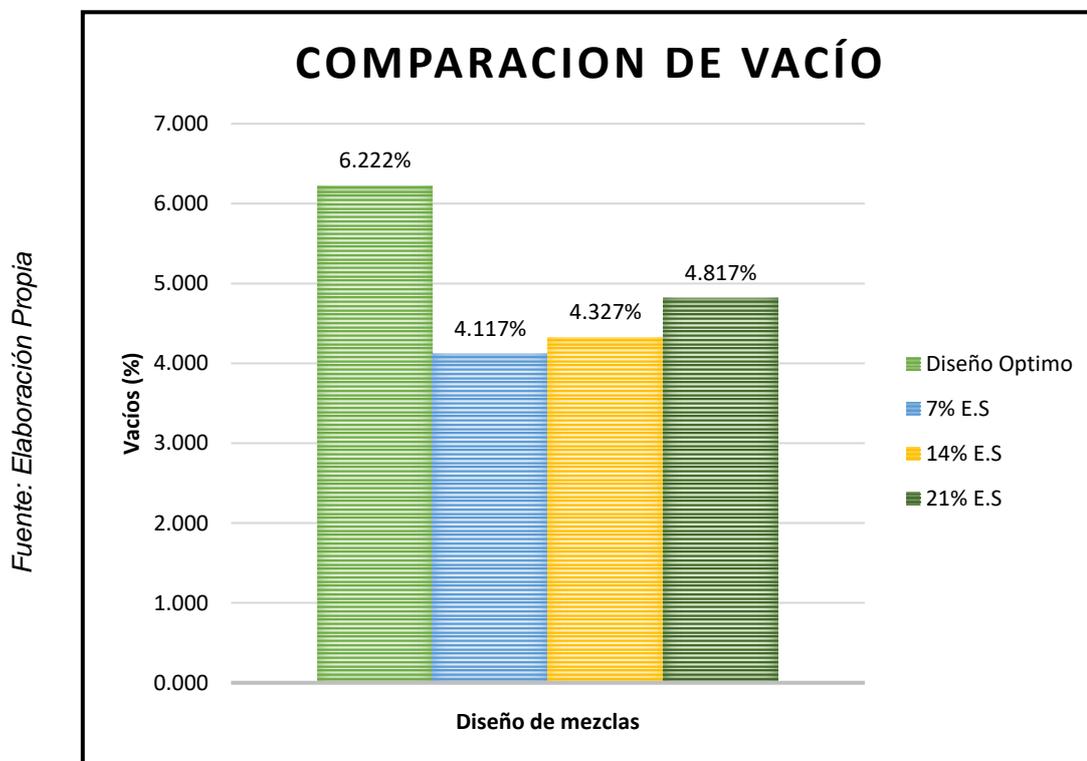
Comparación de estabilidad entre los diseños de mezcla con 7%, 14%, 21% de escoria siderúrgica y convencional.

### **INTERPRETACIÓN:**

En la gráfica 25 se observa que la mezcla asfáltica modificada con escoria siderúrgica al 14 % incrementa la estabilidad, soportando una carga adicional de 328.609 Kg con respecto al diseño óptimo con 6% de Cemento Asfáltico 994.667 Kg; mientras que los de 7% y 21% pierden estabilidad al soportar menos carga, pero de todas maneras cumplen con los requisitos mínimos.

#### **4.4.2. Influencia del uso de escoria siderúrgica en la “PERMEABILIDAD” de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles.**

Gráfica 26.



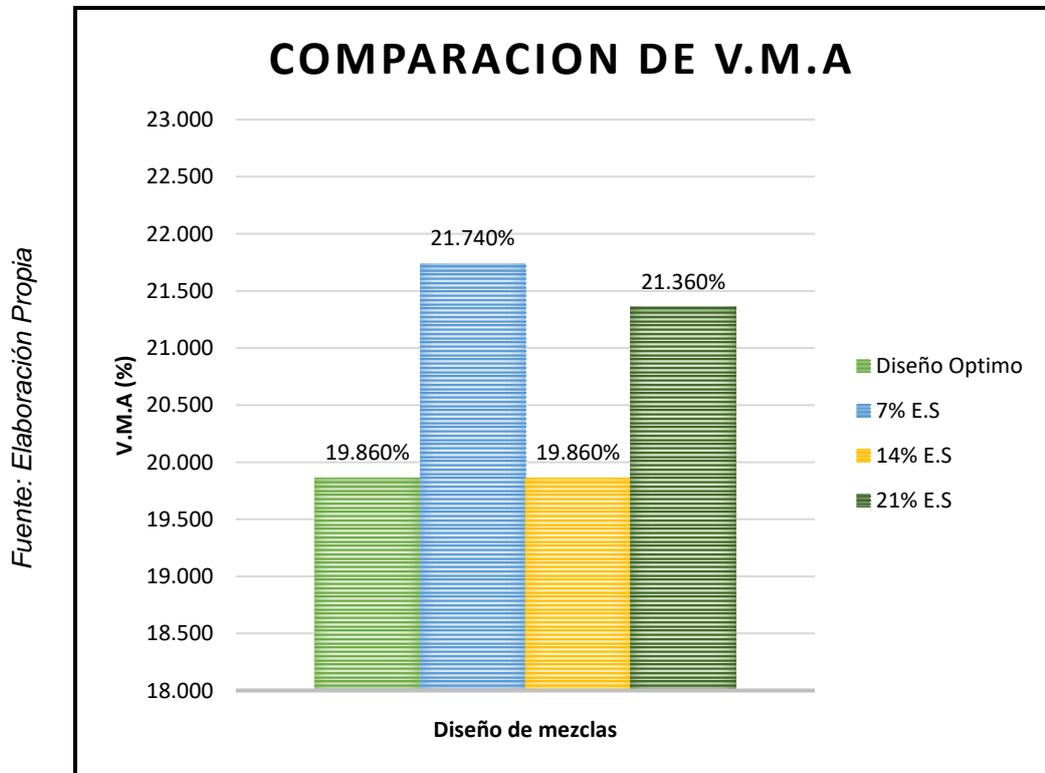
Comparación de permeabilidad entre los diseños de mezcla con 7%, 14%, 21% de escoria siderúrgica y convencional.

### **INTERPRETACIÓN:**

En la gráfica 26 se observa que la mezcla convencional no cumple con los requisitos de 3% a 5% como mínimo; mientras que las mezclas asfálticas con 7%, 14% y 21% de E.S obtienen un adecuado porcentaje de vacío; de tal modo que la capa de rodadura no se verá afectada por el ingreso de aire, lo cual genera deterioro del pavimento.

#### 4.4.3. Influencia del uso de escoria siderúrgica en la “DURABILIDAD” de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles.

Gráfica 27.



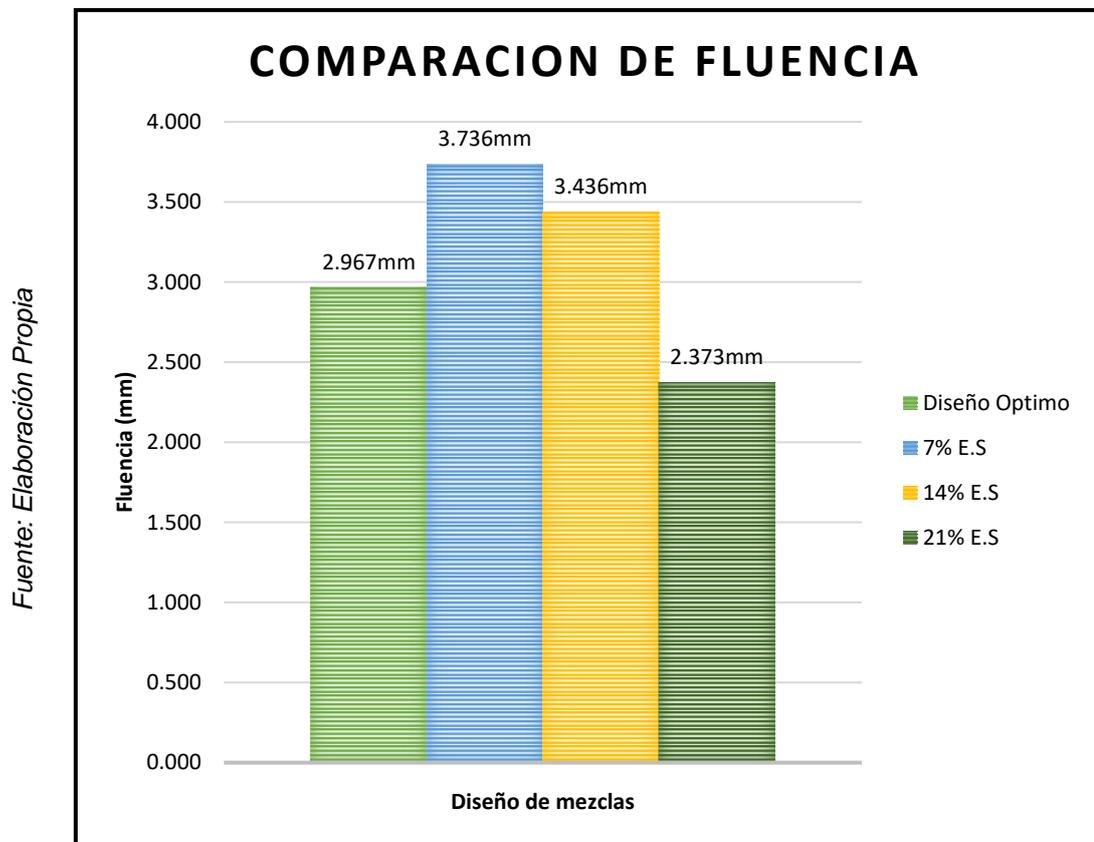
Comparación de durabilidad entre los diseños de mezcla con 7%, 14%, 21% de escoria siderúrgica y convencional.

