



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Mejoramiento de pavimentos flexibles reutilizando Polipropileno  
y Polietileno de alta densidad en la avenida Central, distrito  
LosOlivos - Lima 2020”**

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

**AUTOR:**

CARBAJAL TRUJILLO, Anthony Jesús (ORCID: 0000-0002-5349-4302)

**ASESOR:**

Mg. FERNÁNDEZ DIAZ, Carlos Mario (ORCID: 0000-0001-6774-8839)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

*La presente tesis está dedicada a a mis padres quienes son mi guía, fortaleza e inspiración, para superarme día a día y que gracias a sus enseñanzas y apoyo puedo superarme todos los días.*

## **Agradecimiento**

*Agradezco a Dios, por permitir cumplir este objetivo como también a los profesores que nos asesoraron en toda esta carrera de estudio y enseñanzas.*

*También agradecer a los ingenieros y expertos que ayudaron en la elaboración de los resultados que con su tiempo y ayuda permiten este logro con gran satisfacción.*

## Índice de contenidos

I.	INTRODUCCIÓN.....	10
II.	MARCO TEÓRICO.....	13
III.	METODOLOGIA.....	22
	3.1 Tipo y diseño de investigación.....	22
	3.2 Variables y operacionalización.....	23
	3.3 Población, muestra.....	24
	3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
	3.5 Procedimientos.....	26
	3.6 Método de análisis de datos.....	26
	3.7 Aspectos éticos.....	27
IV.	RESULTADOS.....	28
V.	DISCUSION.....	60
VI.	CONCLUSIONES.....	63
VII.	RECOMENDACIONES.....	65

## REFERENCIAS

## ANEXOS

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad del autor .....	72
Anexo 2. Declaratoria de autenticidad del asesor .....	73
Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables .....	74
Anexo 4. Matriz de consistencia .....	75
Anexo 5. Instrumento recolección de datos .....	76
Anexo 6. índice de similitud – Reporte turnitin .....	79

## Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de operacionalización de las variables.....	23
Tabla 2. Ensayo equivalente de arena.....	28
Tabla 3. Ensayo determinación de material fino.....	29
Tabla 4. Ensayo peso específico y absorción.....	29
Tabla 5. Ensayo abrasión los ángeles.....	30
Tabla 6. Ensayo peso específico y absorción.....	30
Tabla 7. Ensayo chatas y alargadas.....	31
Tabla 8. Ensayo Caras fracturadas.....	31
Tabla 9. Ensayo sales solubles en agregados.....	32
Tabla 10. Determinación de la inalterabilidad de los agregados.....	32
Tabla 11. Propiedades de control del Polietileno.....	33
Tabla 12. Propiedades típicas del Polietileno.....	33
Tabla 13. Propiedades físicas del Polipropileno.....	34
Tabla 14. Propiedades mecánicas del Polipropileno.....	34
Tabla 15. Propiedades térmicas del Polipropileno.....	35
Tabla 16. Propiedades de resistencia química del Polipropileno.....	35
Tabla 17. Ensayo de granulometría del agregado fino.....	36
Tabla 18. Ensayo de granulometría grava chancada.....	37
Tabla 19. Ensayo de mezcla asfáltica.....	38
Tabla 20. Diseño de mezcla asfáltica tradicional al 4.5% C.A.....	39
Tabla 21. Diseño de mezcla asfáltica tradicional al 5% C.A.....	40
Tabla 22. Diseño de mezcla asfáltica tradicional al 5.5% C.A.....	41
Tabla 23. Diseño de mezcla asfáltica tradicional al 6% C.A.....	42
Tabla 24. Diseño de mezcla asfáltica tradicional al 6.5% C.A.....	43
Tabla 25. Insumos de diseño MAC-2.....	48
Tabla 26. Dosificación de diseño Marshall – 1% PE-PP.....	53
Tabla 27. Diseño de mezcla asfáltica modificada – 1% PE-PP.....	54
Tabla 28. Características de diseño (convencional y modificado) al 1% PE-PP..	55
Tabla 29. Dosificación de diseño Marshall – 2% PE-PP.....	55
Tabla 30. Diseño de mezcla asfáltica modificada – 2% PE-PP.....	56
Tabla 31. Características de diseño (convencional y modificado) al 2% PE-PP..	57

Tabla 32. Dosificación de diseño Marshall – 3% PE-PP.....	57
Tabla 33. Diseño de mezcla asfáltica modificada – 3% PE-PP.....	58
Tabla 34. Características de diseño (convencional y modificado) al 3% PE-PP..	59

## Índice de figuras

Figura 1. Porcentaje de cemento asfáltico vs peso unitario.....	44
Figura 2. Porcentaje de cemento asfáltico vs vacíos.....	44
Figura 3. Porcentaje de cemento asfáltico vs VMA.....	45
Figura 4. Porcentaje de cemento asfáltico vs VLLCA.....	45
Figura 5. Porcentaje de cemento asfáltico vs estabilidad.....	46
Figura 6. Porcentaje de cemento asfáltico vs flujo.....	46
Figura 7. Porcentaje de cemento asfáltico vs índice de rigidez.....	47
Figura 8. Agregados gruesos y finos para la mezcla asfáltica.....	47
Figura 9. Polipropileno y polietileno reprocesado.....	49
Figura 10. Polipropileno y polietileno para dosificar.....	49
Figura 11. Lavado de la mezcla asfáltica.....	50
Figura 12. Dosificación de la mezcla asfáltica dosificada.....	50
Figura 13. Mezcla asfáltica modificada.....	51
Figura 14. Briquetas de ensayos realizados.....	51
Figura 15. Ensayo Marshall usando la mordaza Marshall.....	52
Figura 16. Rotura de briquetas de ensayo.....	52
Figura 17. Planta de elaboración de mezcla asfáltica.....	53

## I. INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de pavimentos flexibles, podemos llegar a concluir que es todo un conjunto formado por la sub - rasante, la sub - base, la base y una carpeta asfáltica de rodadura, el cual tiene como objetivo principal el de soportar las distintas cargas de tránsito vehicular para el que fue diseñado, basado en ello esta investigación quiere dar a conocer el mejoramiento que obtienen los pavimentos flexibles al añadirles polipropileno y polietileno de alta densidad reciclados.

Para lo cual, debemos tener en cuenta que el mundo evoluciona de una manera muy rápida y gracias a la constante evolución de la ingeniería e innovación tecnológica ha hecho posible que los productos sean cada vez más sofisticados, podemos hablar así también de investigaciones, donde se destacan sobre los pavimentos con el uso de aditivos de polipropileno o polietileno que se van añadiendo para lograr mejorar sus propiedades básicas.

También debemos considerar que los aditivos de polipropileno o polietileno se emplean como métodos alternativos gracias a sus propiedades mecánicas que la conforman y que nos ayuda así con mejorar las propiedades básicas del pavimento. En nuestro país la ingeniería de los pavimentos se interesa siempre en acoger nuevas innovaciones en materiales y aditivos para la optimización y mejorías en las propiedades del pavimento y a su vez favorezcan para los diseños de carreteras de todo tipo, contribuyendo así para mejorar su conservación y durabilidad, es por ello que en esta investigación se está considerando el uso reciclado del polietileno y polipropileno como una contribución para la sostenibilidad y conservación del medio ambiente.

Por ello que se busca relacionar el pavimento flexible (asfalto) con polímeros reciclados como lo son el polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE), pero de una manera de poder contribuir y cuidar del medio ambiente y esto gracias al reciclaje de productos que contengan estos elementos para darle un valor agregado a nuestro pavimento flexible y contribuyendo al ecosistema.

En base al crecimiento de nuevas tecnologías se considera imprescindible conocer más los distintos cambios que puede sufrir el asfalto si se modifica sus composiciones básicas, en esta ocasión adicionando polipropileno y polietileno, con el fin que se mejore su estructura y características, y como un mecanismo de



rehabilitar caminos y carreteras en mal estado, mejorando así el estado de pavimentación, respaldándonos en investigaciones previas, para llegar a tener resultados positivos apoyados de ensayos y adiciones paulatinas de estos elementos.

Para ello se abordó el siguiente problema general: ¿Cuál es el desempeño al incorporar fibras de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclado en el mejoramiento del pavimento flexible?, se proponen los siguientes problemas específicos: a) ¿Cuál es la influencia de las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad en las propiedades físico-químicas de la mezcla asfáltica? b) ¿Cómo mejora las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica? Y c) ¿Cuál es el diseño de la mezcla asfáltica con fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad para una capa de rodadura? Una vez delimitado el problema, se procedió a formular el objetivo general: Analizar el desempeño generado al incorporar fibras de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclado para la mejora del pavimento flexible., con esta premisa se enunciaron los siguientes problemas específicos: a) Analizar la influencia de las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad en las propiedades físico-químicas de la mezcla asfáltica, b) Determinar la influencia de las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.. y c) Diseñar una mezcla asfáltica con fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad como capa de rodadura.

Justificamos esta investigación basados en que se quiere mejorar la resistencia y la vida útil del pavimento flexible con la adición de polipropileno y polietileno reciclados que ayuden también a sumar esfuerzos para combatir la contaminación ambiental que el país posee, por los malos hábitos de conservación del medio ambiente que tenemos. Para ello, en la búsqueda de alternativas de mejora a los pavimentos se considera como mejor opción el uso de estos polímeros que al ser añadidos a la mezcla asfáltica puedan contribuir en la mejora de sus propiedades básicas. Basados en el reciclaje de fibras de polipropileno y polietileno los cuales se estarán añadiendo en dosificaciones pequeñas y que en conjunto pueden formar

un mejor compuesto asfáltico. El poder adicionar fibras de polipropileno y polietileno reciclado para la mejora del pavimento flexible es el objetivo primordial para contribuir con el medio ambiente y sostenibilidad.

Justificación técnica: se pretende mejorar las propiedades iniciales del pavimento mejorando sus características con el reciclado de polietileno y polipropileno. En múltiples investigaciones se trata de juntar y mezclar estos elementos para contrarrestar problemas de fisuraciones. Bajo esto se ensayará los efectos que puedan producir esta adición de polímeros reciclados en la mezcla asfáltica.

Justificación ambiental: este proyecto tiene el fin de contribuir con el medio ambiente y la sociedad al tratar de reducir la contaminación ambiental que el país posee y considerando como alternativa el reciclaje de estos polímeros para mejorar así las propiedades del asfalto.

Para lo cual se ha formulado la siguiente hipótesis general: La incorporación de fibras de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclado si mejora el desempeño del pavimento flexible. y como hipótesis específicas: a) Las fibras recicladas de polipropileno y polietileno si influyen en las propiedades físico-químicas de la mezcla asfáltica, b) Las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad si influye en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica. y c) Las fibras recicladas de polipropileno y polietileno si influyen en el diseño de una mezcla asfáltica para la capa de rodadura.

## II. MARCO TEORICO

Marcillo, P. (2018) *“Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden”* cuyo objetivo es analizar la mezcla asfáltica que ha sido modificada al añadir de polímeros, en esta investigación, plástico reciclado. Por lo cual concluyó que en cuanto a estabilidad de la mezcla que fue modificada, duplica la estabilidad de la muestra original, teniendo en cuenta que cumplen la estabilidad mínima Marshall para un asfalto de diseño de tráfico pesado.

Cañari, C. (2019) *“Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibras de polipropileno”* cuyo objetivo fue determinar como influye al adicionar fibras de polipropileno para el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica. Es de tipo experimental ya que se realizaron ensayos de laboratorio. Por lo cual concluyó que la adición de fibras de polipropileno influencia de manera positiva en el comportamiento mecánico de la mezcla y considerando respecto a la propiedad de resistencia al desgaste su influencia es negativa.

Berrio, A. (2017) *“Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo”* cuyo objetivo es Desarrollar un diseño de mezcla asfáltica, al adicionar Tereftalato de Polietileno reciclado, evaluando las mejoras en las propiedades mecánicas y el desempeño que puede brindar dicha adición. El estudio es de tipo experimental. Por lo cual concluyó que el polímero triturado, influye positivamente en el desempeño de la mezcla asfáltica.

Ballena, C. (2016) *“utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío”* Cuyo objetivo fue analizar los resultados que causa la fibra de polietileno una vez que se añade a la mezcla asfáltica y en las propiedades físico y mecánicas del asfalto y para lo cual debe cumplir con las exigencias mínimas de estabilidad y flujo para los pavimentos flexibles de acuerdo al manual del Ministerio de Transportes. El diseño aplicado a este estudio es del tipo experimental. Se concluyó que al adicionar fibra de polietileno a la mezcla asfáltica esta logró reducir sus propiedades y se vuelve inestable por lo que no recomiendo que sea empleado el polietileno para ningún tipo de tránsito.

Silvestre, V. (2017) *“Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017.”* Cuyo objetivo fue obtener las mejoras a las características físicas y de estructura a la mezcla asfáltica el cual fue modificada con plástico. El diseño empleado de la presente investigación fue cuantitativo – experimental. Donde se concluyó que al realizar 3 ensayos Marshall en laboratorio (0.5%, 1% y 1.5% del agregado fino) a la mezcla asfáltica con agregados de plástico, con una cantidad de 45 ensayos en briquetas considerando diferentes tamaños de muestra con adición de plástico. Se concluye que existen mejoras a las características físicas y en la estructura de la mezcla asfáltica.

Aimacaña, J. (2017) *“Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales”* Cuyo objetivo fue estudiar el comportamiento de la estabilidad y flujo de las muestras compactadas, con mezcla asfáltica a base de polímero y mezcla asfáltica tradicional. Es de tipo experimental. Por lo cual se concluyó que mejoro la estabilidad con la mezcla original es de 5500, con una mezcla de 6.5% de cemento asfáltico y de la nueva mezcla modificada con el 1% de polímetro P.E triturado es de 4600, con un contenido de 6.0% de cemento asfáltico y es la que representa un mejor resultado.

Para lo cual esta investigación, contiene las siguientes teorías:

Velasquez, A. (2016) Los pavimentos son elementos estructurales y se encuentran apoyados en lo largo de su longitud encima del terreno de fundición denominado sub-rasante. Dicha capa deberá tener un trabajo previo de preparación que pueda resistir diferentes espesores de capas, que se denomina paquete estructural, que es diseñado para el soporte de cargas externas que se producen en un determinado lapso de tiempo.

