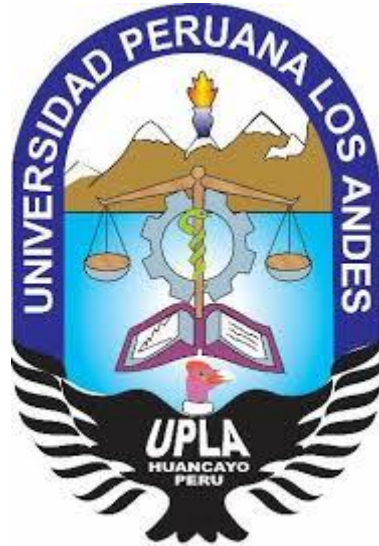


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**MODIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA Y LA
DEFORMACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA
CON POLIETILENTEREFTALATO EN LA
CIUDAD DE HUANCAYO**

PRESENTADO POR:

Bach. TUNQUE SULLCA ANDREW

Línea de Investigación: Nuevas Tecnologías y Procesos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2020

ASESOR

ING. Ninahuanca Zavala Yina Milagro

DEDICATORIA

A mi madre Filomena por su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento está dirigido al Ing. Julio Buyu Nakandakare Santana quien con su asesoría supo guiar el desarrollo de la presente tesis.

A mis docentes de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Los Andes a quienes debo gran parte de los conocimientos, gracias a su paciencia, enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abrió y abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien y profesionales de calidad.

Al laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Centauro Ingenieros S.A.C. quienes contribuyeron con los análisis de las muestras de la presente investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE FOTOS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2	FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2.1	Problema General	20
1.2.2	Problemas Específicos.....	20
1.3	JUSTIFICACIÓN	20
1.3.1	Practica.....	20
1.3.2	Social	22
1.3.3	Metodológica	22
1.4	DELIMITACIONES.....	23
1.4.1	Espacial	23
1.4.2	Temporal	24
1.4.3	Económico	24
1.5	LIMITACIONES	24
1.5.1	Económica	25
1.6	OBJETIVOS.....	25

1.6.1	Objetivo General	25
1.6.2	Objetivos Específicos	25

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES	26
2.2	MARCO CONCEPTUAL	31
2.2.1	Tereftalato de Polietileno.....	31
2.2.2	Los agregados	35
2.2.3	El asfalto.....	36
2.2.4	Método de diseño Marshall.....	40
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	50
2.4	HIPÓTESIS	53
2.4.1	Hipótesis general	53
2.4.2	Hipótesis específicas	53
2.5	VARIABLES.....	54
2.5.1	Definición conceptual de las variables	54
2.5.2	Definición operacional de las variables	54
2.5.3	Operacionalización de las variables	55

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1	METODOLOGÍA	56
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	56
3.3	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.4	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	57
3.5	POBLACIÓN	57
3.6	MUESTRA.....	57

3.7	Muestreo	58
3.8	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	58
3.9	PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	58

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1	ENSAYOS DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO	60
4.2	DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON EL MÉTODO MARSHALL EN UNA MEZCLA CONVENCIONAL	70
4.2.1	Características y comportamiento de la mezcla.....	71
4.2.2	Procedimiento del Diseño Marshall	74
4.2.3.	Método Marshall para la Estabilidad y Fluencia.....	83
4.2.4.	Análisis de densidades y vacíos.....	87
4.2.5	Cálculo de la cantidad óptima de asfalto según el ensayo Marshall.....	92
4.3	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PET CON EL DISEÑO MARSHALL.....	103
4.3.1	Aditivo PET añadido en la mezcla asfáltica	103
4.3.2	Mezcla asfáltica con PET triturado	107
4.3.3	Cálculo de la cantidad óptima de PET según el ensayo Marshall.....	110

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL PARA MUESTRAS DE MEZCLAS ASFÁLTICA	115
5.2	CÁLCULO DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE PET A ADICIONAR EN LA MEZCLA ASFÁLTICA	122
5.3	COMPARACIÓN DE FLUJO Y ESTABILIDAD ENTRE PORCENTAJE DE ASFALTO OPTIMO Y PORCENTAJE DE ADITIVO (PET).....	123
5.4	PRUEBA DE HIPÓTESIS	128

CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	134
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
ANEXOS	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades físicas de los agregados	60
Tabla 2: Impurezas orgánicas en el agregado fino	61
Tabla 3: Cantidad de sales solubles del agregado fino y grueso	62
Tabla 4: Pérdidas del agregado fino y grueso	64
Tabla 5: Desgaste del agregado grueso	65
Tabla 6: Ensayo del índice de plasticidad	66
Tabla 7: Granulometría del agregado fino	67
Tabla 8: Granulometría del agregado grueso	68
Tabla 9: Parámetros de adhesividad en el ensayo	69
Fuente: Ensayo de laboratorio en Centauro Ingenieros S.A.C. Nov. 2017	69
Tabla 10: Preparación de las briquetas en laboratorio sin aditivo (Anexo C-01)	92
Tabla 11: Ensayo Marshall de la mezcla asfáltica sin aditivo (Anexo C-01).....	93
Tabla 12: Resultados porcentaje de Asfalto y porcentaje de Vacíos – Mezcla.....	96
Tabla 13: Resultados porcentaje de Asfalto y Densidad	97
Tabla 14: Resultados porcentaje de Asfalto y porcentaje Vacíos Agregados Minerales	98
Tabla 15: Resultados porcentaje de Asfalto y porcentaje de Vacíos en Agregados.....	99
Tabla 16: Resultados porcentaje de Asfalto y Flujo	99
Tabla 17: Resultados porcentaje de Asfalto y Estabilidad	100
Tabla 18: Resultados porcentaje de Asfalto y Estabilidad – Flujo	101
Tabla 19: Preparación de briquetas en laboratorio con aditivo (PET) (Anexo C-02) .	110
Tabla 20: Porcentajes de las 5 proporciones de aditivo (PET) (Anexo C-02)	111
Tabla 21: Ensayo Marshall de la mezcla asfáltica con aditivo (PET) (Anexo C-02)..	112
Tabla 22: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje de Vacíos – Mezcla	116
Tabla 23: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y Densidad	116
Tabla 24: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje Vacíos Agregados Mineral.....	118
Tabla 25: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje de Vacíos en Agregados	119
Tabla 26: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y Flujo.....	120
Tabla 27: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y Estabilidad	121

Tabla 28: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y Estabilidad – Flujo.....	121
Tabla 29: Rangos mínimos y máximos de porcentajes de PET según propiedad de la mezcla.....	122
Tabla 30: Flujo y Estabilidad con el 1% de PET	123
Tabla 31: Flujo y Estabilidad con el 2% de PET	124
Tabla 32: Flujo y estabilidad con el 4% de PET	125
Tabla 33: Flujo y Estabilidad con el 8% de PET	126
Tabla 34: Flujo y Estabilidad con el 16% de PET	127
Tabla 35: Resultados del Flujo (mm) de las muestras con aditivo y sin aditivo	129
Tabla 36: Resultados de estabilidad (Kg-f) de las muestras con aditivo y sin aditivo	130

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentaje de Asfalto y porcentaje Vacíos – Mezcla	96
Gráfico 2: Porcentaje de Asfalto y Densidad.....	97
Gráfico 3: Porcentaje de asfalto y porcentaje Vacíos Agregados Mineral	98
Gráfico 4: Porcentaje de Asfalto y porcentaje Vacíos en Agregados.....	99
Gráfico 5: Porcentaje de Asfalto y Deformación.....	100
Gráfico 6: Porcentaje de Asfalto y Resistencia.....	101
Gráfico 7: Porcentaje de Asfalto y Resistencia – Deformación	102
Gráfico 8: Porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje de Vacíos – Mezcla.....	116
Gráfico 9: Porcentaje de Aditivo (PET) y Densidad.....	117
Gráfico 10: Porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje Vacíos Agregados Mineral ...	118
Gráfico 11: Porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje de Vacíos en Agregados.....	119
Gráfico 12: Porcentaje de Aditivo (PET) y la Deformación.....	120
Gráfico 13: Porcentaje de Aditivo (PET) y la Resistencia	121
Gráfico 14: Porcentaje de Aditivo (PET) y la Resistencia – Deformación	122
Gráfico 15: Rango de % Min PET y % Max PET	123
Gráfico 16: Flujo y Estabilidad con el 1 % de PET.....	124
Gráfico 17: Flujo y Estabilidad con el 2 % de PET	125
Gráfico 18: Flujo y Estabilidad con el 4 % de PET.....	126
Gráfico 19: Flujo y Estabilidad con el 8 % de PET.....	127
Gráfico 20: Flujo y Estabilidad con el 16 % de PET.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Historia del asfalto	37
Figura 2: Proceso de refinación del petróleo para obtención del asfalto.	39
Figura 3: Requisitos de los Cementos asfálticos según especificaciones	41
Figura 4: Tipos de abrasión	44
Figura 5: Cantidades mínimas para ensayo según el tamaño nominal	44
Figura 6: Requisitos granulométricos para mezclas asfálticas en planta según especificaciones	48
Figura 7: Ilustración de una muestra a tomar	57
Figura 8: Grafico de la granulometría de del agregado grueso	68
Figura 9: Ilustración de VMA en una Probeta de Mezcla compactada	73
Figura 10-A: Gráficos para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto	94
Figura 10-B: Gráficos para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto	95
Figura 11: Esquema de reciclaje del PET para su reutilización.	104
Figura 12-A: Gráficos para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto	113
Figura 12-B: Gráficos para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto	114

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Agregados para la en ensayo de peso especifico	61
Foto 2: Prueba colorimétrica de la arena	62
Foto 3: Verificación de la cantidad de sales de los agregados	63
Foto 4: Agregado Fino para el cálculo de equivalente de arena	64
Foto 5: Muestras tomadas para en ensayo	65
Foto 6: Maquina de los Ángeles para el ensayo	66
Foto 7: Muestra de agregado fino para obtener los límites	67
Foto 8: Tamizando los agregados en laboratorio	69
Foto 9: Muestra de las esferas para el ensayo de adhesividad	70
Foto 10: Tubos de vidrio para el ensayo con las esferas con mezcla de asfalto y agregado fino	70
Foto 11: Agregado grueso con pesos para el diseño Marshall	75
Foto 12: Agregado fino con pesos para el diseño Marshall	76
Foto 13: Muestra del cemento asfaltico 85-100 para el diseño Marshall	76
Foto 14: Muestra de Filler (cal) para el diseño Marshall	77
Foto 15: Calentado de las muestras para su combinación	78
Foto 16: Mesclado de los elementos	79
Foto 17: Mezcla asfáltica en molde	79
Foto 18: Compactado de la mezcla asfáltica	80
Foto 19: Control de temperatura de la briqueta	80
Foto 20: Las briquetas en los moldes con código	81
Foto 21: Las briquetas en los moldes y el Ingeniero responsable del Diseño Marshall en el laboratorio	81
Foto 22: Retiro de la briqueta del molde	82
Foto 23: Las briquetas con código para el Diseño Marshall	82

Foto 24: Instrumentos y briquetas para el ensayo	84
Foto 25: Equipo baño maría a 60°C con las briquetas	85
Foto 26: Briqueta en el equipo Marshall	85
Foto 27: Resultados en el equipo Marshall	86
Foto 28: Última briqueta en el equipo Marshall	86
Foto 29: Briquetas después del cálculo de la estabilidad y la fluencia o flujo en el equipo Marshall	87
Foto 30: Material reciclado y selección de botellas PET	105
Foto 31: PET en bloques para el triturado en lentejuelas	105
Foto 32: PET triturado listo para reemplazar al Agregado fino	106
Foto 33: Cantidades de porcentajes de aditivo (PET) y agregados	107
Foto 34: Aditivo (PET) añadido en la mezcla asfáltica	108
Foto 35: Briquetas con el aditivo (PET) con código y porcentaje	108
Foto 36: Briqueta después del cálculo de la estabilidad y la fluencia o flujo en el equipo Marshall	109

RESUMEN

La presente investigación, planteo su problema general de la siguiente manera: ¿En qué medida se modifica la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato en la ciudad de Huancayo?, donde se estableció como objetivo general: demostrar en qué medida se modifica la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato; y como objetivos específicos: estimar la cantidad óptima de cemento asfáltico en una mezcla asfáltica con polietilentereftalato, calcular la dosificación óptima de polietilentereftalato en una mezcla asfáltica, y determinar la variación de la estabilidad y fluencia o flujo de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato. Sobre la metodología, se utilizó el método científico, siendo de tipo aplicada, cuyo nivel fue descriptivo, el diseño de investigación experimental, la población estuvo conformada por los pavimentos flexibles del distrito de Huancayo. Los resultados demostraron que la mezcla óptima es de 6% de cemento asfáltico, con el 8% de polietilentereftalato (PET), que mejoraron los valores de la resistencia (1196.5 Kgf) y la deformación (4.3 mm). Conclusión que existe una mejora considerable frente a la muestra de mezcla convencional con 6% de cemento asfáltico (Resistencia =1088 Kgf y Deformación =3.6 mm). Recomendaciones: Luego del proceso de abertura de tamices para el cumplimiento de la granulometría seleccionada comparada con los límites propuestos por la norma puede darse el caso en que el porcentaje de vacíos V_v de las briquetas no se encuentre entre los valores de 3% y 5% recomendados por la norma, razón por la que un método de prueba para la respectiva corrección de este parámetro consiste en aumentar el porcentaje de material fino correspondiente al retenido y pasante del tamiz # 200.

Palabras clave: Mezcla asfáltica modificada - Polietilentereftalato, resistencia - deformación.

ABSTRACT

The present investigation posed its general problem as follows: To what extent is the resistance and deformation of an asphalt mixture modified with polyethylene terephthalate in the city of Huancayo?, Where the general objective was established: to demonstrate to what extent it is modified the strength and deformation of an asphalt mix with polyethylene terephthalate; and as specific objectives: to estimate the optimal amount of asphalt cement in an asphalt mix with polyethylene terephthalate, calculate the optimal dosage of polyethylene terephthalate in an asphalt mix, and determine the variation in stability and creep or flow of an asphalt mix with polyethylene terephthalate. About the methodology, the scientific method was used, being of an applied type, whose level was descriptive, the experimental research design, the population was made up of the flexible pavements of the Huancayo district. The results showed that the optimal mixture is 6% of asphalt cement, with 8% of polyethylene terephthalate (PET), which improved the values of resistance (1196.5 Kgf) and deformation (4.3 mm). Conclusion that there is a considerable improvement compared to the conventional mix sample with 6% asphalt cement (Resistance = 1088 Kgf and Deformation = 3.6 mm). Recommendations: After the sieve opening process to comply with the selected granulometry compared to the limits proposed by the standard, it may be the case that the percentage of voids V_a of the briquettes is not between the values of 3% and 5% recommended by the standard, which is why a test method for the respective correction of this parameter consists in increasing the percentage of fine material corresponding to the retained and passing through of the # 200 sieve.

Keywords: Modified asphalt mix - Polyethylene terephthalate - strength - deformation.

INTRODUCCIÓN

El polietilentereftalato, es un polímero petroquímico que contiene materiales sintéticos y semisintéticos, el cual es maleable y moldeable. La primera muestra fue producida por los británicos Whinfield y Dickson, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. Su costo de fabricación es relativamente bajo. Su proliferación es preocupante. Cada minuto se compra un millón de botellas de plástico en todo el mundo, y la cifra se disparará otro 20% para 2021, creando una crisis medioambiental que algunos activistas comparan en gravedad con el cambio climático.

En vista de este álgido problema, se ha visto como oportunidad utilizar parte de este producto (PET), para poder mitigar de alguna forma el exceso de contaminación, así mismo se desarrolló la investigación con la finalidad de mejorar algunas propiedades de la mezcla asfáltica, en pavimentos flexibles de tránsito medio a condiciones de Huancayo. La generación de desechos y residuos plásticos con su consiguiente afectación ambiental, demandan una correcta y adecuada disposición y manejo, en orden a lo cual su reutilización y/o reciclaje, plantea alternativas para su aprovechamiento como modificador en las mezclas asfálticas más aún cuando los antecedentes en su utilización han evidenciado mejoras en su desempeño en sus propiedades mecánicas. Ruge Cárdenas (2014, pp. 10).

La modificación de mezclas asfálticas consiste en la adición de polímeros a una mezcla convencional con la intención de mejorar sus propiedades físico-químicas, su uso en pavimentos conlleva a mejorar el desempeño y a alargar el tiempo de vida de los mismos, según manifiesta Victoria, Ortíz, Ávalos y Castañeda (2015). Los procesos de modificación de mezclas asfálticas con polímeros naturales y sintéticos fueron patentados en 1943 sin embargo, en la década de los 30 ya existían proyectos prueba en Europa. De los diferentes materiales poliméricos, los elastómeros son los polímeros más compatibles con el asfalto, los elastómeros muestran mejoras en la modificación de bitúmenes, comparados a las mezclas estandarizadas”.

El uso de asfaltos modificados con polímeros en pavimentos surgió de la necesidad de elaborar un asfalto, también conocido como ligante o aglutinante, con mayor calidad o mejor resistencia en carreteras, debido a la presencia de vehículos con mayor número de cargas por eje, mayor presión de inflado de llantas y mayores

velocidades. Las primeras aplicaciones de los asfaltos modificados con polímeros fueron en emulsiones para impermeabilizantes y más tarde, se empezaron a utilizar en la pavimentación, por ejemplo, en riegos, que consisten en el rociado uniforme de la emulsión asfáltica como tratamientos superficiales en frío, y posteriormente en la modificación de cemento asfáltico. Pfeiffer y Saal (1940, pp. 149)

Sobre la metodología utilizada para el desarrollo de la presente investigación; se utilizó el método científico, siendo de tipo aplicada, cuyo nivel fue descriptivo, el diseño de investigación experimental, la población estuvo conformada por los pavimentos flexibles del distrito de Huancayo.

El esquema del contenido, estuvo dividido por capítulos: siendo de la siguiente forma: Capítulo I: “El problema de investigación”, se esboza el problema de la investigación, se realiza la formulación del problema, se planteó los objetivos de investigación, también justificamos la investigación, realizamos la delimitación y se planteó las hipótesis del estudio. Capítulo II: “Marco teórico”, se describe las bases teóricas y conceptuales sobre las cuales se desarrollará la presente investigación. Capítulo III: “Metodología”, describe todos los aspectos metodológicos utilizados en la presente investigación. Capítulo IV: “Resultados”, Se describe el procedimiento de trabajo de la investigación, todos los ensayos de laboratorio desarrollado, con sus respectivas tomas fotográficas e interpretaciones. Capítulo V: “Discusión de resultados”, aquí se presentan los resultados de la investigación, se realizó la prueba de hipótesis. Finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación; así como los anexos, siendo una de ellas la matriz de consistencia, y los resultados de los diversos ensayos realizados dentro de los procedimientos en laboratorio

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo continuo de la sociedad y la rápida industrialización de estos últimos años hacen cada vez más necesario el cuidado de la naturaleza y la preservación del medio ambiente, cada año el mundo produce aproximadamente 300 millones de toneladas de plástico, poco más de 800 toneladas al día, durante todo el año.

Aproximadamente el 60% es plástico y el 18% de botellas PET, esas de las que bebemos el agua o los refrescos. (Goyeneche)

En el Perú no se puede hacer un envase de otro envase. Es el único país de la región que tiene esta prohibición. Por eso, cada año se quedan en el medio ambiente 49 mil toneladas de PET sin poderse reciclar. Por el contrario, Ruiz explica que se tiene que importar todos los años la resina, que es un producto del petróleo, para elaborar este tipo de envase.

De 92 mil toneladas de PET que se usan en el país para los envases, solo 43 mil se recuperan para su exportación o re-uso por algunas asociaciones de recicladores. El resto termina en los rellenos, espejos de agua o, en el peor de los casos, se queman emitiendo más gases contaminantes. (Ruiz, 2016)

También comentó que hay impactos económicos y sociales. Algunas empresas embotelladoras en el país ya han hecho las respectivas inversiones a la espera de que puedan reciclar el PET para la elaboración de sus botellas, explicó. En tanto, las 108 mil familias de recicladores han visto reducidos sus ingresos, debido a que no hay mercado para el PET reciclado. "En los últimos 6 meses se

ha reducido el precio de S/.1.40 el kilo a S/.0.70 el kilo de este material en el mercado local", explica Ruiz.

En Perú aún no tiene un plan integral para la disposición de plásticos reciclados, por lo tanto, estos se dirigen a rellenos sanitarios, a los ríos y finalmente al mar, otro gran porcentaje es incinerado generando gran emisión de CO₂, que daña la capa de ozono. Por otro lado, tenemos que el Perú desde hace ya más de 10 años aproximadamente, ha venido presentando un desarrollo económico creciente, ha mejorado muchas de sus redes viales, tramos importantes que unen pueblos, ciudades llevando consigo desarrollo y progreso. La gran mayoría de estos proyectos viales han sido desarrollados por pavimento flexible, miles y miles de kilómetros que han sido asfaltados y están en proceso de asfaltado.

Este proyecto tiene la intención de fusionar ambas necesidades, la necesidad de reciclar y construir mejores carreteras, que tengan las características y propiedades de durabilidad, estabilidad y poca deformación utilizando eso que no nos sirve y daña aprovechándolo en beneficio de nuestro desarrollo.

1.2 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿En qué medida se modifica la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato?

1.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima de cemento asfáltico en una mezcla asfáltica con polietilentereftalato?
- b) ¿Cuál es la dosificación óptima de polietilentereftalato en una mezcla asfáltica?
- c) ¿Cuál es la variación de la estabilidad y fluencia o flujo de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica en tres aspectos fundamentales:

1.3.1 Practica

La presente investigación involucra la construcción y mejoramiento de carreteras utilizando un material reciclado que es el polietilentereftalato

(PET), el cual reducirá costos e incrementará beneficios ambientales y sociales.

El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla, la fluencia mide la deformación bajo carga que ocurre en la mezcla, el procedimiento de los ensayos es el siguiente:

- Las probetas son calentadas en el baño de agua a 60° C (140° F). Esta temperatura representa, normalmente, la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.
- La probeta es removida del baño, secada, y colocada rápidamente en el aparato Marshall. El aparato consiste de un dispositivo que aplica a una carga sobre la probeta y de unos medidores de carga y deformación (fluencia).
- La carga del ensayo es aplicada a la probeta a una velocidad constante de 51 mm (2 pulgadas) por minuto hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la briqueta puede resistir.
- La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia se registra como la fluencia.

a. Valor de Estabilidad: El valor de estabilidad Marshall, es una medida de la carga bajo la cual una briqueta cede o falla totalmente. Durante un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, los cabezales superior e inferior del aparato se acercan, y la carga sobre la briqueta aumenta al igual que la lectura en el indicador del cuadrante. Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall. Debido a que la estabilidad Marshall indica la resistencia de una mezcla a la deformación existe una tendencia a pensar que, si un valor de estabilidad es bueno, entonces un valor más alto será mucho mejor. Para muchos materiales de ingeniería, la resistencia del material es, frecuentemente, una medida de su calidad; sin embargo, este no es necesariamente el caso de las mezclas asfálticas en caliente. Las estabilidades extremadamente altas se obtienen a costa de durabilidad.

b. Valor de Fluencia o Flujo: El valor de fluencia o flujo Marshall, es una medida dada en milímetros que representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la briqueta. Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de estabilidad Marshall son consideradas demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Aquellas que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas y tiene tendencia a deformarse bajo las cargas del tránsito.

1.3.2 Social

Es de conocimiento que año tras año se construyen nuevas vías de acceso a las comunidades y pueblos más alejados, tratando de impulsar el desarrollo nacional y local, son miles de kilómetros que son asfaltados con pavimentos flexibles los cuales podrían ser modificados con esta innovadora mezcla en caso los resultados sean favorables.

El uso de botellas de plástico de Polietilentereftalato (PET), las cuales son desechadas luego de su consumo, permitirá reducir en parte la contaminación ambiental que día a día observamos, se sabe que estas botellas no pueden ser rehusadas o recicladas para volver a hacer otros envases, por lo tanto, esta investigación es una opción para un reciclado eficiente y acorde a las normativas del estado peruano.

Como es sabido el polietilentereftalato (PET) tiene un tiempo de degradación superior a los cien años, el cual influye en la durabilidad de la carpeta asfáltica haciendo de esta investigación una alternativa sostenible en el tiempo.