#### **INTERPRETACIÓN:**

En la gráfica 27 se observa que las mezclas elaboradas cumplen con los requisitos mínimos de vacíos de agregado mineral; pero se puede observar que la mezcla asfáltica con 7% de E.S sobresale de las demás. Logrando una mejor durabilidad.

#### 4.4.4. Influencia del uso de escoria siderúrgica en la “FLUENCIA” de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles.

Gráfica 28.



Comparación de fluencia entre los diseños de mezcla con 7%, 14%, 21% de escoria siderúrgica y convencional.

#### **INTERPRETACIÓN:**

En la gráfica 27 se observa que las mezclas elaboradas cumplen con los requisitos mínimos de fluencia encontrándose entre los 2mm y 4mm según corresponde. De tal manera, se observa que todas las mezclas tendrán un periodo adecuado de deformación.

## V. DISCUSIÓN

Objetivo Principal: Determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles en nuevo Chimbote 2022.

En la investigación de (Quipusco Villalobos, 2019), determino que la escoria siderúrgica influye en las propiedades para el mejoramiento de pavimentos flexibles, con el uso de un aproximado de 200 Kg de escoria de acero y 350 Kg de agregados pétreos se realizaron 150 especímenes cumpliendo con las normas establecidas; de tal manera recomienda el uso de estos restos siderúrgicos con el 7%; ya que, cumple con las características del asfalto. Finalmente concluye que la escoria siderúrgica de acero es idónea para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente.

En la presente investigación se obtuvo como resultado que la dosificación optima con 7% de escoria siderúrgica es apta para para pavimentos flexibles; ya que, cumple con los requisitos mínimos establecidos por el ASTM D 3515.

Objetivo Específico: Determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la permeabilidad de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles (Figuroa Chávez, 2019) nos indica que las escorias negras obtenidas de 5 puntos distintos de la zona de acopio en CAASA, no cumplían con los requisitos mínimos de granulometría fina que requiere el MTC, por lo cual se agregó un 10% en finos para cumplir con los estándares requeridos, del mismo modo se observa que los porcentajes de vacíos, estabilidad y el índice de rigidez no cumplen con los requisitos que la norma sugiere.

En la presente investigación se obtuvo que la combinación del 7% de escoria siderúrgica y cemento asfáltico disminuyen los porcentajes de vacíos. Consiguiendo un coeficiente de permeabilidad notable con respecto de la inicial.

Objetivo Específico: Determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles (A. Kavussi y M.J. Qazizadeh y otros 2014) Generalmente, el uso de Escoria Siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas, incrementa la estabilidad

Marshall, la relación estabilidad/flujo y disminuye el flujo, asimismo reporta que las mezclas fabricadas con Escoria Siderúrgica desarrollan mayor resistencia en el ensayo de tracción indirecta que mezclas fabricadas con agregados convencionales.

Del mismo modo en la presente investigación se obtuvo que la combinación del 7% de escoria siderúrgica y cemento asfáltico cumplen con los requisitos mínimos de estabilidad según las especificaciones del ASTM D 3515; lo cual puede reemplazar a los agregados convencionales.

Objetivo Específico: Determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la durabilidad de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles (H.A. Rondón, J.C., Ruge, D., Patiño, H. Vacca, F.A. Reyes y M. Farias; 2018) Con base en los resultados de desgaste en Micro-Deval y 10 % de finos, reportan que las BFS (Blast Furnace Slag) presentan una buena resistencia al desgaste por abrasión por fricción entre partículas y al rompimiento bajo carga monotónica, respectivamente. Sin embargo, tal como se reporta en estudios anteriores, las BFS son materiales que experimentan baja resistencia al desgaste por abrasión por impacto en la máquina de los ángeles. Asimismo, reportan, que dicho material presenta partículas con formas ideales (redondeadas con caras angulares y fracturadas con muy poco contenido de partículas alargadas y aplanadas) para desarrollar un buen esqueleto granular que ayude en procesos de compactación de mezclas asfálticas, así como a resistir cargas estáticas, dinámicas o de impacto. Las partículas finas no presentan contenido de arcilla, materia orgánica o de polvo que genere disminución de adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto, disminución de resistencia y durabilidad de la mezcla por exceso de finos o contaminantes.

Asimismo; en la presente investigación se obtuvo que la combinación del 7% de escoria siderúrgica y cemento asfáltico destacan de sus compañeras 14 y 21%; cumpliendo con los requisitos mínimos en los vacíos en el agregado mineral (V.M.A) según las especificaciones del ASTM D 3515.

Objetivo Específico: Determinar de qué manera influye el uso de escoria siderúrgica en la fluencia de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles (H.A. 46

Rondón, J.C., Ruge, D., Patiño, H. Vacca, F.A. Reyes y M. Farias; 2018) Mezclas asfálticas fabricadas con BFS han demostrado buena resistencia al fenómeno del stripping y alta estabilidad. Incluso en algunos estudios se ha evidenciado buena resistencia a las deformaciones permanentes bajo carga cíclica. Sin embargo, la resistencia al impacto y a la abrasión en algunos casos no es alta y el material puede descomponerse en condiciones de tráfico pesado. Por lo anterior, estos materiales como agregados han sido más utilizados en la conformación de capas asfálticas de pavimentos con bajo tráfico.

(D. Topini, E. Toraldo, L. Andena y E. Mariani; 2018) emplearon tres tipos de SS como Filler para evaluar la respuesta reológica que experimentaban los mastic fabricados a partir dichos materiales. Como conclusión general del estudio, se reportó que los mastic con SS presentaron propiedades reológicas sobresalientes a altas y bajas temperaturas de servicio (mayor resistencia a las deformaciones permanentes y agrietamiento, respectivamente) cuando fueron comparados con un mastic fabricado a partir de un Filler de origen calcáreo.

Culminando la presente investigación se observa que las mezclas elaboradas cumplen con los requisitos mínimos de fluencia encontrándose entre los 2mm y 4mm según el ASTM D 3515. De tal manera, se observa que todas las mezclas tendrán un periodo adecuado de deformación.

## **VI. CONCLUSIONES**

- 6.1. De acuerdo a nuestro primer objetivo específico con respecto a que manera influye la escoria siderúrgica en la estabilidad de la mezcla asfáltica se concluye lo siguiente; la mezcla asfáltica modificada con escoria siderúrgica al 14 % incrementa su estabilidad, soportando una carga adicional de 152.11 kg con respecto al diseño óptimo con 6% de cemento asfáltico; mientras que las combinaciones de 7% y 21% de E.S pierden estabilidad al soportar menos carga, aunque de todas maneras cumplen con los requisitos mínimos.
  
- 6.2. De acuerdo a nuestro segundo objetivo específico con respecto a que manera influye la escoria siderúrgica en la permeabilidad de la mezcla asfáltica se concluye lo siguiente; la mezcla convencional no cumple con los requisitos de 3% a 5% como mínimo; mientras que las mezclas asfálticas con 7%, 14% y 21% de E.S obtienen un adecuado porcentaje de vacío; de tal modo que la capa de rodadura no se verá afectada por el ingreso de aire, lo cual genera deterioro del pavimento.
  