Olivera, A. (2018) El pavimento flexible, siempre tiene como objeto ser menos costoso para su construcción, dicho pavimento puede tener una duración de vida de una década o dos, pero requieren que se les realicen mantenimientos constantes para lograr llegar al cumplimiento de dicha duración.

Para dichas mezclas de asfalto se considera como elemento primordial siempre poder tener un asfalto de buena calidad considerando que esta capa es la encargada del soporte al tránsito vehicular como la intemperie.

El pavimento flexible es un conjunto compuesto, que se conforma por material granular (sub-base y la base) y contiene en su capa exterior la capa de asfalto. Dicha capa de asfalto es compuesta por mezclas realizadas con asfalto frío o caliente.

**Capa de Rodadura:** Es la capa del pavimento que tiene contacto directo con el tránsito, el cual es flexible o rígido, cuya función principal es soportar de manera directa el permanente flujo vehicular.

**Base:** Se encuentra debajo de la capa de rodadura, y sus funciones directas son la de sostenibilidad, distribución y transmisibilidad de toda carga que sea ocasionada durante el flujo vehicular. Lo usual es que sea de material granular.

También se deben considerar, las características de los materiales que conforman la capa subrasante del pavimento ya que es un elemento primordial para la estructura, al igual que las consideraciones de espesores mínimos requeridos para el pavimento. Mediante el cual se determina sus características basado en cada material el cual se obtiene en base a mecánica de suelos, considerando que los pavimentos son parte de dicha materia, pero no solo hablamos de los suelos y la capa subrasante, sino también a la subbase y base, en el cual sus propiedades mecánicas e hidráulicas tienen siempre que ver en los problemas que se presenta en los pavimentos.

También se considera las repeticiones de tránsito que ocurren por el empleo de la vía lo que producen cargas a las cuales el pavimento debe soportar. Referente al diseño de los pavimentos se debe considerar cuales serían las cargas que este debe soportar, las presiones en cuales trabajarán las llantas de los vehículos y poder identificar qué áreas tendrán mayor contacto, considerar también el flujo vehicular, la cantidad de repeticiones que estas cargas tendrían y sus velocidades que serán consideradas.

La fibra de polipropileno, características de la fibra de polipropileno: a) Las fibras de polipropileno no son magnéticas, libre de óxido, álcalis resistentes, seguro y fácil

de usar, b) Las fibras de polipropileno también son compatibles con cualquier concreto y aditivo químico y se pueden manejar con facilidad.

c) La superficie hidrófoba de fibras no absorben agua, no ser mojada por la pasta de cemento, ayuda a prevenir la formación de “bolas” que es la agrupación de las fibras. d) Trabajabilidad, Con agregar las fibras de polipropileno, los huecos de aire atrapados aumentan y por ello el contenido de aire que incrementa hace que reduzca la trabajabilidad y cause dificultad en la compactación de la mezcla.

**Contracción plástica:** Se produce cuando el agua superficial llega a evaporarse antes de que el agua de exudación pueda llegar a la superficie. Las fibras de polipropileno logran reducir el área de la forma. La adición de 0,1% en volumen de fibras resulta eficaz para poder disminuir el grado de agrietamiento por un factor de 5-10%.

**Multifilamento:** Es un tipo de polímero de hidrocarburo sintético, las cuales son conformadas de la unión de monofilamentos que se obtienen en los procesos de extrusión el cual se da al estirar el material en caliente a través de una máquina de sección circular. Que también son conocidas como microfibras, por que miden 0,050 mm, la cual se conforma de filamentos de polipropileno las cuales son entrelazadas y mezcladas todas entre sí.

**Fibrilada:** se producen en base a la extrusión en un sistema matriz rectangular, obteniendo fibras en forma rectangular con un diámetro uniforme de 0.2 a 0.3mm, para que luego sean cortadas según la necesidad de medida a requerir.

**Descripción del polietileno.** Este tipo de polímeros es amigable con las mezclas asfálticas cuando dicha mezcla se encuentra en un proceso de producción.

El objetivo que se quiere alcanzar con la adición de polímeros al asfalto es el de mejorar sus características, como; a) Mejora para los pavimentos en climas diversos, b) Mejorar la resistencia de cargas, c) Ayudar que la deformación permanente disminuya, d) Ayudar a la consistencia de los materiales que conforman el pavimento.

La elaboración del asfalto -polietileno en un conjunto en la mezcla del polietileno reciclado, preferiblemente de tamaños 2 mm a 4 mm, que son adicionados en la preparación del asfalto y agitados en un estanque. En la mayoría de casos, lo que se debe adicionar de plástico polietileno reciclado es entre 10% y 20% en base al peso del ligante, para no alterar en gran proporción las características mínimas del asfalto a preparar.

Para lograr la mezcla homogénea de asfalto y polietileno, se es imprescindible tener definido la temperatura, así como también el tiempo que se considerará en el estanque. En la mayoría de los casos se considera las temperaturas entre 150°-200° C en base a tiempos de 60 minutos a 240 minutos.

En el proceso de vía húmeda, se debe considerar que la agitación dentro del estanque debe realizarse antes del empleo del asfalto in situ.

Cuando el asfalto-polietileno logre tener las características mínimas requeridas, en especial una buena viscosidad en esta mezcla, se deberá incorporar, para una labor continua, al lugar de mezcla dentro de la planta de asfalto para que pueda adicionarse agregados pétreos en la elaboración del asfalto.

Cuando se haya concluido la mezcla del asfalto-polietileno con la adición de los agregados pétreos, el asfalto obtenido se debe transportar al lugar donde será usado el cual se debe colocar mediante el uso de una finisher tradicional. De igual forma para una compactación uniforme debemos emplear maquinaria de rodillo liso.

El procedimiento denominado por vía seca: en este proceso el polietileno reciclado se debe mezclar con los agregados, pero esta labor debe realizarse antes de que se adicione el cemento asfáltico. Para este procedimiento, se debe usar el polietileno reciclado como un insumo adicional para la elaboración de dicha mezcla, que se puede agregar como un árido más o como un sustituto de una pequeña porción del agregado fino, y el volumen podría estar variando entre el 1% y el 3% del peso del conjunto de agregados que tendrá la mezcla.

Si bien los granos de polietileno reciclado se pueden tratar como un áridos, no pueden ser considerados como un insumo diferente, porque interaccionan directamente con los compuestos de la mezcla. Para esta fase de adición suele denominarse “digestión” del polietileno.

En el proceso de digestión, no existen grandes diferencias en cuanto a complementarse el polietileno y la mezcla de asfalto considerando que el tiempo de mezcla es corto, por el cual este tiempo es muy poco para generar reacciones iguales que el procedimiento húmedo, entonces se concluye que el resultado de la reacción polietileno-ligante en el procedimiento seco es considerado menos y, así mismo, se considera que no afecta mucho a las propiedades de las características de la mezcla.

Sino se considera esta digestión existe el riesgo de que esta mezcla se deteriore de manera rápida en el campo. Se ha detectado que uno de los principales riesgos es el ataque de agua sobre la mezcla, lo que ocasiona que pueda existir una descomposición gradual. Para poder evitar esta situación, se debe considerar en el diseño de la mezcla de asfalto, que es necesario la evaluación de cual será la temperatura y el tiempo mínimo que debe tener esta digestión para alcanzar una digestión suficiente, esto se puede realizar a través de la prueba de inmersión y compresión la cual mide el efecto que causa el agua sobre la adhesión de mezclas de asfalto compactas.

Las características de las mezclas asfálticas modificadas puede hacer que se reduzca el presupuesto de mantenimiento de las carreteras. Además, se ha logrado concluir que se obtiene un mejor comportamiento técnico del material frente a las deformaciones plásticas y mejores prestaciones mecánicas, por lo que se trata de un insumo con mayor duración que el tradicional que ayudara a la reducción de las operaciones de mantenimiento y conservación de las vías.

### **III. METODOLOGIA**

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

##### **3.1.1. Tipo de la investigación**

La presente investigación es del tipo aplicada. Valderrama (2015 p. 39), señala que la investigación es aplicada porque esta se respalda en la investigación básica, su objetivo preciso es emplear las teorías existentes a la elaboración de métodos tecnológicos y normas, con la finalidad de verificar escenarios o procesos del entorno.

El tipo de investigación es APLICADA.



### **3.1.2. Diseño de la investigación**

Borja, M. (2012) Pre experimental ya que se considera un control mínimo. Y se basa en la administración de estímulos a las variables de estudio para luego observar las variaciones que se presentan en la variable dependiente. El empleo de estos experimentos se emplea en estudios e investigaciones para la medición de la eficiencia de los resultados obtenidos.

En base a ello, el diseño el cual se empleará para este estudio será del tipo pre experimental basado en que las variables serán sometidas a factores varios para observar que cambios se producen en sus características naturales.

Diseño pre experimental.

## **3.2. Variables y operacionalización de las variables**

### **3.2.1. Variable Independiente**

- Polipropileno y Polietileno de alta densidad reciclado

### **3.2.2. Variable dependiente**

- Pavimento flexible

### 3.2.3. Matriz de operacionalización de la variable

**TABLA 1.** Matriz de operacionalización de las variables

"Mejoramiento de pavimentos flexibles reutilizando Polipropileno y Polietileno de alta densidad en la avenida Central, distrito Los Olivos - Lima 2020"					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Variable Independiente: Polipropileno y Polietileno de alta densidad reciclado	Hermida, E. (2011) son moléculas de gran tamaño, constituidas por "eslabones" orgánicos denominados monómeros, unidos mediante enlaces covalentes. Los eslabones están formados, fundamentalmente, por átomos de carbono y pueden poseer grupos laterales o radicales con uno o más átomos.	Las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad se usarán como adición dada sus propiedades que hacen que existan mejoras en el pavimento asfáltico, el cual se medirá con ensayos y fichas de recolección de datos para determinar su influencia.	Dosificación	PF + 1% Polipropileno y polietileno	De razón
				PF + 2% Polipropileno y polietileno	
				PF + 3% Polipropileno y polietileno	
Variable Dependiente: Pavimento flexible	MTC. (2013) Se conforma por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta asfáltica. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mezclas realizadas con asfalto frío o caliente.	El asfalto en su estado convencional es capaz de soportar grandes cargas que se le suministra por el tránsito vehicular para lo cual se medirá las mejoras que se obtienen al adicionarle fibras recicladas de PE y PP apoyados de las normas técnicas vigentes.	Betun asfáltico	Penetración	De razón
				Viscosidad	
				Ductilidad	
			Asfalto líquido	Viscosidad	
				Destilación	
				Peso específico	
			Emulsión asfáltica	Sedimentación	
				Tamizado	
				Viscosidad	

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

La población es el conjunto total de individuos o elementos con similitudes en sus características y a las cuales se hacen referencia. (Bernal, C.; 2014, 160 p.)

Basado en Bernal, la población de estudio de esta investigación se encuentra conformado por el pavimento flexible del distrito de Los Olivos, en el cual se ira añadiendo fibras de polipropileno y polietileno reciclado para observar como mejora y altera las características base del pavimento.

#### **3.3.2. Muestra**

Se considera muestra a la fracción o parte que representa a la población, las cuales tienen las características de ser objetivas y reflejan a la población, con lo cual los resultados que se obtengan en la muestra se generalizan para la población que la comprende. (Carrasco, 2005)

El número de muestras propuestas serán de 30 briquetas para el ensayo Marshall.

### **3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos**

Se consideran a estas técnicas de recopilación de datos o información a los que permiten la recopilación y obtención de información las cuales se relacionan con los distintos problemas y objetivos del proyecto de investigación. (Carrasco, 2005)

La técnica la cual será empleada para este estudio, será la técnica de observación directa, y para ello los instrumentos a emplear serán conformados por fichas de recolección de datos, formatos de laboratorios y ensayos que se realizarán en un laboratorio particular. Y para ello se tendrán en cuenta las exigencias de las normas nacionales vigentes al igual que las internacionales.

#### **3.4.2. Instrumentos de investigación**

Los instrumentos que se empelaran para el siguiente estudio serán usados para la medición que se realizara al manipular las variables. Estos serán medidos mediante la aplicación de los instrumentos de recolección de datos. Dichos instrumentos son

los que hacen posible la recopilación de datos los cuales luego serán procesados para que nos brinde conocimientos veraces. (Carrasco, 2005).

Los instrumentos que se emplearán para el siguiente estudio serán:

Análisis y datos de laboratorio.

Formatos tipo del laboratorio

Fichas de observación

### **3.4.3. Validez**

La validez, es la característica que obtienen los distintos instrumentos de medición que se emplean en las investigaciones ya que son usados para la medición objetiva con precisión, verdad y originalidad aquellas variables de estudio que se pretende obtener resultados medibles. (Carrasco, 2005)

Los instrumentos que se emplearan para la recolección de información que se emplearan en este estudio son 100% veraces y fidedignos ya que la calibración de los equipos ante una entidad certificada nos brinda la garantía de precisión y menor margen de error para estas mediciones.

### **3.4.4. Confiabilidad**

La confiabilidad es la obtención de las cualidades y propiedades al emplear un instrumento de medición, el cual permite lograr homogeneizar los resultados de su uso, luego de emplearse en varias ocasiones a distintas personas o grupos en diferentes periodos de tiempo. (Carrasco, 2005).

Para el desarrollo de este estudio de investigación, se realizaran ensayos de muestras con herramientas y equipos necesariamente calibrados por una entidad certificada y acreditada por el INACAL lo cual contribuye a que los posibles resultados que se obtengan sean fidedignos y con márgenes de error mínimos lo cual garantiza que el estudio a realizar sea de carácter veraz.

## **3.5. Procedimientos**

- Determinar adecuadamente las porciones de polietileno y polipropileno reciclado.