1.3.3 Metodológica

Utilizaremos el método científico experimental, utilizando la metodología de prueba y error, diseñando muestras bajo los lineamientos propuestos por las normas del Ensayo Marshall ASTM D 6926 Y ASTM D 6927. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

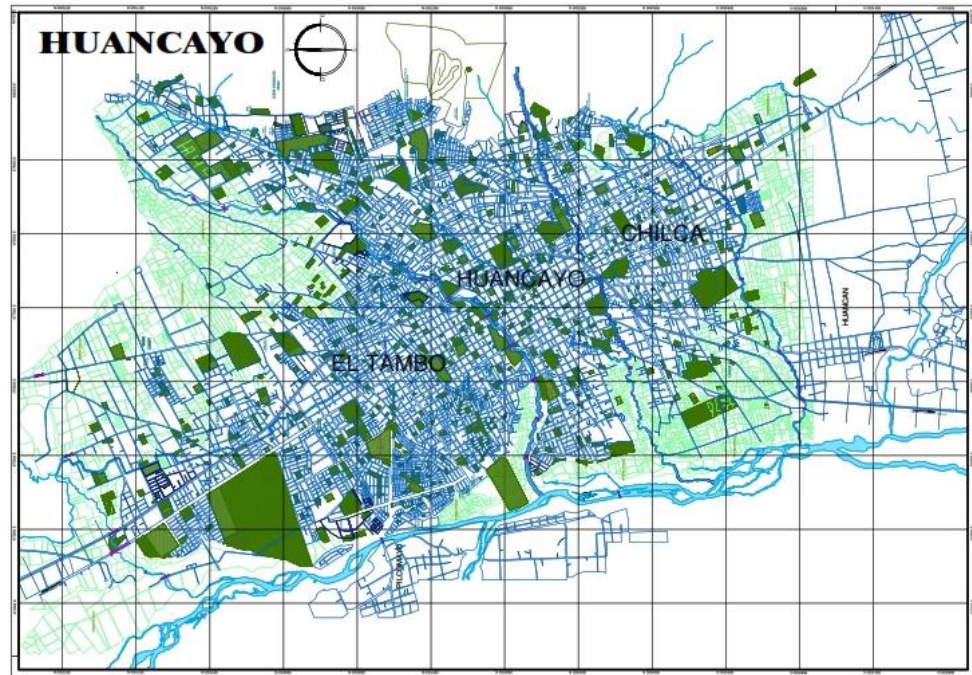
La investigación será de gran utilidad, puesto que servirá de referencia a otras investigaciones que contengan el mismo contenido a nivel de variables, porque los resultados que se obtuvieron con los trabajos en laboratorio sobre mezcla asfáltica con polietilentereftalato PET, se obtuvo un valor de la resistencia de 1196.5 Kgf y la deformación de 4.3 mm, estos valores advierten que existe una mejora considerable frente a la muestra convencional de mezcla asfáltica de 6% de asfalto con una resistencia de 1088 Kgf y una deformación de 3.6 mm. Por lo que los futuros investigadores pueden tomar en cuenta los resultados para tomarlos en cuenta y mejorar los niveles de investigación.

1.4 DELIMITACIONES

El problema nace que nuestra ciudad cada día se ve inundada de basura y principalmente de botellas de gaseosas tiradas en las pistas, veredas, canchones, etc., también se observa el constante deterioro de las carreteras y vías principales que unen Huancayo con Lima y otras regiones, a raíz de esto nace la idea de utilizar el Polietilentereftalato (PET) en una mezcla asfáltica y analizar el comportamiento de éste en la construcción y mejoramiento de carreteras.

1.4.1 Espacial

El desarrollo de la presente investigación está enfocado para el área urbana de transporte de la ciudad de Huancayo, región Junín.



1.4.2 Temporal

Los ensayos fueron llevados a cabo durante los meses de noviembre y diciembre del 2017 y enero del 2018 en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Centauros Ingenieros S.A.C. ubicado en la Av. Mariscal Cáceres N° 3950 del distrito de El Tambo, departamento de Huancayo.

1.4.3 Económico

Se escogieron porcentajes de PET para los casos seleccionados, que varía entre 1%, 2%, 4%, 8% y 16% con respecto al porcentaje óptimo de asfalto; un porcentaje superior al 16% a más dificultaría las labores en el laboratorio al introducirlo en la probeta de la mezcla asfáltica resultaría poco económico en obra. Para los cinco casos se siguió el procedimiento del método Marshall según la norma ASTM D 6927-06, con el fin de comparar los resultados obtenidos con mezclas asfálticas en caliente. La investigación fue autofinanciada por el tesista.

1.5 LIMITACIONES

La investigación realizada presentó limitaciones en cuanto a la referencia bibliográfica, ya que no se encontraron parámetros que establezcan rangos óptimos

para realizar la comparación de los resultados obtenidos de esta nueva mezcla asfáltica.

1.5.1 Económica

Durante la ejecución de la investigación se presentaron diversos gastos económicos imprevistos, que fueron asumidos íntegramente por el investigador.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Demostrar en qué medida se modifica la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato.

1.6.2 Objetivos Específicos

- a) Estimar la cantidad óptima de cemento asfáltico en una mezcla asfáltica con polietilentereftalato.
- b) Calcular la dosificación óptima de polietilentereftalato en una mezcla asfáltica
- c) Determinar la variación de la estabilidad y fluencia o flujo de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

- **Antecedentes Nacionales**

- a) Huamán, N. (2011), *La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. “El presente trabajo de investigación bibliográfica se refiere a la deformación permanente que es una de las fallas del deterioro prematuro; es necesario conocer a mayor profundidad a fin de tomar las previsiones del caso desde la elaboración de los proyectos y la posterior ejecución de las obras. El estudio presenta el concepto de la deformación permanente y las diferentes formas que se presenta en las capas del pavimento e inclusive a nivel de subrasante, originando tanto fallas funcionales como estructurales; profundizando además sobre el conocimiento del cemento asfáltico y básicamente sobre su comportamiento reológico que nos permita utilizarlo mejor como parte constituyente de las mezclas asfálticas. Asimismo, se considera la necesidad de la elección y buen manejo de los agregados en cuanto a su gradación, forma, resistencia, etc., ya que influyen en forma determinante para la deformación permanente. Finalmente, se determina la necesidad que en el Perú se cuente con equipos de laboratorio y de campo que permitan realizar ensayos para manejar mejor la deformación permanente. Se presentan los ensayos y equipos especializados que se utilizan en otros países en la espera de contar con alguno de ellos en el Perú; concluyéndose sobre la necesidad de efectuar estudios más profundos

para el uso de los cementos asfálticos en acuerdo a la geografía y climas de las regiones del Perú; asimismo respecto a los parámetros volumétricos en el diseño de la mezcla asfáltica y la utilización de los agregados, destacándose además la importancia de los procesos constructivos que eviten fallas por deformación permanente”.

- b) Salazar, F. (2013), *Estudio técnico para la obtención de asfalto de alto índice de penetración y asfalto oxidado a partir de una planta de oxidación de asfalto*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Esta investigación planteó como objetivo realizar un análisis técnico que determine la tecnología más adecuada, de acuerdo a la realidad peruana, que permita mejorar las propiedades reológicas del cemento asfáltico convencional producido en el Perú, llegando a la conclusión que La tecnología de oxidación de asfalto para la producción de asfalto de alto índice de penetración y el empleo de polímeros para modificar el asfalto, son dos alternativas empleadas actualmente a nivel internacional, para obtener la nueva generación de asfaltos para construcción de carreteras denominados asfaltos modificados. La ventaja competitiva que presenta el asfalto de alto índice de penetración es que solo requiere como materia prima crudo pesado. A desmedro de la tecnología de modificación de asfalto con polímeros, el cual requiere adicionalmente al crudo pesado, la importación de los polímeros usados como materia prima, debido a que el Perú no es productor de ellos.
- c) Salcedo, C. (2008). *Experiencia de modificación de cemento asfáltico con polímeros SBS en obra*. Tesis Magistral. Universidad de Piura. Piura. Esta investigación tuvo como objetivo principal modificar el asfalto convencional mediante la adición de polímeros SBS con el fin de mejorar sus características mecánicas de resistencia a las deformaciones presentadas por factores climatológicos y de tránsito (ahuellamiento y fatiga respectivamente), llegando a la conclusión que la utilización de asfaltos cuyas propiedades han sido modificadas por la adición de polímeros evidencia una mejora importante en las propiedades y/o

características mecánicas de resistencia a las deformaciones presentadas por factores climatológicos y de tránsito (ahuellamiento y fatiga respectivamente) del asfalto convencional que el presente trabajo pretende de resaltar. En nuestro país, el costo adicional del m³ de mezcla asfáltica en caliente con asfalto modificado con polímeros SBS respecto del preparado con asfalto convencional es del orden de 35-40 % y se estima que la utilización de asfaltos modificados con polímeros SBS en la preparación de mezclas asfálticas para pavimentación, elevan la vida útil del pavimento de 2 a 3 veces.

- **Antecedentes Internacionales**

- a) Huertas, G.; Cazar, J. (2014), *Diseño de un pavimento flexible adicionando tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante AC-20*. Universidad de las fuerzas armadas. Sangolqui. Ecuador. En la presente investigación se buscó dar un uso útil a la gran cantidad de desechos plásticos generados en nuestro país aprovechándolos como material constitutivo adicional de mezclas asfálticas en caliente que dan pie a los muy conocidos pavimentos flexibles o bituminosos. Para el diseño se siguieron los procedimientos dictados por las distintas normas utilizadas en nuestro país analizando detenidamente la forma y método que permitiera la introducción del material plástico de una manera viable y óptima; es decir, tratando de generar buenos resultados. Una vez presentes los lineamientos se compararon los resultados de mezclas en caliente tal cual la norma junto con mezclas en caliente con plástico en su constitución. Además de esto, la importancia de este trabajo radica no solo en la consecución de un material novedoso desde un punto de vista técnico sino también se buscó que el procedimiento vaya de la mano con la preservación del medio ambiente.
- b) Maila, M. (2013). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA)*. (Tesis de grado). Universidad Central de Ecuador. Esta investigación tiene por objetivo disminuir el

deterioro y daños viales con el diseño de una mezcla asfáltica modificada, con el polímero EVA, la tecnología de la incorporación (vía seca o vía húmeda), estructura química del polímero, y para el caso la incorporación por vía húmeda, el tiempo de digestión. De acuerdo a los ensayos realizados en pruebas de laboratorio se determinó que se tiene una notable mejora en las propiedades mecánicas tales como módulo dinámico elástico, resistencia a la tensión indirecta, resistencia a la pérdida por desgaste, estabilidad, flujo y susceptibilidad térmica de la mezcla modificada con respecto a la mezcla convencional, por lo que se puede asegurar que los daños viales van a disminuir con la utilización de esta mezcla. La mezcla modificada óptima de la investigación quedó constituida por 60 por ciento de agregado grueso, 40 por ciento de agregado fino, 6,3 por ciento de asfalto y 3 por ciento de polímero EVA (en peso de asfalto).

- c) Romero, P. Bonifaz, H. y Revelo, M. (2013). *Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente Modificadas con Elastómero (caucho) y Tereftalato de Polietileno reciclados con Ligante Asfáltico AC-20*, investigación del Departamento de ciencias de la tierra y la construcción. Ecuador. El objetivo principal de la investigación es analizar y comparar el comportamiento de las mezclas asfálticas modificadas con relación a una mezcla asfáltica normal, los materiales modificadores utilizados son de origen plástico como el elastómero (caucho) proveniente de neumáticos fuera de uso y tereftalato de polietileno (PET) proveniente de botellas de plástico recicladas con el fin de crear una alternativa de aplicación de estos materiales que generan contaminación al ambiente puesto que su biodegradación se produce a los 500 años. La granulometría utilizada corresponde a la Mezcla Asfáltica Normal MAC-2 determinada por la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 para un material pétreo de tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}$ ". El trabajo realizado en laboratorio consta de caracterización de los materiales a utilizarse como el agregado, cemento asfáltico, elastómero y PET, posteriormente se realiza la elaboración y ensayo de estabilidad y flujo de briquetas mediante el Método Marshall,

inicialmente para determinar el porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla patrón y luego la aplicación de materiales modificadores en porcentajes variables, con lo que se determina el porcentaje óptimo elastómero y el porcentaje óptimo de la combinación 50% de elastómero y 50% de PET, finalmente se analiza el comportamiento de las mezclas diseñadas al ser sometidas a cambios bruscos de temperatura en un ensayo de choque térmico.

- d) Wulf, F. (2008). *Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero*. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Esta investigación tiene como objetivo principal realizar un análisis comparativo entre el asfalto convencional versus el asfalto modificado con polímeros, utilizando específicamente el ensayo Marshall. Par el cual se realizó un estudio de dosificación de concreto asfáltico convencional en caliente y un concreto asfáltico modificado con polímero en caliente, ambos con un tamaño máximo de 20mm. (3/4") de los áridos para tránsito pesado. Se describen los procesos de identificación de las muestras, granulometrías, constantes físicas e hídricas, dosificación de los áridos en peso, características de la mezcla, parámetros Marshall y se confecciona la mezcla de trabajo. Después de la investigación se llegó a la conclusión de que las mezclas elaboradas con altas temperaturas presentaron un recubrimiento totalmente adecuado y no se presentó problema alguno, en el mezclado ni en la compactación. Al analizar los resultados obtenidos de estabilidad y fluencia queda demostrado que las mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos modificados poseen un mejor comportamiento que las mezclas elaboradas con asfalto convencional, tal como se esperaba, ya que la finalidad de modificar los asfalto es mejorar sus propiedades. Los asfaltos modificados con polímeros, tienden a volver a su posición original una vez que se retira el esfuerzo de tensión a que habían sido sometidos.
- e) Angulo, R. (2005). *Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos*. Tesis de Grado. Universidad

Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia. Este trabajo se enfocó en la elaboración de un asfalto modificado con Caucho Reciclado de Llantas (CRL), proponiendo un esquema de aprovechamiento de los residuos sólidos que representan las llantas usadas, con el fin de ofrecer una alternativa de solución a los problemas que afectan al asfalto y consecuentemente a las carpetas asfálticas. Entre los principales problemas que afectan al asfalto en el pavimento se encuentran: el envejecimiento, la deformación permanente, los fisuramientos y los altos costos. Por otra parte, la contaminación causada por residuos sólidos en especial la generada por las llantas usadas de automotores es un aspecto al que no se le ha dado un manejo adecuado dentro de la problemática ambiental. Para la elaboración del asfalto modificado se tuvo en cuenta las variables de proceso: temperatura de modificación, tiempo de modificación, tamaño de partícula CRL y contenido (% en peso) de CRL en el asfalto. En la selección del asfalto modificado óptimo se establecieron dos parámetros de aceptación: la viscosidad dinámica y la estabilidad al almacenamiento. Después del desarrollo de la investigación se obtuvo como resultados que el asfalto modificado con caucho (AMC) y asfalto modificado con caucho acondicionado (AMCA) óptimos por el proceso de la vía húmeda que cumplieron con los parámetros de selección, mejorando algunas de sus propiedades como la recuperación elástica por torsión, la cual se logró aumentar en un 100 y 300 por ciento para el AMCA y AMC respectivamente, lo cual indica una alta resistencia a la deformabilidad en estos asfaltos. A nivel de laboratorio, se obtuvo una relación de aprovechamiento de 285 kilogramos de llantas desechadas por cada tonelada de asfalto modificado, lo que propone una alternativa de carácter ambiental para el manejo de estos residuos sólidos.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Tereftalato de Polietileno

a) Historia

Fue producido por primera vez en 1941 por los científicos británicos Whinfield y Dickson, quienes lo patentaron como polímero para la

fabricación de fibras. Se debe recordar que su país estaba en plena guerra y existía una apremiante necesidad de buscar sustitutos para el algodón proveniente de Egipto.

A partir de 1946 se empezó a utilizar industrialmente como fibra y su uso textil ha proseguido hasta el presente. En 1952 se comenzó a emplear en forma de film para envasar alimentos. Pero la aplicación que le significó su principal mercado fue en envases rígidos, a partir de 1976. Pudo abrirse camino gracias a su particular aptitud para la fabricación de botellas para bebidas poco sensibles al oxígeno como por ejemplo el agua mineral y los refrescos carbonatados. Desde principios de los años 2000 se utiliza también para el envasado de cerveza.

b) Definición

“PET, que por sus siglas en inglés significa Polyethylene Terephthalate o Tereftalato de Polietileno corresponde a un tipo de material plástico derivado del petróleo y se caracteriza a nivel químico por presentar su fórmula como la de un poliéster aromático.” (Wikipedia, La Enciclopedia Libre, 2018).

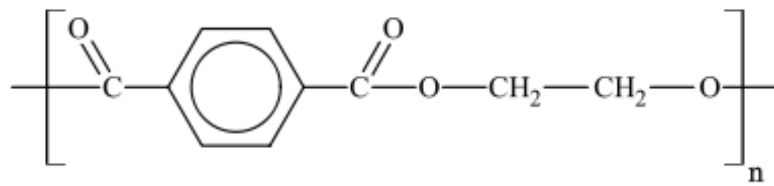
El PET, y en nuestro caso es factible de reciclar ya que corresponde al grupo de los termoplásticos, los cuales se deforman o se vuelven flexibles cuando son sometidos a temperaturas relativamente altas pudiendo alcanzar el estado líquido y consecuentemente sufrir un proceso de cristalización cuando dichas temperaturas disminuyen.

Haciendo un poco de referencia a la historia de este material, se debe su descubrimiento a los científicos británicos Whinfield y Dickson en el año 1941, los mismos que aprovecharon para patentar su invento como un polímero para la fabricación de fibras

c) Composición química del PET

El Tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilentereftalato o polietileno Tereftalato (más conocido por sus

siglas en inglés PET, Polyethylene Terephthalate) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.



d) Unidad repetitiva de PET

Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres. Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante: extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termoconformado. Para evitar el crecimiento excesivo de las esferulitas y lamelas de cristales, este material debe ser rápidamente enfriado, con esto se logra una mayor transparencia, la razón de su transparencia al enfriarse rápido consiste en que los cristales no alcanzan a desarrollarse completamente y su tamaño no interfiere (“scattering” en inglés) con la trayectoria de la longitud de onda de la luz visible, de acuerdo con la teoría cuántica.

e) Propiedades

Presenta como características más relevantes:

- Alta transparencia, aunque admite cargas de colorantes.
- Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.

- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material haya alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y en la producción de una gran diversidad de envases, especialmente en la producción de botellas, bandejas, flejes y láminas.

Los envases y botellas de PET han sido considerados, internacionalmente, como envases de excelencia por sus propiedades y características:

- Permite minimizar el uso de agua potable para el lavado de envases.
- Es un material aprobado internacionalmente para uso en productos alimenticios.
- Su producción es limpia y de bajo consumo de energía.
- Se requiere de cantidades mínimas de material para fabricar un envase, optimizando la relación de envasado (ml. Contenido / gr. de envase), lo que reduce el peso de los residuos.
- El material ofrece altos niveles de seguridad para consumidores y público en general, así como operadores de la industria y comercio.
- Permite optimizar la logística de transporte y distribución, por lo tanto, se logra disminuir las emisiones ambientales.
- Tiene gran versatilidad y su composición química es simple (no contiene halógenos).
- Los envases de PET son una gran ayuda en situaciones de desastres naturales.
- Son envases 100% reciclables.

2.2.2 Los agregados

Los agregados son componentes fundamentales para la mezcla, sus características afectan no solo las propiedades de la mezcla en estado fresco y endurecido sino también el costo del mismo. Los agregados conforman entre el 70% y el 80% del volumen de la mezcla, razón por la cual es importante conocer sus propiedades y la influencia de las mismas en las propiedades de la mezcla para optimizar no solo su uso y explotación, sino también el diseño de mezclas de concreto. Las características de los agregados en cuanto a su forma, textura y gradación influyen en la trabajabilidad, en el acabado y afectan la resistencia, la rigidez, la retracción, la densidad, la permeabilidad y durabilidad de la mezcla en estado sólido.

La importancia es al utilizar agregados finos y gruesos en una mezcla de construcción es necesario que esta muestra esté libre de impurezas y además de eso es fundamental que si estamos trabajando con un tipo de arena o grava sepamos qué porcentaje de granos son de determinado tamaño y cuáles de otro tamaño hay para que de esta manera todas estas características del material a utilizar sean tomados en cuenta en el momento de realizar el diseño de una mezcla. También las propiedades físicas y químicas de los sólidos varían en función de su distribución granulométrica. Por esta razón, para poder efectuar controles de calidad en polvos y granulados, es imprescindible conocer la distribución por tamaño de las partículas en los mismos. Sólo si la distribución granulométrica se mantiene igual, puede garantizarse una calidad constante del producto.

Una vez diseñada la mezcla los parámetros granulométricos establecidos durante el diseño deben acatarse al pie de la letra de lo contrario el diseño debe ser modificado o adaptado al tipo de granulometría obtenido.

Definición de granulometría

Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

2.2.3 El asfalto

Según Herbert Abraham, el término asfalto, se deriva del vocablo acadio asphatu o asphallo, que significa dividirse, resquebrajarse. Posteriormente, fue adoptado por los griegos como adjetivo cuyo significado es estable, seguro y al verbo estabilizar o asegurar, de donde se supone que el primer uso del asfalto en las civilizaciones antiguas es que fue utilizado en forma de cemento, para asegurar o unir objetos. Del griego pasó al latín, después al francés (asphalte) y finalmente al inglés (asphalt).

Son materiales aglomerantes sólidos o semisólidos de color que varía de negro a pardo oscuro y que se licúan gradualmente al calentarse, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se dan en la Naturaleza en forma sólida o semisólida o se obtienen de la destilación del petróleo o combinaciones de éstos entre sí o con el petróleo o productos derivados de estas combinaciones.

AÑO	USO
6000 a. C.	En Sumeria, se utilizaba en la industria de navegación. La torre de Babel es una de las tantas construcciones en donde se utilizó como mortero.
3200- 2600 a. C.	Utilizado por los egipcios para impermeabilizar.
2600- 540 a. C.	Excavaciones arqueológicas recientes indican el amplio uso del asfalto en Mesopotamia y el Valle del Indo como aglomerante para albañilería y construcción de carreteras y para capas de impermeabilización en estanques y depósitos de agua.
300 a. C.	Se emplea ampliamente en Egipto para embalsamamientos.
1802 d. C.	En Francia se emplea roca asfáltica para pavimentación de suelos, puentes y aceras.
1838 d. C.	En Filadelfia se emplea roca asfáltica importada en la construcción de aceras.
1870 d. C.	Construcción del primer pavimento asfáltico en Newark, Nueva Jersey por el profesor E. J. DeSmedt, químico belga.
1876 d. C.	Construcción del primer pavimento de tipo sheet asphalt en Washington D. C. con asfalto de lago importado.
1902 d. C.	En Estados Unidos se obtienen de la destilación del petróleo aproximadamente 120,000 barriles al año.

Figura 1: Historia del asfalto

El asfalto es un material que puede ser encontrado en la naturaleza en yacimientos naturales o a través de la destilación del crudo de petróleo. Cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se ablanda y se vuelve líquido, lo cual permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de la mezcla en caliente que se va a producir en esta investigación.

El asfalto es un material altamente impermeable, adherente y cohesivo, capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo la acción de cargas permanentes.

En su constitución química el asfalto básicamente está compuesto por varios hidrocarburos (combinaciones moleculares de hidrogeno y carbono) y algunas trazas de azufre, oxígeno, nitrógeno y otros elementos. El asfalto, cuando es diluido en un solvente como el heptano, puede separarse en dos partes principales: asfaltenos y maltenos.

Los asfaltenos no se disuelven en el heptano. Los asfaltenos una vez separados de los maltenos, son usualmente de color negro o pardo oscuro y se parece al polvo grueso de grafito. Los asfaltenos le dan al asfalto su color y dureza.

Los maltenos se disuelven en el heptano. Son líquidos viscosos compuestos de resinas y aceites. Las resinas son, por lo general, líquidos pesados de

color ámbar o pardo oscuro, mientras que los aceites son de color más claro. Las resinas proporcionan las cualidades adhesivas en el asfalto, mientras que los aceites actúan como un medio de transporte para los asfaltenos y las resinas. La proporción de los asfaltenos y maltenos en los asfaltos puede variar debido a un sin número de factores, incluyendo altas temperaturas, exposición a la luz y el oxígeno, tipo de agregado usado en la mezcla del pavimento y espesor de la película de asfalto en las partículas de agregado.