- 6.3. De acuerdo a nuestro tercer objetivo específico con respecto a que manera influye la escoria siderúrgica en la durabilidad de la mezcla asfáltica se concluye lo siguiente; las mezclas elaboradas cumplen con los requisitos mínimos de vacíos de agregado mineral; pero se puede observar que la mezcla asfáltica con 7% de E.S sobresale de las demás. Logrando una mejor durabilidad.
  
- 6.4. De acuerdo a nuestro tercer objetivo específico con respecto a que manera influye la escoria siderúrgica en la fluencia de la mezcla asfáltica se concluye lo siguiente; las mezclas elaboradas cumplen con los requisitos mínimos de fluencia encontrándose entre los 2mm y 4mm según corresponde. De tal manera, se observa que todas las mezclas tendrán un periodo adecuado de deformación.

## VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Se recomienda el uso de las normas establecidas por el ASTM D3515 para obtener el diseño de mezcla convencional y poder compararlas con las mezclas de 7%, 14 y 21% de escoria siderúrgica.
- 7.2. Luego de las investigaciones y resultados obtenidos durante la presente investigación; se recomienda el uso de la escoria siderúrgica para la mezcla asfáltica; ya que, en todos los porcentajes usados en los distintos ensayos en su gran parte fueron favorables para sus propiedades físicas y mecánicas.
- 7.3. Asimismo; se recomienda el uso del 7% de escoria siderúrgica en las mezclas asfálticas; ya que, es la combinación más estable y beneficiosa para la mezcla.

## REFERENCIAS

MANUEL ROJAS, IVAN OTALVARO. (2020) Uso de las escorias de horno de arco eléctrico (EHAE) en la construcción - estado del arte <https://www.redalyc.org/journal/5537/553770380005/html/>

ARANGUREN Campos, E. R. Caracterización de una mezcla asfáltica empleando alquitrán, escoria granulada y agregado de caliza. Universidad Militar Nueva Granada, 2015. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10654/13369>

ASTINI, R. Pavimentos estriados en la Formación Don Braulio y naturaleza de la glaciación hirnantiana (Ordovícico Tardío) en la región andina. SCIELO, 8(1). 2001. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-63602001000100001&script=sci\\_arttext&tIng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-63602001000100001&script=sci_arttext&tIng=en)

Barahona Aguiluz, R. A., Martinez Guerrero, M. V., & Zelaya Zelaya, S. E. (2015). Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, El Carmen, Aramauca, La Pedrera, de la zona oriental de El Salvador. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6259/>

BOZA Regueira, M. Utilización de las escorias de acería. Ciencia y Futuro, 1(4), 2011. Disponible en: [http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista\\_estudiantil/article/view/536/294](http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/view/536/294)

BOZA Regueira, M. Utilización de las escorias de acería como material de construcción. Ciencia Y Futuro, 1(4), 2011. Disponible en: [http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista\\_estudiantil/article/view/536](http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/view/536)

CABRERA, A., ESCALANTE, J., & CASTRO, P. Resistencia a la compresión de concretos con escoria de alto horno. Estado del arte re-visitado. Revista ALCONPAT, 6(1), 2016. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-68352016000100064&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-68352016000100064&script=sci_arttext)

CALLEJA, Jose. Escorias y cementos siderúrgicos. *Materiales de Construcción*, 32(186), 1982. Disponible en: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/1024/1079>

CALLEJO, J. (s.f.). Escorias y cementos siderúrgicos. *Materiales de Construcción*.

CARVAJAL Vinasco, J. F. Evaluación de escorias de Córdoba para su utilización en la industria del cemento portland, 2012. Disponible en: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/299/digital\\_15954.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/299/digital_15954.pdf?sequence=1)

CHAN, J. L., SOLIS, R., & MORENO, E. I. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Sistema de Información Científica*, 7(2), 2003. Disponible en: <https://www.redalyc.org/html/467/46770203/>

CHEN, Yongchun, CHAI, Chao, LIANG, Chunyu & CHEN, Yu. Mechanical performance of warm-mixed porous asphalt mixture with Steel slag and crumb-rubber-SBS modified bitumen for seasonal frozen regions. *Materials*, [en línea]. 12(6), 2019. [Consulta: 12-12-2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/maxel/Downloads/materials-12-00857.pdf>

CORCUERA, A. E., & VELA, J. R. Impacto en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto a partir de la sustitución de la piedra por ecogavilla de escoria de acero, Trujillo-2018. UPNBOX Repositorio Institucional, 2018. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13755>

CRUZ, Ricardo, FRANCO, Diana & PEREZ, Ludwing. Reemplazo del agregado fino por escoria de horno de cubilote para la fabricación de concreto. *Dialnet*, 10(1), 2014. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4888846>

DIAZ, Jherson, IZQUIERDO, Silvia, MEJIA, Ruby, & GORDILLO, Marisol. Mezcla ternaria de cemento Portland, escoria de alto horno y piedra caliza: Resistencia

mecánica y durabilidad. Revista de la Construcción, 12(3), 2013. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/rconst/v12n3/art06.pdf>

DIAZ, Marina, TERRADOS, Marta, ALVAREZ, Jose & VERGARA, Eliseo. Comprehensive análisis of Steel slag as aggregate for road construction: Experimental testing and environmental impact assessment. Materials, [en línea]. 14, 2021. [Consulta: 12-12-2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/maxel/Downloads/materials-14-03587.pdf>

FLORES, C. E., & PACOMPIA, I. A. Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos f'c 175 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno, 2015. Disponible en: [https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fcybertesis.uni.edu.pe%2Fbitstream%2Funi%2F11239%2F1%2Fjimenez\\_cm.pdf%3Ffbclid%3DIwAR2gJ9mvkWCVK89A027PdaZPYjClwee6hZSKvTHCEOv7](https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fcybertesis.uni.edu.pe%2Fbitstream%2Funi%2F11239%2F1%2Fjimenez_cm.pdf%3Ffbclid%3DIwAR2gJ9mvkWCVK89A027PdaZPYjClwee6hZSKvTHCEOv7)

GUTIÉRREZ, Oscar, PINEDA, Yaneth, & VERA, Enrique. Efecto de la incorporación de ceniza volante y escoria de horno alto en el comportamiento electroquímico de concretos de cemento comercial. Revista de Metalurgia, 51(4), 2015. Disponible en: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/1365>

GUTIERREZ, Arnold. Obtención y caracterización de geopolímeros sintetizados a partir de la escoria granulada de alto horno como uso alternativo del cemento portland, 2017.

HERNÁNDEZ, Roberto Y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw Hill, 2018.

LIZARAZO, Juan, Salas, Andres, & ESCOBAR, Diego. Efectos del Curado en las Propiedades de Mezclas de Concreto con Altos Contenidos de Escoria de Hierro. Información Tecnológica, 27(6), 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000600017>

MARCOS, Marcos. Uso de las escorias obtenidas como sub producto de la elaboración de acero de la planta N° 2 de Aceros Arequipes - Pisco para fines de cimentación y pavimentos. Universidad Ricardo Palma, 2008. Disponible en: [repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/121](http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/121)

MAURICIO, Héctor. Estado del Arte sobre las Escorias Negras de Horno de Arco Eléctrico y su Aplicaciones en Pavimentos. Universidad Santo Tomas TUNJA, 7(1), 2016. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1367>

MAYTA, J. W. Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo, 2014. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TCIV\\_13%20\(1\)](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TCIV_13%20(1))

NAVARRA, V. Escorias de horno alto, 2008. Disponible en <http://www.cepcos.es/Uploads/docs/Actualizacion%20del%20catalogo%20de%20residuos%20utilizables%20en%20construccion.pdf#page=24>

PASQUEL Carbajal, E. Tópico de tecnología del concreto en el Perú. ACADEMIA. Obtenido de Pasquel, E. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto (2a ed.). Lima, Perú: Autor.