- Medir la cantidad y dosificación de los materiales (asfalto, agregados gruesos y finos) que se emplearan para la preparación de la mezcla asfáltica con fibra de polietileno y polipropileno reciclado.
- Diseñar una adecuada mezcla asfáltica con distintas dosificaciones y agregados de polietileno y polipropileno reciclado.
- Preparar una mezcla asfáltica con la adición de polietileno y polipropileno reciclado según los diseños.
- Obtener los resultados y características de las nuevas mezclas asfálticas.
- Comparar los resultados de las mezclas asfálticas con la adición de polietileno y polipropileno reciclado y las mezclas asfálticas convencionales.

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

El análisis de los resultados obtenidos para un proyecto de investigación es la síntesis de los procesos resultantes y que se concluyen también mediante intercambios de procedimientos y participación en situaciones homogéneas que se obtienen como resultante. Cortes, M. y Iglesias, M. (2004, 42 p.)

Para desarrollar el siguiente estudio, se empleará métodos de análisis basados en que se considerará la observación, el análisis, el ordenamiento y la representación de datos resultantes de la experimentación que se obtiene en el laboratorio, Así como también, permita completar todas las fichas de recolección de datos, con el objetivo de describir las consecuencias que resultan al añadir fibra de polietileno y polipropileno reciclado a las propiedades del pavimento flexible.

### **3.7. Aspectos éticos**

Este proyecto de investigación brindará resultados veraces tomados de información real para cada una de sus variables, las cuales serán procesadas en colaboración de un laboratorio privado que brindará los resultados fiables y garantizando la calidad de la información para su posterior publicación y/o exposición.

Para esta investigación se consideraron también teorías de otros investigadores los cuales han demostrado los distintos puntos de vista y análisis de las variables los

cuales han sido citados de acuerdo a las normas ISO y considerando también los lineamientos de la Universidad Cesar Vallejo quien nos brindó una estructura a desarrollar para respetar la información de distintos autores y como futuros profesionales, debemos considerar cabalmente los principios morales y éticos para un buen desarrollo de todos los procesos explicados los cuales nos llevaran a lograr el objetivo principal de esta investigación.

## IV. RESULTADOS

Los resultados del proyecto de investigación fueron desarrollados en el laboratorio Jerome Constructores S.A.C. Las pruebas de laboratorio fueron realizadas en la planta de asfalto situada en el distrito de ATE.

Y los ensayos de agregados fueron tramitados por la empresa Arena Piedra y Afirmado SAC (Control de Calidad Cantera Dorita), y realizados en los laboratorios del Ministerio de transportes y comunicaciones bajo condiciones y temperaturas controladas por el organismo referente, los cuales tienen sus resultados con N° de oficio 012-2020-MTC/19.01.EE.

### 4.1 Ensayos de Laboratorio

#### A. Agregado Fino

**TABLA 2.** *Ensayo Equivalente de arena*

#### INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE

SOLICITANTE	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	CANTIDAD	: 90 kg c/u.
REFERENCIA	: REC N° 004-2 020-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 020.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 020.01.20.

#### MTC E-114 (2 016) SUELOS. EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (\*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Afirmado Base	51
Afirmado Sub Base	45
Arena Triturada	80

Fuente: Informe de ensayo N°013-2020-MTC/19.01.EE

**TABLA 3. Ensayo determinación de material más fino – Tamiz N° 200**

**INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE**

<b>SOLICITANTE</b>	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	<b>MUESTRA</b>	: Agregados
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: El que se indica
<b>PROYECTO</b>	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	<b>CANTIDAD</b>	: 90 kg c/u.
<b>REFERENCIA</b>	: REC N° 004-2 020-FE-02	<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos de polietileno
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2 020.01.14.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2 020.01.20 al 21.

**MTC E - 202 (2 016) DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE PASAN TAMIZ N° 200 (0.75 µm) POR LAVADO EN AGREGADOS (PROCEDIMIENTO A) (\*).**

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Afirmado Base	11,4
Afirmado Sub Base	16,1
Arena Triturada	14,4

Fuente: Informe de ensayo N°013-2020-MTC/19.01.EE

**TABLA 4. Peso específico y absorción**

**INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE**

<b>SOLICITANTE</b>	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	<b>MUESTRA</b>	: Agregados
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: El que se indica
<b>PROYECTO</b>	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	<b>CANTIDAD</b>	: 90 kg c/u.
<b>REFERENCIA</b>	: REC N° 004-2 020-FE-02	<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos de polietileno
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2 020.01.14.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2 020.01.20 al 21.

**MTC E-205 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (\*).**

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Afirmado Base	Peso específico bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,669
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2,735
	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,857
	Absorción (%)	2,46
Afirmado Sub Base	Peso específico bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,664
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2,722
	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,829
	Absorción (%)	2,18
Arena Triturada	Peso específico bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,830
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2,852
	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,893
	Absorción (%)	0,77

Fuente: Informe de ensayo N°013-2020-MTC/19.01.EE



## B. Agregado Grueso

**TABLA 5. Abrasión los Ángeles**

**INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE**

SOLICITANTE	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	CANTIDAD	: 90 kg c/u.
REFERENCIA	: REC N° 004-2 020-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 020.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 020.01.20.

MTC E-207 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (\*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Afirmado Base	Tamaño Máximo Nominal: 1 ½"	23
	Gradación: "A"	
	Número de Esferas: 12	
Afirmado Sub Base	Tamaño Máximo Nominal: 1"	29
	Gradación: "A"	
	Número de Esferas: 12	
Piedra Huso 67	Tamaño Máximo Nominal: 1/2"	16
	Gradación: "B"	
	Número de Esferas: 11	
Piedra Huso 56	Tamaño Máximo Nominal: 3/4"	14
	Gradación: "A"	
	Número de Esferas: 12	

Fuente: Informe de ensayo N°013-2020-MTC/19.01.EE

**TABLA 6. Peso específico y absorción**

**INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE**

SOLICITANTE	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	CANTIDAD	: 90 kg c/u.
REFERENCIA	: REC N° 004-2 020-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 020.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 020.01.20 al 21.

MTC E-206 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (\*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Afirmado Base	Peso específico bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,783
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2,812
	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,865
	Absorción (%)	1,03
Afirmado Sub Base	Peso específico bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,735
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2,775
	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,849
	Absorción (%)	1,46
Piedra Huso 67	Peso específico bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,849
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2,864
	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,893
	Absorción (%)	0,53
Piedra Huso 56	Peso específico bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,857
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2,870
	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,894
	Absorción (%)	0,46

Fuente: Informe de ensayo N°013-2020-MTC/19.01.EE

**TABLA 7. Chatas y Alargadas****INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE**

SOLICITANTE : ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C. MUESTRA : Agregados  
 DOMICILIO LEGAL : Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima IDENTIFICACIÓN : El que se indica  
 PROYECTO : "Control de Calidad Cantera Dorita" CANTIDAD : 90 kg c/u.  
 REFERENCIA : REC N° 004-2 020-FE-02 PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.01.14. FECHA DE ENSAYO : 2 020.01.21.

**NTP 400.040 (2 015) AGREGADOS. PARTÍCULAS CHATAS O ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO (\*)**

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Piedra Huso 67	Partículas chatas y alargadas (relación 1 a 3)	3,2
Piedra Huso 56	Partículas chatas y alargadas (relación 1 a 3)	2,3

Fuente: Informe de ensayo N°013-2020-MTC/19.01.EE

**TABLA 8. Caras de Fractura****INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE**

SOLICITANTE : ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C. MUESTRA : Agregados  
 DOMICILIO LEGAL : Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima IDENTIFICACIÓN : El que se indica  
 PROYECTO : "Control de Calidad Cantera Dorita" CANTIDAD : 90 kg c/u.  
 REFERENCIA : REC N° 004-2 020-FE-02 PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.01.14. FECHA DE ENSAYO : 2 020.01.21.

**MTC E-210 (2 016) PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA EN EL AGREGADO GRUESO**

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Piedra Huso 67	Partículas con una ó más caras de fractura	100,0
	Partículas con dos ó más caras de fractura	97,8
Piedra Huso 56	Partículas con una ó más caras de fractura	100,0
	Partículas con dos ó más caras de fractura	100,0

Fuente: Informe de ensayo N°013-2020-MTC/19.01.EE

**TABLA 9. Sales Solubles en agregados**

**INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2020 - MTC/19.01.EE**

<b>SOLICITANTE</b>	: ARENA, PIEDRA Y AFIRMADO SAC	<b>MUESTRA</b>	: Agregados
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: Cal. Monte Rosa N° 270 Int. 403 Urb. Chacarilla del Estanque- Santiago de Surco - Lima	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica
<b>PROYECTO</b>	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	<b>CANTIDAD</b>	: 50 - 100 kg kg
<b>REFERENCIA</b>	: REC N°- 004-2020-FE-02	<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos de Polietileno
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2020.01.14	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: Del 2020.01.21 al 2020.01.22

**MTC E - 219 (2 016) : SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES**

Identificación	Resultado (mg/kg)
Afirmado Base; Cantera Dorita	427
Afirmado Sub - Base; Cantera Dorita	602
Piedra Huso 67; Cantera Dorita	36
Piedra Huso 56; Cantera Dorita	48
Arena Triturada; Cantera Dorita	239

Fuente: Informe de ensayo N°013-2020-MTC/19.01.EE

**TABLA 10. Determinación de la inalterabilidad de los agregados finos y gruesos por medio del sulfato de sodio o sulfato de magnesio.**

**LABORATORIO DE LA COODINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES**

**INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE**

<b>SOLICITANTE</b>	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	<b>MUESTRA</b>	: Agregados
<b>DOMICILIO LEGAL</b>	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de S	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: El que se indica
<b>PROYECTO</b>	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	<b>CANTIDAD</b>	: 90 kg c/u.
<b>REFERENCIA</b>	: REC N° 004-2 020-FE-02	<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos de polietileno
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2 020.01.14.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2 020.01.20 al 28.

**MTC E-209 (2 016) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (\*).**

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Piedra Huso 67	Pérdida o desgaste del agregado grueso	13,4
Piedra Huso 56	Pérdida o desgaste del agregado grueso	0,6

Fuente: Informe de ensayo N°013-2020-MTC/19.01.EE

## C. Agregados Polietileno y Polipropileno

### Polietileno

TABLA 11. *Propiedades de Control del Polietileno*

	Método ASTM	Unidad	Valor
Índice de fluidez (190/2,16)	D 1238	g/10 min	0,27
Densidad	D 792	g/cm <sup>3</sup>	0,922

Fuente: Ficha técnica Braskem

TABLA 12. *Propiedades típicas del Polietileno*

	Método ASTM	Unidad	Valor
Tension de rotura (DM/DT)	D 882	Mpa	20/20
Elongacion en el punto de rotura (DM/DT)	D 882	%	380/910
Modulo Secante a 2% (DM/DT)	D 882	Mpa	140/150
Resistencia al impacto	D 1709 (Método A)	g/F50	230
Resistencia al rasgado Elmendorf (DM/DT)	D 1922	gF	300/220
Opacidad	D 1003	%	20
Brillo a 45°	D 2457	-	41
Brillo a 60°	D 2457	-	54

DM= direccion de extursion y DT= direccion trnsversal a la extrusion

Fuente: ficha técnica Braskem

## Polipropileno

**TABLA 13.** *Propiedades Físicas del Polipropileno*

Propiedades Físicas	Valor	Unidad	Comentario
Gravedad específica	0.91	g / cm <sup>3</sup>	ASTM D792
Absorción de Agua	<= 0.010	%	Sumergido, 24hr; ASTM D570
	<= 0.010	%	Saturación en Agua (23°C), ASTM D570

Fuente: Ficha técnica Duraflon

**TABLA 14.** *Propiedades Mecánicas del Polipropileno*

Propiedades Mecánicas (23°C)	Valor	Unidad	Comentario
Dureza	78	Shore D	ASTM D2240
Esfuerzo de tracción	33	MPa	ASTM D638
Esfuerzo de tracción(65°C)	2.76	MPa	ASTM D638
Módulo de tracción	1.31	GPa	ASTM D638
Alargamiento de rotura	400	%	ASTM D638
Esfuerzo de flexión	33.1	MPa	ASTM D790
Módulo de flexión	1.34	GPa	ASTM D790
Esfuerzo de compresión	34.5	MPa	10 % de Deformación, ASTM D695
Módulo de compresión	1.38	GPa	ASTM D695
Ensayo de impacto Izod con entalle	0.641	J/cm	ASTM D256 Tipo A
Coefficiente de fricción dinámica	0.25		Seco vs. Acero; QTM55007
Maquinabilidad	3		Rango 1-10, 1 fácil de maquinar

Fuente: Ficha técnica Duraflon

**TABLA 15. Propiedades Térmicas del Polipropileno**

Propiedades Térmicas	Valor	Unidad	Comentario
Fusión	164	°C	Máximo cristalino; ASTM D3418
Máxima temperatura de servicio	82	°C	Temperatura del aire continuo
Deflexión a 1.8 MPa	98	°C	ASTM D648
Inflamabilidad	HB		Espesor 3.17 mm

Fuente: Ficha técnica Duraflon

**TABLA 16. Propiedades de Resistencia Química del Polipropileno**

Propiedades de Resistencia Química	Valor	Comentario
Ácidos fuerte	Aceptable	pH 1-3
Ácidos débiles	Aceptable	
Alcohol	Aceptable	
Alcalinos fuertes	Aceptable	pH 11-14
Disolventes clorados	No Aceptable	
Exposición al sol constante	Limitada	
Agua caliente	Limitada	
Hidrocarburos alifáticos	No Aceptable	
Hidrocarburos aromáticos	No Aceptable	
Soluciones salinas inorgánicas	Aceptable	
Cetonas y ésteres	No Aceptable	

Fuente: Ficha técnica Duraflon

## Ensayos Marshall a la mezcla asfáltica

Para este ensayo se procedió a realizar el diseño de mezcla asfáltica por el método de ensayo Marshall. Por ende, se muestran los materiales utilizados y las dosificaciones que se fueron empleando en los ensayos.