A. Producción del asfalto.

El asfalto se obtiene de la refinación por destilación del crudo de petróleo (ver Figura. 2.3). Es un proceso en el cual las diferentes fracciones (productos) son separadas fuera del crudo, por medio de un aumento en etapas de la temperatura. Existen dos procesos de destilación con los cuales puede ser producido después de haber combinado los crudos de petróleo:

B. Destilación por vacío - extracción con solventes

Las fracciones livianas se separan por destilación simple. Los destilados más pesados, mejor conocidos como gasóleos, pueden ser separados solamente mediante una combinación de calor y vacío. Puede ser producido usando destilación por vacío a una temperatura aproximada de 480°C (900°F), esta puede variar un poco dependiendo del crudo de petróleo que se esté refinando, o del grado de asfalto que se esté produciendo. En el proceso de extracción con solventes, se remueven más gasóleos del crudo, dejando así un asfalto residual.

Dependiendo del uso, es el tipo de asfalto. En las refinerías se deben tener maneras de controlar las propiedades de los asfaltos que se producen para poder cumplir con ciertos requisitos. Esto se logra la mayor parte de las veces, mezclando varios tipos de crudos de petróleo antes de procesarlos, para producir grados intermedios. Así un asfalto muy viscoso y uno menos viscoso, pueden ser combinados para obtener un asfalto con viscosidad intermedia.

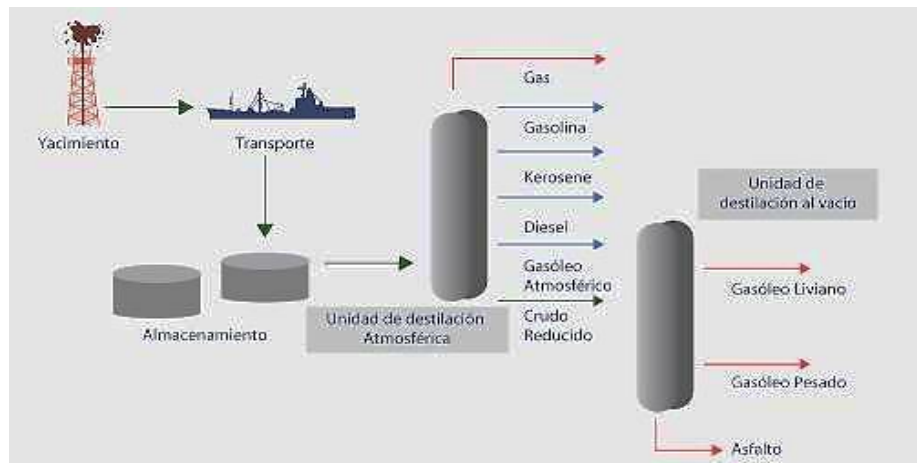


Figura 2: Proceso de refinación del petróleo para obtención del asfalto.

C. Caracterización de los materiales asfálticos.

Las propiedades y características de los materiales asfálticos dependen de su estructura y composición química; pero dada su gran complejidad, estos materiales se caracterizan mediante ensayos empíricos para valorar las propiedades que tiene que poseer para emplearse como ligantes en obra de carreteras.

Las propiedades fundamentales que tiene que poseer los asfaltos para su empleo en carretera son:

Carácter termoplástico: por acción de la temperatura su consistencia debe disminuir de manera que sean capaces de "mojar" y envolver los áridos. Al enfriarse debe adquirir la consistencia primitiva y dar cohesión a la mezcla.

Buen comportamiento mecánico y reológico para resistir las tensiones impuestas por el tráfico y poder mantener a las temperaturas de servicio, la estructura de la mezcla asfáltica.

Resistir al envejecimiento frente a los agentes atmosféricos y condiciones ambientales para conservar sus propiedades con el tiempo. Es decir, que las propiedades fundamentales que deben poseer los

asfaltos para emplearse en carreteras son: adhesividad a los áridos, buen comportamiento reológico y resistencia al envejecimiento.

2.2.4 Método de diseño Marshall

El concepto de este método fue desarrollado por Bruce Marshall, ingeniero del estado de Mississippi. En su forma actual surgió de una investigación iniciada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1943. Su propósito es determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. El método también provee información sobre propiedades de la mezcla asfáltica en caliente y establece densidades y contenidos óptimos de vacíos que deben ser cumplidos durante la construcción del pavimento. El método Marshall solo se aplica a mezclas asfálticas (en caliente) de pavimentación, que usan cemento asfáltico clasificado por penetración o viscosidad y que contienen agregados con tamaño máximo de 25mm (1 pulgada). Puede ser usado para el diseño en laboratorio o para el control de campo de pavimentos. Se deben utilizar probetas 64×102 mm de diámetro. Una serie de muestras, cada una con la misma combinación de agregados, pero con diferente contenido de asfalto, son preparadas de acuerdo a procedimientos específicos. Los dos datos más importantes del diseño de mezclas del método Marshall son:

- Análisis de la relación vacíos- densidad
- Prueba de estabilidad- flujo de las muestras compactadas.

A continuación, se presenta la metodología seguida en el diseño realizado.

a. Caracterización de agregados

- Porcentaje de caras fracturadas en los agregados (ASTM D 5821-95).
- Equivalente de arena (ASTM D-2419).
- Abrasión de agregado grueso en la máquina de los Ángeles (ASTM-131).
- Determinación del peso específico del agregado fino (ASTM D-128).

- Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM D-127).
- Análisis granulométrico (ASTM D-422).
- Partículas planas y alargadas (ASTM D-4791).

b. Caracterización de asfaltos

ENSAYOS	60-70		85-100	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Betún original				
Viscosidad a 135°C Saybolt-Furol,SSF	100	–	85	–
Penetración (25°C,100gr,5s)mm/10	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C	48	57	45	63
Índice de penetración(*)	-1.5	+1,5	-1.5	+1,5
Ductilidad (25°C,5 cm/min),cm	100	–	100	–
Contenido de agua(en volumen),%	–	0,2	–	0,2
Solubilidad en Tricloroetileno,%	99	–	99	–
Punto de inflamación, Copa Clevelan, °C	232	–	232	–
Densidad relativa, 25°C /25°C	1,00	–	1,00	–
Ensayo de la mancha(**)	NEGATIVO		NEGATIVO	
Contenido de parafinas,%	–	2,2	–	2,2

Figura 3: Requisitos de los Cementos asfálticos según especificaciones

c. Elaboración de probetas de ensayo

Cada una contiene una diferente cantidad de asfalto, las muestras son preparadas de la siguiente manera:

- El asfalto y los agregados se calientan y se mezclan hasta que todas las partículas estén revestidas de asfalto. Para simular el proceso de calentamiento y mezclado que ocurre en la planta.
- Luego de haber mezclado, es colocada en los moldes Marshall para después compactarlas con el martillo.
- Las probetas son compactadas mediante golpes del martillo. El número de golpes que se darán para este caso en esta investigación será de 75 ya que se trata de modificar una mezcla asfáltica para tráfico pesado. Luego de esto, se deja enfriar las briquetas y posteriormente son extraídas de los moldes.

- Después de que las probetas han sido preparadas se procede a determinar el peso específico total, medir la estabilidad, la fluencia Marshall, analizar la densidad y el contenido de vacíos de cada una.

d. Caracterización de materiales granulares

Agregado mineral

Conocido como roca, material granular o agregado mineral es cualquier material duro e inerte utilizado en forma de partículas graduadas o fragmentos, como parte de un pavimento asfáltico. Los agregados típicos incluyen arena, grava, piedra triturada, escoria y polvo de roca.

Agregado grueso

Porcentaje de caras fracturadas en los agregados (ASTM D 5821-95). El propósito de este ensayo es de maximizar la resistencia al esfuerzo cortante con el incremento de la fricción entre las partículas. Otro propósito es dar estabilidad a los agregados empleados para carpeta o afirmado; y dar fricción y textura a agregados empleados en pavimentación.

La forma de las partículas de los agregados puede afectar la trabajabilidad durante su colocación; así como la cantidad de fuerza necesaria para compactarla a la densidad requerida y la resistencia de la estructura del pavimento durante su vida de servicio.

Las partículas irregulares y angulares generalmente resisten el desplazamiento en el pavimento, debido a que se entrelazan al ser compactadas. El mejor entrelazamiento se da, generalmente, con partículas de bordes puntiagudos y de forma cúbica, producidas, casi siempre por trituración.

Este ensayo describe la determinación del porcentaje, en peso, de una muestra de agregado grueso que presenta una, dos o más caras fracturadas.

El número especificado de caras fracturadas, se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación N°1: Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas.

$$P = \left[\frac{F + Q/2}{F + Q + N} \right] * 100$$

Dónde:

P = Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas.

F =Peso o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturadas.

Q =Peso o cantidad de partículas cuestionables.

N =Peso o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas que no cumplen el criterio de fractura.

Abrasión de agregado grueso máquina de los Ángeles

El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la máquina de Los Ángeles.

Los agregados deben ser capaces de resistir el desgaste irreversible y degradación durante la producción, colocación y compactación de las obras de pavimentación, y sobre todo durante la vida de servicio del pavimento.

Por otro lado, los agregados transmiten los esfuerzos a través de los puntos de contacto donde actúan presiones altas. El Ensayo de Desgaste de Los Ángeles,

ASTM C-131 ó AASHTO T-96 y ASTM C-535, mide básicamente la resistencia de los puntos de contacto de un agregado al desgaste y/o a la abrasión.

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje de desgaste, calculándose como la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra de ensayo con respecto al peso inicial.

Ecuación N°1. Porcentaje de desgaste.

$$\%deDesgaste = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} * 100$$

Entre menor sea el porcentaje de desgaste obtenido en el ensayo, mayor será la resistencia de los materiales para soportar la abrasión producida por efecto de las cargas del tránsito vehicular. El desgaste máximo permisible es de 35%. De acuerdo a la graduación del material existen 4 tipos de abrasión.

TIPO	RETENIDO	PESO (gr.)	No. DE ESFERAS	REVOLUCIONES	TIEMPO (min.)
A	1", 3/4", 1/2" y 3/8"	1250 ±10	12	500	17
B	1/2" y 3/8"	2500 ±10	11	500	17
C	1/4" y #4	2500 ±10	8	500	17
D	#8	2500 ±10	6	500	17

Figura 4: Tipos de abrasión

Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso

El ensayo tiene por objeto la determinación del peso específico aparente y del peso específico "bulk", lo mismo que la cantidad de agua que se absorbe en el agregado grueso cuando se sumerge en agua por un periodo de 24 horas, expresada como un porcentaje en peso.

Las cantidades mínimas para ensayo se indican en la Tabla 3, en función del tamaño máximo nominal del agregado.

Tamaño máximo nominal		Cantidad mínima de muestra
mm	(pulg)	kg
hasta 12.5	1/2	2
19.0	3/4	3
25.0	1	4
37.5	1 1/2	5
50.0	2	8
63.0	2 1/2	12
75.0	3	18
90.0	3 1/2	25

Figura 5: Cantidades mínimas para ensayo según el tamaño nominal

Las ecuaciones utilizadas para calcular el peso específico y la absorción:

Ecuación N° 3: Peso Específico “Bulk”

$$PE_{bulk} = \frac{A}{B - C}$$

Ecuación N° 4: Peso Específico Aparente

$$PE_a = \frac{A}{A - C}$$

Ecuación N° 5: Peso Específico Saturado

$$PE_s = \frac{B}{B - C}$$

Ecuación N° 6: Peso Específico Absorción

$$\% \text{Absorción} = \frac{B - A}{A}$$

Dónde:

A = Peso del material seco en horno.

B = Peso del material saturado con superficie seca.

C = Peso del material en el agua.

Partículas planas y alargadas

Las partículas planas y alargadas son definidas respectivamente, como aquellas partículas cuya dimensión última es menor que 0.6 veces su dimensión promedio y aquellas que son mayores 1.8 veces la dimensión promedio. Para el propósito de esta prueba, la dimensión promedio se define como el tamaño medio entre las dos aberturas 1” a 3/4”, 3/4” a 1/2”, 1/2” a 3/8”, etc. entre las que los agregados son retenidos al ser tamizados.

Después de haber sido cribados por la malla de abertura cuadrada y de dos mallas respectivamente, las partículas planas pueden ser separadas rápidamente pasándolas por cribas con ranuras, pero en este caso, se necesita un tipo de criba para cada tamaño. El porcentaje por peso de

las partículas planas y alargadas se le designa con el nombre de índice de aplanamiento e índice de alargamiento.

Ecuación N°7: Índice de Aplanamiento

$$IAP(\%) = \frac{P_i}{W_i} * 100$$

Ecuación N° 08: Índice de Aplanamiento

$$IAL = \frac{R_i}{W_i} * 100$$

Dónde:

P_i = Peso de las partículas que pasan por la ranura correspondiente. W_i
= Peso inicial de esa fracción.

R_i = Peso de las partículas que se retienen en la ranura correspondiente.

El valor correspondiente al índice de alargamiento e índice de aplanamiento se redondeará al inmediato entero superior.

Agregado fino

Equivalente de arena (ASTM D-2419). Este método de ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y características del material fino presente en una muestra de ensayo formado por suelo granular que pasa el tamiz N°4 (4.75 mm). El término “Equivalente de Arena” transmite el concepto que la mayoría de los suelos granulares y agregados finos son mezcla de partículas gruesas, arenas y generalmente finos.

Para determinar el porcentaje de finos en una muestra, se incorpora una medida de suelo y solución de cloruro de calcio (Ca Cl₂) en una probeta plástica graduada que luego de ser agitada separa el recubrimiento de finos de las partículas de arena; después de un período de tiempo, se pueden leer las alturas de arcilla y arena en la probeta. El equivalente de arena es la relación de la altura de arena respecto a la altura de arcilla, expresada en porcentaje.

Determinación del peso específico del agregado fino

Este ensayo tiene como objetivo la determinación del peso específico aparente, lo mismo que la cantidad de agua que se absorbe en el agregado fino cuando se sumerge en agua por un periodo de 24 horas, expresada como un porcentaje en peso.

El peso específico aparente es la relación entre el peso al aire del sólido y el peso del agua correspondiente a su volumen aparente.

El procedimiento para realizar este ensayo es el descrito en la norma ASTM D-128.

Las ecuaciones utilizadas para calcular el peso específico y la absorción:

Ecuación N°9: Peso específico Aparente.

$$PE = \frac{A}{A + B - C}$$

Ecuación N° 10: Absorción

$$\% \text{Absorción} = \frac{500 - A}{A}$$

Dónde:

PE = Peso específico.

A = Peso del material seco en horno.

B = Peso del matraz lleno con agua a 20 °C.

C = Peso del matraz + agregado + agua a 20°C.

Análisis granulométrico

El análisis granulométrico tiene como objeto, que las partículas de agregado estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño de partículas esté presente en la mezcla de pavimentación en ciertos porcentajes.

Esta distribución de varios tamaños e partículas dentro del agregado es comúnmente llamada graduación del agregado o graduación de la mezcla.

El método utilizado para determinar la graduación de los agregados es por tamizado seco, el mismo que tiene las siguientes características:

- Las muestras para el tamizado son reducidas por medio de un “cuarteador” de muestras.
- Los materiales finos y gruesos son separados utilizando un tamiz de 2.36 mm (N°8).
- Las muestras son secadas en el horno hasta un peso constante.
- Las muestras finas y las muestras gruesas son tamizadas separadamente.
- El peso de las fracciones (porciones) retenidas en cada tamiz, y el platón que esta al final de los tamices, es registrado, así como la graduación de cada muestra (parte fina y parte gruesa).

Para la elaboración de la mezcla asfáltica de investigación se va a trabajar con los agregados de la Cantera del Puente Breña – Pilcomayo que cumplen con las exigencias de calidad requeridas en las especificaciones. La granulometría a utilizarse está expuesta de acuerdo a la figura 6.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾"	½"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	—	—	—
¾" (19.0 mm.)	90-100	100	—	—
½" (12.7 mm.)	—	90-100	100	—
3/8" (9.50 mm.)	56-80	—	90-100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35-65	44-74	55-85	80-100
Nº 8 (2.36 mm.)	23-49	28-58	32-67	65-100
Nº 16 (2.36 mm.)	—	—	—	40-80
Nº 30 (0.60 mm.)	—	—	—	25-65
Nº 50 (0.30 mm.)	5-19	5-21	7-23	7-40
Nº 100 (0.15 mm.)	—	—	—	3-20
Nº 200 (0.075 mm.)	2-8	2-10	2-10	2-10

Figura 6: Requisitos granulométricos para mezclas asfálticas en planta según especificaciones

e. Ensayo de estabilidad y flujo

El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformidad de mezcla.

Procedimiento:

- Se colocan las probetas en un baño de agua durante 30 o 40 minutos o en el horno durante 2 horas, manteniendo el baño o el horno a $60^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{ C}$ ($140^{\circ} \pm 1.8^{\circ} \text{ F}$).
- Se limpian perfectamente las barras guías y las superficies interiores de las mordazas de ensayo antes de la ejecución de éste, y se lubrican las barras guías de tal manera que la mordaza superior se deslice libremente. La temperatura de las mordazas se deberá mantener entre 21.1° C y 37.8° C (70° F a 100° F), empleando un baño de agua cuando sea necesario.
- Se retira una probeta del baño de agua u horno y se coloca centrada en la mordaza inferior; se monta la mordaza superior con el medidor de deformación y el conjunto se sitúa centrado en la prensa.
- Se coloca el medidor de flujo en posición, se ajusta a cero, y se mantiene su vástago firmemente contra la mordaza superior mientras se aplica la carga de ensayo.
- Se aplica, a continuación, la carga sobre la probeta con la prensa a una carga de deformación constante de 50.8 mm (2") por minuto, hasta que ocurra la falla, es decir cuando se alcanza la máxima carga y luego disminuye, según se lea en el dial respectivo. Se anota el valor máximo de carga registrado en la máquina de ensayo o, si es el caso, la lectura de deformación del dial indicador, la cual se convierte a carga, multiplicándola por la constante del anillo. El valor total en Newtons (kgf) que se necesite para producir la falla de la muestra se registrará como su valor de Estabilidad Marshall.
- Si el espesor de la probeta es diferente de 63.5 mm, el valor registrado de Estabilidad Marshall deberá ser corregido, multiplicándolo por el factor que corresponda. Se anota la lectura en el medidor de flujo en el instante de alcanzar la carga máxima. Este será el valor del "flujo" para la probeta, expresado en mm, e indica la disminución de diámetro que sufre la probeta entre la

carga cero y el instante de la rotura. El procedimiento completo, a partir de la sacada de la probeta del baño de agua, se deberá completar en un período no mayor de 30 segundos.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **ABRASIÓN:** Significa “Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto”.
- **ABRASIVO:** es “cualquier roca, mineral u otra sustancia que, debido a su superior dureza, tenacidad, consistencia u otra propiedad, es apropiado para moler, afilar, cortar, frotar u otro uso similar”.
- **ABSORCIÓN:** Fluido que es retenido en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas, etc.).
- **AGREGADO:** Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.
- **AGREGADO ANGULAR:** Agregados que poseen bordes bien definidos formados por la intersección de caras planas rugosas.
- **AGREGADO BIEN GRADUADO:** Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral y que se encuentra centrado a una curva granulométrica “huso” especificada.
- **AGREGADO DE GRADACIÓN ABIERTA:** Agregado que contiene poco o ningún relleno mineral, y donde los espacios de vacíos en el agregado compactado son relativamente grandes.
- **AGREGADO FINO:** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.
- **AGREGADO GRUESO:** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).
- **AGREGADO REACTIVO:** Material que contiene sustancias capaces de reaccionar químicamente con los productos de solución o hidratación del

cemento Pórtland en morteros y/o concretos bajo condiciones ordinarias de exposición, dando como resultado en algunos casos expansión perjudicial, rajaduras o manchado.

- **AGREGADO RECICLADO:** Material graduado según especificaciones resultante del procesamiento de materiales de construcción recuperados y complementados con otros faltantes.
- **AHUELLAMIENTO:** Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.
- **ASFALTO:** Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.
- **ASFALTO DE CURADO LENTO (SC):** Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y aceites de baja volatilidad.
- **ASFALTO DE CURADO MEDIO (MC):** Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y un diluyente tipo kerosene de volatilidad media.
- **ASFALTO DE CURADO RÁPIDO (RC):** Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y un diluyente tipo nafta o gasolina de alta volatilidad.
- **ASFALTO DE IMPRIMACIÓN:** Asfalto fluido de baja viscosidad (muy líquido) que por aplicación penetra en una superficie no bituminosa
- **ASFALTO MODIFICADO:** Producto de la incorporación de un polímero u otro modificador en el asfalto para mejorar sus propiedades físicas y geológicas como la disminución de la susceptibilidad a la temperatura y a la humedad.
- **CEMENTO ASFÁLTICO:** Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos.
- **CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD:** Documento que permite conocer los resultados de ensayos de laboratorio o de campo, durante el proceso constructivo de una carretera.

- **DUCTILIDAD:** Propiedad de una sustancia de ser estirada o estrechada en forma delgada. Aun cuando la ductilidad se considera como una característica importante del cemento asfáltico en muchas de sus aplicaciones, la presencia o ausencia de ductilidad es generalmente considerada más importante que el mismo grado de ductilidad.
- **DURABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO:** Propiedad de una mezcla asfáltica de pavimentación para resistir desintegración por efectos ambientales o de tráfico. Los efectos ambientales incluyen cambios en las características del asfalto, tales como oxidación y/o volatilización y en el agregado debido a la acción del agua, incluyendo congelamiento y deshielo
- **DUREZA:** Resistencia superficial que presentan los materiales a ser rayados.
- **ENSAYO MARSHALL:** Procedimiento para obtener el contenido de asfalto y diferentes parámetros de calidad de una mezcla bituminosa.
- **EXUDACIÓN DEL ASFALTO:** Flujo de asfalto hacia arriba en un pavimento asfáltico, resultando en una película de asfalto sobre la superficie.
- **GRADOS DE PENETRACIÓN:** Sistema de Clasificación de los cementos asfálticos basado en la penetración a una temperatura de 25°C. Existen grados patrones de clasificación tales: 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 y 200-300.
- **GRADOS DE VISCOSIDAD:** Sistema de clasificación de cementos asfálticos basado en rangos de viscosidad a una temperatura de 60°C (140°F). Usualmente también se especifica una viscosidad mínima a 135°C (275°F). El propósito es de establecer valores límites de consistencia a estas dos temperaturas. Los 60°C (140°F) se aproximan a la máxima temperatura de servicio de la superficie del pavimento asfáltico. Los 135°C (275°F) se aproximan a la temperatura de mezclado y colocación de pavimentos de mezclas en caliente. Existen cinco grados de cemento asfáltico basado en la viscosidad del asfalto original a 60°C (140°F).
- **GRANULOMETRÍA:** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.
- **GRAVA:** Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

- PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO: Pavimento asfáltico resultante de la mezcla asfáltica antigua recuperada mediante fresado y con adición de asfalto, agregados y de ser el caso aditivo, según diseño.
- PAVIMENTO FLEXIBLE: Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.
- POLIETILENTEREFTALATO: El PET es una resina plástica derivada del petróleo que pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados Poliéster, es un termoplástico lineal y con excelentes propiedades intrínsecas.
- SUPERFICIE DE RODADURA: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.
- TAMIZ: Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.
- VISCOSIDAD: Medida de la resistencia al flujo. Es un método usado para medir la consistencia del asfalto.
- VISCOSIDAD ABSOLUTA: Método usado para medir viscosidad usando el poise como la unidad de medida. Este método hace uso de un vacío parcial para inducir flujo en el viscosímetro.
- VISCOSIDAD CINEMÁTICA: Método usado para medir viscosidad, usando el STROKE como la unidad de medida.
- VOLUMEN DE VACÍOS: Cantidad total de espacios vacíos en una mezcla compactada.

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 Hipótesis general

La medida en la que se modifica la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato, es en la resistencia de 1088 Kgf, mientras que para la deformación es de 3.6 mm.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a. La cantidad óptima de cemento asfáltico en una mezcla asfáltica con polietilentereftalato, es de 6%.

- b. La dosificación óptima de polietilentereftalato en una mezcla asfáltica, es de 8%.
- c. La variación de la estabilidad y fluencia o flujo de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato, 0.7 mm, lo que representa un incremento del 19% respecto al convencional.