PÉREZ, Herles. Diseño de mezclas asfálticas en caliente con la adición de escoria metalúrgica-Lima, 2018. [en línea]. Lima: Universidad César Vallejo, 2018. [fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]. Disponible en: [file:///C:/Users/maxel/Downloads/Perez\\_SH.pdf](file:///C:/Users/maxel/Downloads/Perez_SH.pdf)

ROBAYO, Rafael, MATTEY, Pedro, SILVIA, Yimmy & DELVASTO, Silvio. Comportamiento en estados fresco y endurecido de un concreto autocompactante, adicionado con escoria de carbón, y elaborado con agregado grueso de concreto reciclado. Dialnet, 78(2), 2014. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5129562>

SANCHEZ, R., PALACIOS, M., y PUERTAS, F. Cementos petroleros con adición de escoria de horno alto, 62(302), 2011, 185-211. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2010.54110>

SOLANO, Cindy. Análisis del flexo tracción del concreto permeable. Repositorio TEC, 2009. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6253>

TEJADA, G., SARMIENTO, Z., y HUISA, C. Sustitución de los Agregados por Escoria de Cobre en la Elaboración del Concreto. Ciencia & Desarrollo (12), 2008. Disponible en: <http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/CYD/article/view/285>

VELEZ, Ligia. Permeabilidad y porosidad en concreto. TecnoLógicas (25), 2010. Disponible en: <https://doi.org/10.22430/22565337.131>

## ANEXOS

### *Operacionalización de la variable: Escoria Siderúrgica*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición
Escoria Siderúrgica	La escoria es un subproducto que se forma en la fundición y en otros procesos metalúrgicos y de combustión de las impurezas de los metales o de los minerales que se tratan. Durante la fundición o el refinado la escoria flota en la superficie del metal fundido, protegiéndolo de la oxidación o reducción por parte de la atmósfera y manteniéndolo limpio. (Soto, 2020).	Dado que el tema del taller era el uso de escorias de acero en construcción de carreteras, éste fue el filtro en el que se evaluaron los impactos ambientales. La expansión de la escoria es el único y más significativo aspecto relacionado con la de su uso como agregado en aplicaciones de pavimentación de hormigón. La expansión de la escoria con el tiempo depende de la cantidad de cal libre y de periclasa libre que contenga la escoria. (Campos,2017)	Porcentaje de la escoria siderúrgica	Porcentaje al 7%	1	Nominal
				Porcentaje al 14%	2	
				Porcentaje al 21%	3	

Nota: Las dimensiones e indicadores de Conocimientos de políticas de seguridad han sido tomadas de Soto, (2020) y Campos, (2017).

Operacionalización de la variable: Mezcla Asfáltica

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición
Mezcla Asfáltica	Un pavimento asfáltico se vuelve más susceptible a la intemperie cuando el recubrimiento asfáltico de los áridos es inadecuado, cuando el recubrimiento asfáltico se oxida y, por tanto, se agrieta, cuando los huecos son demasiado altos, hay incompatibilidad entre la superficie de los áridos y el ligante asfáltico o una combinación de estos factores. (Sáenz,2020)	El pavimento asfáltico posee características como la flexibilidad, la resistencia al deslizamiento, la estabilidad y la durabilidad bajo los cambios climáticos, así como una alta resistencia a los daños causados por la humedad, un bajo nivel de ruido y una buena capacidad de adaptación a las deformaciones de la subrasante. (Ñuñuvero, 2018)	Físicos	Permeabilidad	4	Ordinal
				Estabilidad	5	
				Durabilidad	6	
				Fluencia	7	
			Mecánicos	Permeabilidad	8	
				Estabilidad	9	
				Durabilidad	10	
				Fluencia	11	

Nota: Las dimensiones e indicadores de Desempeño laboral han sido tomadas de Sáenz (2020) y Ñuñuvero (2018).



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. CLOT 6, P.P. 3 DE OCTUBRE SURVO CHIMBOTE - RUC: 20601190610  
 CELULAR: 954877150 - 94541124 e-mail: wilton22@hotmail.com

## COMBINACION TEORICA DOSIFICACION - ASTM (ASTM D-3515)

Muestra: Combinacion Teorica Pen - 60/70 Fecha: 10/09/2022  
 Contener: Bostique OBSEÑO N° 01

### DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	PROCEDECIA	OBSERVACIONES
1. Grava Chancada 3/4"	Bostique	
2. Arena Chancada 1/4"	Bostique	
3. Filler	Filler Carpatek	
4. Aditivo	Quimbond 3000	
Total	100.0%	

TAMIZ	ABERT. mm	% RETENIDO PARCIAL			Promedio % Que Pasa	ESPECIFICACION		FORMULA DE TRABAJO SEGUN ESPECIFICACION		DESCRIPCION
		1. Grava Chancada 3/4"	2. Arena Chancada	3. Carpetek		Min.	Max.	Min.	Max.	
1 1/2"	38.100					ASTM 3515 (D-5)		Obra		Tamaño max: 3/4"
3"	25.400					Min.	Max.	Min.	Max.	Tamaño nominal: 2"
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100			Composicion de Agregados: Grava: 47.5% Arena: 46.8% Finos: 5.7%
1/2"	12.500	86.8	100.0	100.0	94.2	90	100			
3/8"	9.500	54.4	100.0	100.0	79.9					
1/4"	6.350									
N° 4	4.750	3.3	93.9	100.0	52.5	44	74			
N° 8	2.360	0.0	64.0	100.0	36.2	28	58			
N° 10	2.000									
N° 16	1.190	0.0	40.7	100.0	23.4					
N° 30	0.600	0.0	26.7	100.0	15.7					
N° 40	0.425	0.0	19.3							
N° 50	0.300	0.0	19.3	100.0	11.6	5	21			
N° 80	0.250	0.0								
N° 100	0.150	0.0	13.3	100.0	8.2					
N° 200	0.075	0.0	8.6	99.0	5.7	2	10			
< N° 200										



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES CHIL  
 LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
 WILSON J. ZOLVA SANTOS  
 CONSULTOR EN MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

OFICINA: MZ. C LOTE 6, PP. JJ. 3 DE OCTUBRE NUEVO CHIMBOTE RUC: 20601190610  
CELULAR: 954877150 - 945417134 e-mail: wilsr02@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinacion Teorica					Fecha:	17/10/2022
Cantera:	Besique	MEZCLA PARA DISEÑO N° 01 ASTM D-3515					
ITEMS	PROBETA		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfaltico	%		5			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		46.88			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		45.47			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		2.65			
5	Peso especifico del Cemento Asfaltico.	gr/cm <sup>3</sup>		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm <sup>3</sup>		2.310			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1271.40	1270.75	1259.45		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1277.80	1274.60	1264.65		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	751.80	750.15	745.60		
15	Volumen de la Probeta	cc	525.00	524.50	519.00		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm <sup>3</sup>	2.424	2.423	2.427		2.425
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm <sup>3</sup>		2.654			
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm <sup>3</sup>		2.525			
19	Vacios	%	8.620	8.715	8.530		8.622
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.806			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.858			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.832			
23	Cemento Asfaltico Absorbido	%		0.340			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	80.310	80.290	80.420		
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.010	11.000	11.020		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	19.690	19.710	19.580		19.660
27	Cemento Asfaltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		6.690			
28	Beton Vacios	%	55.910	55.820	56.300		56.010
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregr	Kg	856	889	901		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	822	853	901		858.667
33	Lectura del Flexmetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Fluencia	mm	2.540	2.670	2.790		2.667
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3235.0	3200.0	3225.0		3220.0

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilsón J. Zelaya Santos  
C.O.P.E. 121796 - CONSULTOR EN C-121796  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACIÓN DE ESTIMOS DE MECÁNICA DE SUELOS, PRUEBAS DE SENSIBILIDAD,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPERIENCIAS, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESISTENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



OFICINA: HZ. CLOTA A P.P. 3 DE OCTUBRE - QUEVEDO CHIRIQUÍ - BUCARARÍ - CANTÓN  
CELULAR: 954077158 - 945417174 e-mail: wily@geolab.com

## ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra:	Combinación Teórica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 02 + 7% DE ESCORIA SIDERURGICA	Peseta:	17/11/2022		
Cantera:	Besique					
ITEMS	PROBETAS	1	2	3	4	Pruebas
1	Cemento Asfáltico	%	7.0			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%	46.21			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%	45.72			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%	7.00			
5	Peso específico del Cemento Asfáltico.	g/cm <sup>3</sup>	1.070			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.585			2.584
8	P.E Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.748			
9	P.E de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.884			2.806
10	P.E del Filler	g/cm <sup>3</sup>	2.320			
11	h Prom. de la Briqueta	cm				1.821
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1301.16	1301.32	1301.37	1306
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1306.21	1306.37	1306.52	
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.86	765.32	772.49	
15	Volumen de la Probeta	cc	540.55	540.05	534.08	
16	P.E Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.840	2.720	2.640	2.750
17	P.E Max. ASTM D - 2041	g/cm <sup>3</sup>		2.875		
18	Max. Densidad Teórica	g/cm <sup>3</sup>		2.875		
19	Vacios	%	4.120	4.040	4.070	4.070
20	P.E Bulk del Agr. Total	g/cm <sup>3</sup>		3.030		
21	P.E del Agr. Total	g/cm <sup>3</sup>		3.120		
22	P.E Efectivo del Agr. Total	g/cm <sup>3</sup>		3.070		
23	Cemento Asfáltico Absorbido	%		0.350		
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	81.158	81.312	81.468	
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.073	11.096	11.119	
26	Vacios del Agr. Mineral	%	21.886	21.533	21.570	21.570
27	Cemento Asfáltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		2.176		
28	Betas Vacios	%	56.776	56.343	56.190	
29	Lectura del Anillo	Psig				
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1039	1040	1044	
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00	
32	Estabilidad Corregida	Kg	987	1000	1044	1000.980
33	Lectura del Fludmetro	Psig	10.0	10.3	11.0	
34	Fluencia	mm	3.136	3.136	3.071	3.136
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	803.0	800.0	848.0	800.000