**TABLA 17.** Ensayo de granulometría del agregado fino

EMPRESA	ENSAYOS	CONTROL DE CALIDAD			Hecho Por	V. VILLANUEVA	
DISTRITO	DISTRITOS DE LIMA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			Ing Resp.	I. CONTRERAS L.	
CERT.	MAC - 2				Material	Arena Triturada	
Cem. Asf.	Penetración 60/70	ASTM C 136 (MTC E 204-2000)			Fecha	Mar-20	
DISEÑO TIPO MAC - 2							
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO < 5/8"
							PESO DE MATERIAL TOTAL 1196.0 gr
1"	25.400						
5/4"	19.050						
1/2"	12.700						
5/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0		
Nº 4	4.760	5.8	0.5	0.5	99.7		
Nº 10	2.000	316.0	26.4	26.7	73.5		
Nº 40	0.425	461.5	38.6	65.3	34.7		
Nº 80	0.180	140.5	11.7	77.1	22.9		
Nº 200	0.075	98.0	8.2	85.3	14.7		
< 200	-	176.0	14.7	100.0			

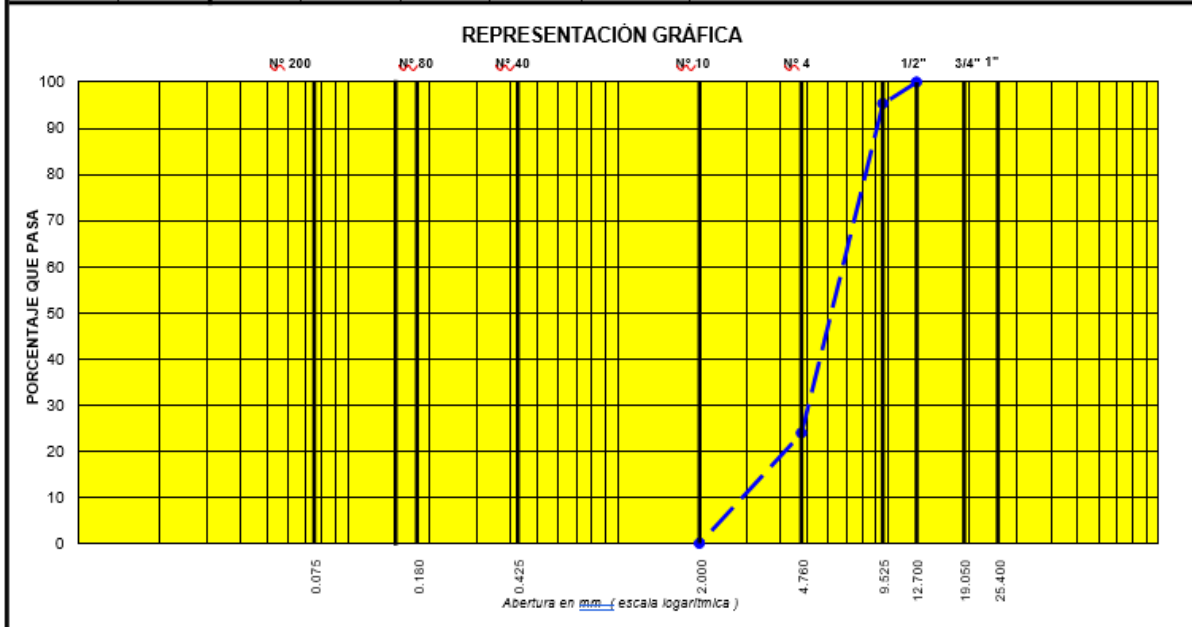
REPRESENTACIÓN GRÁFICA						
Nº 200	Nº 80	Nº 40	Nº 10	Nº 4	1/2"	3/4" 1"
0.075	0.180	0.425	2.000	4.760	9.525	12.700
Abertura en mm - (escala logarítmica)						

Fuente: Laboratorio Jerome Constructores SAC.

**TABLA 18. Ensayo de granulometría Grava Chancada**

EMPRESA	ENSAYO	CONTROL DE CALIDAD	Hecho Por	V. VILLANUEVA
DISTRITO	DISTRITOS DE LIMA	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	Ing Resp	I. CONTRERAS L.
CERT.	MAC - 2		Material	Grava chancada
Cem. Asf	Penetracion 60/70	ASTM C 136 (MTC E 204-2000)	Fecha	Mar-20
<b>DISEÑO TIPO MAC - 2</b>				

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA TAMAÑO MÁXIMO < 1/2"
			retenido	acumulado	que pasa		
1"	25.400					<del>PESO DE MATERIAL TOTAL</del> 1600.0 gr	
3/4"	19.050						
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0		
5/8"	9.525	74.6	4.7	4.7	95.5		
Nº4	4.760	1142.7	71.4	76.1	23.9		
Nº 10	2.000	882.7	23.9	100.0	0.0		
Nº 40	0.425						
Nº 80	0.180						
Nº 200	0.075						
< 200	-						



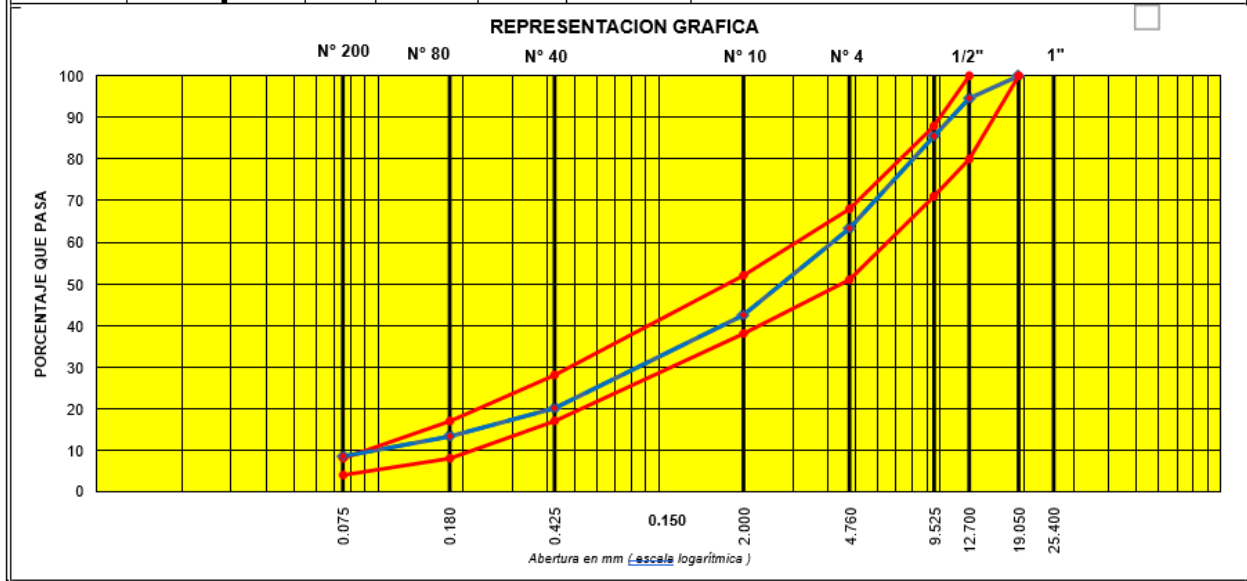
Fuente: Laboratorio Jerome Constructores SAC.



**TABLA 19. Ensayo de Mezcla Asfáltica**

EMPRESA	ENSAYO	CONTROL DE CALIDAD	Hecho Por	V. VILLANUEVA
DISTRITO	DISTRITOS DE LIMA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Ing Resp	I. CONTRERAS L.
CERT.	MAC - 2		Material	Mezcla Asfáltica
Cem. Asf	Penetración - 60/70	ASTM D 422 - C 136	Fecha	Mar-20

MEZCLA DE AGREGADOS PARA CARPETA ASFALTICA TIPO MAC - 2							
TAMIZ ASTM	Abertura mm	21% Huso 6.7	21% confitillo	58% Arena	100% que pasa	ESPECIFIC. MAC - 2	DESCRIPCION DE LA MUESTRA TAMAÑO MAXIMO < 3/4"
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100	
1/2"	12.700	74.6	100.0	100.0	94.7	80 - 100	
3/8"	9.525	35.7	95.3	100.0	85.5	71 - 88	<u>OBSERVACIONES:</u>
Nº4	4.760	2.4	23.9	99.7	63.3	51 - 68	GRAVA HUSO 6.7 < 3/4" 21.0 %
Nº 10	2.000	0.0	0.0	73.3	42.5	38 - 52	CONFITILLO < 3/8" 21.0 %
Nº 40	0.425	0.0	0.0	34.7	20.1	17 - 28	ARENA CHANCADA < 1/4" 58.0 %
Nº 80	0.180	0.0	0.0	23.0	13.3	8 - 17	%
Nº 200	0.075	0.0	0.0	14.7	8.5	4 - 8	%
< 200	0.075	0.0	0.0	0.0			100.0 %



OBSERVACIONES: La planta elimina un 3% de agregado fino desde la tamiz n° 50 a la < 200  
 Esta combinación de agregados cumple con las especificaciones técnicas del instituto del asfalto

Fuente: Laboratorio Jerome Constructores SAC.

De igual manera para la evaluación realizada se incluyeron parámetros en la mezcla asfáltica y se procedió a realizar el ensayo Marshall. Para lo cual se muestran 5 cuadros resultantes de diseños de mezcla tradicional con los 5 puntos de contenido de cemento asfáltico considerado.

**TABLA 20. Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (4.5 % C.A)**

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP 2020
MUESTRA	: ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 4,5		

MATERIAL	%		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40				Nº80	Nº200
A GRAVA TRITURADA	39.60	40.0												
B ARENA	60.40	60.0												
C FILLER	0.0	0.0												

MEZCLA	100	100	100.0	100.0	91.7	83.2	60.4	40.0	19.5				12.1	7.1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28				8-17	4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5		Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.82	37.82	37.82				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57.68	57.68	57.68				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.000	0.000	0.000				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.83	2.83	2.83				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.63	6.69	6.53				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1253.9	1250.0	1253.6				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1261.3	1257.9	1257.4				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	727.0	725.9	724.6				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	534.3	532.0	532.8				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.347	2.350	2.353				2.350
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.650	2.598	2.598				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.672	2.672	2.672				
20	% de Vacios	%	11.4	9.6	9.4				10.1
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.69	0.69	0.69				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	78.99	79.08	79.19				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	9.57	11.36	11.38				
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	21.01	20.92	20.81				20.9
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.84	3.84	3.84				
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	45.56	54.30	54.66				51.5
30	Lectura del Aro	pul.	104	105	108				
31	Estabilidad sin Corregir	kg	653	660	678				
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00				
33	Estabilidad Corregida	kg	653	660	678				664
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.	7	9	8				8.0
35	Fluencia	cm.	0.18	0.23	0.20				0.20
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3675	2885	3337				3299

Fuente: Laboratorio Jerome Constructores SAC.

Para la tabla anterior se detalla el ensayo Marshall realizado con la adición de 4.5% de cemento asfáltico.

**TABLA 21. Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (5.0 % C.A)**

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALID:	GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 5.0		

MATERIAL		%		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ														
		Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40				Nº80	Nº200			
A	GRAVA TRITURADA	39.60	40.00															
B	ARENA	60.40	60.00															
C	FILLER	0.00	0.00															

MEZCLA	100	100	100.0	100.0	91.7	83.2	60.4	40.0	19.5				12.1	7.1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28				8-17	4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5		Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.62	37.62	37.62				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57.38	57.38	57.38				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.83	2.83				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.51	6.57	6.63				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1255.0	1257.7	1253.9				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1257.7	1258.5	1256.9				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	731.5	730.5	731.9				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	526.2	528.0	525.0				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.385	2.382	2.388				2.385
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.570	2.570	2.570				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.650	2.650	2.650				
20	% de Vacios	%	7.2	7.3	7.1				7.2
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.69	0.69	0.69				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	79.85	79.75	79.96				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.95	12.93	12.97				
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	20.15	20.25	20.04				20.1
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.34	4.34	4.34				
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	64.28	63.88	64.73				64.3
30	Lectura del Aro	pul.	134	148	130				
31	Estabilidad sin Corregir	kg	838	924	813				
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00				
33	Estabilidad Corregida	kg	838	924	813				859
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.	11	12	11				11.3
35	Fluencia	cm.	0.28	0.30	0.28				0.29
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3000	3032	2911				2981

Fuente: Laboratorio Jerome Constructores SAC.

Para la tabla anterior se detalla el ensayo Marshall realizado con la adición de 5.0% de cemento asfáltico.

**TABLA 22. Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (5.5 % C.A)**

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 5.5		

MATERIAL	% Mezcla	% Diseño	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ												
A GRAVA TRITURADA	39.60	40.0	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40					Nº80	Nº200
B ARENA	60.40	60.0													
C FILLER	0.0	0.0													

MEZCLA	100	100	100.0	100.0	91.7	83.2	60.4	40.0	19.5					12.1	7.1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28					8-17	4-8

		N	1	2	3	4	5		Promedio
1	Numero de Probeta								
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.42	37.42	37.42				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57.08	57.08	57.08				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.83	2.83				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.61	6.61	6.57				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1250.0	1258.2	1254.1				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1250.0	1262.4	1258.1				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	733.6	734.7	732.5				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	516.4	527.7	525.6				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.421	2.384	2.386				2.397
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.513	2.513	2.513				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.628	2.628	2.628				
20	% de Vacios	%	3.7	5.1	5.1				4.6
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.69	0.69	0.69				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	80.62	79.41	79.46				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	15.71	15.47	15.48				
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	19.38	20.59	20.54				20.2
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.85	4.85	4.85				
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	81.03	75.13	75.40				77.2
30	Lectura del Aro	pul.	157	158	150				
31	Estabilidad sin Corregir	kg	979	986	936				
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00				
33	Estabilidad Corregida	kg	979	986	936				967
34	Lectura del Fleximetro ( 0.01" )	pul.	13	13	13				13.0
35	Fluencia	cm.	0.33	0.33	0.33				0.33
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2966	2985	2836				2929

Laboratorio Jerome Constructores SAC.

Para la tabla anterior se detalla el ensayo Marshall realizado con la adición de 5.5% de cemento asfáltico.