2.5 VARIABLES

2.5.1 Definición conceptual de las variables

a) Variable Independiente (X)

El Polietilentereftalato (PET): Producto para la incorporación a la mezcla asfáltica en las distintas muestras y mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, como el incremento a la resistencia y disminución a la deformación de los pavimentos de asfálticos.

b) Variable Dependiente (Y)

La Resistencia y La Deformación de una Mezcla Asfáltica: Características de las propiedades de los materiales utilizados en una mezcla asfáltica, de acuerdo a procedimientos y especificaciones indicados con su respectiva norma, se efectuaron ensayos sobre las mezclas convencionales y mezclas modificadas utilizando el diseño Marshall, para todas las muestras.

2.5.2 Definición operacional de las variables

V1: Polietilentereftalato, para la ejecución de la investigación se procedió a adquirir botellas de plástico en trozos inferiores al $\frac{3}{4}$ ".

V2: Resistencia y Deformación de una Mezcla Asfáltica, para el cálculo de los valores de la estabilidad y flujo se utilizó el ensayo Marshall.

2.5.3 Operacionalización de las variables

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Escala
Polietilentereftalato (PET)	Independiente	Se le conoce como un plástico de ingeniería, pero en los últimos años se ha vuelto un plástico commodity por el consumo en grandes cantidades de este producto.	Cantidad óptima de cemento asfáltico	Peso de PET a utilizar Unidad: Gramos	Gr.
Resistencia y Deformación	Dependiente	La resistencia de un elemento se conceptualiza como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.	Dosificación óptima de polietilentereftalato Variación de la estabilidad	Kilogramos/fuerza Milímetros	Kg. Mm

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se utilizó como método general al Método Científico y como métodos específicos: descriptivo y comparativo.

Según Bernal (2006), basándose en Bunge (1990), el método científico es el conjunto de etapas y reglas que señalan el procedimiento para llevar a cabo una investigación cuyos resultados sean aceptados como válidos para la comunidad científica.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo aplicada, para Oseda (2000, p.67), este tipo de investigación se emprende, para acumular información o para formular una teoría, persigue la generalización de sus resultados con la perspectiva de desarrollar una teoría científica, basada en principios y leyes. Se busca el progreso científico, al acrecentar los conocimientos teórico.

3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación fue descriptivo, que es el segundo nivel de la investigación científica, llamado también nivel de investigación diagnóstica, permite acopiar o levantar datos e informaciones para explicar las características, propiedades, atributos, composición, tipologías, conexiones periféricas, aparición, frecuencia, desarrollo y cualidades básicas internas o externas y más importantes del hecho, fenómeno o problema referente a su origen, aparición, condiciones, circunstancias, desarrollo y frecuencia en que se presenta.

Asimismo, la investigación fue de tipo Explicativo, en la que se evaluó la causa y efecto de la variable independiente sobre la dependiente, mediante el cual se pudo lograr obtener los resultados requeridos.

3.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación, fue el experimental puro, en el que se manipula la variable independiente para observar sus efectos en la variable dependiente en una situación de control.

3.5 POBLACIÓN

La población estuvo representada por los pavimentos flexibles existentes en la ciudad de Huancayo, las cuales se encuentran deterioradas y deformadas a través del tiempo en lugares vulnerables a distintos factores. Por lo que se estableció en la provincia y distrito de Huancayo.

3.6 MUESTRA

La muestra, es en esencia, un subgrupo de la población. Digamos es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.

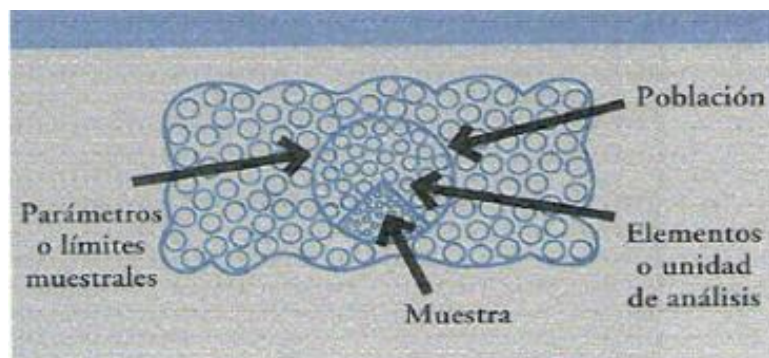


Figura 7: Ilustración de una muestra a tomar

Fuente: Roberto Hernández Sampiere. Metodología de la investigación científica -2015

- Para este caso se consideró un muestreo probabilístico aleatorio simple.
- En la presente investigación se aplicó un criterio discrecional e intencional.
- Los ensayos que se realizarán para la investigación estarán propuestos por dos ensayos de Marshall, una con la dosificación convencional de una mezcla asfáltica (cemento asfáltico, filler, agregado fino y grueso) y el otro con

dosificaciones distintas de polietilentereftalato (PET) agregadas a la mezcla asfáltica, para la obtención de los valores adecuados.

Muestra	Descripción
Ensayo 1	Análisis de la mezcla asfáltica convencional
Ensayo 2	Proporciones de PET a la cantidad de asfalto óptimo calculado.

3.7 Muestreo

El muestreo que se utilizó en el desarrollo de la presente investigación fue el muestreo no probabilístico – intencional, tomando en cuenta que el investigador tiene conocimiento de la población, por lo que evaluará las categorías o elementos que se pueden considerar como tipo representativo del fenómeno que se estudia. Tamayo y otros (1998-65)

3.8 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos se da en función a los datos obtenidos de los ensayos normativos en laboratorio, para lo cual se elabora una ficha de recolección de datos, donde se consignará los resultados de cada propiedad de la mezcla asfáltica, así como los valores de los componentes de ingreso de la mezcla asfáltica.

3.9 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Pruebas de laboratorio utilizando el ensayo Marshall, el cual es un ensayo validado y ampliamente utilizado en la industria del asfalto.

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

Autor : Bruce Marshall (1943)
Procedencia : Estados Unidos de Norteamérica
Adaptación Peruana : Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de Ensayos de Materiales, Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas.
Ciudad : Lima

Institución Local	: Inversiones Generales Centauro Ingenieros S.A.C.
Formas	: Completa
Aplicación	: Mezclas Asfálticas en Caliente.
Propósito	: Determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. También provee información sobre propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, establece densidades y contenidos óptimos de vacíos que deben ser cumplidos durante la construcción de pavimentos.
Tipificación	: Baremos Peruanos
Usos	: Diseño y análisis del comportamiento de mezclas bituminosas

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 ENSAYOS DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO

Para iniciar el agregado seleccionado para realizar los análisis de granulometría fueron obtenidos de la cantera del Río Mantaro Pilcomayo – Puente Breña, del cual se cogió una muestra total de 200 Kg de agregado grueso y 150 Kg de agregado fino, para realizar las diversas pruebas de calidad y cumplimiento eficiente de la norma técnica peruana.

a) Ensayo del peso específico de los agregados

En este ensayo se determinó el peso específico (gravedad específica) es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en la mezcla asfáltica que son proporcionadas y analizadas en base al volumen. Según el manual de ensayos de materiales MTC E 205 - MTC E 206. (Anexo B-01)

Tabla 1: Propiedades físicas de los agregados

Descripción		Cantidad (kg/cm³)
Agregado Fino	Peso específico nominal	2.677
Agregado Grueso	Peso específico nominal	2.646

Fuente: Ensayo de laboratorio en Centauro Ingenieros S.A.C. Nov. 2017



Foto 1: Agregados para la en ensayo de peso específico

b) Ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas en el agregado fino

Este análisis se realizó con la finalidad proporcionar una advertencia sobre el posible contenido de impurezas orgánicas perjudiciales, las cuales menoscaban la hidratación del cemento y el desarrollo consecuente de la resistencia del concreto, para ello se lleva a cabo la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio, que detalla la norma MTC E 213. (Anexo B-02)

Tabla 2: Impurezas orgánicas en el agregado fino

Color Gardner Estándar N°	Placa Orgánica N°
5	1
8	2
11	3
13	4
16	5

Fuente: Ensayo de laboratorio en Centauro Ingenieros S.A.C. Nov. 2017



Foto 2: Prueba colorimétrica de la arena

La prueba colorimétrica nos indica que el agregado fino tiene un mínimo de impurezas orgánicas, estando muy por encima del estándar.

c) Ensayo para la cantidad de sales solubles en agregados

La finalidad de este ensayo es determinar el contenido de cloruros y sulfatos, orientada a evitar la corrosión por presencia de sales solubles, los que acortan la vida útil del asfalto. (Anexo B-03)

Tabla 3: Cantidad de sales solubles del agregado fino y grueso

Material	Porcentaje	PPM
Agregado fino	0.06 %	602
Agregado grueso	0.04 %	357

Fuente: Ensayo de laboratorio en Centauro Ingenieros S.A.C. Nov. 2017



Foto 3: Verificación de la cantidad de sales de los agregados

d) Ensayo estándar para el valor equivalente de arena

Este ensayo que presenta mucha importancia en el diseño de mezclas asfálticas debido a que la presencia de materiales granulares finos, en especial las arcillas, pueden alterar drásticamente el comportamiento mecánico de un pavimento, así como su durabilidad. En términos generales nos permite conocer la proporción de arcillas, impurezas y otras sustancias contenidas en una muestra de agregado fino.

Tiene como objetivo indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de arcillas, finos plásticos y polvo presente en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz #4 (4.75mm a 2.36mm). En términos generales se libera de recubrimiento de arcillas adheridos a las partículas de arena mediante se suspensión en una solución coagulante que favorece el proceso de separación. (Anexo B-04)

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = 100 \times \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura e arcilla}}$$

Equivalente arena = 66.42%

Esto indica que existe 66.42% de arena no contaminada de acuerdo a la norma el límite permitido es de 45%.



Foto 4: Agregado Fino para el cálculo de equivalente de arena

e) Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio de los agregados

Este ensayo tiene por finalidad de determinar la resistencia de los agregados grueso y fino a la desintegración mediante soluciones saturadas de sulfatos de magnesio, establecida en la norma MTC 209 – 2016. (Anexo B-05)

Tabla 4: Perdidas del agregado fino y grueso

Material	Perdida (%)
Agregado fino	12.000 %
Agregado grueso	6.303 %

Fuente: Ensayo de laboratorio en Centauro Ingenieros S.A.C. Nov. 2017

El resultado obtenido del ensayo nos muestra que los agregados soportaran la desintegración a los sulfatos por lo que están dentro de los rangos establecidos permisibles en el agregado fino y el agregado grueso.



Foto 5: Muestras tomadas para en ensayo

f) Ensayo de abrasión de los ángeles

Abrasión es la acción mecánica de desgaste o erosión provocado por el rozamiento de un material cualquiera con otro. El coeficiente dado por este ensayo presenta estrecha relación con la capacidad resistente del material considerado; adquiere mucha importancia en áridos considerados para la elaboración de hormigones asfálticos.

Esta prueba tiene como objetivo medir el desgaste producido por una combinación de impacto y rozamiento superficial en una muestra de agregado grueso según la norma.

La gradación que se aplicó en este ensayo es la “B” (Anexo B-06)

Tabla 5: Desgaste del agregado grueso

Pasa	Retiene	Gramos
3/4”	1/2”	2500
1/2”	3/8”	2500

500 revoluciones en 15 min	
Peso que pasa tamiz N° 12	593
DESGASTE	11.86%

Fuente: Ensayo de laboratorio en Centauro Ingenieros S.A.C. Nov. 2017

Con este resultado se puede afirmar que existe poco desprendimiento de material fino lo que significa que es un material resistente, lo cual va acorde con la granulometría obtenida para el agregado grueso mostrado anteriormente.



Foto 6: Maquina de los Ángeles para el ensayo

g) Ensayo de Límite de Attemberg (malla 40 y 200)

Este ensayo nos muestra el contenido de humedad natural en el agregado fino para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2 μ m para determinar su número de actividad. Se puede definir el índice de plasticidad del agregado fino como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico. (Anexo B-07) $I.P. = L.L. - L.P.$

Tabla 6: Ensayo del índice de plasticidad

Estado	Resultado
Límite líquido	No se presenta
Límite plástico	No se presenta
Índice plástico	No se presenta

Fuente: Ensayo de laboratorio en Centauro Ingenieros S.A.C. Nov. 2017

En el ensayo que se realizó al agregado fino no se presenta ningún límite, de forma que no se puede obtener el índice de plasticidad.



Foto 7: Muestra de agregado fino para obtener los límites

h) Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

En este ensayo se determinó la gradación de los agregados por medio de varias series de tamices con la distribución de partículas pasantes y retenidas en cada tamiz de los agregado fino y agregado grueso de una muestra seca. (Anexo B-08)

Tabla 7: Granulometría del agregado fino

TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO FINO			
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	% PARCIAL RETENIDO	% PASANTE
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.53	0.0	0.0	0.0	100.0
# 4	4.75	135.0	135.0	15.6	84.4
# 10	2.00	0.0	135.0	15.6	84.4
# 40	0.425	122.0	257.0	29.8	70.2
# 80	0.18	165.0	422.0	48.9	51.1
# 200	0.08	199.0	621.0	72.0	28.0
< # 200		242.0	863.0	100.0	0.0
PESO TOTAL		863.0			

Tabla 8: Granulometría del agregado grueso

TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO			
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	% PARCIAL RETENIDO	% PASANTE
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.05	523.8	523.8	19.0	81.0
1/2"	12.70	1638.8	2162.6	78.4	21.6
3/8"	9.53	402.9	2565.5	93.1	6.9
# 4	4.75	189.0	2754.5	99.9	0.1
# 10	2.00	2.4	2756.9	100.0	0.0
# 40	0.43	0.0	2756.9	100.0	0.0
# 80	0.18	0.0	2756.9	100.0	0.0
# 200	0.08	0.0	2756.9	100.0	0.0
< # 200		0.0	2756.9	100.0	0.0
PESO TOTAL		2756.9			

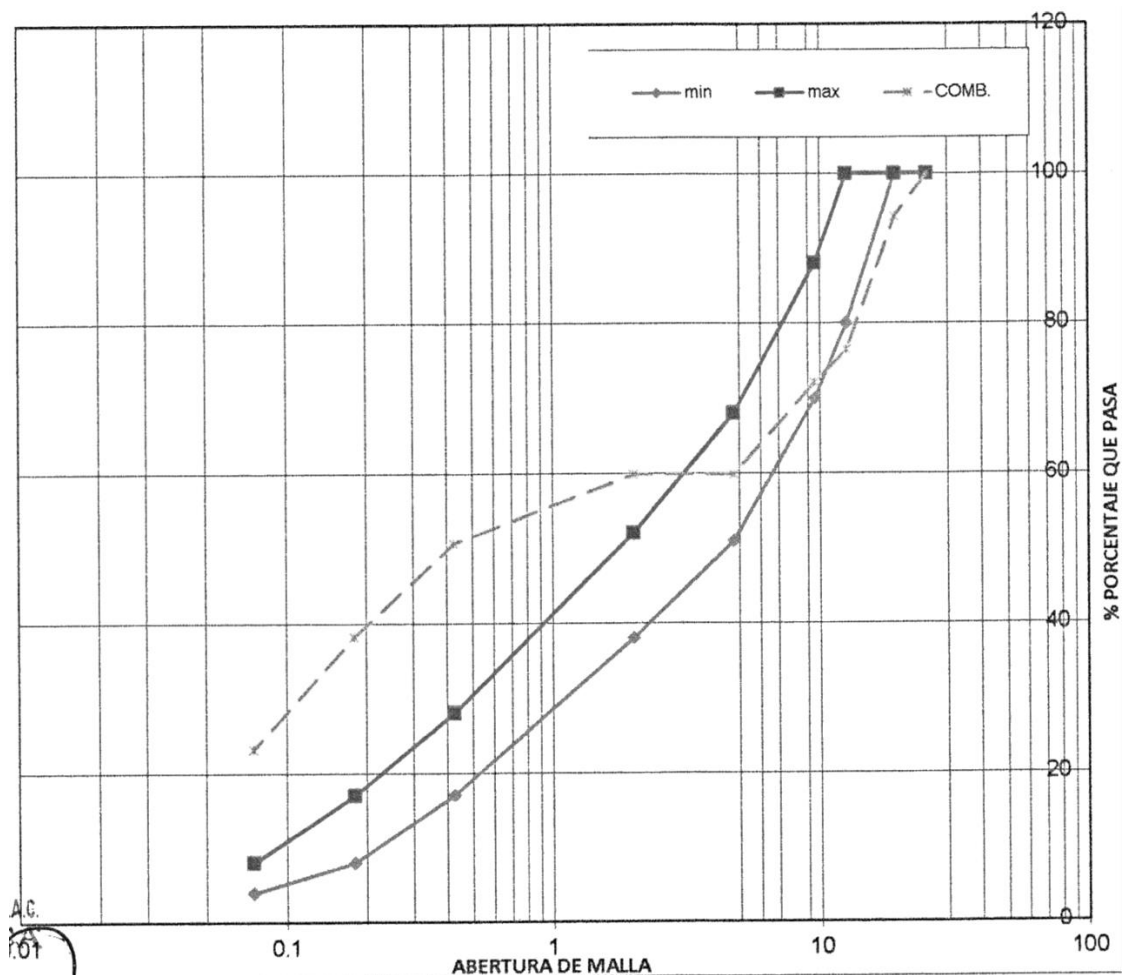


Figura 8: Gráfico de la granulometría de del agregado grueso



Foto 8: Tamizando los agregados en laboratorio

i) Ensayo de Riedel Weber

La finalidad de este ensayo es para determinar el grado de adherencia entre el agregado fino – cemento asfáltico. (Anexo B-09)

Tabla 9: Parámetros de adhesividad en el ensayo

MOLARIDAD	G de Na₂ CO₃/1 Disolución	GRADO
H ₂ O destilada		0
M/256	0.414	1
M/128	0.828	2
M/64	1.656	3
M/32	3.312	4
M/16	6.625	5
M/8	13.25	6
M/4	26.5	7
M/2	53.0	8
M/1	106.0	9

Fuente: Ensayo de laboratorio en Centauro Ingenieros S.A.C. Nov. 2017

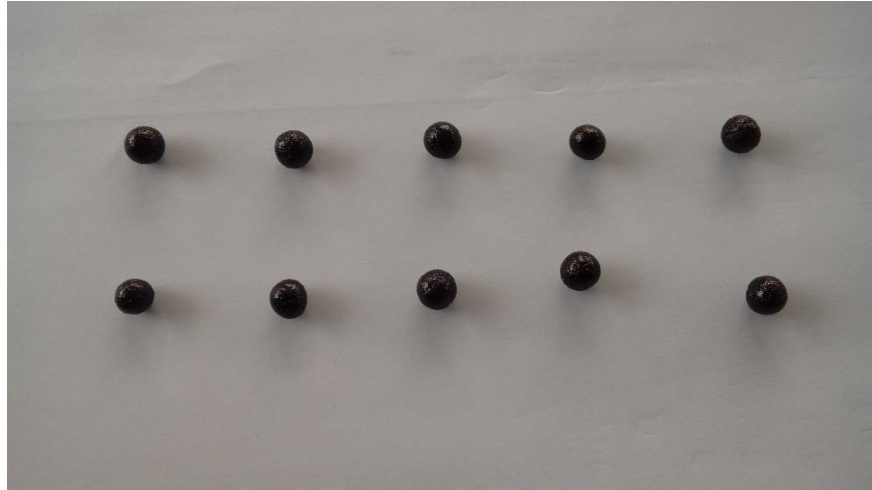


Foto 9: Muestra de las esferas para el ensayo de adhesividad



Foto 10: Tubos de vidrio para el ensayo con las esferas con mezcla de asfalto y agregado fino

De todos los análisis realizados tenemos se observó que los agregados a utilizados cumplen con todas las especificaciones técnicas según la norma peruana y adecuado desarrollo de los manuales establecidos.

4.2 DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON EL MÉTODO MARSHALL EN UNA MEZCLA CONVENCIONAL

En una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, el asfalto y el agregado son combinados en proporciones exactas: Las proporciones relativas de estos

materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el desempeño de la misma como pavimento terminado. (Asphalt Institute MS-22, 2009) Una de las virtudes del método Marshall es la importancia que se asigna a las propiedades densidad/vacíos del material asfáltico. Este análisis garantiza que las relaciones volumétricas de los componentes de la mezcla estén dentro de rangos adecuados para asegurar una mezcla durable. Desafortunadamente una de sus grandes desventajas es el método de compactación de laboratorio por impacto el cual no simula la densificación de la mezcla que ocurre bajo tránsito en un pavimento real.

4.2.1 Características y comportamiento de la mezcla

Una briqueta preparada en el laboratorio puede ser analizada para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento. El análisis está enfocado hacia cuatro características de la mezcla, y la influencia que estas puedan tener en el comportamiento de la mezcla:

- Densidad de la mezcla
- Vacíos de aire
- Vacíos en el agregado mineral
- Contenido de asfalto

a) Densidad

La densidad de la mezcla compactada está definida como la masa de un volumen específico de la mezcla. La densidad es una característica muy importante debido a que es esencial tener una alta densidad en el pavimento terminado para obtener un rendimiento duradero.

La densidad obtenida en el laboratorio se convierte en la densidad patrón, y es usada como referencia para determinar si la densidad del pavimento terminado es, o no, adecuada. Las especificaciones usualmente requieren que la densidad del pavimento sea un porcentaje de la densidad del laboratorio. Esto se debe a que rara vez la compactación in situ logra las densidades que se obtienen usando los métodos normalizados de compactación de laboratorio.

b) Vacíos de aire

“Son espacios pequeños de aire, que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada. Es necesario que todas las mezclas densamente graduadas contengan cierto porcentaje de vacíos para permitir alguna compactación adicional bajo el tráfico, y proporcionar espacios adonde pueda fluir el asfalto durante su compactación adicional. El porcentaje permitido de vacíos de aire (en muestras de laboratorio) para capas de base y capas superficiales está entre 3 y 5 por ciento, dependiendo del diseño específico.” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador MTOP, 2013).

La durabilidad de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos. La razón de esto es que entre menor sea la cantidad de vacíos, menor va a ser la permeabilidad de la mezcla. Un contenido demasiado alto de vacíos proporciona espacios, a través de la mezcla, por los cuales puede entrar el agua y el aire, y causar deterioro. Por otro lado, un contenido demasiado bajo de vacíos puede producir exudación de asfalto; una condición en donde el exceso de asfalto es exprimido fuera de la mezcla hacia la superficie.

La densidad y el contenido de vacíos están directamente relacionados. Entre más alta la densidad menor es el porcentaje de vacíos en la mezcla, y viceversa.

c) Vacíos en el agregado mineral

“Los vacíos en el agregado mineral (VMA) son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla compactada, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.” (Asphalt Institute MS-22, 2009).

El VMA representa el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto (todo el asfalto menos la porción que es absorbida por el agregado) y el volumen de vacíos necesario en la mezcla. Cuando mayor sea el VMA más espacio habrá disponible para el asfalto. Existen valores mínimos para VMA los cuales están recomendados y especificados como función del tamaño del agregado. Estos valores se

basan en el hecho de que cuanto más gruesa sea la película de asfalto que cubre las partículas de agregado, más durable será la mezcla.

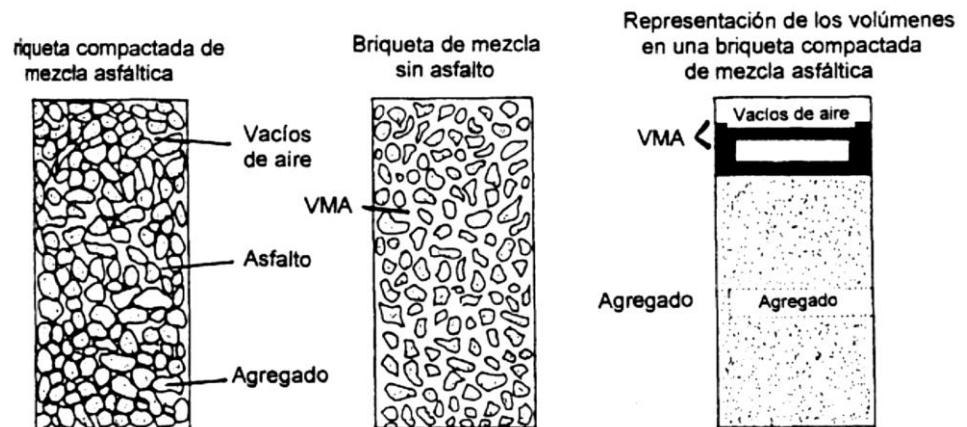


Figura 9: Ilustración de VMA en una Probeta de Mezcla compactada

d) Contenido de asfalto

El contenido óptimo de asfalto de una mezcla depende, en gran parte, de las características del agregado tales como la granulometría y la capacidad de absorción. La granulometría del agregado está directamente relacionada con el contenido óptimo del asfalto. Entre más finos contenga la graduación de la mezcla, mayor será el área específica total, y mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir, uniformemente, todas las partículas. Por otro lado, las mezclas más gruesas (agregados más grandes) exigen menos asfalto debido a que poseen menos área específica total.