SE HA REVISADO CORRECTAMENTE LA INFORMACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ESTE ENSAYO

*[Firma]*

WILY CHIRIQUÍ  
INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS  
CANTÓN BUENOS AIRES - PROV. BUENOS AIRES

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

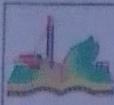
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

OFICINA: ME C IOTE A P.F.D. 3 DE OCTUBRE NUEVO CHIBOTE - RUC:20601190610  
CELULAR: 954877150 - 94517124 e-mail: wltce022@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-304 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinación Teórica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 03 +14% DE ESCORIA	Fecha:	17/06/2022			
Cantera:	Besique	SIDERURGICA					
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfáltico	%		5.0			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		44.23			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		40.70			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		14.00			
5	Peso específico del Cemento Asfáltico.	gr/cm³		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm³		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm³		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm³		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm³		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm³		2.310			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					1310
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1310.16	1310.32	1310.37		1316.23
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1316.44	1316.60	1316.75		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49		
15	Volumen de la Probeta	cc	550.78	551.28	544.26		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm³	3.020	3.230	3.170		3.140
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm³		3.030			
18	Max. Densidad Teórica	gr/cm³		3.030			
19	Vacios	%	4.230	4.150	4.180		4.187
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm³		2.920			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm³		3.010			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm³		2.960			
23	Cemento Asfáltico Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	81.456	81.612	81.768		
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.043	11.066	11.089		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	17.860	18.230	17.920		18.003
27	Cemento Asfáltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		6.956			
28	Betun Vacíos	%	59.476	59.343	59.380		
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1028	1030	1033		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	987	989	1033		1002.876
33	Lectura del Flexímetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Fluencia	mm	3.536	3.536	3.672		3.536
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3814.0	3828.0	3842.0		3821.000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Wilfredo, CALVO SANCHEZ  
C.I. 195.578 - C.U.M. 001 E - 327796  
Especialista en Mecánica de Suelos y Pavimentación



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISORIOS, RESERVIOS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: NZ. C LOTE 6, P.P.J. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC: 20501198610  
CELULAR: 954877150 - 94511711 e-mail: wlfre02@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinacion Teorica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 03 +10% DE ESCORIA			Fecha: 17/07/2022		
Cantera:	Besique	SIDERURGICA					
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfaltico	%		5.5			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		45.23			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		39.70			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		14.00			
5	Peso especifico del Cemento Asfaltico.	gr/cm <sup>3</sup>		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm <sup>3</sup>		2.310			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					1311
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1311.16	1311.32	1311.37		1317.56
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1317.77	1317.93	1318.08		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49		
15	Volumen de la Probeta	cc	552.11	552.61	545.59		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm <sup>3</sup>	2.990	3.200	3.140		3.120
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm <sup>3</sup>		3.230			
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm <sup>3</sup>		3.230			
19	Vacios	%	4.330	4.250	4.280		4.287
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		3.040			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		3.130			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		3.080			
23	Cemento Asfaltico Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	82.456	82.612	82.768		
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.373	11.396	11.419		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	18.386	18.253	18.290		18.290
27	Cemento Asfaltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		7.256			
28	Betun Vacios	%	60.386	60.253	60.290		
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1138	1140	1143		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	1092	1095	1143		1109.342
33	Lectura del Flexmetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Fluencia	mm	3.536	3.536	3.672		3.536
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3858.0	3873.0	3888.0		3865.500

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
*[Signature]*  
ING. WILFREDO ANTONIO SANCHEZ  
CUI: 120114 - CUNSAI: 108 E-117774  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.B.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNOLÓGICOS, SUPERVISION, RESERVIOS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

OFICINA: P.O. BOX 6, P.O. 1 DE OCTUBRE NOROCCIDENTE, RIR: 2000190010  
CELULAR: 950272150 - 95111111 | mail: info@geolab.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinacion Teorica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 03 + 14% DE ESCORIA			Fecha: 17/08/2022		
Contesa:	Busque	SIDERURGICA					
ITEMS	ANOMETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfaltico	%		6.0			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		43.25			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		41.68			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		14.00			
5	Peso especifico del Cemento Asfaltico.	gr/cm³		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm³		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm³		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm³		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm³		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm³		2.310			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					1.312
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1312.16	1312.32	1312.37		1312.61
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1318.82	1318.98	1319.13		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49		
15	Volumen de la Probeta	cc	553.16	553.66	546.64		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm³	3.125	3.154	3.140		3.140
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm³		3.250			
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm³		3.250			
19	Vacios	%	4.370	4.290	4.320		4.327
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm³		3.220			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm³		3.310			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm³		3.260			
23	Cemento Asfaltico Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	84.466	84.622	84.778		
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.253	11.276	11.299		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	18.806	18.673	18.710		18.710
27	Cemento Asfaltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		7.276			
28	Betun Vacios	%	61.386	61.253	61.290		
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1188	1190	1193		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	1140	1143	1193		1158.609
33	Lectura del Fleximetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Fluencia	mm	3.436	3.436	3.572		3.436
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3803.0	3795.3	3916.2		3838.180

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.B.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos  
C.O.P.E. 114 - CONS. DE JOR. C-171794  
Especialista en MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

OFICINA: ME. C107E & P.P.B. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:2060190610  
CELULAR: 954877150 - 945117124 e-mail: witec@24@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinacion Teorica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 03 +14% DE ESCORIA	Fecha:	17/10/2022			
Cantera:	Besque	SIDERURGICA					
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfaltico	%		7.0			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		43.25			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		41.68			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		14.00			
5	Peso especifico del Cemento Asfaltico.	gr/cm³		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm³		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm³		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm³		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm³		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm³		2.310			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					1315
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1315.16	1315.32	1315.37		1321
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1321.21	1321.37	1321.52		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49		
15	Volumen de la Probeta	cc	555.55	556.05	549.03		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm³	3.120	3.210	3.154		3.161
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm³		3.290			
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm³		3.290			
19	Vacios	%	4.470	4.390	4.420		4.427
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm³		3.250			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm³		3.340			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm³		3.290			
23	Cemento Asfaltico Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	86.386	86.542	86.698		
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.223	11.246	11.269		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	18.356	18.223	18.260		18.260
27	Cemento Asfaltico Efectivo / Paso de la Mezcla	%		7.306			
28	Betun Vacios	%	63.276	63.143	63.180		
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1288	1290	1293		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	1236	1239	1293		1255.942
33	Lectura del Fleximetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Fluencia	mm	3.746	3.746	3.882		3.746
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	4168.0	4186.0	4204.0		4177.000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

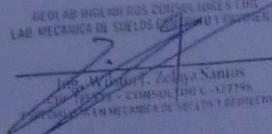
Ing. WALTER ZALYA SANTI  
C.I. 11534 - LIMA 01 (01) 1-127798  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y BENTONITA

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E. I. R. L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, ESPERIMENTA, PRUEBAS DE CARGAS, SUPERVISION, RESISTENCIA,  
LEY ANEXAMIENTOS TOPOGRAFICOS

OFICINA: ML 2 LOTE 4 PP.B. 3 DE OCTUBRE SURYO (BOYBOTE) - BUC. 19801/19869  
CELULAR: 99487150 - 91517131 - mail: [info@geolab.com](mailto:info@geolab.com)