**TABLA 23. Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (6.0 % C.A)**

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 6.0		

MATERIAL		%		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ												
		Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40			Nº80	Nº200		
A	GRAVA TRITURADA	39.60	40.0													
B	ARENA	60.40	60.0													
C	FILLER	0.0	0.0													

MEZCLA	100	100	100.0	100.0	91.7	83.2	60.4	40.0	19.5				12.1	7.1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28				8-17	4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00			
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.22	37.22	37.22			
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	56.78	56.78	56.78			
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00			
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020			
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849			
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.893
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.83	2.83			
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.893
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000			
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.44	6.54	6.52			
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1254.9	1256.0	1260.3			
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1256.7	1254.3	1259.3			
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	732.9	731.9	732.8			
16	Volumen de la Probeta	c.c.	523.8	522.4	526.5			
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.396	2.404	2.394			2.398
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.475	2.475	2.475			
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.606	2.606	2.606			
20	% de Vacios	%	3.2	2.9	3.3			3.1
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837			
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.69	0.69	0.69			
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	79.37	79.65	79.30			
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	17.43	17.49	17.42			
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	20.63	20.35	20.70			20.6
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.35	5.35	5.35			
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	84.48	85.96	84.14			84.9
30	Lectura del Aro	pul.	160	160	155			
31	Estabilidad sin Corregir	kg	998	998	967			
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00			
33	Estabilidad Corregida	kg	998	998	967			988
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.	15	14	14			14.3
35	Fluencia	cm.	0.38	0.36	0.36			0.36
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2619	2806	2720			2715

Fuente: Laboratorio Jerome Constructores SAC.

Para la tabla anterior se detalla el ensayo Marshall realizado con la adición de 6.0% de cemento asfáltico.

**TABLA 24.** Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (6.5 % C.A)

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 6.5		

MATERIAL	%	%	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ																
			Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40				Nº80	Nº200			
A	GRAVA TRITURADA	39.60	40.0																
B	ARENA	60.40	60.0																
C	FILLER	0.0	0.0																

MEZCLA	100	100	100.0	100.0	91.7	83.2	60.4	40.0	19.5							12.1	7.1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28							8-17	4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5		Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.03	37.03	37.03				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	56.47	56.47	56.47				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.83	2.83				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.46	6.42	6.42				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1251.7	1255.9	1250.0				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1252.6	1262.0	1265.0				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	731.7	732.1	729.7				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	520.9	529.9	535.3				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.403	2.370	2.335				2.369
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.440	2.440	2.440				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.585	2.585	2.585				
20	% de Vacios	%	1.5	2.9	4.3				2.9
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.69	0.69	0.69				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	79.18	78.10	76.95				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	19.30	19.04	18.76				
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	20.82	21.90	23.05				21.9
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.86	5.86	5.86				
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	92.71	86.91	81.36				87.0
30	Lectura del Aro	pul.	127	130	124				
31	Estabilidad sin Corregir	kg	795	813	777				
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00				
33	Estabilidad Corregida	kg	795	813	777				795
34	Lectura del Fleximetro ( 0.01" )	pul.	15	14	15				14.7
35	Fluencia	cm.	0.381	0.356	0.381				0.373
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2087	2288	2038				2137

Fuente: Laboratorio Jerome Constructores SAC.

Para la tabla anterior se detalla el ensayo Marshall realizado con la adición de 6.5% de cemento asfáltico.

En base a los resultados de los 5 puntos mencionados, se procedió a elaborar las gráficas que determinan el óptimo contenido de cemento asfáltico y con ello tener el índice de rigidez.

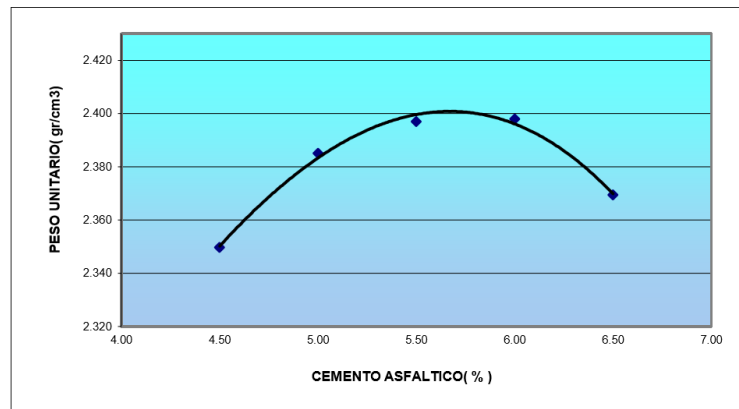


Figura 1. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso unitario, el contenido óptimo de cemento asfáltico es un 5.81% con un PESO UNITARIO de 2.4 g/cm<sup>3</sup>.

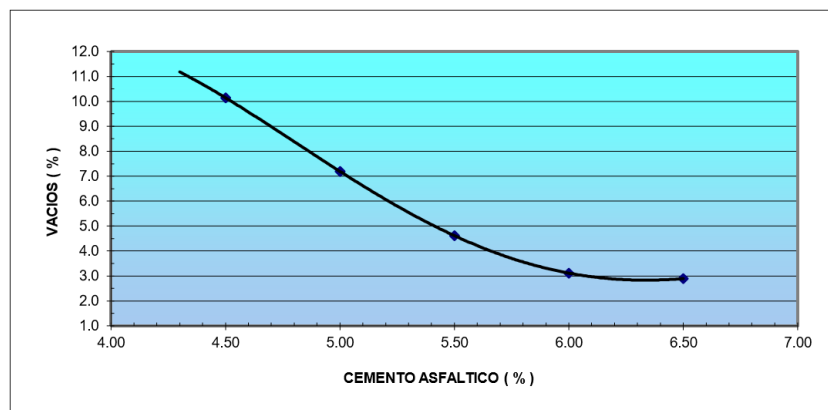


Figura 2. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de Vacíos, el contenido óptimo de cemento asfáltico es un 5.81% con un porcentaje relativo de vacíos de 3.6%.

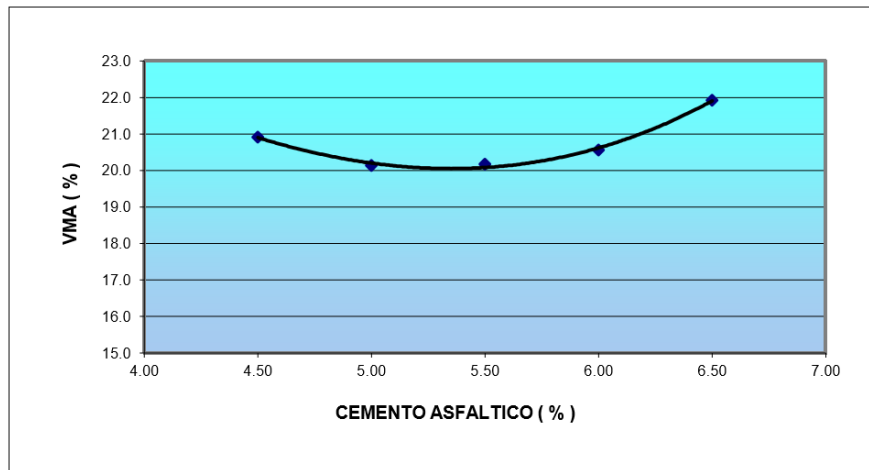


Figura 3. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de VMA, el contenido óptimo de cemento asfáltico es un 5.81% con un porcentaje relativo VMA de 20.4%.

En la figura anterior se puede observar el contenido óptimo de cemento asfáltico el cual es un 5.81% con un porcentaje relativo VMA de 20.4%.

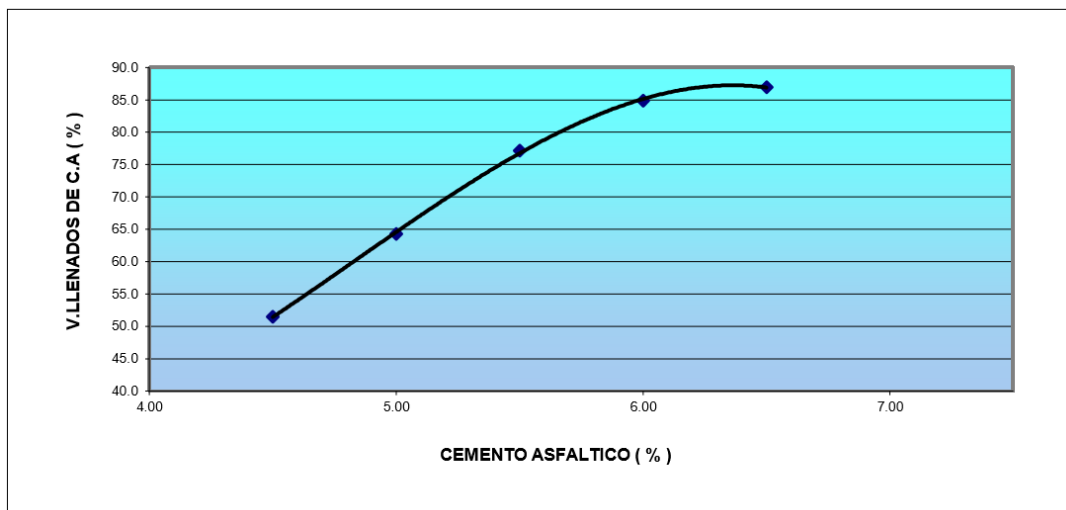


Figura 4. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de V.LL.C.A, el contenido óptimo de cemento asfáltico es 5.81% y se obtiene V.LL.C.A de 80.5%.

En la figura anterior se puede observar el contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.81% y se obtiene V.LL.C.A de 80.5%.



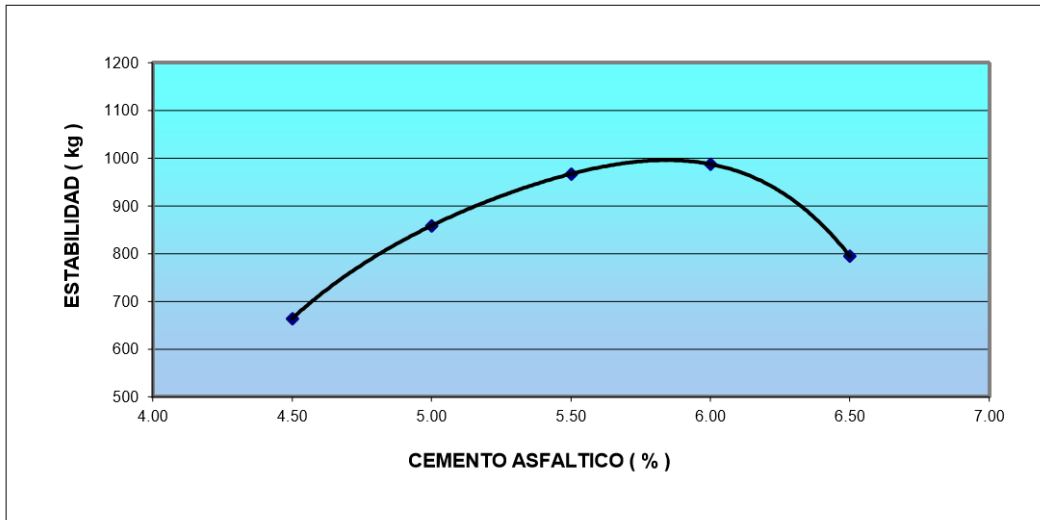


Figura 5. Porcentaje de Cemento asfáltico vs estabilidad, el contenido óptimo de cemento asfáltico es 5.81% y tiene como resultado una ESTABILIDAD de 1005 Kg.

En la figura anterior se puede observar el contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.81% y tiene como resultado una ESTABILIDAD de 1005 Kg.

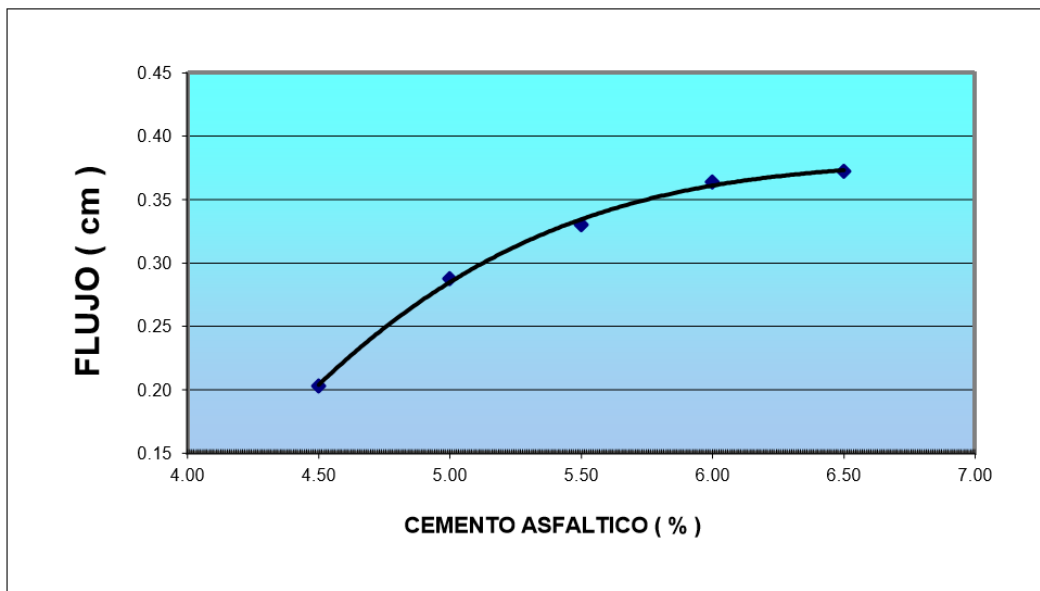


Figura 6. Porcentaje de Cemento asfáltico vs flujo, el contenido óptimo de cemento asfáltico es 5.81% y tiene como resultado una FLUENCIA de 0.36 cm.

En la figura anterior se puede observar el contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.81% y tiene como resultado una FLUENCIA de 0.36 cm.