La relación entre el área superficial del agregado y el contenido óptimo de asfalto es más pronunciada cuando hay relleno mineral (fracciones muy finas de agregado que pasan a través del tamiz de 0.075 mm (N° 200)). Los pequeños incrementos en la cantidad de relleno mineral, pueden absorber, literalmente, gran parte el contenido de asfalto, resultando en una mezcla inestable y seca. Las pequeñas disminuciones tienen el efecto contrario: poco relleno mineral resulta en una mezcla muy húmeda. Cualquier variación en el contenido o relleno mineral causa cambios en las propiedades de la mezcla, haciéndola variar de seca a húmeda. Si una mezcla contiene poco o demasiado, relleno

mineral, cualquier ajuste arbitrario, para corregir la situación, probablemente la empeorará.

La capacidad de absorción del agregado usado en la mezcla es importante para determinar el contenido óptimo de asfalto. Esto se debe a que se tiene que agregar suficiente asfalto a la mezcla para permitir absorción, y para que además se puedan cubrir las partículas con una película adecuada de asfalto. En función de la absorción tenemos dos tipos de asfalto: contenido total de asfalto y contenido efectivo de asfalto.

- **El contenido total de asfalto**

Es la cantidad de asfalto que debe ser adicionada a la mezcla para producir las cualidades deseadas en la mezcla.

- **El contenido efectivo de asfalto**

Es el volumen de asfalto no absorbido por el agregado, es decir, es la cantidad de asfalto que forma una película ligante efectiva sobre la superficie de los agregados. El contenido efectivo de asfalto se obtiene al restar la cantidad absorbida de asfalto del contenido total de asfalto.

4.2.2 Procedimiento del Diseño Marshall

A continuación, se presenta una descripción general de los procedimientos seguidos en el Diseño Marshall para Mezclas Asfálticas según las normas ASTM D 6927-06 y ASTM 6926-10.

Como se demostró tanto el agregado como el asfalto de acuerdo a ensayos de caracterización son óptimos para realizar una mezcla asfáltica en caliente para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

A. Preparación del agregado

De acuerdo a la dosificación de agregados y cemento asfáltico para mezclas en caliente en su literal b explica que la temperatura a la que debe estar el cemento asfáltico al momento de la mezcla varía entre 135 a 160°C; además la temperatura de los agregados debe variar entre

120 y 160°C. De igual forma la temperatura de compactación para mezclas asfálticas en caliente varía entre 85 y 163°C.

Temperaturas adecuadas de 160°C y 140°C fueron seleccionadas para la mezcla y compactación respectivamente.

Los pasos para el diseño Marshall se exponen a continuación:

➤ **Secado del material Pétreo**

El Método Marshall requiere que los agregados ensayados estén libres de humedad, esto evita que los resultados de los ensayos se vean afectados.

Luego de lavado el material tanto grueso como fino, se dejó secar por un periodo de 24h en un horno a 110°C.

➤ **Análisis Granulométrico**

Acerca de los límites granulométricos para una capa de rodadura correspondiente a una mezcla asfáltica en caliente, en función del tamaño máximo nominal para una mezcla asfáltica normal “MAC”. En la presente investigación se obtuvo un tamaño máximo nominal de 3/4" en el respectivo análisis granulométrico presentado en el capítulo 3 por lo que se estableció los límites correspondientes a MAC-2.



Foto 11: Agregado grueso con pesos para el diseño Marshall



Foto 12: Agregado fino con pesos para el diseño Marshall

B. Preparación de la muestra de ensayo

“Las probetas de ensayo de las posibles mezclas de pavimento son preparadas haciendo que cada una contenga una ligera cantidad diferente de asfalto (porcentaje de asfalto). El margen de contenidos de asfalto usado en las briquetas de ensayo está determinado con base en experiencia previa con los agregados de la mezcla. Este margen le da al laboratorio un punto de partida para determinar el contenido óptimo de asfalto en la mezcla final.” (American Society for Testing and Materials ASTM, 2010).



Foto 13: Muestra del cemento asfáltico 85-100 para el diseño Marshall



Foto 14: Muestra de Filler (cal) para el diseño Marshall

C. Procedimiento de preparación de la mezcla:

1. El asfalto y el agregado se calientan y se mezclan completamente hasta que todas las partículas del agregado estén revestidas. Esto simula los procesos de calentamiento y mezclado que ocurren en la planta.



Foto 15: Calentado de las muestras para su combinación

2. Las mezclas asfálticas calientes se colocan en los moldes precalentados Marshall como preparación para la compactación, en donde se usa el martillo Marshall de compactación, el cual también es calentado para que no enfríe la superficie de la mezcla al golpearla.



Foto 16: Mesclado de los elementos

3. Una vez colocada la muestra dentro del molde se debe hincar una paleta de bordes redondeados 15 veces en el perímetro completando una vuelta completa y 10 veces en su interior de manera arbitraria.



Foto 17: Mezcla asfáltica en molde

4. Las briquetas son compactadas mediante golpes del martillo Marshall. Los golpes realizados son de 75 para investigación en el que se toma un tránsito liviano para el diseño. Ambas caras de cada briqueta reciben el mismo número de golpes. Después de completar la

compactación las probetas son enfriadas y extraídas de los moldes.
(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)



Foto 18: Compactado de la mezcla asfáltica



Foto 19: Control de temperatura de la briqueta



Foto 20: Las briquetas en los moldes con código



Foto 21: Las briquetas en los moldes y el Ingeniero responsable del Diseño Marshall en el laboratorio

5. Una vez compactada la muestra retirarla del equipo de compactación y dejarla enfriar a temperatura ambiente por un máximo de 24h para continuar con el ensayo Marshall.



Foto 22: Retiro de la briqueta del molde



Foto 23: Las briquetas con código para el Diseño Marshall

4.2.3. Método Marshall para la Estabilidad y Fluencia

- **La Estabilidad**

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Se debe suspender la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall.

- **La fluencia**

El flujo es medido en milímetros (mm) que representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la briqueta. Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de estabilidad Marshall son consideradas demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Aquellas que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas y tiene tendencia a deformarse bajo las cargas del tránsito.” (American Society for Testing and Materials ASTM, 2006)

Existen tres parámetros fundamentales de ensayo en el método Marshall. Estos son: determinación de la gravedad específica bulk, medición de la estabilidad Marshall, y análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las probetas.

a) Determinación de la Gravedad Específica Bulk (Gmb)

La gravedad específica Bulk es la relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen total del agregado, incluyendo el peso del agua dentro de los vacíos alcanzados por la sumersión en agua durante aproximadamente 24 horas (pero sin incluir los vacíos entre las partículas), a una temperatura establecida, en comparación con el peso en el aire de un volumen igual del material libre de agua destilada a una temperatura establecida.

Para este parámetro se necesitan los siguientes pesos tomados de la briqueta a ensayarse:



Foto 24: Instrumentos y briquetas para el ensayo

- **Peso de probeta en aire:** tomado a temperatura ambiente luego de enfriada la muestra.
- **Peso de probeta Sumergida:** para lo cual se debe incluir a la probeta en baño maría durante 5min a 25°C antes de la inmersión para obtener el peso requerido con ayuda de una balanza de inmersión y con una precisión de 0.01g.
- **Peso de probeta Saturada con Superficie Seca:** tomado el peso de la probeta sumergida se extrae la misma y se seca el exceso de agua superficial con un paño absorbente antes de obtener éste parámetro.

Con los tres pesos obtenidos se calcula la G_{mb} mediante la fórmula:

$$G_{mb} = \frac{\text{Peso Aire}}{\text{Peso Sumergido} - \text{Peso Sat. Sup. Seco}}$$

b) Determinación de Estabilidad y Fluencia

El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga que ocurre en la mezcla. El procedimiento es el siguiente:

1. Las briquetas son calentadas en baño maría a $60 \pm 1^\circ\text{C}$. Esta temperatura representa, normalmente, la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.



Foto 25: Equipo baño maría a 60°C con las briquetas

2. La briqueta es removida del baño maría, secada, y colocada rápidamente en el aparato Marshall; para esto la norma ASTM 6927-06 nos brinda un periodo máximo de 30 segundos para ensayar la muestra. El aparato consiste de un dispositivo que aplica una carga sobre la probeta y de unos medidores de carga y deformación (fluencia).



Foto 26: Briqueta en el equipo Marshall

3. La carga del ensayo es aplicada a la briqueta a una velocidad constante de 50 ± 5 mm /min hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la briqueta puede resistir.

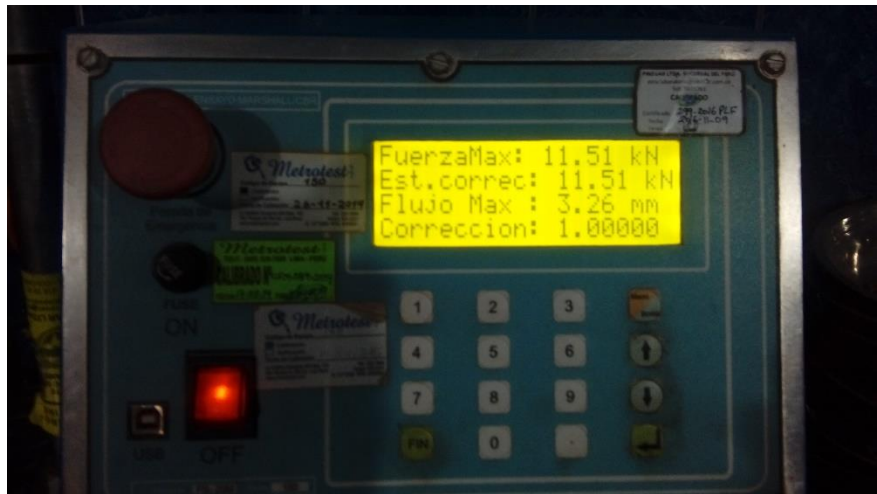


Foto 27: Resultados en el equipo Marshall

4. La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del deformímetro se registra como la fluencia o flujo.



Foto 28: Última briqueta en el equipo Marshall



Foto 29: Briquetas después del cálculo de la estabilidad y la fluencia o flujo en el equipo Marshall

4.2.4. Análisis de densidades y vacíos

a) Gravedad específica bulk de la combinación del agregado (G_{sb})

Cuando el agregado total consiste en fracciones separadas de agregado grueso; agregado fino; y filler, todos tienen diferentes gravedades específicas; la gravedad específica neta para el agregado total se calcula usando:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

Dónde:

G_{sb} = gravedad específica neta del agregado

P_1, P_2, P_n = Porcentaje individual para masa de agregado

G_1, G_2, G_n = Gravedad específica neta individual del agregado

La gravedad específica neta del filler es difícil de determinar correctamente. De cualquier modo, si la gravedad específica aparente del filler es estimada, el error usualmente insignificante.

b) Gravedad específica efectiva del agregado (G_{se})

Cuando se basa en la gravedad específica máxima de una mezcla de pavimento G_{mm} , la gravedad específica efectiva del agregado G_{se} incluye todos los espacios de vacíos en las partículas del agregado, excepto aquellos que absorben el asfalto; G_{se} se determina usando:

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Dónde:

G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado

G_{mm} = gravedad específica teórica máxima de mezcla de pavimento (sin vacíos de aire)

P_{mm} = porcentaje de masa del total de la mezcla suelta = 100%

P_b = contenido de asfalto con el cual desarrolló el ensayo; el porcentaje por el total de la masa de la mezcla.

G_b = gravedad específica del asfalto.

El volumen de asfalto absorbido por los agregados es casi invariablemente menor al volumen de agua absorbida. Por tanto, el valor para la gravedad específica efectiva de un agregado debe estar entre su gravedad específica neta y su gravedad específica aparente. Cuando la gravedad específica efectiva sale de estos límites, su valor se debe asumir como incorrecto. El cálculo de la gravedad específica máxima de la mezcla mediante la ASTM D 2041/ASSHTO T 209; la composición de la mezcla en términos del contenido de agregado; y el total de asfalto se deben entonces, volver a inspeccionar para encontrar la causa del error.

$$G_{sb} < G_{se} < G_{sa}$$

c) **Gravedad específica teórica máxima de la mezcla para otros contenidos**

En el diseño de una mezcla asfáltica para un agregado dado, se necesitará la gravedad específica máxima, G_{mm} para cada contenido

de asfalto con el fin de calcular el porcentaje de vacíos de aire para cada contenido de asfalto. Mientras que la gravedad específica máxima puede determinarse para cada contenido de asfalto mediante ASTM D 2041/ASSHTO T 209; la precisión del ensayo es mejor cuando la mezcla está cerca del contenido de asfalto de diseño. Después de calcular la gravedad específica efectiva del agregado para cada gravedad específica máxima medida; y promediando los resultados del G_{se} , la gravedad específica máxima para cualquier otro contenido de asfalto puede obtenerse con la siguiente ecuación, la cual supone que la gravedad específica efectiva del agregado es constante, y ésta es válida puesto que la absorción del asfalto no varía apreciablemente con los cambios en el contenido de asfalto.

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}}$$

Dónde:

G_{mm} = gravedad específica teórica máxima de la mezcla del pavimento (sin vacíos de aire).

P_{mm} = porcentaje de la masa del total de la mezcla suelta = 100.

P_s = contenido de agregado, porcentaje del total de la masa de la mezcla.

P_b = contenido de asfalto, porcentaje del total de la masa de la mezcla.

G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado.

G_b = gravedad específica del asfalto

d) Porcentaje de asfalto absorbido (P_{ba})

La absorción se expresa como un porcentaje de la masa del agregado, más que como un porcentaje del total de la masa de la mezcla. La absorción del asfalto, P_{ba} , se determina mediante:

$$P_{ba} = 100 \times \left(\frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \right) \times G_b$$

Dónde:

P_{ba} = asfalto absorbido, porcentaje de la masa del agregado.

G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado.

G_{sb} = gravedad específica neta del agregado.

G_b = gravedad específica del asfalto

e) Porcentaje de asfalto efectivo (P_{se})

El contenido de asfalto efectivo, P_{be} , de una mezcla de pavimento es el volumen total de asfalto menos la cantidad de asfalto perdido por absorción dentro de las partículas del agregado. Es la porción del contenido total de asfalto que se queda como una capa en el exterior de la partícula del agregado y es el contenido de asfalto que gobierna el desempeño de una mezcla asfáltica. La fórmula es:

$$P_{be} = P_b - \left(\frac{P_{ba}}{100} \right) \times P_s$$

Dónde:

P_{be} = contenido de asfalto efectivo, porcentaje de la masa total de la mezcla.

P_b = contenido de asfalto, porcentaje de la masa total de la mezcla.

P_{ba} = asfalto absorbido, porcentaje de la masa del agregado.

P_s = contenido de agregado, porcentaje total de la masa de la mezcla.

f) Porcentaje VMA en mezcla compactada

Los vacíos en el agregado mineral, VMA, se definen como el vacío inter-granular entre las partículas del agregado en una mezcla asfáltica compactada, que incluye los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo, expresado como un porcentaje del volumen total. El VMA puede calcularse sobre la base de la gravedad específica neta del agregado, y expresarse como un porcentaje del volumen de la mezcla asfáltica compactada. Si la composición de la mezcla se determina como el porcentaje del total de la masa de la mezcla asfáltica:

$$VMA = 100 - \left(\frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right)$$

Dónde:

VMA = vacíos en el agregado mineral (porcentaje del volumen neto).

G_{mb} = gravedad específica neta del total de agregado.

G_{mb} = gravedad específica neta de la mezcla asfáltica compactada.

P_s = contenido de agregado, porcentaje del total de la masa de la mezcla asfáltica

g) Porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada (V_a)

Los vacíos de aire, V_a , en la mezcla asfáltica compactada consisten en los pequeños espacios de aire entre las partículas de agregado. El porcentaje del volumen de vacíos de aire en una mezcla compactada puede determinarse usando:

$$V_a = 100 \times \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right)$$

Dónde:

V_a = vacíos de aire en la mezcla compactada, porcentaje del volumen total.

G_{mm} = gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica.

G_{mb} = gravedad específica neta de la mezcla asfáltica compactada

h) Vacíos llenos con asfalto (VFA)

El porcentaje de los vacíos en el agregado mineral que son llenados por el asfalto, V_a no incluyendo el asfalto absorbido, se determina usando:

$$VFA = 100 \times \left(\frac{VMA - V_a}{VMA} \right)$$

Dónde:

VFA = vacíos llenados con asfalto, porcentaje de VAM.

VMA = vacíos en el agregado mineral, porcentaje del volumen total

V_a = vacíos de aire en mezclas compactadas, porcentaje del volumen total

4.2.5 Cálculo de la cantidad óptima de asfalto según el ensayo Marshall

Tabla 10: Preparación de las briquetas en laboratorio sin aditivo (Anexo C-01)

	Dosificacion 1	Dosificacion 2	Dosificacion 3	Dosificacion 4	Dosificacion 5
FECHA RECEP. MATER.	12/12/2017	12/12/2017	12/12/2017	12/12/2017	12/12/2017
FECHA FABRICACION	27/12/2017	27/12/2017	27/12/2017	27/12/2017	27/12/2017
cm2, Diam 100mm	78.54	78.54	78.54	78.54	78.54
cm Altura	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35
Fabricacion (°C)	140	140	140	140	140
Compactacion (°C)	125	125	125	125	125
Masa mezcla 1 prob (gr)	1200	1200	1200	1200	1200
Masa total Agregados (gr)	1140	1134	1128	1122	1116
Masa inc. perd. 0% (gr)	1140	1134	1128	1122	1116

CANTIDAD DE PROBETAS			1	1	1	1	1
Agregado	Cantera	Formula para laboratorio (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)
Piedra 3/4 chancada	Rio Mantaro Pilcomayo Puente Breña	30.00%	342.0	340.2	338.4	336.6	334.8
Arena N° 4 Zarandeada Lavada	Rio Mantaro Pilcomayo Puente Breña	65.00%	741.0	737.1	733.2	729.3	725.4
Filler - Cal	Filler de Aporte	5.00%	57.0	56.7	56.4	56.1	55.8
Total de Aridos		100.00%	1140.0	1134.0	1128.0	1122.0	1116.0
% de Asfalto s/m			5.00%	5.50%	6.00%	6.50%	7.00%
Masa de Asfalto (gr)			60.0	66.0	72.0	78.0	84.0

Tabla 11: Ensayo Marshall de la mezcla asfáltica sin aditivo (Anexo C-01)

N° DE BRIQUETAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 % de C.A. en Peso de la Mezcla Total	5.00			5.50			6.00			6.50			7.00		
2 % de Agregado Grueso (3/4). en Peso de la Mezcla	28.50			28.35			28.20			28.05			27.90		
3 % de Arena Triturada (1/4). en Peso de la Mezcla	61.75			61.43			61.10			60.78			60.45		
4 % de Filler Cemento. en Peso de la Mezcla	4.75			4.73			4.70			4.68			4.65		
5 Peso Especifico del Cemento Asfaltico - Aparente	1.065			1.065			1.065			1.065			1.065		
6 Peso Especifico del Agregado Grueso (3/4)	2.641			2.641			2.641			2.641			2.641		
7 Peso Especifico del Agregado Fino (1/4)	2.672			2.672			2.672			2.672			2.672		
8 Peso Especifico del Filler - Cemento	2.860			2.860			2.860			2.860			2.860		
9 Altura promedio de la Briqueta (cm)	6.54	6.25	6.54	6.24	5.50	6.37	6.26	6.11	6.20	5.76	6.19	6.27	5.93	6.24	6.30
10 Peso de la Briqueta al aire (gr) (A)	1175.2	1145.5	1178.1	1165.4	1161.6	1167.4	1180.8	1137.0	1120.0	1057.6	1139.4	1153.5	1103.3	1150.0	1138.8
11 Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr) (B)	1177.0	1147.0	1180.0	1167.0	1164.0	1169.0	1182.0	1138.0	1121.0	1058.0	1140.0	1155.0	1104.0	1151.0	1140.0
12 Peso de la Briqueta sumergida + canastilla (gr)	1756.0	1745.0	1761.0	1764.0	1747.0	1765.0	1777.0	1750.0	1739.0	1702.0	1747.0	1758.0	1729.0	1757.0	1746.0
13 Peso de la canastilla sumergida (gr)	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0
14 Peso de la Briqueta sumergida en el agua (gr) (C)	676.0	665.0	681.0	684.0	667.0	685.0	697.0	670.0	659.0	622.0	667.0	678.0	649.0	677.0	666.0
15 Peso Volumen Agua / Volumen Briqueta (gr) (B-C)	501.0	482.0	499.0	483.0	497.0	484.0	485.0	468.0	462.0	436.0	473.0	477.0	455.0	474.0	474.0
16 Peso del Agua Absorbida (B-A)	1.8	1.5	1.9	1.6	2.4	1.6	1.2	1.0	1.0	0.4	0.6	1.5	0.7	1.0	1.2
17 Porcentaje de Absorcion (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.36	0.31	0.38	0.33	0.48	0.33	0.25	0.21	0.22	0.09	0.13	0.31	0.15	0.21	0.25
18 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (gr/cm3) (A)/(B-C)	2.346	2.377	2.361	2.413	2.337	2.412	2.435	2.429	2.424	2.426	2.409	2.418	2.425	2.426	2.403
19 Peso Especifico Bulk de la Briqueta (gr/cm3) - Promedio	2.361			2.387			2.429			2.418			2.418		
20 Peso Especifico Maximo de la Mezcla - RICE - ASTM D 2041	2.525			2.515			2.512			2.495			2.484		
21 Porcentaje de Vacios en Mezcla (%)	7.1	5.9	6.5	4.1	7.1	4.1	3.1	3.3	3.5	2.8	3.5	3.1	2.4	2.3	3.3
22 Porcentaje de Vacios en Mezcla (%) - Promedio	6.5			5.1			3.3			3.1			2.7		
23 Peso Especifico Bulk del Agregado Total (gr/cm3)	2.871			2.671			2.671			2.671			2.671		
24 Porcentaje de Vacios de Material Agregados compactados: V.M.A. (%)	22.4	21.4	21.9	14.6	17.3	17.7	14.3	14.5	14.7	15.1	15.7	15.4	15.6	15.5	16.4
25 Porcentaje de Vacios en Agregados (%) - V.M.A. Promedio	21.9			16.5			14.5			15.4			15.8		
26 Porcentaje de Vacios llenados con C.A. (%)	68.3	72.5	70.3	72.3	59.2	72.1	78.5	77.4	76.2	81.6	78	80	84.7	85	80
27 Porcentaje de Vacios llenados con C.A. (%) - Promedio	70.4			67.9			77.4			79.9			83.2		
28 Flujo (mm)	2.66	3.17	2.56	3.43	3.39	2.08	3.09	4.16	3.65	2.53	3.26	4.78	4.66	5.02	4.25
29 Flujo (mm) - Promedio	2.8			3.0			3.6			3.5			4.6		
30 Estabilidad sin Corregir (KN)	8.7	11.9	12.4	12.7	9.4	12.6	11.3	10.6	10.1	8.3	11.5	10.4	7.1	6.7	7
31 Estabilidad sin Corregir (Kgf)	885.1	1214.5	1267.5	1293	961.6	1280.8	1156.4	1079.9	1027.9	850.4	1173.7	1057.5	727.1	679.1	709.7
32 Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
33 Estabilidad Corrigida (Kgf)	885	1214	1268	1293	962	1281	1156	1080	1028	850	1174	1057	727	679	710
34 Estabilidad Corrigida (Kgf) - Promedio	1122			1179			1088			1027			705		
35 Relacion de Estabilidad / Fluencia (kgf/cm)	3327	3831	4951	3770	2837	6158	3742	2596	2816	3361	3600	2212	1560	1353	1670
36 Relacion de Estabilidad / Fluencia (kgf/cm) - Promedio	4036			4255			3051			3058			1528		

De la tabla N° 11, tenemos que la cantidad óptima de asfalto del 6%, que proporciona las mejores cualidades de diseño.