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1558 / AASHTO T-245)								
Muestra:	Combinación Teórica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 04 +21% DE ESCORIA			Fecha:			17/06/2022
Cantera:	Besigue	SIDERURGICA						
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio	
1	Cemento Asfáltico	%		5				
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		40.23				
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		37.70				
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		21.00				
5	Peso específico del Cemento Asfáltico	gr/cm³		1.071				
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm³		2.563				
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm³		2.565			2.564	
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm³		2.748				
9	P.E de la Arena	gr/cm³		2.864			2.806	
10	P.E del Filler	gr/cm³		2.310				
11	h Prom. de la Briqueña	cm					1345	
12	Peso de la Briqueña al aire	gr	1345.16	1345.32	1345.37		1350	
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1350.21	1350.37	1350.52			
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49			
15	Volumen de la Probeta	cc	584.55	585.05	578.03			
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm³	2.990	3.200	3.140		3.110	
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm³		3.130				
18	Max. Densidad Teórica	gr/cm³		3.130				
19	Vacios	%	4.810	4.730	4.760		4.767	
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm³		2.720				
21	P.E del Agr. Total	gr/cm³		2.810				
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm³		2.760				
23	Cemento Asfáltico Abrorvido	%		0.350				
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	76.156	76.312	76.468			
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.023	11.046	11.069			
26	Vacios del Agr. Mineral	%	19.156	19.023	19.060		19.060	
27	Cemento Asfáltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		8.756				
28	Betun Vacios	%	70.156	70.023	70.060			
29	Lectura del Anillo	Pulg.						
30	Estabilidad sin corregir	Kg	988	990	993			
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00			
32	Estabilidad Corregida	Kg	948	951	993		963.942	
33	Lectura del Flexímetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0			
34	Fluencia	mm	2.200	2.190	2.310		2.220	
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3919.0	3938.0	3957.0		3928.500	

GEO LAB INGENIEROS CONSULTORES E. I. R. L.  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
 Ing. Wilfredo Zúñiga Saldivar  
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTA





# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, REMEDIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: PZ. C LOT 6 P.P.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMOTE - RUC:20801190640  
CELULAR: 954877150 - 945117134 e-mail: wilton82@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)								
Muestra:	Combinacion Teorica							Fecha : 17/10/2022
Cantera:	Besique	MEZCLA PARA DISEÑO N° 01 ASTM D-3515						
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio	
1	Cemento Asfáltico	%		6				
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		47.62				
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		44.28				
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		2.10				
5	Peso especifico del Cemento Asfáltico.	gr/cm <sup>3</sup>		1.071				
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.563				
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.565			2.564	
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.748				
9	P.E de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.864			2.806	
10	P.E del Filler	gr/cm <sup>3</sup>		2.310				
11	h Prom. de la Briqueta	cm						
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1271.64	1271.05	1259.81			
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1278.06	1274.92	1265.03			
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	752.02	750.43	745.94			
15	Volumen de la Probeta	cc	518.30	516.90	517.00			
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm <sup>3</sup>	2.684	2.743	2.807		2.745	
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm <sup>3</sup>		2.654				
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm <sup>3</sup>		2.311				
19	Vacios	%	6.220	6.315	6.130		6.222	
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.806				
21	P.E del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.858				
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.832				
23	Cemento Asfáltico Absorbido	%		0.340				
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	76.210	76.260	76.100			
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	17.040	17.070	17.060			
26	Vacios del Agr. Mineral	%	19.790	19.910	19.880		19.860	
27	Cemento Asfáltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		12.70				
28	Betun Vacios	%	70.910	71.520	71.270		71.233	
29	Lectura del Anillo	Pulg.						
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1010	1036	964			
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00			
32	Estabilidad Corregida	Kg	976	994	1014		984.567	
33	Lectura del Fleximetro	Pulg.	11.0	11.5	11.0			
34	Fluencia	mm	2.840	2.970	3.090		2.967	
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3493.0	3273.0	3450.0		3405.3	

INGENIEROS CONSULTORES CHILENOS  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
WILSON A. ZELAYA SANCHEZ  
RUC: 20801190640 - CHIMOTE (MTC E-504)  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO DE ESTADOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPERIMENTOS, PRUEBAS TÉCNICAS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,  
 ASISTENTES Y DIAGNÓSTICOS



Oficina: Vía Cocha 4 / P.O. 1 DE OCTUBRE - BUENOS AIRES - BUC-2000-11909-10  
 Teléfono: 43822210 - 43822211 - mail: info@labmec.com

ENSAYO MARSHALL  
 (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Mezcla para Dinero N° 02 + 7% de Escoria Siderúrgica  
 Fecha: 17/09/2022

Número Orden	Descripción Muestra	Unidad	1	2	3	4	Promedio
1	Cemento/Aislado	%		6.5			
2	Grava Triturada (Módulo N°4)	%		46.23			
3	Áridos Combinados (Módulo N°4)	%		45.70			
4	Fibra / Escoria Siderúrgica	%		7.00			
5	Peso específico del Cemento/Aislado	g/cm³		1.071			
6	P.L Bulk de la Grava Triturada	g/cm³		2.563			
7	P.L de la Grava Triturada	g/cm³		2.565			2.564
8	P.L Bulk de la Arena	g/cm³		2.748			
9	P.L de la Arena	g/cm³		2.864			2.806
10	P.L del Fibra	g/cm³		2.310			
11	h. Prom. de la Briqueleta	cm					1301
12	Peso de la Briqueleta al aire	gr	1301.16	1301.32	1301.37		1306
13	Peso de la Probeta Securada	gr	1306.21	1306.37	1306.48		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49		
15	Volumen de la Probeta	cc	540.55	541.05	533.99		
16	P.L Bulk de la Probeta	g/cm³	3.020	2.850	2.830		2.900
17	P.L Agua ASTM D-2040	g/cm³		2.930			
18	Max. Densidad Teórica	g/cm³		2.930			
19	Vacíos	%	4.110	4.030	4.060		4.067
20	P.L Bulk del Agr. Total	g/cm³		3.120			
21	P.L del Agr. Total	g/cm³		3.210			
22	P.L Efectivo del Agr. Total	g/cm³		3.160			
23	Cemento/Aislado Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	82.256	82.412	82.568		
25	Vol. de C.A. Efectivo / Vol. de la Probeta	%	11.043	11.066	11.089		
26	Vacíos del Agr. Mineral	%	22.206	22.079	22.110		22.110
27	Cemento/Aislado Efectivo / Peso de la Mezcla	%		7.176			
28	Betun Vacíos	%	86.456	86.329	86.360		
29	Lectura del Anillo	Paq					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1044	1047	1049		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	1000	1005	1049		1018.644
33	Lectura del Resómetro	Paq	10.6	10.5	11.0		
34	Fluencia	mm	3.796	3.796	3.872		3.781
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3662.0	3678.0	3694.0		3670.000

SE DADO BUENAS CONDICIONES EN  
 LAS MECANICAS DE SUELOS Y PAVIMENTO  
 Ing. Roberto J. Torres Santos  
 Director - Teléfono: 43822210  
 E-MAIL: info@labmec.com

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACIONES DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TIPOLOGICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

OFICINA: MZ. C107E 6, P.P.J. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20601190640  
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilton22@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)								
Muestra:	Combinación Teórica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 04 +21% DE ESCORIA SIDERURGICA	Fecha :					17/07/2022
Cantera:	Besique							
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio	
1	Cemento Asfáltico	%		6				
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		40.12				
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		37.81				
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		21.00				
5	Peso específico del Cemento Asfáltico.	gr/cm <sup>3</sup>		1.071				
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.563				
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.565			2.564	
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.748				
9	P.E de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.864			2.806	
10	P.E del Filler	gr/cm <sup>3</sup>		2.310				
11	h Prom. de la Briqueta	cm					1350	
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1350.16	1350.32	1350.37		1360	
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1360.21	1360.37	1360.52			
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49			
15	Volumen de la Probeta	cc	594.55	595.05	588.03			
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm <sup>3</sup>	3.143	3.065	3.215		3.141	
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm <sup>3</sup>		3.160				
18	Max. Densidad Teórica	gr/cm <sup>3</sup>		3.160				
19	Vacios	%	4.830	4.750	4.780		4.787	
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.740				
21	P.E del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.830				
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.780				
23	Cemento Asfáltico Absorbido	%		0.350				
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	77.156	77.312	77.468			
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.023	11.046	11.069			
26	Vacios del Agr. Mineral	%	20.156	20.023	20.060		20.060	
27	Cemento Asfáltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		9.156				
28	Betun Vacíos	%	73.366	73.233	73.270			
29	Lectura del Anillo	Pulg.						
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1038	1040	1043			
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00			
32	Estabilidad Corregida	Kg	996	999	1043		1012.609	
33	Lectura del Flexímetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0			
34	Fluencia	mm	2.231	2.153	2.290		2.225	
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	4019.5	4039.0	4058.5		4029.250	