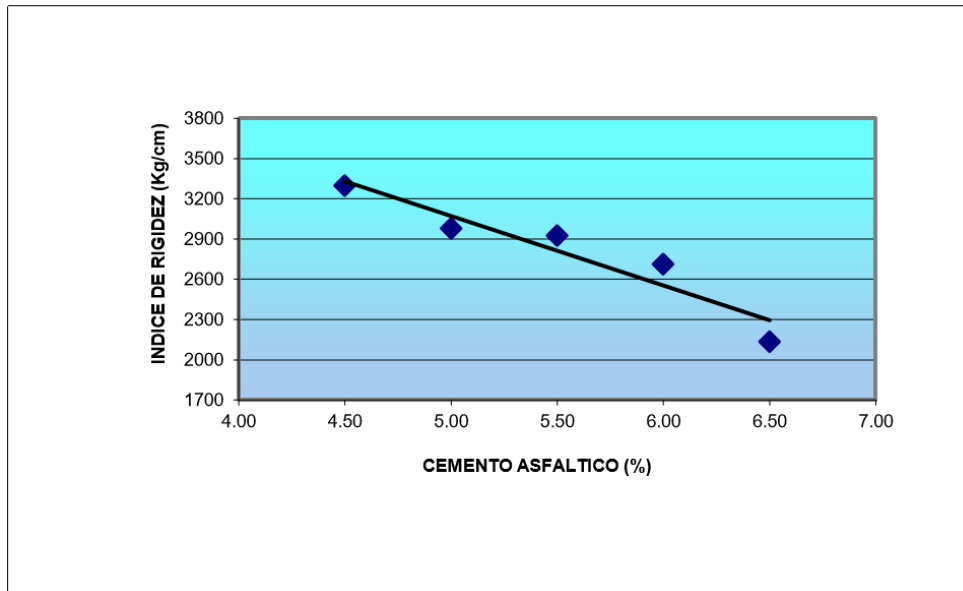


Figura 7. Porcentaje de Cemento asfáltico vs índice de rigidez, el contenido óptimo de cemento asfáltico es 5.81% y como resultado un INDICE DE RIGIDEZ de 2.81 Kg/cm.

En la figura anterior se puede observar el contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.81% y como resultado un INDICE DE RIGIDEZ de 2.81 Kg/cm.

## Ensayo Marshall - Mezcla asfáltica modificada con polietileno y polipropileno.

### Mezcla asfáltica modificada.

Para la elaboración de este ensayo, se procedió a elaborar el diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall. Para lo cual en el siguiente cuadro se observan los materiales empleados y las dosificaciones que corresponden a cada ensayo.

TABLA 25. Insumos del Diseño de MAC-2

INSUMOS	CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
Agregados	Grava chancada < 1/2 "	Cantera Dorita - Arena Piedra y Afirmado
	Grava chancada < 3/8 "	Cantera Dorita - Arena Piedra y Afirmado
	Arena chancada y zarandeada	Cantera Dorita - Arena Piedra y Afirmado
	Arena natural	Cantera Dorita - Arena Piedra y Afirmado
Asfalto convencional	PEN 60/70	Petro Perú
Polipropileno	PP Re-procesado	Duraflon
Polietileno de alta densidad	PE RE-procesado	Braskem

Fuente: Elaboración propia

### Insumos para la mezcla asfáltica modificada

A continuación, se presentan los insumos y agregados que se emplearon para la mezcla asfáltica modificada en laboratorio.



Figura 8. Agregados gruesos y finos para la mezcla asfáltica.

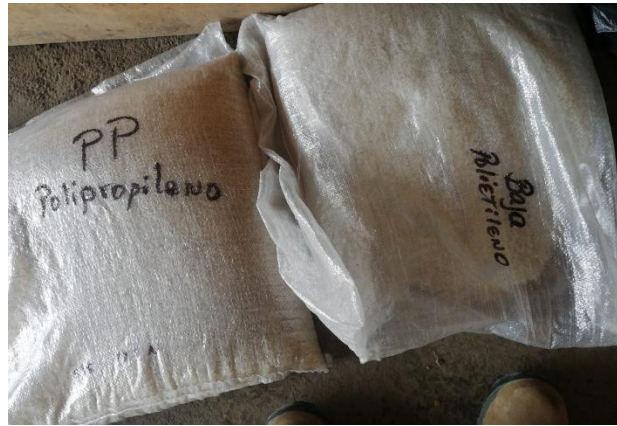


Figura 9. Polipropileno y Polietileno reciclado y reprocesado.



Figura 10. Polipropileno y Polietileno para dosificar.



Figura 11. Lavado de la mezcla asfáltica antes del ensayo



Figura 12. Dosificación mezcla asfáltica modificada.



*Figura 13.* Mezcla asfáltica modificada.



*Figura 14.* Briquetas de ensayos con mezcla modificada.



*Figura 15.* Ensayo Marshall usando la Mordaza Marshall.



*Figura 16.* Rotura de Briquetas de ensayo para determinar sus propiedades.



Figura 17. Planta de elaboración de mezcla asfáltica.

### Mezcla asfáltica modificada con Polietileno y Polipropileno al 1%.

TABLA 26. Dosificación para el Diseño Marshall – 1% PE-PP

<b>INSUMOS</b>	<b>PORCENTAJES</b>
<b>Agregado Grueso</b>	<b>40.0%</b>
<b>Agregado Fino</b>	<b>59.0%</b>
<b>Polipropileno</b>	<b>0.5%</b>
<b>Polietileno de alta densidad</b>	<b>0.5%</b>

Fuente: Elaboración Propia



**TABLA 27. Diseño de Mezcla asfáltica modificada – 1% PE-PP**

DATOS GENERALES			
CLIENTE	: MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE REUTILIZANDO PP + PE 1%	ING. LABORT	: GUSTAVO ALIAGA MIRANDA
OBRA	: PAVIMENTACION EN CALIENTE TIPO MAC 2		
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE -LIMA	LABORATORIO	: OGH
FECHA	: 30 SEP. 2020		

MATERIAL	% Mezcla		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ												
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80				Nº200	
A GRAVA TRITURADA	34.5	40.0													
B ARENA	65.5	60.0													
C FILLER	0.0	0.0													
MEZCLA	100	100	100.0	92.5	86.7	65.5	38.9	19.5	13.3						8.9
LIMITES DE ESPECIFIC.			100	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8_17					4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.03	6.03	6.03			
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	32.45	32.45	32.45			
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	61.52	61.52	61.52			
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00			
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020			
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849			
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.871
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.830	2.830			
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.862
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000			
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.42	6.44	6.44			
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1247.0	1246.7	1245.4			
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1257.2	1253.0	1254.2			
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	722.5	722.0	724.3			
16	Volumen de la Probeta	c.c.	534.7	531.0	529.9			
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.332	2.348	2.350			2.343
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.482	2.482	2.482			
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.575	2.575	2.575			
20	% de Vacios	%	6.0	5.4	5.3			5.6
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837			
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.865	2.865	2.865			
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.35	0.35	0.35			
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	75.75	76.26	76.34			
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	18.21	18.34	18.35			
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	24.3	23.7	23.7			23.9
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.70	5.70	5.70			
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	75.1	77.2	77.6			76.6
30	Lectura del Aro	pul.	400	355	389			
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1361	1209	1324			
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00			
33	Estabilidad Corregida	kg	1361	1209	1324			1298
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.	15	16	15			15.3
35	Fluencia	cm.	0.4	0.4	0.4			0.39
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3572	2975	3475			3333

Fuente: Elaboración Propia

Para la tabla anterior se puede observar los resultados que se obtienen al adicionar 1% de Polietileno y Polipropileno reprocesado al mezclarse con el resultado optimo obtenido en los ensayos anteriores.

**TABLA 28.** Características de diseño (convencional y modificado). al 1% PE-PP.

PARAMETROS DE DISEÑO	MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA AL 1%	CONDICIONES MAC-2	RESULTADOS
Cemento asfáltico en peso (%)	5.81	6.03	±/-0.2	Cumple
Peso específico probeta (gr/cm <sup>3</sup> )	2.4	2.343	-	Cumple
Vacios (%)	3.6	4.6	3 - 5	Cumple
Vacios agregado mineral (VMA %)	20.4	23.9	Min. 14	Cumple
Vacios llenados con C. asfáltico (VLLCA %)	80.5	76.6	-	Cumple
Flujo (cm)	0.36	0.39	0.2 - 0.4	Cumple
Estabilidad (kg)	1005	1298	Min. 830	Cumple
Factor de rigidez (Kg/cm)	2810	3333	1700 - 4000	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

### Mezcla asfáltica modificada con Polietileno y Polipropileno al 2%.

**TABLA 29.** Dosificación para el Diseño Marshall – 2% PE-PP

INSUMOS	PORCENTAJES
Agregado Grueso	40.0%
Agregado Fino	58.0%
Polipropileno	1.0%
Polietileno de alta densidad	1.0%

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 30. Diseño de Mezcla asfáltica modificada – 2% PE-PP**

DATOS GENERALES			
CLIENTE	: MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE REUTILIZANDO PP + PE 2%	ING. LABORT	: GUSTAVO ALIAGA MIRANDA
OBRA	: PAVIMENTACION EN CALIENTE TIPO MAC 2		
UBICACIÓN	: CONTROL MEZCLA TIPO MAC 2	LABORATORIO	: OGH
FECHA	: 30 SEP. 2020		

MATERIAL	%		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ										
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80			Nº200
A GRAVA TRITURADA	34.5	40.0											
B ARENA	65.5	60.0											
C FILLER	0.0	0.0											
MEZCLA	100	100		100.0	92.5	86.7	65.5	38.9	19.5	13.3			8.9
LIMITES DE ESPECIFIC.			100	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8_17			4-8

		N	1	2	3	4	5		Promedio
1	Numero de Probeta								
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.03	6.03	6.03				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	32.45	32.45	32.45				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	61.52	61.52	61.52				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.871
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.830	2.830				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.862
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.63	6.60	6.58				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1248.8	1245.3	1246.5				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1255.5	1250.0	1252.2				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	716.0	713.0	714.0				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	539.5	537.0	538.2				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.315	2.319	2.316				2.317
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.478	2.478	2.478				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.575	2.575	2.575				
20	% de Vacios	%	6.6	6.4	6.5				6.5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.865	2.865	2.865				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.35	0.35	0.35				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	75.18	75.32	75.23				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	18.23	18.26	18.24				
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	24.8	24.7	24.8				24.8
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.70	5.70	5.70				
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	73.5	74.0	73.6				73.7
30	Lectura del Aro	pul.	273	254	260				
31	Estabilidad sin Corregir	kg	929	868	899				
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00				
33	Estabilidad Corregida	kg	929	868	899				899
34	Lectura del Fleximetro ( 0.01")	pul.	17	16	16				16.3
35	Fluencia	cm.	0.4	0.4	0.4				0.41
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2151	2136	2212				2166

Fuente: Elaboración Propia

Para la tabla anterior se puede observar los resultados que se obtienen al adicionar 2% de Polietileno y Polipropileno reprocesado al mezclarse con el resultado optimo obtenido en los ensayos anteriores.

**TABLA 31.** Características de diseño (convencional y modificado). al 2% PE-PP.

PARAMETROS DE DISEÑO	MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA AL 2%	CONDICIONES MAC-2	RESULTADOS
Cemento asfáltico en peso (%)	5.81	6.03	±0.2	Cumple
Peso específico probeta (gr/cm <sup>3</sup> )	2.4	2.317	-	Cumple
Vacios (%)	3.6	6.5	3 - 5	No cumple
Vacios agregado mineral (VMA %)	20.4	24.8	Min. 14	Cumple
Vacios llenados con C. asfáltico (VLLCA %)	80.5	73.7	-	Cumple
Flujo (cm)	0.36	0.41	0.2 - 0.4	No cumple
Estabilidad (kg)	1005	899	Min. 830	Cumple
Factor de rigidez (Kg/cm)	2810	2166	1700 - 4000	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

### Mezcla asfáltica modificada con Polietileno y Polipropileno al 3%.

**TABLA 32.** Dosificación para el Diseño Marshall – 3% PE-PP

INSUMOS	PORCENTAJES
Agregado Grueso	40.0%
Agregado Fino	57.0%
Polipropileno	1.5%
Polietileno de alta densidad	1.5%

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA 33. Diseño de Mezcla asfáltica modificada – 3% PE-PP**

DATOS GENERALES			
CLIENTE	: MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE REUTILIZANDO PP + PE 3%	ING. LABORT	: GUSTAVO ALIAGA MIRANDA
OBRA	: PAVIMENTACION EN CALIENTE TIPO MAC 2		
UBICACIÓN	: CONTROL MEZCLA TIPO MAC 2	LABORATORIO	: OGH
FECHA	: 30 SEP. 2020		

MATERIAL		% Mezcla		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ													
		Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	N°4	N°10	N°40	N°80				N°200		
A	GRAVA TRITURADA	34.5	40.0														
B	ARENA	65.5	60.0														
C	FILLER	0.0	0.0														
MEZCLA		100	100		100.0	92.5	86.7	65.5	38.9	19.5	13.3						
LIMITES DE ESPECIFIC.				100	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8_17					8.9	
																4-8	

		N	1	2	3	4	5		Promedio
1	Numero de Probeta								
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.03	6.03	6.03				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	32.45	32.45	32.45				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	61.52	61.52	61.52				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.871
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.830	2.830				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.862
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.96	7.00	6.99				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1244.8	1241.0	1242.7				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1260.7	1258.0	1257.2				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	692.0	692.7	692.1				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	568.7	565.3	565.1				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.189	2.195	2.199				2.194
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.419	2.419	2.419				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.575	2.575	2.575				
20	% de Vacios	%	9.5	9.2	9.1				9.3
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.865	2.865	2.865				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.35	0.35	0.35				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	71.10	71.30	71.43				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	19.39	19.45	19.48				
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	28.9	28.7	28.6				28.7
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.70	5.70	5.70				
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	67.1	67.8	68.2				67.7
30	Lectura del Aro	pul.	144	117	130				
31	Estabilidad sin Corregir	kg	497	406	450				
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00				
33	Estabilidad Corregida	kg	497	406	450				451
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.	20	18	18				18.7
35	Fluencia	cm.	0.5	0.5	0.5				0.47
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	978	888	984				951

Fuente: Elaboración Propia

Para la tabla anterior se puede observar los resultados que se obtienen al adicionar 3% de Polietileno y Polipropileno reprocesado al mezclarse con el resultado optimo obtenido en los ensayos anteriores.