Para la obtención del **porcentaje de asfalto óptimo**, todos los valores deben estar dentro de los parámetros mínimos y máximo, de modo que se obtendrá el valor de 6% por mantenerse entre lo aceptable en los gráficos.

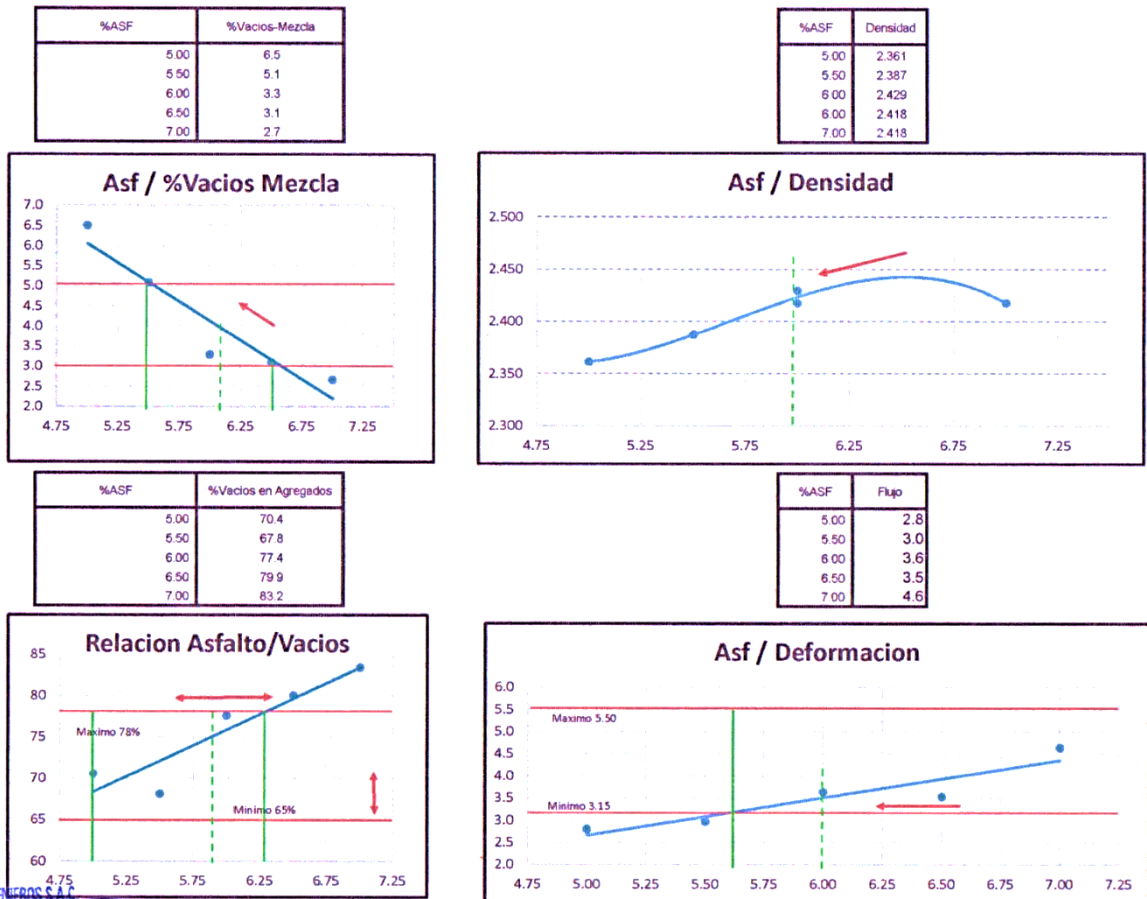
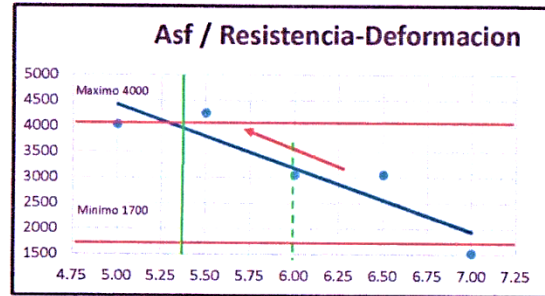
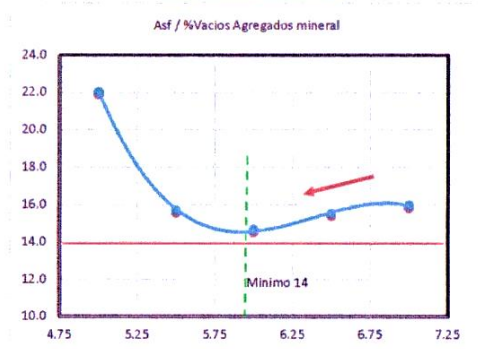


Figura 10-A: Gráficos para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto

%ASF	%Vacios-Agregados
5.00	21.9
5.50	15.5
6.00	14.5
6.50	15.4
7.00	15.8

VMA

%ASF	Estabilidad /Fluencia
5.00	4037
5.50	4255
6.00	3051
6.50	3058
7.00	1528



%ASF	Estabilidad
5.00	1122.4
5.50	1178.5
6.00	1088.0
6.50	1027.2
7.00	705.3

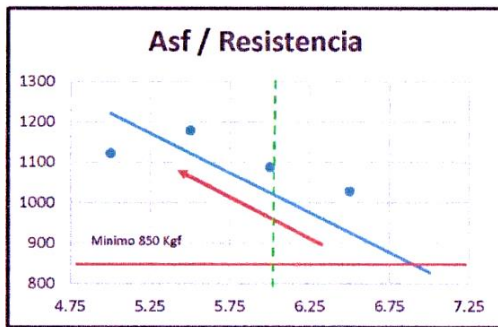


Figura 10-B: Gráficos para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto

A. Análisis del flujo y estabilidad de la mezcla asfáltica sin aditivo con el ensayo Marshall

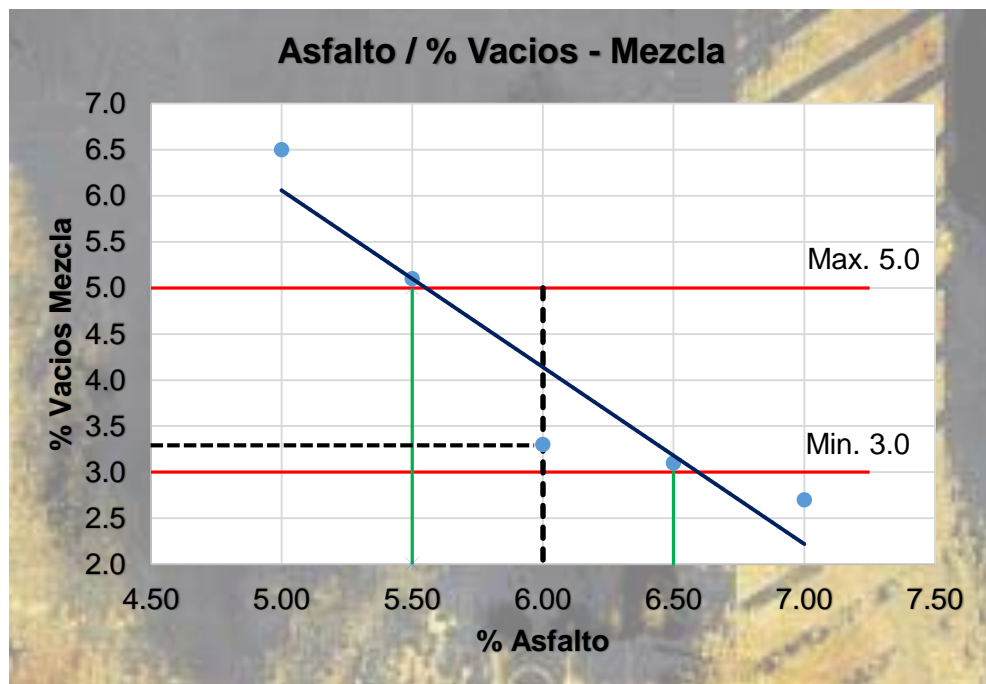
El flujo en el ensayo Marshall es la deformación total expresada en mm que experimenta la briqueta desde el comienzo de la aplicación de la carga en el ensayo de estabilidad, hasta el instante de producirse la falla y la estabilidad de una mezcla asfáltica es la carga máxima en kg que pueda soportar la briqueta.

Tabla 12: Resultados porcentaje de Asfalto y porcentaje de Vacíos – Mezcla

% Asfalto	% Vacíos – Mezcla
5.00	6.5
5.50	5.1
6.00	3.3
6.50	3.1
7.00	2.7

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 1: Porcentaje de Asfalto y porcentaje Vacíos – Mezcla



Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

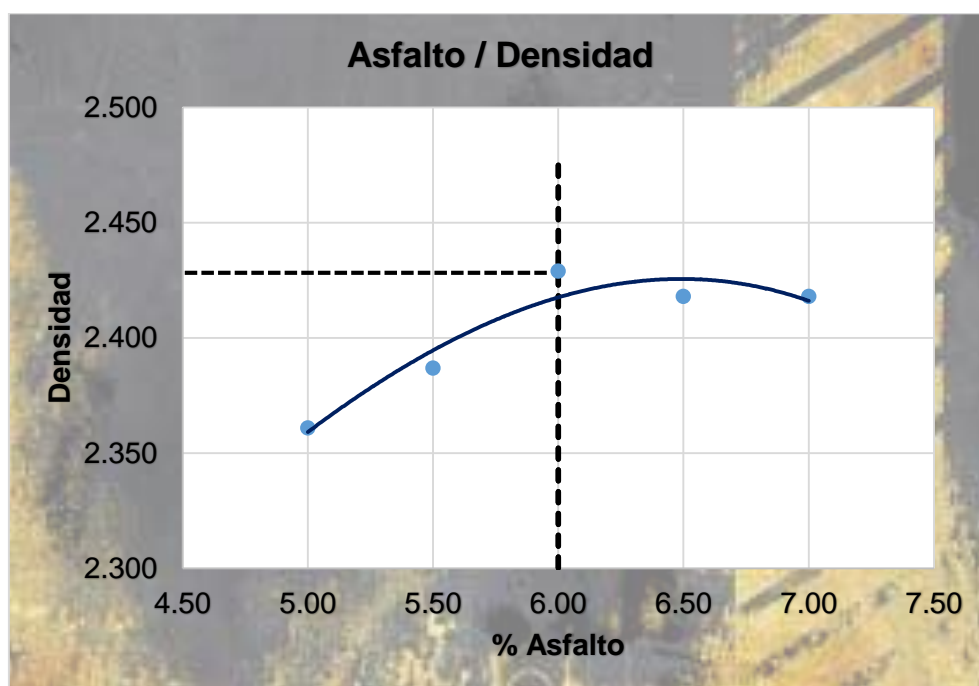
En el Grafico 1 mostrado se tiene que en el 6% de Asfalto y con un 3.3% de Vacíos – Mezcla se encuentran en el rango establecido del min. 3% y el max. 5%.

Tabla 13: Resultados porcentaje de Asfalto y Densidad

% Asfalto	Densidad
5.00	2.361
5.50	2.387
6.00	2.429
6.50	2.418
7.00	2.418

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 2: Porcentaje de Asfalto y Densidad



Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

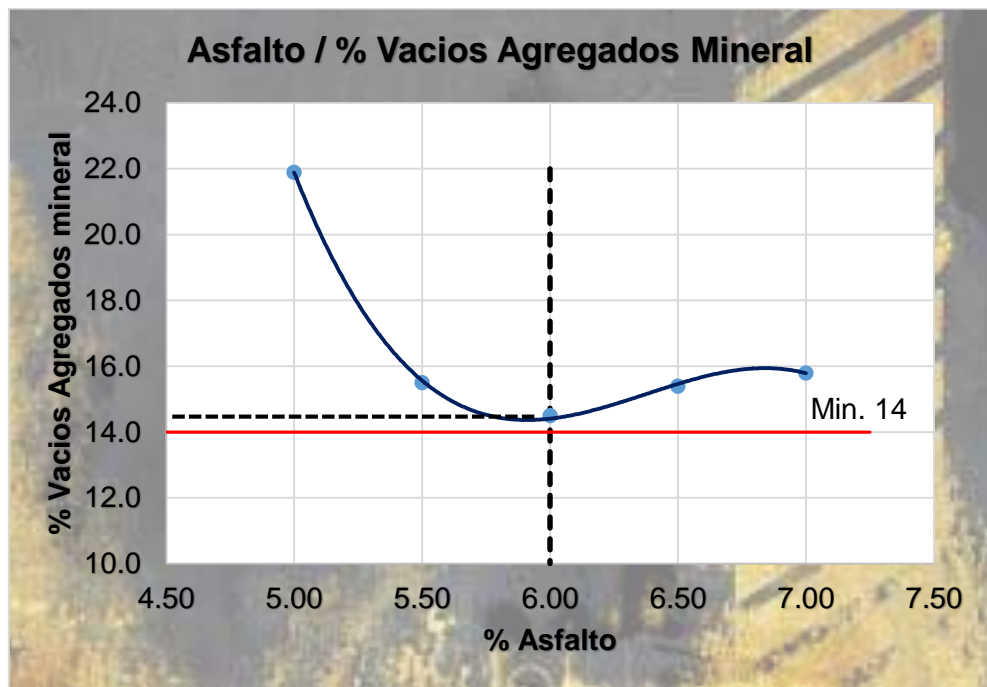
De acuerdo con el Grafico 2 se muestra que en el 6% de Asfalto y con una Densidad de 2.429 no alteran la relación establecida para el asfalto óptimo.

Tabla 14: Resultados porcentaje de Asfalto y porcentaje Vacíos Agregados Minerales

% Asfalto	% Vacíos Agregados Minerales
5.00	21.9
5.50	15.5
6.00	14.5
6.50	15.4
7.00	15.8

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 3: Porcentaje de asfalto y porcentaje Vacíos Agregados Mineral



Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

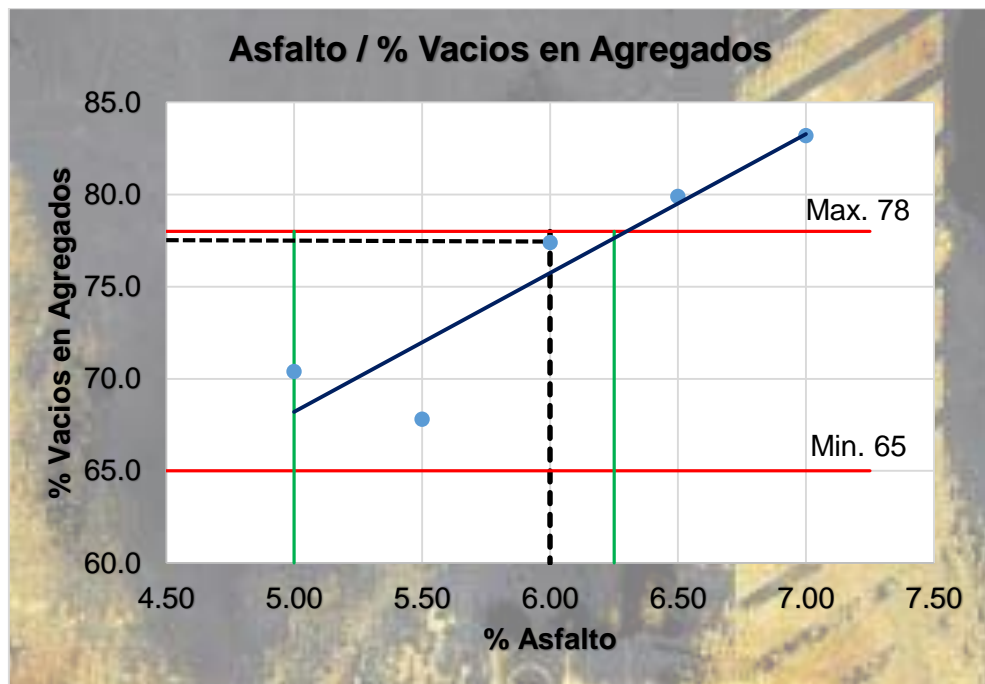
En el Gráfico 3 se observa que en el 6% de Asfalto y con un 14.5% de Vacíos Agregados Minerales están por encima del min. 14% . de modo que está en el rango requerido.

Tabla 15: Resultados porcentaje de Asfalto y porcentaje de Vacíos en Agregados

% Asfalto	% Vacíos en Agregados
5.00	70.4
5.50	67.8
6.00	77.4
6.50	79.9
7.00	83.2

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 4: Porcentaje de Asfalto y porcentaje Vacíos en Agregados



Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

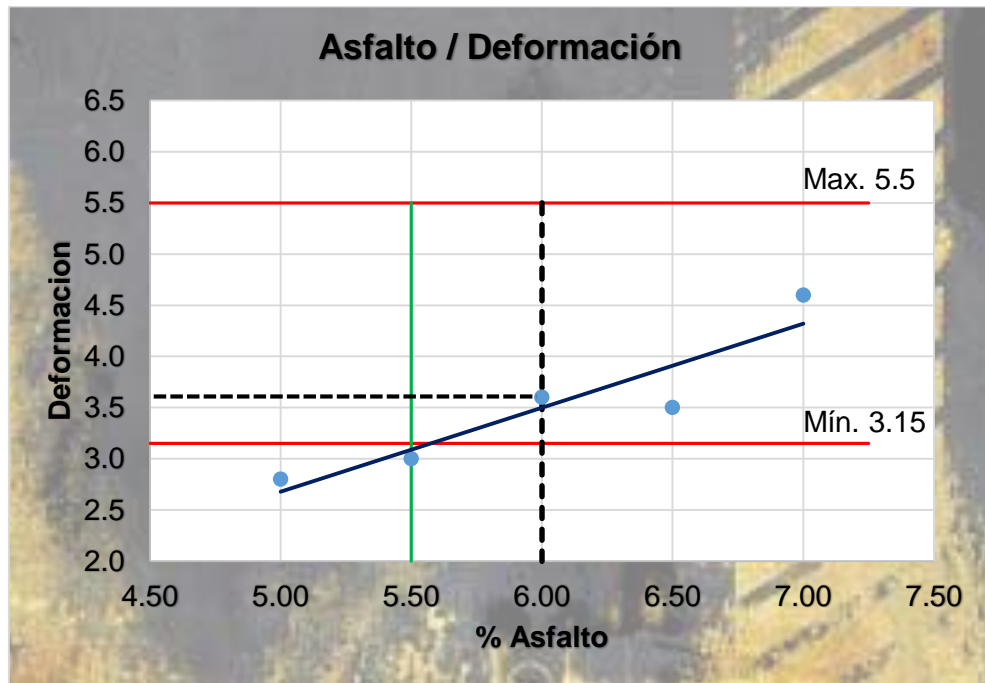
Según el Gráfico 4 se observa que en el 6% de Asfalto y con un 77.4% de Vacíos en Agregados se encuentran dentro del rango establecido con el min. 65%. y el max. 78%. de manera que está en lo aceptable.

Tabla 16: Resultados porcentaje de Asfalto y Flujo

% Asfalto	Flujo
5.00	2.8
5.50	3.0
6.00	3.6
6.50	3.5
7.00	4.6

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 5: Porcentaje de Asfalto y Deformación



Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

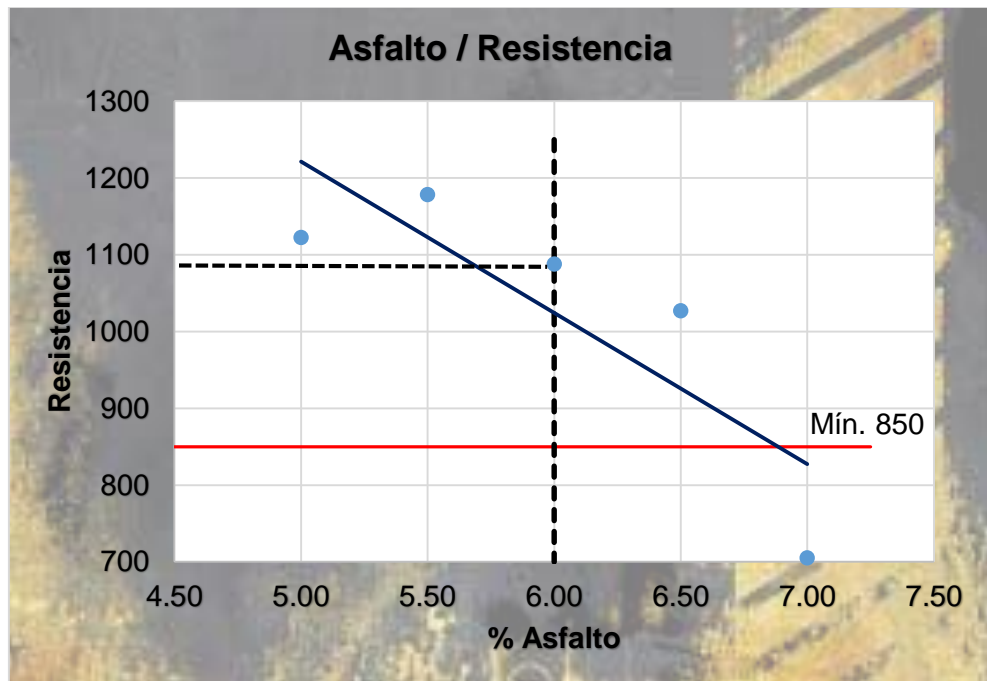
En el Gráfico 5 se muestra que la deformación debe estar en el min. 3.15mm y en el max. 5.5mm lo cual el 6% de Asfalto está con un 3.6mm se encuentra dentro del rango establecido.

Tabla 17: Resultados porcentaje de Asfalto y Estabilidad

% Asfalto	Estabilidad
5.00	1122.4
5.50	1178.5
6.00	1088.0
6.50	1027.2
7.00	705.3

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 6: Porcentaje de Asfalto y Resistencia



Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

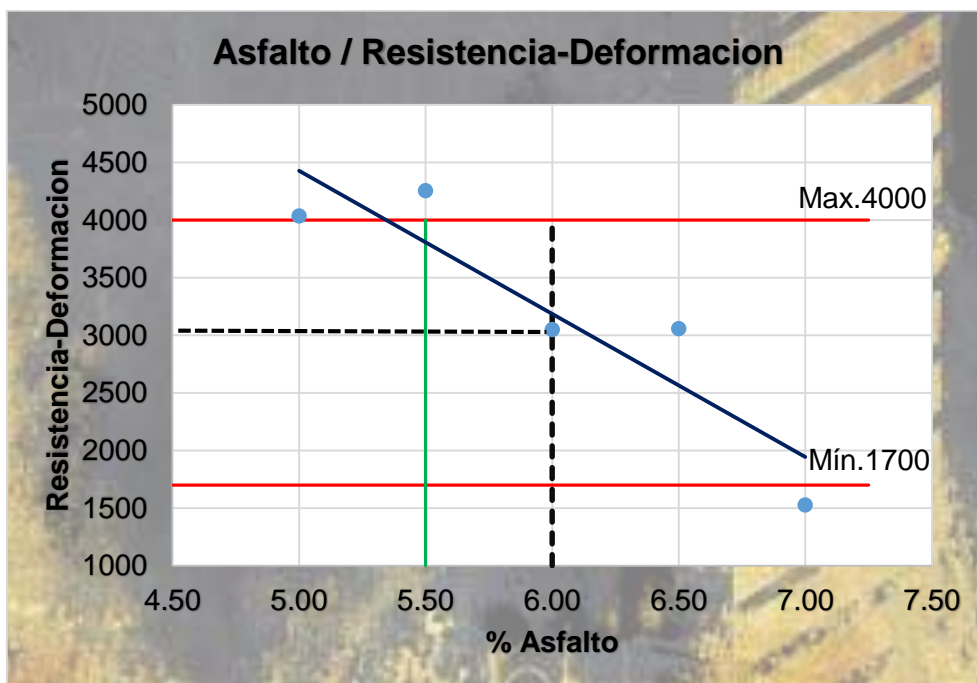
Según el Gráfico 6 se observa que la resistencia debe cumplir con un mín. de 850kg-f por lo que el 6% de Asfalto con un 1088kg-f está por encima del rango requerido.