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES S.A.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilfredo Zúñiga Santos  
CIP: 12513 - CONSULTOR - 12779A  
Especialista en Mecánica de Suelos y Pavimenta

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTADOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPERIMENTOS, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

OFICINA: MZ. C1076 6 PP.B. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMOTE - RUC:2060190910  
CELULAR: 954877150 - 95417174 e-mail: wizer022@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinacion Teorica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 04 +21% DE ESCORIA				Fecha : 17/10/2022	
Cantera:	Besique	SIDERURGICA					
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfaltico	%		6			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		40.90			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		37.03			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		21.00			
5	Peso especifico del Cemento Asfaltico.	gr/cm³		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm³		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm³		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm³		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm³		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm³		2.310			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					1359.21
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1359.37	1359.53	1359.58		1366.22
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1366.43	1366.59	1366.74		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49		
15	Volumen de la Probeta	cc	600.77	601.27	594.25		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm³	3.150	3.190	3.240		3.193
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm³		3.260			
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm³		3.260			
19	Vacios	%	4.840	4.760	4.790		4.797
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm³		2.800			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm³		2.890			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm³		2.840			
23	Cemento Asfaltico Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	82.286	82.442	82.598		
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.023	11.046	11.069		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	21.721	21.588	21.625		21.625
27	Cemento Asfaltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		9.580			
28	Betun Vacios	%	77.366	77.233	77.270		
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1309	1311	1314		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	1257	1259	1314		1276.382
33	Lectura del Fleximetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Fluencia	mm	2.384	2.381	2.340		2.368
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	4281.3	4301.5	4321.8		4291.390

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

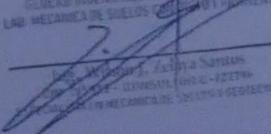
Ing. WALTER Zúñiga Santos  
C.I. 105.458 CONSULTOR C-12779A  
LABORATORIO EN MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTA

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
VOLCANISMO DE PROFUNDAS DE VOLCANES DE SUELOS, SUELOS DE SATELITES,  
CENTROS DE CALIDAD DE OBRA, EXPERIMENTOS, MUESTRAS DE SUELOS, SUPERFICIAS, RESISTENCIAS,  
LITOSTRATIGRAFIA Y TERMOGRAFIAS

DIRECCION: VIAL VALLE S. P.P. 3 / AV. SECTORIAL - NUEVO CHIMBOTE - DEPARTAMENTO DE TACNA  
CELULAR: 954877236 - 954877237 email: info@geolab.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-659 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinación Teórica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 04 ~32% DE ESCORIA SIDERURGICA				Fecha : 17/09/2022	
Carriera:	Baseque						
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfáltico	%		6			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		41.25			
3	Arenas (Combinadas) (Menor N°4)	%		36.70			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		21.00			
5	Peso específico del Cemento Asfáltico	gr/cm³		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm³		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm³		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm³		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm³		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm³		2.330			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					1358
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1358.16	1358.32	1358.37		1365
13	Peso de la Próbete Saturada	gr	1365.21	1365.37	1365.52		
14	Peso de la Próbete en el agua	gr	745.86	765.32	772.49		
15	Volumen de la Próbete	cc	599.55	600.05	593.03		
16	P.E Bulk de la Próbete	gr/cm³	3.250	3.186	3.140		3.195
17	P.E Max. ASTM D-1541	gr/cm³		3.250			
18	Max. Densidad Teórica	gr/cm³		3.250			
19	Vacios	%	4.820	4.740	4.770		4.777
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm³		2.770			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm³		2.860			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm³		2.810			
23	Cemento Asfáltico Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Próbete	%	81.256	81.512	81.668		
25	Vol. de C.A. Efectiva / Vol. de la Próbete	%	11.023	11.046	11.069		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	21.576	21.445	21.480		21.480
27	Cemento Asfáltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		9.476			
28	Bitum. Varios	%	76.386	76.253	76.290		
29	Lectura del Anillo	Autg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1167	1163	1166		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	1115	1117	1186		1132.329
33	Lectura del Flexímetro	Autg.	30.0	30.5	31.0		
34	Fluencia	mm	2.410	2.381	2.432		2.408
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	4251.3	4251.5	4271.8		4241.390

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
 Ing. Wladimir Astivia Salazar  
 CONSULTOR - CIVIL - 12279  
 ESPECIALIDAD MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERIFONEOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: PZ. C. LOTE 6, PUNTO 3 DE OCTUBRE - BUENOS AIRES - URU. 20601190649  
CELULAR: 934877150 - 915117124 e-mail: wils022@hotmail.com

## ENSAYO MARSHALL (MTCE-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinacion Teorica  
Cantera: Besique  
MEZCLA PARA DISEÑO N° 01 ASTM D-3515  
Fecha: 17/10/2022

ITEM	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfáltico	%		5.5			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		46.86			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		44.99			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		2.65			
5	Peso especifico del Cemento Asfáltico.	gr/cm³		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm³		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm³		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm³		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm³		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm³		2.310			
11	h Prom. de la Briquea	cm					
12	Peso de la Briquea al aire	gr	1271.52	1270.90	1259.63		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1277.93	1274.76	1264.84		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	751.91	750.29	745.77		
15	Volumen de la Probeta	cc	525.00	524.50	519.00		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm³	2.554	2.583	2.617		2.585
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm³		2.654			
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm³		2.525			
19	Vacios	%	7.420	7.515	7.330		7.422
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm³		2.806			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm³		2.858			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm³		2.832			
23	Cemento Asfáltico Absorbido	%		0.340			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	80.310	80.290	80.420		
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.010	11.000	11.020		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	19.740	19.810	19.730		19.760
27	Cemento Asfáltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		6.690			
28	Betun Vacios	%	55.910	55.820	56.300		
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	880	892	910		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	855	883	901		879.667
33	Lectura del Fleximetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Fluencia	mm	2.690	2.820	2.940		2.817
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3235.0	3200.0	3225.0		3220.0

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MEZCLA DE SUELOS (MTCE-504)  
Ing. Wilsón J. Zelaya Nájera  
C.I. 12345 - CONSULTOR N° 12345  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: ME C 107E & PAVJ 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20601190610  
CELULAR: 954877130 - 945317124 e-mail: wilce822@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinacion Teorica		Fecha : 17/10/2022				
Cantera:	Busique	MEZCLA PARA DISEÑO N° 01 ASTM D-3515					
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfaltico	%		6.5			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		49.34			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		42.27			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		1.89			
5	Peso especifico del Cemento Asfaltico.	gr/cm <sup>3</sup>		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm <sup>3</sup>		2.310			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1271.76	1271.20	1259.99		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1278.19	1275.08	1265.22		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	752.13	750.57	746.11		
15	Volumen de la Probeta	cc	511.80	510.20	510.00		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm <sup>3</sup>	2.814	2.903	2.997		2.905
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm <sup>3</sup>		2.616			
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm <sup>3</sup>		2.073			
19	Vacios	%	5.02	5.12	4.93		5.022
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.614			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.069			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.832			
23	Cemento Asfaltico Absorvido	%		0.430			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	70.060	70.120	70.230		
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	24.720	24.740	24.760		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	19.840	20.010	20.030		19.960
27	Cemento Asfaltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		20.650			
28	Betun Vacios	%	82.620	86.910	93.310		87.613
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1086	1174	1185		
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	1086	1174	1185		1148.333
33	Lectura del Fleximetro	Pulg.	12.0	12.5	12.0		
34	Fluencia	mm	2.990	3.120	3.240		3.117
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3559.0	3702.0	3900.0		3720.3

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilce J. Zúñiga Santos  
C.O.P.E. CONSULTOR E-427798  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