**TABLA 34.** Características de diseño (convencional y modificado). al 3% PE-PP.

PARAMETROS DE DISEÑO	MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA AL 3%	CONDICIONES MAC-2	RESULTADOS
Cemento asfáltico en peso (%)	5.81	6.03	±0.2	Cumple
Peso específico probeta (gr/cm <sup>3</sup> )	2.4	2.194	-	Cumple
Vacios (%)	3.6	9.3	3 - 5	No cumple
Vacios agregado mineral (VMA %)	20.4	28.7	Min. 14	Cumple
Vacios llenados con C. asfáltico (VLLCA %)	80.5	67.7	-	Cumple
Flujo (cm)	0.36	0.47	0.2 - 0.4	No cumple
Estabilidad (kg)	1005	451	Min. 830	No cumple
Factor de rigidez (Kg/cm)	2810	951	1700 - 4000	No cumple

Fuente: Elaboración Propia

#### **IV. DISCUSION**

En primer lugar, se realizó en el laboratorio el ensayo Marshall con el objetivo de analizar el desempeño generado al incorporar fibras de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclado para la mejora del pavimento flexible.

Según, Marcillo, P. (2018). Llegó a la conclusión que la estabilidad de las mezclas modificadas, están por encima casi duplicando la estabilidad de la muestra patrón. Mientras que los resultados de la presente investigación arrojaron que la estabilidad disminuye un 20% cuando se añade un 2% de polipropileno y polietileno reciclado a la mezcla base y con un 3% de añadido disminuye a un 50%, lo cual influye de manera negativa para las condiciones máximas permitidas.

Objetivo 1. Analizar la influencia de las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad en las propiedades fisico-químicas de la mezcla asfáltica.

Según, Cañari, C. (2019). En su investigación llegó a la conclusión que la adición de fibras de polipropileno influencia significativamente en el incremento de los valores del comportamiento mecánico.

Se confirma lo mencionado por Cañari referente a que la influencia al desgaste es negativa cuando se añaden polipropileno y polietileno reciclado a las mezclas base 2% y 3% ya que las propiedades de resistencia al desgaste son mayores al superar las condiciones máximas de la mezcla para un MAC-2. Se afirma que al añadir el 1% de polipropileno y polietileno reciclado las características y propiedades de la mezcla mejoran y cumplen las características para un tráfico pesado.

Objetivo 2. Determinar la influencia de las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.

Según, Berrio, A. (2017). En su investigación llegó a la conclusión que el polímero triturado, influye positivamente en el desempeño de la mezcla asfáltica,

representando las bondades que ya se describieron en su comportamiento mecánico.

Se confirma lo mencionado por Berrio ya que en los ensayos experimentales al 1% de añadido de polietileno y polipropileno reciclado se observan mejoras respecto a la muestra control y debe considerarse como dosificación óptima para el modificado de mezcla asfáltica. Ya que cuando el añadido de polipropileno y polietileno reciclado es mayor influye negativamente en las propiedades y las condiciones máximas para la mezcla asfáltica en el tránsito pesado.

Según, Ballena, C. (2016). En su investigación llegó a la conclusión que al adicionar fibra de polietileno a la mezcla asfáltica esta logró reducir sus propiedades y se vuelve inestable.

Basado en la investigación realizada se afirma lo mencionado por Ballena, siempre que el añadido de polipropileno y polietileno reciclado sea mayor al 1% en los ensayos, ya que se esta demostrando que influye negativamente en cuanto a la estabilidad y porcentaje de los vacíos, los cuales hacen que se superen las condiciones MAC-2 de la mezcla asfáltica.

Objetivo 3. Diseñar una mezcla asfáltica con fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad como capa de rodadura

Según, Silvestre, V. (2017), en su investigación. Llegó a la conclusión que existen mejoras a las características físicas y en la estructura de la mezcla asfáltica.

Se confirma lo mencionado por Silvestre ya que en los ensayos experimentales al 1% de adición de polietileno y polipropileno reciclado se cumple con las condiciones MAC-2 de mezcla asfáltica dentro de los parámetros establecidos y se observa mejoras en cuanto a rigidez y estabilidad de la mezcla modificada. Lo cual influye de manera positiva.

Según, Aimacaña, J. (2017). En su investigación llegó a la conclusión que la estabilidad obtenida con la mezcla tradicional es de 5500, es la que representa un mejor resultado.



Se confirma lo mencionado por Aimacaña de que la estabilidad disminuye siempre que el añadido de polietileno y polipropileno reciclado supere el 2% a la mezcla control.

Ya que si el añadido es del 1% de polietileno y polipropileno reciclado, las propiedades y características de la mezcla asfáltica resultante estarían dentro de las condiciones máximas requeridas para un tránsito pesado.

## V. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al desarrollo de la presente investigación que está basada en la norma actual y vigente, del ministerio de transportes y comunicaciones del Perú, en el cual nos brinda todos los requerimientos mínimos y básicos para que la mezcla asfáltica pueda cumplir las condiciones mínimas y máximas en su diseño, el cual es considerado para el diseño óptimo de la mezcla asfáltica modificada con polipropileno y polietileno.
2. Los ensayos de laboratorio realizados fueron bajo el método de modificación por vía seca a la mezcla asfáltica control, ya que se fue añadiendo en porcentajes de 1%, 2% y 3% el polietileno y polipropileno reciclado como un agregado de la mezcla, el cual ha ido modificando la mezcla patrón y generando nuevos resultados a las características de esta mezcla.
3. De acuerdo con los ensayos experimentales realizados para la mezcla asfáltica modificada con polietileno y polipropileno reciclado se usaron 15 briquetas para cada muestra de 1%, 2% y 3% en reemplazo del agregado y se llegó a verificar que el contenido óptimo que cumple con los parámetros de tránsito pesado están en la muestra al 1%, ya que los resultados arrojados estarían dentro de los parámetros de diseño del MAC 2.
4. Como resultado de la investigación se comprueba que al añadir 1% de polietileno y polipropileno reciclado se mejora la estabilidad y rigidez de la muestra control lo que implica mayor soporte de cargas de tránsito pesado comparándolo con la mezcla convencional seguido de que cumple con los parámetros máximos del diseño para pavimentos flexibles.
5. De acuerdo con los ensayos de laboratorio y con resultados al añadir polietileno y polipropileno reciclado, modifica las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica positivamente, si el añadido es al 1% y de manera

negativa al ser el añadido con mayor proporción ya que supera los máximos permitidos en las características de diseño.

6. De acuerdo con los ensayos de laboratorio y con los resultados obtenidos se concluye que el diseño óptimo para la mezcla asfáltica modificada con polietileno y polipropileno reciclado debe estar como máximo al 1% de su añadido.

## **VI. RECOMENDACIONES**

La empleabilidad de los polímeros reciclados viene demostrando mejoras en las mezclas asfálticas en pro de los pavimentos flexibles, se recomienda seguir desarrollando investigación en favor del medio ambiente y la conservación ambiental.

Se recomienda realizar ensayos de laboratorios con otras mezclas de polímeros reciclados en pro de mejorar la investigación y contribuir al medio ambiente en la lucha de mantener el ecosistema ambiental y que se pueda obtener mejoras para el pavimento flexible.

Es recomendable realizar prácticas a gran escala en base al estudio para poder ver su funcionalidad en la operación y trabajabilidad, como también ir analizando la estabilidad y rigidez cómo se comporta en la operación de tránsito pesado.

Se recomienda considerar en las nuevas investigaciones el ensayo de resistencia a Compresión Diametral el cual permitirá conocer la resistencia que se puede tener a la tracción (cohesión y fisura miento).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABAZA, K. A., & ASHUR, S. A. Investigating the accelerated deterioration of flexible pavement using two-stage design analysis approach. *European Transport Research Review*, 3(1), 2011. 23-34pp.

ADHITYA, B. B., PATARAS, M., KADARSA, E., & NURAINIYAH, F. The utilization of plastics waste in flexible pavement hot rolled sheet and asphalt concrete wearing course with marshall immersion and cantabro test. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference Series*, 2020. 25pp

AHIRWAR, S. K., & MANDAL, J. N. Finite element analysis of flexible pavement with geogrids. Paper presented at the *Procedia Engineering*, 2017. 411-416pp.

AHMED, A., HOSSAIN, M. D. S., PANDEY, P., SAPKOTA, A., & THIAN, B. Deformation modeling of flexible pavement in expansive subgrade in texas. *Geosciences (Switzerland)*, 2019. 9pp.

AKAGAWA, H., TAKEBAYASHI, H., & MORIYAMA, M. Experimental study on improvement of human thermal environment on a watered pavement and a highly reflective pavement. *Journal of Environmental Engineering*, 2008. 73pp.

AKRAM, W., & REDDY, K. S. C. Usage of woven geo-textiles in the construction of subgrade in flexible pavements. *Indian Journal of Science and Technology*, 2016. 9pp.

AL-ADILI, A. S., AL-RUBAEE, R. H., & FOUAD, M. O. Numerical solution of rainfall infiltration beneath flexible pavement. Paper presented at the *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020. 737pp.

ALKAISSI, Z. A. Effect of high temperature and traffic loading on rutting performance of flexible pavement. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 2020. 32pp.

AMERI, M., & KHAVANDI, A. Development of mechanistic-empirical flexible pavement design in iran. *Journal of Applied Sciences*, 2009. 9pp

ARKADIUSZ, K., MACIEJ, G., & BOGUSLAW, Z. *Tests of flexible polymer joints repairing of concrete pavements and of polymer modified concretes influenced by high deformations*. 2011. 46pp

ARVIN, M. R., REZAEI, E., & BAHMANI Shoorijeh, M. Numerical evaluation of geocell-reinforced flexible pavements under traffic loads. *Scientia Iranica*, 2018. 25pp.

AUBDULNIBE, F. F., & JASSIM, K. A. An application of artificial neural networks (ANNs) to the backcalculation of flexible pavement moduli. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference Series*, 2019. 1362pp.

BALQIS, T. A., & SUHERMAN, S. The effect of using crumb rubber on fatigue and rutting lives in flexible pavement. Paper presented at the *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020. 732pp

BARUDIN, N. M., YAACOB, H., HASSAN, N. A., WARID, M. N. M., IDHAM, M. K., ISMAIL, C. R., . . . JAYA, R. P. Correlation between functional and structural properties of flexible pavement. Paper presented at the *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. 220pp.

BECKER, N., & PINHEIRO, I. G. Potentiality of permeable pavements in the improvement of surface runoff quality: A review. [Potencialidade dos pavimentos permeáveis na melhoria da qualidade da água do escoamento superficial: Uma Revisão] *Urbe*, 2019. 11pp

BEHIRY, A. E. A. E. Fatigue and rutting lives in flexible pavement. *Ain Shams Engineering Journal*, 2012. 367-374pp

BEHIRY, A. E. A. E. Evaluation of steel slag and crushed limestone mixtures as subbase material in flexible pavement. *Ain Shams Engineering Journal*, 2013. 43-53pp.

BISWAS, S., HASHEMIAN, L., & BAYAT, A. Investigation on seasonal variation of thermal-induced strain in flexible pavements based on field and laboratory measurements. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 2016. 354-362pp.

BONICELLI, A., PRECIADO, J., RUEDA, A., & DUARTE, A. Semi-flexible material: A solution for high-performance pavement infrastructures. Paper presented at the *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. 471pp.

BUENO, L. D., SPECHT, L. P., DA SILVA PEREIRA, D., & RIBAS, J. Cost-benefit analysis of the construction of different flexible pavement structures considering the axle load and type of binder. [Análise custo/benefício de implantação de diferentes estruturas de pavimentos flexíveis considerando a carga por eixo e o tipo de ligante] *Acta Scientiarum - Technology*, 2019. 445-453pp.

BURNOS, P., & RYS, D. The effect of flexible pavement mechanics on the accuracy of axle load sensors in vehicle weigh-in-motion systems. *Sensors (Switzerland)*, 2017. 17pp.

CAI, X., HUANG, W., & WU, K. Study of the self-healing performance of semi-flexible pavement materials grouted with engineered cementitious composites mortar based on a non-standard test. *Materials*, 2019. 12pp.

CALVARANO, L. S., PALAMARA, R., LEONARDI, G., & MORACI, N. 3D-FEM analysis on geogrid reinforced flexible pavement roads. Paper presented at the *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017. 95pp.

ÇELİK, O. N., & EYADA, S. O. Assessment of flexible pavement fatigue life of turkish typical sections using mechanistic empirical pavement design approach for coastal region. *Ain Shams Engineering Journal*, 2019. 10pp.

CHOI, J., SEO, Y., KIM, S. -, & BEADLES, S. Flexible pavement analysis considering temperature profile and anisotropy behavior in hot mix asphalt layer. *Archives of Civil Engineering*, 2011. 347-356pp.

COLAGRANDE, S., RANALLI, D., & TALLINI, M. Ground penetrating radar assessment of flexible road pavement degradation. *International Journal of Geophysics*, 2011. 51pp.

CONDURAT, M., & URSANU, C. Study concerning the conception and construction of long-lasting flexible pavements. Paper presented at the *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. 329pp.

DANIEL, L., KORTIŠ, J., DECKÝ, M., PISCA, P., & FABO, P. Development of the FEM wheel-soil model for the design of flexible pavements. Paper presented at the *MATEC Web of Conferences*, , 196 d

DEORI, S., CHOUDHARY, R., TIWARI, D., & KUMAR, A. (2019). HDM-4 deterioration modelling: Validation and adoption for flexible pavements with modified bituminous road surfacing. *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 14(2), 208-226. doi:10.7250/bjrbe.2019-14.440

DEPRIZON, AMIRUDDIN, & ATIQ, R. (2009). Development of knowledge-based expert system for flexible pavement design. *Journal of Applied Sciences*, 9(13), 2009. 2372-2380pp.

DJELLALI, A., OUNIS, A., SAGHAFI, B., GADRI, L., MESSAOUD, L., & HAMDANE, A. Behavior of flexible pavement on expansive subgrade soil. Paper presented at the *MATEC Web of Conferences*, 2014. 11pp.