Tabla 18: Resultados porcentaje de Asfalto y Estabilidad – Flujo

% Asfalto	Estabilidad – Flujo
5.00	4037
5.50	4255
6.00	3051
6.50	3058
7.00	1528

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 7: Porcentaje de Asfalto y Resistencia – Deformación



Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

En este último Gráfico 7 nos muestra que el 6% de Asfalto y con una relación de 3051 de Resistencia – Deformación se encuentran dentro del rango requerido.

Por tanto, el porcentaje óptimo de asfalto es del 6% cumpliendo los parámetros en todos los gráficos y cumpliendo los rangos requeridos, de tal forma que este porcentaje de asfalto será utilizado como dato en los ensayos posteriores con el aditivo (PET).

4.3 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PET CON EL DISEÑO MARSHALL

Para fines de comprobar las variaciones que provocan en la mezcla en caliente con el polietilentereftalato, se adicionó el material durante el proceso de preparación de la mezcla con el objetivo de obtener una dispersión adecuada de todo el PET.

Existe una infinidad de formas en las que se puede ingresar el PET a una mezcla asfáltica, sin embargo, se escogió solo una forma en la presente investigación en función de la facilidad que esta brinda para su producción y de igual forma para su puesta en obra.

Se escogieron porcentajes de PET en un rango que varía entre 1% al 16% con respecto al porcentaje óptimo de asfalto; un porcentaje superior al 16% a más dificultaría las labores en el laboratorio al introducirlo en la briqueta resultaría poco económico en obra.

Para el caso se siguió por completo el procedimiento propuesto por el método Marshall según la norma ASTM D 6927-06 explicado en los puntos anteriores con la única variación adicional consistente en la implementación del PET, con el fin de comparar los resultados obtenidos con mezclas asfálticas en caliente.

4.3.1 Aditivo PET añadido en la mezcla asfáltica

Proceso del reciclaje del PET

El polietilentereftalato PET en general es considerado como un material nocivo para el medio ambiente debido a las características químicas y poco biodegradable que adquiere gracias a los varios factores implicados en su elaboración. Para su elaboración en masa se requiere de cantidades significativas de petróleo, el cual como sabemos es una fuente valiosa y no renovable. Es por esto que el PET termina en artículos que necesitan una eliminación adecuada disminuyendo el impacto ambiental.

Hay que tener claro que, reciclado viene a ser un reproceso de un material cualquiera, en nuestro caso particular el PET, y que tiene como objetivo principal integrar el material a un nuevo ciclo como materia prima.

El proceso de reciclaje, limpieza y reutilización se realizó de la siguiente manera:

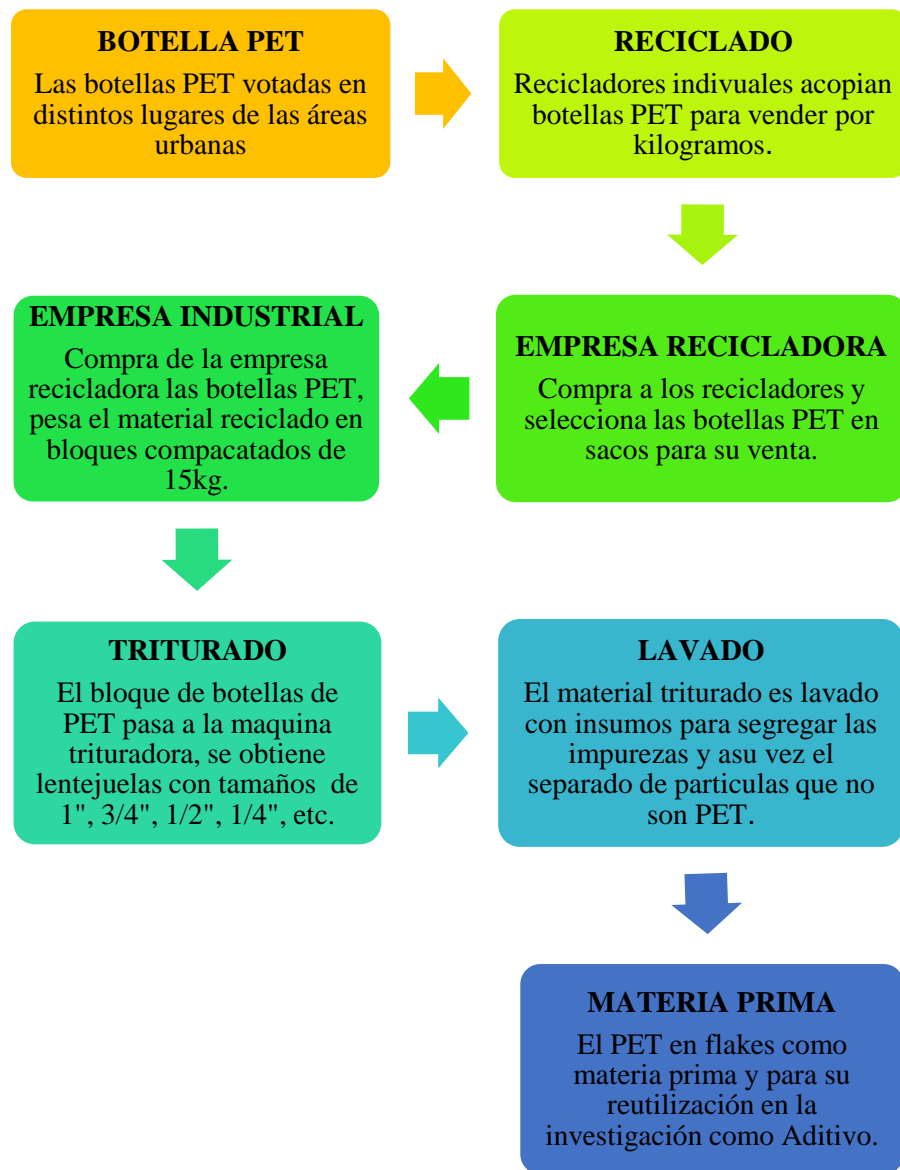


Figura 11: Esquema de reciclaje del PET para su reutilización.



Foto 30: Material reciclado y selección de botellas PET



Foto 31: PET en bloques para el triturado en lentejuelas



Foto 32: PET triturado listo para reemplazar al Agregado fino

En el Diseño Marshall de la presente investigación para adaptar el aditivo polietilentereftalato (PET) en la mezcla asfáltica se tuvo que reemplazar una cantidad proporcional y corregida en el agregado fino, de esta manera manteniendo los porcentajes establecidos de la mezcla asfáltica sin aditivo. Los porcentajes que se tomó del aditivo polietilentereftalato PET para el contenido óptimo de asfalto de la mezcla asfáltica del 6% para las 3 series para cada porcentaje son estos:

- El 1% de la cantidad porcentual del agregado fino.
- El 2% de la cantidad porcentual del agregado fino.
- El 4% de la cantidad porcentual del agregado fino.
- El 8% de la cantidad porcentual del agregado fino.
- El 16% de la cantidad porcentual del agregado fino.

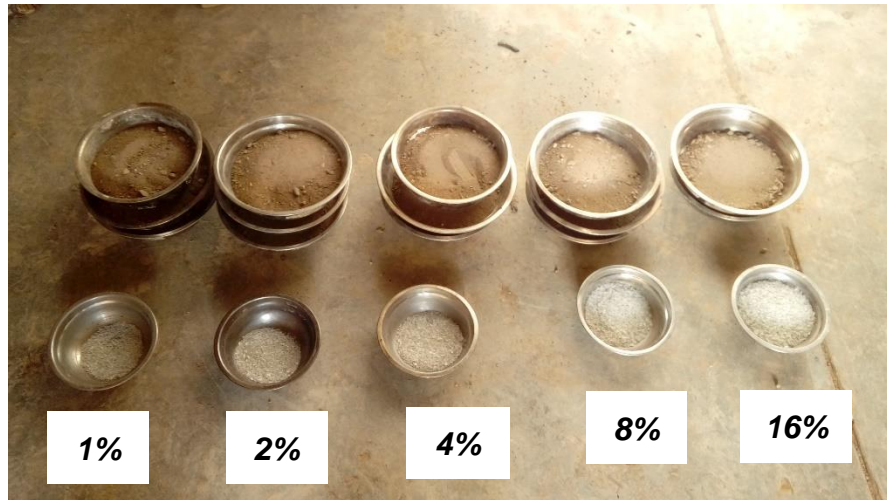


Foto 33: Cantidades de porcentajes de aditivo (PET) y agregados

4.3.2 Mezcla asfáltica con PET triturado

Para fines de comprobar las variaciones que provocan en la mezcla en caliente los diferentes tamaños de PET triturado se tamizó dicho material y se seleccionó como tamaño representativo para partícula gruesa al retenido en el tamiz #4 o pasante del tamiz #3/8. En este caso se adicionó el material durante el proceso de preparación de la mezcla con el objetivo de obtener una dispersión adecuada de todo el PET más agregado y asfalto en toda la briqueta.

Concluida la elaboración de la mezcla se colocó el conjunto de materiales en el molde de compactación Marshall siguiendo los procesos según la norma ASTM 6927-06 de forma regular hasta la finalización del proceso.



Foto 34: Aditivo (PET) añadido en la mezcla asfáltica



Foto 35: Briquetas con el aditivo (PET) con código y porcentaje



Foto 36: Briqueta después del cálculo de la estabilidad y la fluencia o flujo en el equipo Marshall

En las briquetas de la mezcla asfáltica con aditivo (PET) para obtener los resultados de la estabilidad y la fluencia o flujo se realizaron de la misma manera con las briquetas anteriores sin aditivo tendiendo el mismo proceso y cumpliendo con los manuales en el que se indica un adecuado procedimiento.

4.3.3 Cálculo de la cantidad óptima de PET según el ensayo Marshall

Tabla 19: Preparación de briquetas en laboratorio con aditivo (PET) (Anexo C-02)

	Dosificacion 1	Dosificacion 2	Dosificacion 3	Dosificacion 4	Dosificacion 5
FECHA RECEP. MATER.	4/01/2018	4/01/2018	4/01/2018	4/01/2018	4/01/2018
FECHA FABRICACION	5/01/2018	5/01/2018	5/01/2018	5/01/2018	5/01/2018
cm2, Diam 100mm	78.54	78.54	78.54	78.54	78.54
cm Altura	6.35	6.35	6.35	6.35	6.35
Fabricacion (°C)	140	140	140	140	140
Compactacion (°C)	125	125	125	125	125
Masa mezcla 1 prob (gr)	1200	1200	1200	1200	1200
Masa total Agregados (gr)	1128	1128	1128	1128	1128
Masa inc. perd. 0% (gr)	1128	1128	1128	1128	1128

CANTIDAD DE PROBETAS			1	1	1	1	1
Agregado	Cantera	Formula para laboratorio (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)
Piedra 3/4 chancada	Rio Mantaro Pilcomayo Puente Breña	30.00%	338.4	338.4	338.4	338.4	338.4
Arena N° 4 Zarandeada Lavada	Rio Mantaro Pilcomayo Puente Breña	65.00%	733.2	733.2	733.2	733.2	733.2
Filler - Cal	Filler de Aporte	5.00%	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4
Total de Aridos		100.00%	1128.0	1128.0	1128.0	1128.0	1128.0
% de Asfalto s/m			6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Masa de Asfalto (gr)			72.0	72.0	72.0	72.0	72.0

Tabla 20: Porcentajes de las 5 proporciones de aditivo (PET) (Anexo C-02)

CANTIDAD DE PROBETAS CON ADITIVO (PET)			3	3	3	3	3
Piedra 3/4 chancada	Rio Mantaro Pilcomayo Puente Breña	30.00%	338.4	338.4	338.4	338.4	338.4
Arena N° 4 Zarandeada Lavada	Rio Mantaro Pilcomayo Puente Breña	65.00%	733.2	733.2	733.2	733.2	733.2
Filler - Cal	Filler de Aporte	5.00%	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4
Total de Aridos		100.00%	1128.0	1128.0	1128.0	1128.0	1128.0
% de Asfalto s/m			6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Masa de Asfalto (gr)			72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
% Aditivo (PET)			1.00%	2.00%	4.00%	8.00%	16.00%
Aditivo (PET) gr			7.33	14.66	29.33	58.66	117.31
% (asfalto)							
			1207.3	1214.7	1229.3	1258.7	1317.3
CANTIDAD DE PROBETAS CORREGIDO CON ADITIVO (PET)			3	3	3	3	3
Piedra 3/4 chancada	Rio Mantaro Pilcomayo Puente Breña	30.00%	338.4	338.4	338.4	338.4	338.4
Arena N° 4 Zarandeada Lavada	Rio Mantaro Pilcomayo Puente Breña	65.00%	725.9	718.5	703.9	674.5	615.9
Filler - Cal	Filler de Aporte	5.00%	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4
Total de Aridos		100.00%	1120.7	1113.3	1098.7	1069.3	1010.7
% de Asfalto s/m			6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Masa de Asfalto (gr)			72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
% Aditivo (PET)			1.00%	2.00%	4.00%	8.00%	16.00%
Aditivo (PET) gr			7.33	14.66	29.33	58.66	117.31
% (asfalto)							
			1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0

Tabla 21: Ensayo Marshall de la mezcla asfáltica con aditivo (PET) (Anexo C-02)

N° DE BRIQUETAS	PET 1%			PET 2%			PET 4%			PET 8%			PET 16%		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	6.00			6.00			6.00			6.00			6.00		
2	30.00			30.00			30.00			30.00			30.00		
3	60.49			59.88			58.66			56.21			51.32		
4	4.70			4.70			4.70			4.70			4.70		
5	1.065			1.065			1.065			1.065			1.065		
6	2.641			2.641			2.641			2.641			2.641		
7	2.672			2.672			2.672			2.672			2.672		
8	2.860			2.860			2.860			2.860			2.860		
9	6.31	6.36	6.35	6.43	6.33	6.34	6.48	6.21	6.42	6.76	6.63	6.51	7.04	6.94	6.92
10	1194.0	1187.0	1145.0	1186.0	1180.0	1160.0	1148.0	1153.0	1165.0	1187.0	1164.0	1155.0	1163.0	1147.0	1136.0
11	1195.0	1188.0	1148.0	1188.0	1182.0	1163.0	1150.0	1155.0	1167.0	1189.0	1166.0	1157.0	1166.0	1151.0	1141.0
12	1713.0	1690.0	1706.0	1708.0	1660.0	1663.0	1631.0	1641.0	1692.0	1675.0	1657.0	1654.0	1640.0	1604.0	1611.0
13	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0	1080.0
14	633.0	610.0	626.0	628.0	580.0	685.0	551.0	561.0	612.0	595.0	577.0	574.0	560.0	542.0	531.0
15	562.0	578.0	522.0	560.0	602.0	478.0	599.0	594.0	555.0	594.0	589.0	583.0	606.0	609.0	610.0
16	1.0	1.0	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0
17	0.18	0.17	0.57	0.36	0.33	0.63	0.33	0.34	0.36	0.34	0.34	0.34	0.50	0.64	0.82
18	2.125	2.054	2.193	2.118	1.960	2.427	1.917	1.941	2.099	1.998	1.976	1.981	1.919	1.883	1.862
19	2.124			2.168			1.986			1.985			1.888		
20	2.525			2.515			2.512			2.495			2.484		
21	11.5	14.4	8.6	12.9	19.4	0.2	6.5	5.3	2.4	1.8	2.9	2.6	0.3	5.0	3.3
22	11.5			10.8			4.7			2.4			2.9		
23	2.734			2.735			2.735			2.736			2.739		
24	27	29.4	24.6	27.2	32.6	16.6	34.1	33.3	27.9	31.4	32.1	31.9	34.1	37.2	36.1
25	27.0			25.5			31.8			31.8			35.8		
26	57.4	50.9	65	52.5	40.5	98.7	80.9	84	108.6	94.3	91	91.7	99.1	86.6	91
27	57.8			63.9			91.2			92.3			92.2		
28	3.6	3.8	4.16	3.34	4.22	3.67	3.89	3.86	3.34	3.74	4.68	4.54	4.43	5	5.31
29	3.9			3.7			3.7			4.3			4.9		
30	13.21	11.36	8.08	12.11	11.27	9.22	7.83	12.09	12.24	14.02	11.25	12.44	10.29	8.92	6.25
31	1147	1158.4	823.9	1234.9	1149.2	940.2	798.4	1232.8	1248.1	1430.7	1147.2	1268.5	1049.3	909.6	637.3
32	0.99	1.00	1.00	0.98	1.01	0.98	0.97	1.04	0.98	0.91	0.94	0.96	0.85	0.87	0.87
33	1327	1156	822	1210	1155	924	772	1276	1226	1296	1075	1218	891	789	555
34	1102			1096			1091			1196			745		
35	3686	3041	1976	3623	2737	2517	1986	3306	3672	3466	2298	2682	2010	1578	1046
36	2901			2959			2988			2815			1545		

De la tabla N° 21, tenemos los porcentajes de PET, lo cual proporciona mejoras en las propiedades de la mezcla asfáltica.

Para la obtención del **porcentaje óptimo de aditivo (PET)**, los valores deben estar en lo posible dentro de los parámetros mínimos y máximo, de modo que se obtenga la dosificación óptima de 8% de PET mediante las ecuaciones que muestra cada gráfico.

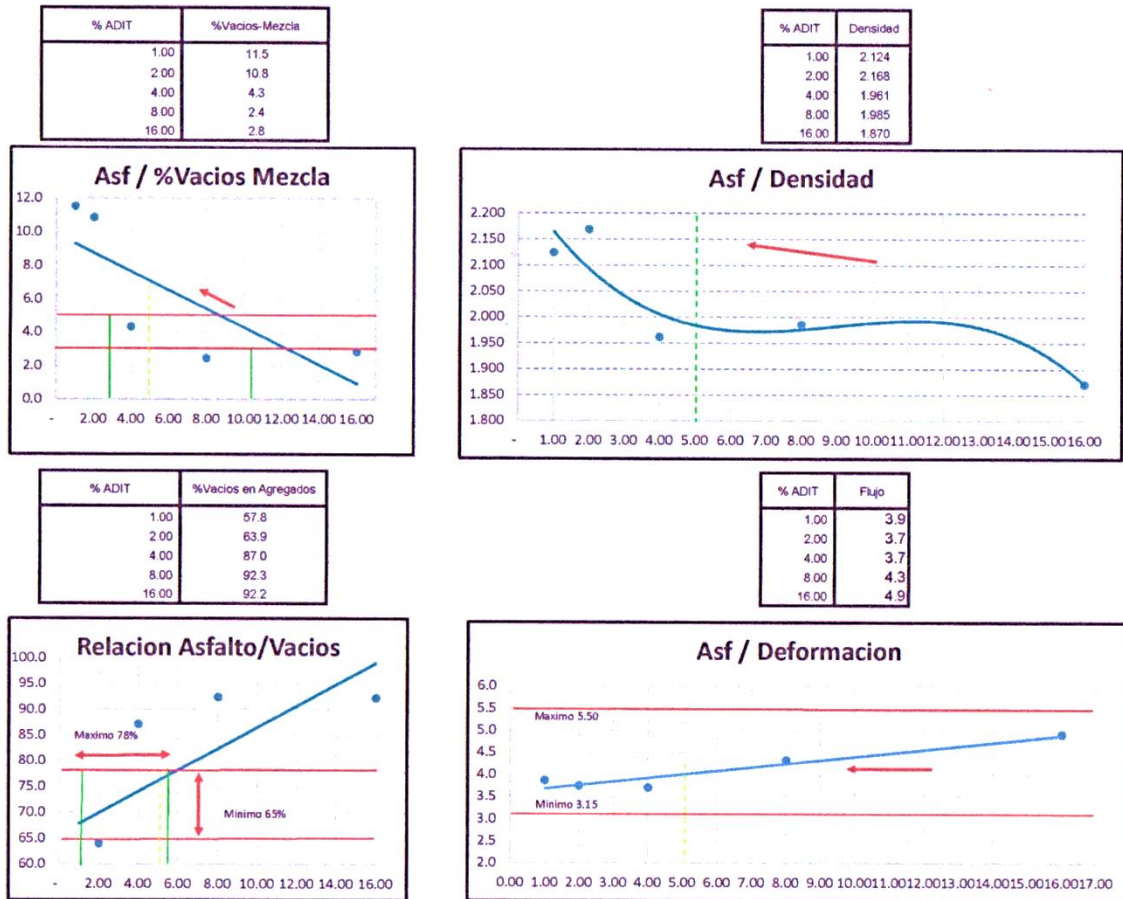


Figura 12-A: Gráficos para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto

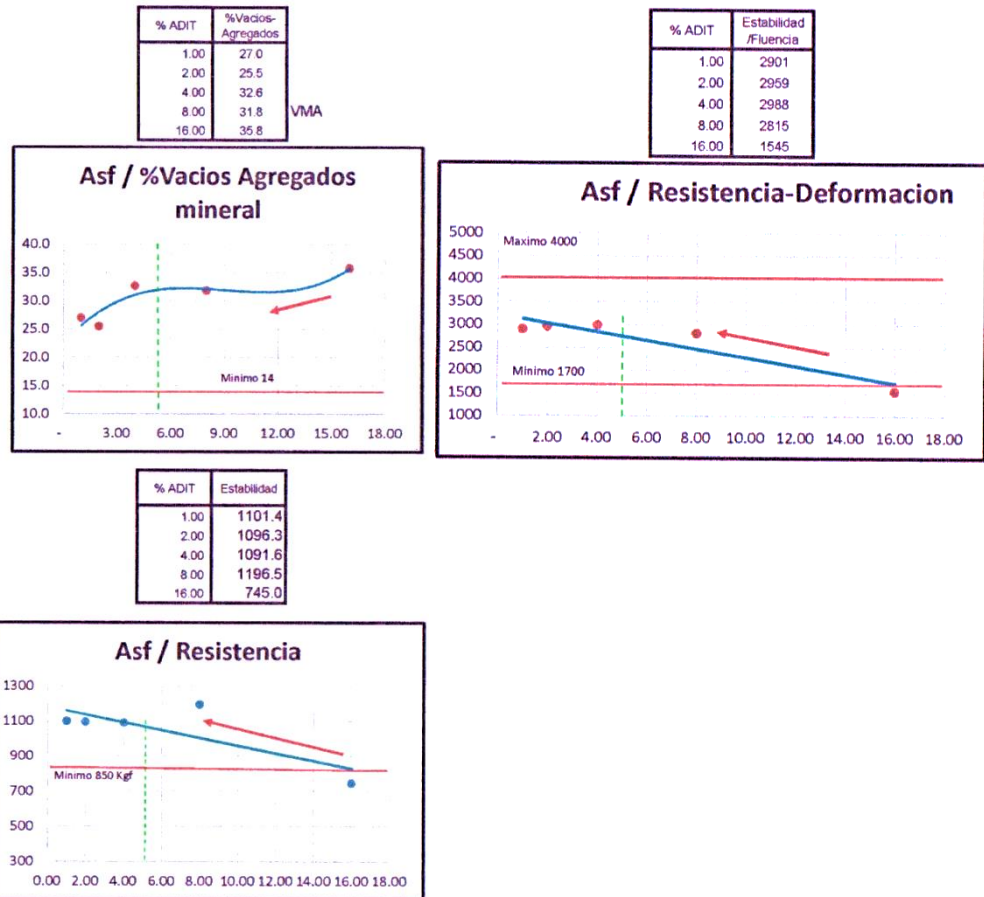


Figura 12-B: Gráficos para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL PARA MUESTRAS DE MEZCLAS ASFÁLTICA

Con la finalidad de realizar la caracterización del comportamiento de la mezcla asfáltica modificada con PET se realizó el análisis comparativo con la muestra patrón óptimo de una mezcla asfáltica convencional que contiene 6% de cemento asfáltico 85-100.

A. Análisis del flujo y estabilidad de la mezcla asfáltica con aditivo en el ensayo Marshall

El valor del flujo nos indica la deformación vertical del pavimento, cuando este se encuentre sometido a la máxima carga, para nuestro caso los resultados nos indican que para el caso de la muestra de mezcla asfáltica convencional tenemos que el porcentaje óptimo de asfalto está compuesto por 6% de cemento asfáltico.