OFICINA: HZ. C LOTE 6, P.P.J. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20601190610  
CELULAR: 934077130 - 915417121 e-mail: willy822@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)									
Muestra:	Combinación Teórica						Fecha:	17/10/2022	
Cantera:	Besique		MEZCLA PARA DISEÑO N° 01 ASTM D-3515						
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio		
1	Cemento Asfáltico	%		7.0					
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		48.45					
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		43.40					
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		1.15					
5	Peso específico del Cemento Asfáltico.	gr/cm³		1.071					
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm³		2.563					
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm³		2.565				2.564	
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm³		2.748					
9	P.E de la Arena	gr/cm³		2.864				2.806	
10	P.E del Filler	gr/cm³		2.310					
11	h Prom. de la Briqueta	cm							
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1271.88	1271.35	1260.17				
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1278.32	1275.24	1265.41				
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	752.24	750.71	746.28				
15	Volumen de la Probeta	cc	511.80	510.20	510.00				
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm³	2.612	2.668	2.772			2.684	
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm³		2.616					
18	Max. Densidad Teórica	gr/cm³		2.073					
19	Vacios	%	7.14	7.15	7.17			7.152	
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm³		2.614					
21	P.E del Agr. Total	gr/cm³		2.069					
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm³		2.832					
23	Cemento Asfáltico Absorbido	%		0.430					
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	70.060	70.120	70.230				
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	24.720	24.740	24.760				
26	Vacios del Agr. Mineral	%	19.840	20.010	20.030			19.960	
27	Cemento Asfáltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		20.650					
28	Betun Vacios	%	82.620	86.910	93.310			87.613	
29	Lectura del Anillo	Pulg.							
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1086	1174	1185				
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00				
32	Estabilidad Corregida	Kg	1102	1133	1136			1123.667	
33	Lectura del Fleximetro	Pulg.	12.0	12.5	12.0				
34	Fluencia	mm	2.612	2.668	2.772			2.684	
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3559.0	3702.0	3900.0			3720.3	

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilfredo Zúñiga Santos  
C.O.P.E. 117790 - LIMA  
Especialista en la Ingeniería de Suelos y Geotecnia



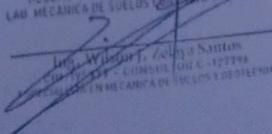
# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6, P.P. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC: 2060190610  
CELULAR: 954877150 - 945117174 - mail: wils022@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinacion Teorica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 02 + 7% DE ESCORIA	Fecha:	17/06/2022			
Cantera:	Besque	SIDERURGICA					
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfaltico	%		5.0			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		44.35			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		43.65			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		7.00			
5	Peso especifico del Cemento Asfaltico,	gr/cm <sup>3</sup>		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm <sup>3</sup>		2.310			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					1301
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1301.16	1301.32	1301.37		1306
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1306.21	1306.37	1306.50		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49		
15	Volumen de la Probeta	cc	540.55	541.05	534.01		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm <sup>3</sup>	2.540	2.850	2.770		2.753
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm <sup>3</sup>		2.775			
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm <sup>3</sup>		2.775			
19	Vacios	%	4.020	3.940	3.970		3.977
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.920			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		3.010			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.960			
23	Cemento Asfaltico Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	80.156	80.312	80.468		
25	Vol. de CA Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.023	11.046	11.069		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	21.656	21.523	21.560		21.580
27	Cemento Asfaltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		7.126			
28	Betun Vacios	%	55.276	55.143	55.180		
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1028	1030	1033		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	987	989	1033		1002.876
33	Lectura del Fleximetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Fluencia	mm	3.336	3.336	3.472		3.336
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3967.0	3963.0	4489.0		3529.250

  
 Wladimir Zelaya Santos  
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTACION  
 SOCIEDAD PERUANA DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTACION



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPERIENCIAS, PERFILES TECNICOS, SUPERVISOR, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



DIREC: MIGUEL A. P. J. DE OCTUBRE ASESOR CIVIL - RUC: 20841198649  
CELULAR: 954877258 - 945411524 - email: willer82@hotmail.com

ENSAJO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinación Teórica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 02 + 7% DE ESCORIA				Fecha:	17/17/2022
Cantera:	Resique	SIDERURGICA					
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfáltico	%		5.5			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		44.35			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		43.35			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		7.00			
5	Peso específico del Cemento Asfáltico	gr/cm³		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm³		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm³		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm³		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm³		2.854			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm³		2.310			
11	h.Prom. de la Briqueña	cm					1301
12	Peso de la Briqueña al aire	gr	1301.16	1301.32	1301.37		1306
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1306.21	1306.37	1306.50		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49		
15	Volumen de la Probeta	cc	540.55	541.05	534.01		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm³	2.800	2.850	2.770		2.807
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm³		2.875			
18	Vol. Densidad Teórica	gr/cm³		2.875			
19	Vacios	%	4.120	4.040	4.070		4.077
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm³		3.090			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm³		3.120			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm³		3.070			
23	Cemento Asfáltico Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	81.156	81.312	81.468		
25	Vol. de C.A. Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.073	11.086	11.118		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	21.666	21.533	21.570		21.570
27	Cemento Asfáltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		7.176			
28	Betun Vacios	%	56.276	56.145	56.182		
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin Corregir	kg	1089	1090	1094		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	kg	987	1000	1094		1013.582
33	Lectura del Pasimetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Fluorencia	mm	3.586	3.586	3.670		3.586
35	Factor de Rigidez	kg/cm	2626.0	2626.0	2626.0		2626.000

REVISADO POR: [Firma]  
 LAO MECANICA DE SUELOS [Firma]  
 [Firma]  
 [Firma]  
 [Firma]



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERIFERIAS TECNICOS, SUPERVISOS, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: PZ. COTE A P.P.J. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC: 20601790610  
 CELULAR: 954877130 - 915117174 e-mail: wilyr22@hotmail.com

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)							
Muestra:	Combinacion Teorica	MEZCLA PARA DISEÑO N° 02 + 7% DE ESCORIA	Fecha:	17/08/2022			
Cantera:	Besique	SIDERURGICA					
ITEMS	PROBETAS		1	2	3	4	Promedio
1	Cemento Asfaltico	%		6.0			
2	Grava Triturada (Mayor N°4)	%		46.70			
3	Arenas Combinadas (Menor N°4)	%		45.23			
4	Filler / Escoria Siderurgica	%		7.00			
5	Peso especifico del Cemento Asfaltico.	gr/cm <sup>3</sup>		1.071			
6	P.E Bulk de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.563			
7	P.E de la Grava Triturada	gr/cm <sup>3</sup>		2.565			2.564
8	P.E Bulk de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.748			
9	P.E de la Arena	gr/cm <sup>3</sup>		2.864			2.806
10	P.E del Filler	gr/cm <sup>3</sup>		2.310			
11	h Prom. de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al aire	gr	1301.16	1301.32	1301.37		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr	1306.21	1306.37	1306.53		
14	Peso de la Probeta en el agua	gr	765.66	765.32	772.49		
15	Volumen de la Probeta	cc	540.55	541.05	534.04		
16	P.E Bulk de la Probeta	gr/cm <sup>3</sup>	2.910	2.850	2.800		2.859
17	P.E Max. ASTM D - 2041	gr/cm <sup>3</sup>		2.940			
18	Max. Densidad Teorica	gr/cm <sup>3</sup>		2.940			
19	Vacios	%	4.160	4.080	4.110		4.117
20	P.E Bulk del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		2.980			
21	P.E del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		3.070			
22	P.E Efectivo del Agr. Total	gr/cm <sup>3</sup>		3.020			
23	Cemento Asfaltico Absorbido	%		0.350			
24	Vol. del Agr. / Vol. Bruto de la Probeta	%	81.456	81.612	81.768		
25	Vol. de C.A Efectiva / Vol. de la Probeta	%	11.043	11.066	11.089		
26	Vacios del Agr. Mineral	%	21.836	21.709	21.740		21.740
27	Cemento Asfaltico Efectivo / Peso de la Mezcla	%		7.346			
28	Betun Vacios	%	58.256	58.123	58.160		
29	Lectura del Anillo	Pulg.					
30	Estabilidad sin corregir	Kg	1040	1043	1045		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
32	Estabilidad Corregida	Kg	999	1001	1045		1024.896
33	Lectura del Fleximetro	Pulg.	10.0	10.5	11.0		
34	Ruenda	mm	3.736	3.796	3.872		3.736
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3639.0	3659.0	3667.0		3649.000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 Ing. Wily R. Torres Zúñiga  
 C.O.N.C.O.P. C.O.N.C.O.P. E-42374  
 PROFESION EN MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, DIAZ GARCIA GONZALO HUGO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia del uso de escoria siderúrgica en la mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles, Nuevo Chimbote, 2022.", cuyo autor es AGUIRRE GARRIDO JORDI ANDRE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

CHIMBOTE, 27 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
DIAZ GARCIA GONZALO HUGO <b>DNI:</b> 40539624 <b>ORCID:</b> 0000-0002-3441-8005	Firmado electrónicamente por: GHDIAZ el 05-12- 2022 12:14:09

Código documento Trilce: TRI - 0456831