DJUMARI, YAMI, M. A. D., NASUTION, M. F., & SETYAWAN, A. Design and properties of renewable bioasphalt for flexible pavement. Paper presented at the *Procedia Engineering*, 2017 1413-1420pp.

DONG, Q., WANG, C., XIONG, C., Li, X., WANG, H., & LING, T. Investigation on the cooling and evaporation behavior of semi-flexible water retaining



pavement based on laboratory test and thermal-mass coupling analysis. *Materials*, 2019. 12pp.

DOS SANTOS, T. A., DA SILVA JÚNIOR, C. A. P., & FONTENELE, H. B. The effect of axle load spectra from AASHTO method on flexible pavement performance. *Acta Scientiarum - Technology*, 2019. 41pp.

DUTTA, S., PADADE, A. H., CHAUDHURY, N. N., & MANDAL, J. N. Design charts for flexible airfield pavement based on analytical study. Paper presented at the *Transportation Research Procedia*, 2016. 155-163pp

FOYE, K. C. Use of reclaimed asphalt pavement in conjunction with ground improvement: A case history. *Advances in Civil Engineering*, 2011, 52pp.

KHANG PHAM, H., & CHUNG NGUYEN, D. Study on improvement of design method for airport flexible pavement in vietnam. Paper presented at the *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. 542pp.

MOZGOVYI, V., BARAN, S., & KUTSMAN, A. Improvement in strength calculation for pavement structure of rail station areas. Paper presented at the *MATEC Web of Conferences*, 2017. 116pp.

OCHOA DÍAZ, R., & ROMERO FARFAN, M. (2019). Blast furnace dust: An alternative for the improvement of granular material for pavements. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference Series*, 2019. 1386pp.

ROSDIYANI, T., ARTIWI, N. P., & SURATMAN, O. Road improvement overlay pavement flexible at cibomo - terumbu road serang city. Paper presented at the *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, , 2020. 807pp.

SCHOLZ, M. Water quality improvement performance of geotextiles within permeable pavement systems: A critical review. *Water (Switzerland)*, 5(2), 2013. 462-479pp.

WANG, X., YAO, J., LI, X., GUO, Y., SHEN, A., & Pu, H. Mechanical properties improvement mechanism of silica fume-modified ultrafine cement used to repair

pavement microcracks. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018 doi:10.1155/2018/4898230

WRIGHT, J., KIM, S. S., & KIM, B. Stiffness and strength improvement of geosynthetic-reinforced pavement foundation using large-scale wheel test. *Infrastructures*, 2020. 5pp.

ZHANG, M., YI, J., & FENG, D. Reasonable thickness design of expressway pavement structures based on gray relation analysis of subgrade soil improvement. *Science Progress*, 2020. 103pp.

## DECLATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR

Yo, **Anthony Jesus, Carbajal Trujillo**, Alumno de la Facultad de Ingeniería Civil y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al proyecto de investigación titulada **“Mejoramiento de pavimentos flexibles reutilizando Polipropileno y Polietileno de alta densidad en la avenida Central, distrito Los Olivos - Lima 2020”**, son:

1. De mi autoría.
2. El presente proyecto de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
3. El proyecto de investigación no ha sido publicado ni presentado anteriormente,
4. Los resultados presentados en el presente proyecto de investigación son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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 Cesar Vallejo.

Lima 12 de julio del 2020



-----  
Anthony Jesus Carbajal Trujillo

DNI: 46303794

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, **Mgtr. Carlos Mario Fernández Díaz**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la universidad César Vallejo Filial Lima, revisor del trabajo de investigación titulado “**Mejoramiento de pavimentos flexibles reutilizando Polipropileno y Polietileno de alta densidad en la avenida Central, distrito Los Olivos - Lima 2020**”, del estudiante **Anthony Jesus Carbajal Trujillo**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **19%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. 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.

Lima, 12 de Julio de 2020



---

Fernández Díaz, Carlos Mario

DNI: 09026248

### ANEXO 3 - MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

"Mejoramiento de pavimentos flexibles reutilizando Polipropileno y Polietileno de alta densidad en la avenida Central, distrito Los Olivos - Lima 2020"					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Variable Independiente: Polipropileno y Polietileno de alta densidad reciclado	Hermida, E. (2011) son moléculas de gran tamaño, constituidas por "eslabones" orgánicos denominados monómeros, unidos mediante enlaces covalentes. Los eslabones están formados, fundamentalmente, por átomos de carbono y pueden poseer grupos laterales o radicales con uno o más átomos.	Las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad se usarán como adición dada sus propiedades que hacen que existan mejoras en el pavimento asfáltico, el cual se mide con ensayos y fichas de recolección de datos para determinar su influencia.	Dosificación	PF + 1% Polipropileno y polietileno	De razón
				PF + 2% Polipropileno y polietileno	
				PF + 3% Polipropileno y polietileno	
Variable Dependiente: Pavimento flexible	MTC. (2013) Se conforma por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta asfáltica. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mezclas realizadas con asfalto frío o caliente.	El asfalto en su estado convencional es capaz de soportar grandes cargas que se le suministra por el tránsito vehicular para lo cual se mide las mejoras que se obtienen al adicionarle fibras recicladas de PE y PP apoyados de las normas técnicas vigentes.	Betun asfáltico	Penetración	De razón
				Viscosidad	
				Ductilidad	
			Asfalto líquido	Viscosidad	
				Destilación	
				Peso específico	
			Emulsión asfáltica	Sedimentación	
				Tamizado	
				Viscosidad	

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 4 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es el desempeño al incorporar fibras de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclado en el mejoramiento del pavimento flexible?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Analizar el desempeño generado al incorporar fibras de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclado para la mejora del pavimento flexible.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclado si mejora el desempeño del pavimento flexible.</p>	<p><b>Variable Independiente (X)</b>  <b>Polipropileno y Polietileno de alta densidad reciclado</b></p>	<p>Dosificación</p>	<p>PF + 1% Polipropileno y polietileno</p>	<p>Balanza de medición de peso</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>•¿Cuál es la influencia de las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad en las propiedades físico-químicas de la mezcla asfáltica?</p> <p>•¿Cómo influye las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica?</p> <p>•¿Cuál es el diseño de la mezcla asfáltica con fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad para una capa de rodadura?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>•Analizar la influencia de las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad en las propiedades físico-químicas de la mezcla asfáltica.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICO</b></p> <p>•Las fibras recicladas de polipropileno y polietileno si influyen en las propiedades físico-químicas de la mezcla asfáltica.</p>			<p>PF + 2% Polipropileno y polietileno</p>	
	<p>•Determinar la influencia de las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.</p>	<p>•Las fibras recicladas de polipropileno y polietileno de alta densidad si influyen en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.</p>			<p>PF + 3% Polipropileno y polietileno</p>	
	<p><b>Variable Dependiente (Y)</b>  <b>Pavimento flexible</b></p>	<p>Betun asfáltico</p>	<p>Penetración</p> <p>Viscosidad</p> <p>Ductibilidad</p>	<p>Ensayo Marshall MTC e 504</p>		
<p>Asfalto líquido</p>	<p>Viscosidad</p> <p>Destilación</p> <p>Peso específico</p>					
<p>Emulsión asfáltica</p>	<p>Sedimentación</p> <p>Tamizado</p> <p>Viscosidad</p>					

Fuente: Elaboración propia

# ANEXO 5 – INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
NYC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASTHO T-11, T-27 Y T-48

PROYECTO :						N° REGISTRO :	
UBICACIÓN :						TÉCNICO :	
FECHA :						HECHO POR :	

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO NET.	WGT. PAN.	WGT. AC.	% PARA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=		g			
2 1/2"	63.500						PESO LIQUIDO	=		g			
2"	50.800						PESO FINO	=		g			
1 1/2"	38.100						LMITE LIQUIDO	=		%			
1"	25.400						LMITE PLÁSTICO	=		%			
3/4"	19.050						INDICE PLÁSTICO	=		%			
1/2"	12.700						CLASIF. AASTHO	=					
3/8"	9.525						CLASIF. SUCCS	=					
1/4"	6.350						Ensayo Malla 425		P.S. Seco	P.S. Lquido			
# 4	4.750						% Grava	=		%			
# 8	2.360						Nóvora	=		%			
# 10	2.000						% Fino	=		%			
# 30	0.850						% HUMEDAD		P.S.H.	P.S.L.	% Humedad		
# 40	0.425						OBSERVACIONES:						
# 50	0.300												
# 60	0.250												
# 75	0.200												
# 100	0.150												
# 150	0.106												
# 200	0.075												
# 250	0.060												
# 300	0.050												
# 400	0.037												
# 425	0.030												
# 475	0.020												
# 500	0.015												
# 550	0.012												
# 600	0.010												
# 650	0.007												
# 700	0.006												
# 750	0.005												
# 800	0.004												
# 850	0.003												
# 900	0.002												
# 950	0.001												
# 1000	0.001												
TOTAL							Coef. Inhomogeneidad				Índice de Consistencia		
Descripción de la muestra:							Coef. Curvatura						
							Por. de Expansión						

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

Elvis Ortiz Quiroz  
 CIP 238759

Juan Tafur Tacilla  
 CIP 66613

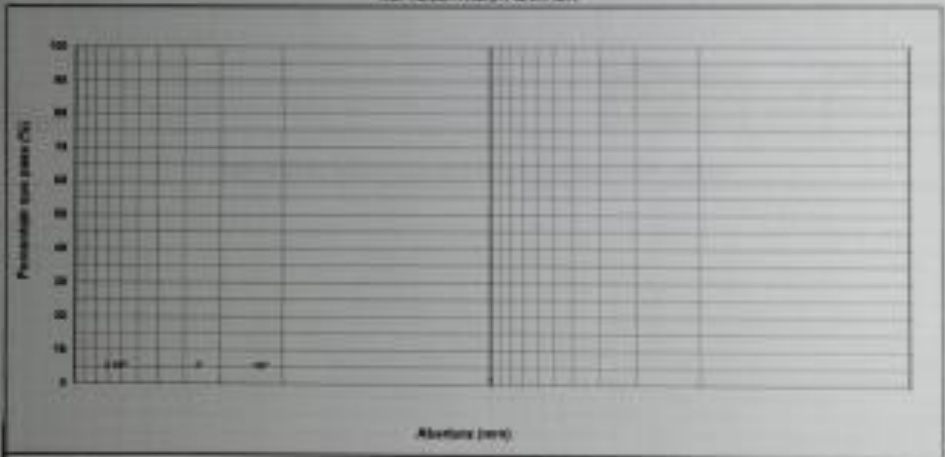
Sergio Tafur Tacilla  
 CIP 169529

**COMBINACION TEORICA DE AGREGADOS PARA MEZCLAS ASPÁLTICAS EN CALIENTE**  
**OSERO MAC-2-01**

INDICACION :	Nº Agregado Teórico :
FECHA :	MEZCLA POR :

TABLA 1	TABLA 2	Fases para agregados a intervenir		Mezcla MAC		Chapas
		Tubo 1	Tubo 2	Comb. Teórica	Espesillo MAC-2	
		Área Tubos 1 = 1.4"	Área Chan. = 3.4" - 1.2"			
1 1/2"	38.100					
1"	26.400					
3/4"	18.450					
1/2"	12.300					
3/8"	8.225					
3/4	8.190					
4 1/2	2.000					
4 1/4	2.425					
4 3/8	2.177					
4 1/8	2.075					

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA**



Observaciones:

---



---



---

*[Signature]*  
 ELVIS ORTIZ OLIVERA  
 CIP 238459

*[Signature]*  
 JUAN TAFUR TACILLA  
 CIP 66613

*[Signature]*  
 Segundo Tafur Tacilla  
 CIP 69529



**ENSAYO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - MAC Q47**

INDICADO										EN NEGRAS
INDICADO										ENCANTO
INDICADO										ENCANTO FIN

TIPO DE M	TIPO DE GRANO (MÉTRICO)										DISTRIBUCIÓN DE AGREGADOS			
	4.75	7.5	11.75	14.75	19.0	25.0	37.5	47.5	75.0	117.5	TIPO DE A	TIPO DE B	TIPO DE C	TIPO DE D
Gravímetro en arena											Agregado Gravel	4		
Peso Agregado	g										Agregado Fino	4		
Gravímetro pesados	g										Peso Mineral	5		
Peso de la muestra	g										Peso Agregado	5		
Peso	g													
Peso de los agregados	g													
Observaciones														

**GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE AGREGADOS**

Tamaño de agregados (mm)

Tamaño de malla (mm)

ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559 (MTC E 304)								HOMOGÉNICO	DEFICITE
ORDEN	DESCRIPCIÓN	g	1	2	3	4	5		
1	C.A. DEBIDO DE LA MEZCLA	g							
2	COMPENSACION GRAVIMETRICA POR TAMAÑO DE LA MEZCLA (g/g)	g							
3	COMPENSACION POR EL PESO DE LA MEZCLA (g/g)	g							
4	TIPO DE PESO DE LA MEZCLA	g							
5	TIPO DE PESO DEL AGREGADO DEBIDO AL TAMAÑO	g/g							
6	TIPO DE PESO DEL AGREGADO GRUELLO (g/g)	g/g							
7	TIPO DE PESO DEL AGREGADO GRUELLO (g/g)	g/g							
8	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
9	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
10	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
11	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
12	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
13	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
14	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
15	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
16	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
17	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
18	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
19	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
20	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
21	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
22	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
23	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
24	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
25	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
26	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
27	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
28	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
29	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
30	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
31	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
32	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
33	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
34	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
35	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
36	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
37	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
38	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
39	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
40	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
41	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
42	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
43	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
44	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
45	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
46	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
47	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
48	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
49	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
50	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
51	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
52	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
53	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
54	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
55	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
56	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
57	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
58	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
59	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							
60	TIPO DE PESO DEL AGREGADO FINO (g/g)	g/g							

*Erwin Ortiz Quispe*  
CIP 238759

*Juan Tafur Tacilla*  
CIP 66613

*Sebastián Tafur Tacilla*  
CIP 168529