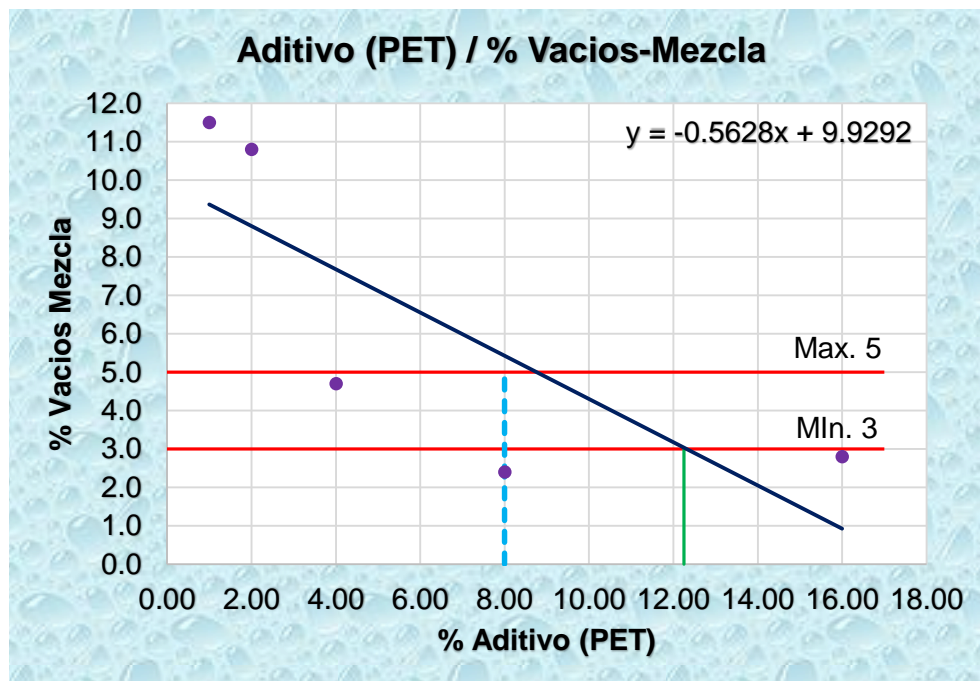
La estabilidad de un pavimento es su capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito, un pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos, ondulaciones y otras señales que indican un cambio en la mezcla.

Tabla 22: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje de Vacíos – Mezcla

% Aditivo (PET)	% Vacíos – Mezcla
1.00	11.5
2.00	10.8
4.00	4.3
8.00	2.4
16.00	2.8

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 8: Porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje de Vacíos – Mezcla



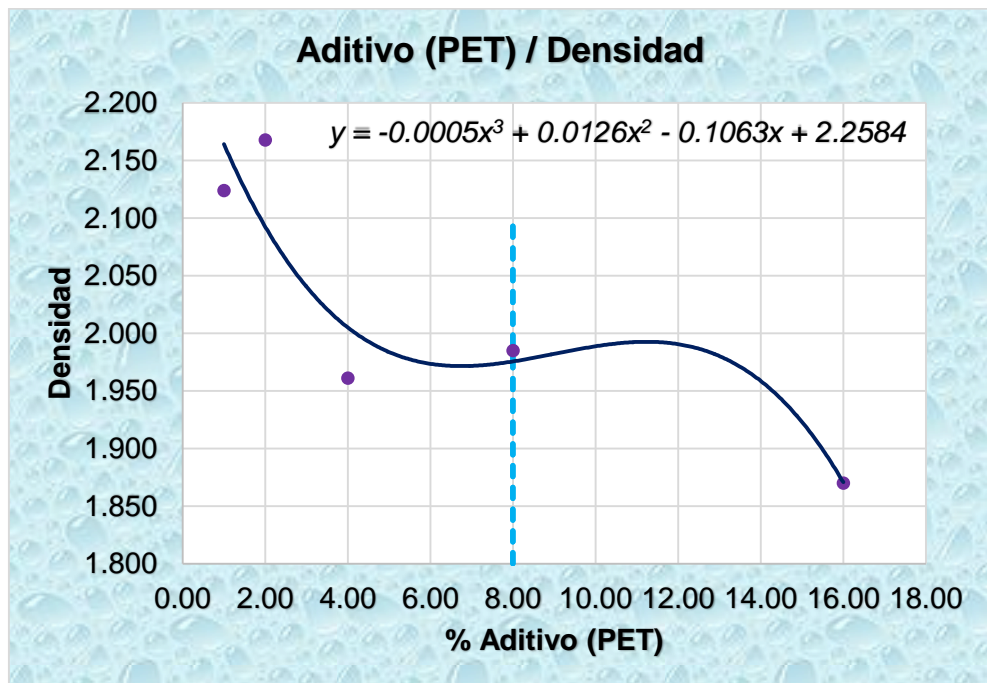
De acuerdo al gráfico tenemos que el porcentaje de PET adecuado para el diseño de la mezcla asfáltica se observó que solo 4% de PET se encuentra dentro del rango óptimo, sin embargo, después del cálculo en la ecuación la cantidad óptima de PET se encuentra entre el 8.76% y 12.31%.

Tabla 23: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y Densidad

% Aditivo (PET)	Densidad
1.00	2.124
2.00	2.168
4.00	1.961
8.00	1.985
16.00	1.870

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 9: Porcentaje de Aditivo (PET) y Densidad



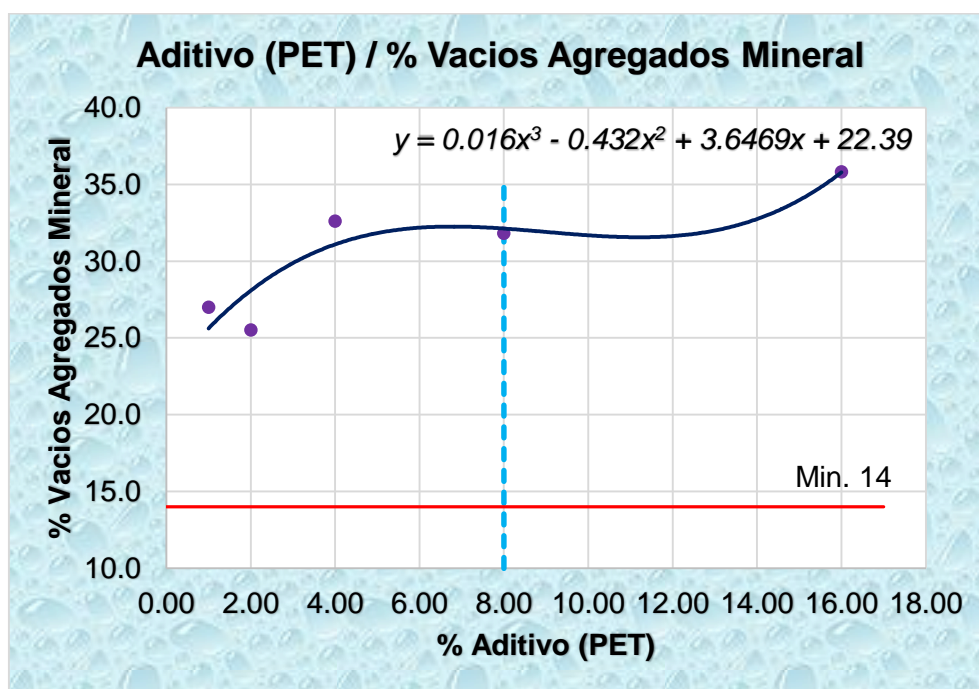
De acuerdo a los resultados la mezcla modificada con PET muestra que la densidad está por debajo de la mezcla asfáltica convencional, en el que reemplazamos en la ecuación y obtenemos que el porcentaje óptimo de PET al agregar, varía de 4.10% a 10.82%.

Tabla 24: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje Vacíos Agregados Mineral

% Aditivo (PET)	% Vacíos en Agregados
1.00	27.0
2.00	25.5
4.00	32.6
8.00	31.8
16.00	35.8

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 10: Porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje Vacíos Agregados Mineral



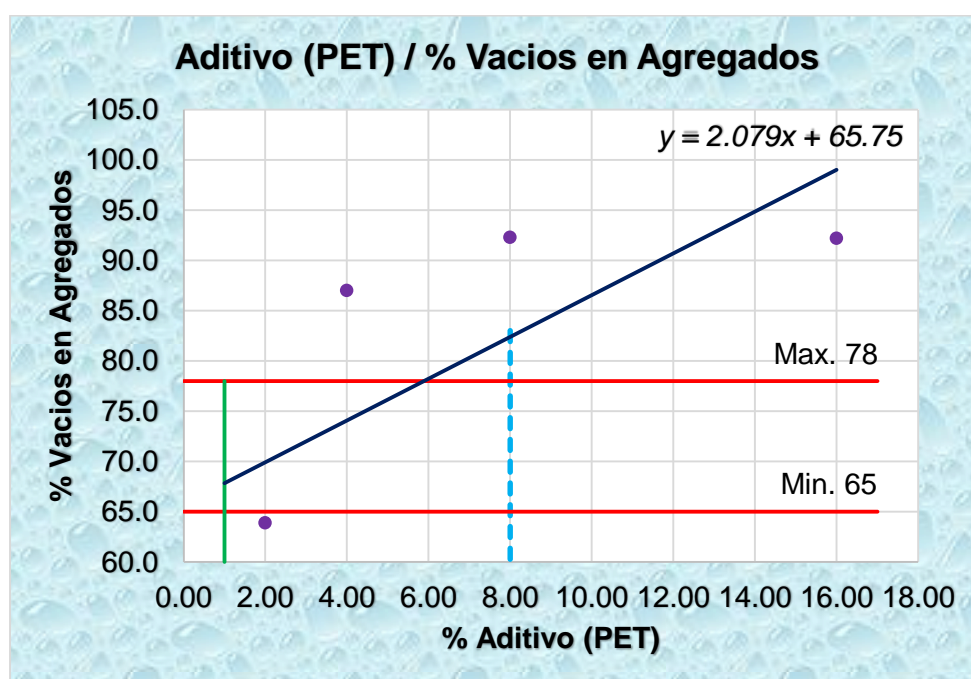
El gráfico nos muestra que la adición de PET influye en el porcentaje de vacíos de agregados mineral estando por encima de la mezcla asfáltica convencional, por lo que reemplazando en la fórmula tenemos que el porcentaje óptimo de PET, varía de 3.09% a 15.66% basándonos en el valor mínimo de 14% de vacíos agregados mineral.

Tabla 25: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje de Vacíos en Agregados

% Aditivo (PET)	% Vacíos en Agregados
1.00	57.8
2.00	63.9
4.00	87.0
8.00	92.3
16.00	92.2

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 11: Porcentaje de Aditivo (PET) y porcentaje de Vacíos en Agregados



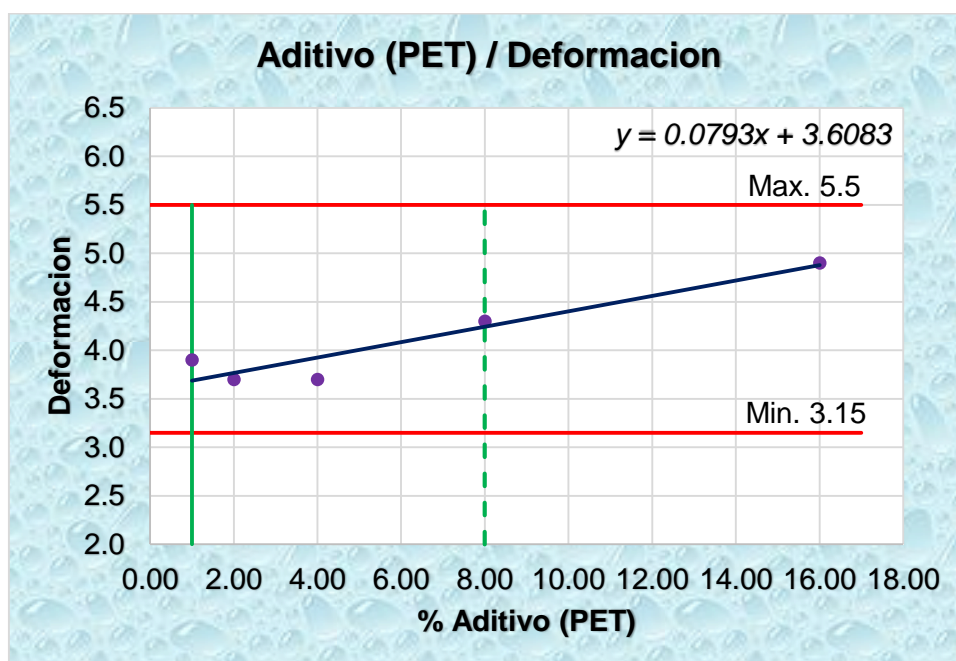
Según la mezcla asfáltica convencional se pide un porcentaje de vacíos en agregados de 65% al 78%, el cual nos da como resultado en la ecuación el porcentaje óptimo de PET entre 1% y 5.89%.

Tabla 26: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y Flujo

% Aditivo (PET)	Flujo
1.00	3.9
2.00	3.7
4.00	3.7
8.00	4.3
16.00	4.9

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 12: Porcentaje de Aditivo (PET) y la Deformación



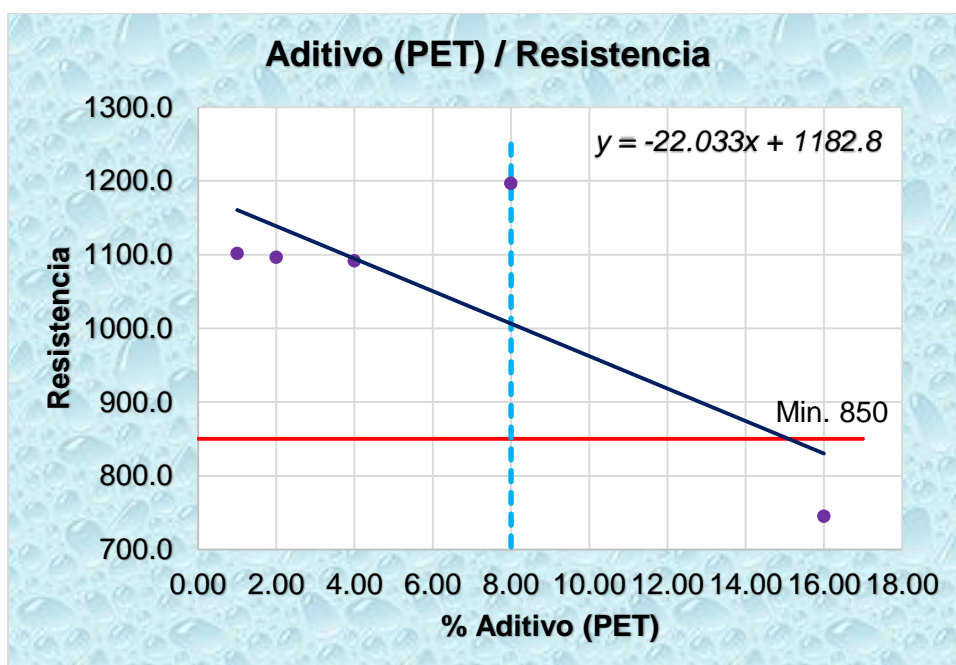
De gráfico observamos que a partir del 1% de PET la deformación se encuentra dentro de los rangos máximos y mínimos, de modo que el intervalo óptimo está entre 1% y 16%, el cual permita que la mezcla asfáltica cumpla con la normatividad de diseño asfáltico.

Tabla 27: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y Estabilidad

% Aditivo (PET)	Estabilidad
1.00	1101.4
2.00	1096.3
4.00	1091.6
8.00	1196.5
16.00	745.0

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 13: Porcentaje de Aditivo (PET) y la Resistencia



La resistencia está sujeta a la estabilidad de la mezcla asfáltica la cual debe ser superior a 850 Kgf, reemplazando valores en la ecuación de tendencia tenemos que el porcentaje óptimo de PET puede variar de 1% a 15.08%, estos valores nos garantizarían una resistencia óptima en el diseño de la mezcla asfáltica.

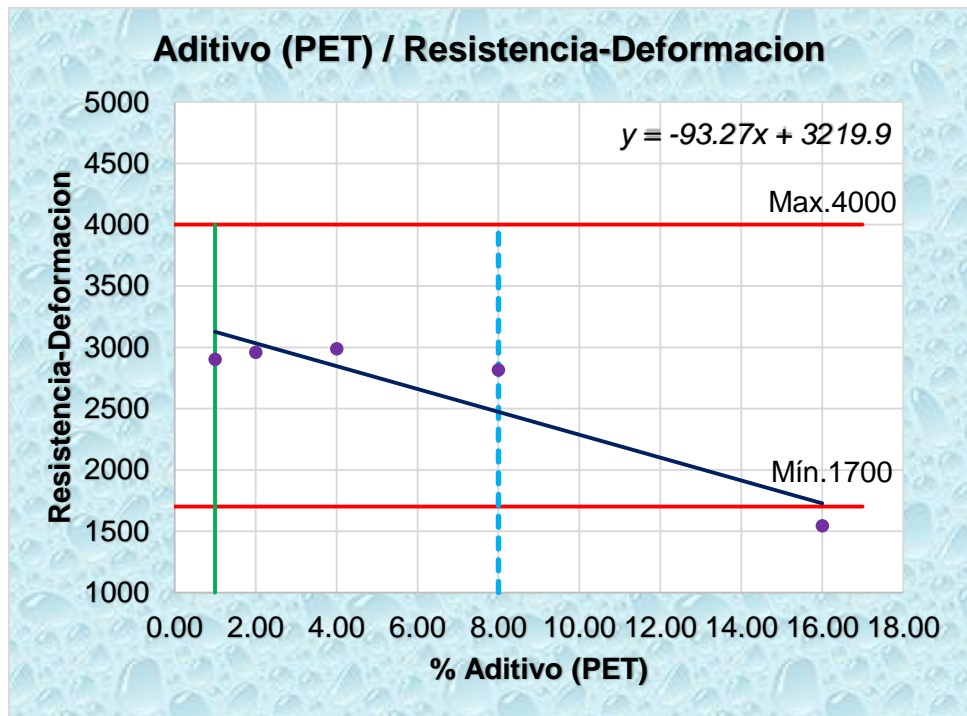
Tabla 28: Resultados porcentaje de Aditivo (PET) y Estabilidad – Flujo

% Aditivo (PET)	Deformación
1.00	2901

2.00	2959
4.00	2988
8.00	2815
16.00	1545

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio. Ene. 2018

Gráfico 14: Porcentaje de Aditivo (PET) y la Resistencia – Deformación



Del gráfico 13, observamos que el porcentaje de PET puede variar desde el 1% hasta el 16% y seguir cumpliendo con el valor óptimo de resistencia a la deformación.

5.2 CÁLCULO DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE PET A ADICIONAR EN LA MEZCLA ASFÁLTICA

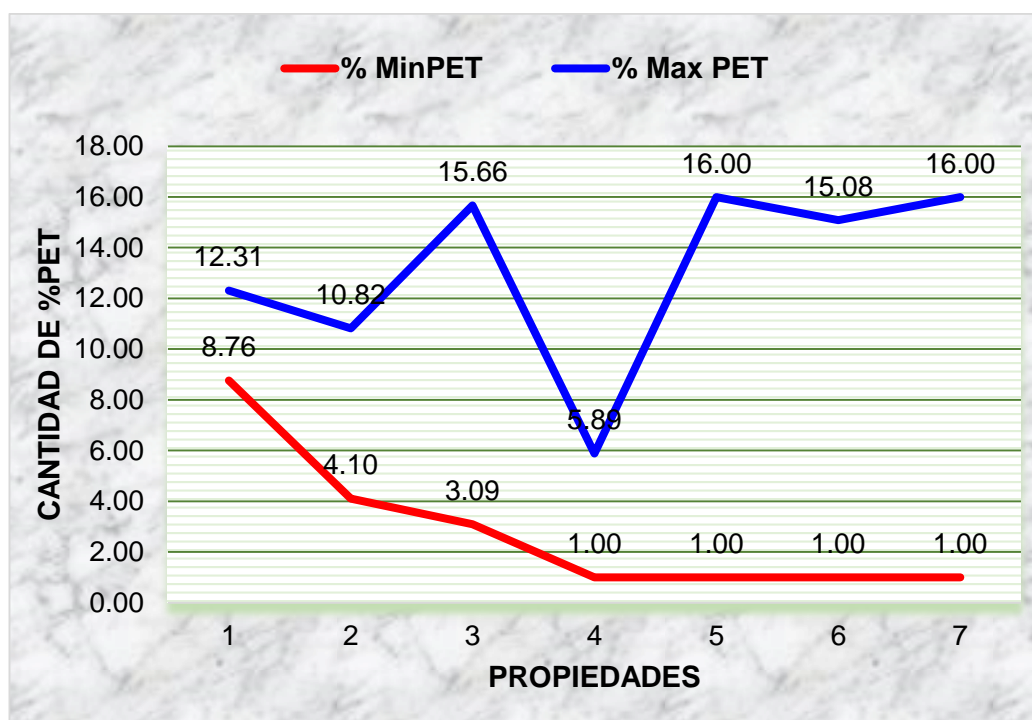
Tabla 29: Rangos mínimos y máximos de porcentajes de PET según propiedad de la mezcla asfáltica

PROPIEDADES	% Mín PET	% Máx. PET
-------------	-----------	------------

1	% Vacíos mezcla	8.76	12.31
2	Densidad	4.10	10.82
3	% Vacíos agregados mineral	3.09	15.66
4	% Vacíos	1.00	5.89
5	Deformación	1.00	16.00
6	Resistencia	1.00	15.08
7	Resistencia – Deformación	1.00	16.00

Del rango de porcentajes obtenidos, podemos decir que a un 8% de PET, se optimizan las propiedades de la mezcla asfáltica.

Gráfico 15: Rango de % Min PET y % Max PET



5.3 COMPARACIÓN DE FLUJO Y ESTABILIDAD ENTRE PORCENTAJE DE ASFALTO OPTIMO Y PORCENTAJE DE ADITIVO (PET)

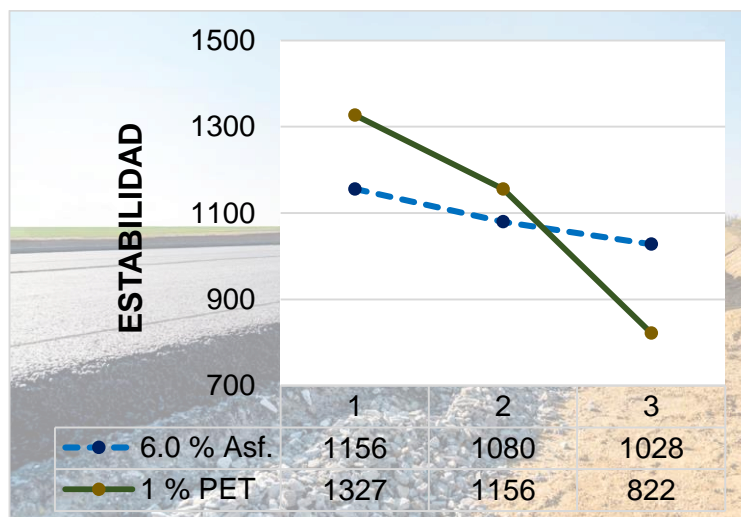
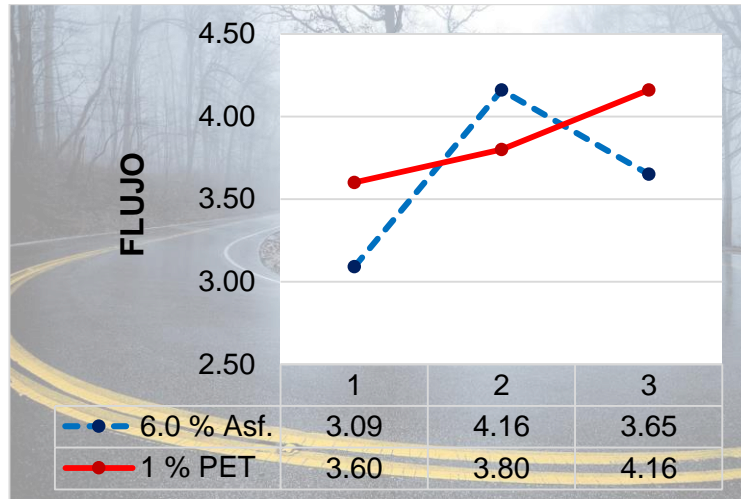
Tabla 30: Flujo y Estabilidad con el 1% de PET

FLUJO	
6.0 % Asf.	1 % PET
3.09	3.60

ESTABILIDAD	
6.0 % Asf.	1 % PET
1156	1327

4.16	3.80		1080	1156
3.65	4.16		1028	822
3.6	3.9	Promedio	1088	1102

Gráfico 16: Flujo y Estabilidad con el 1 % de PET

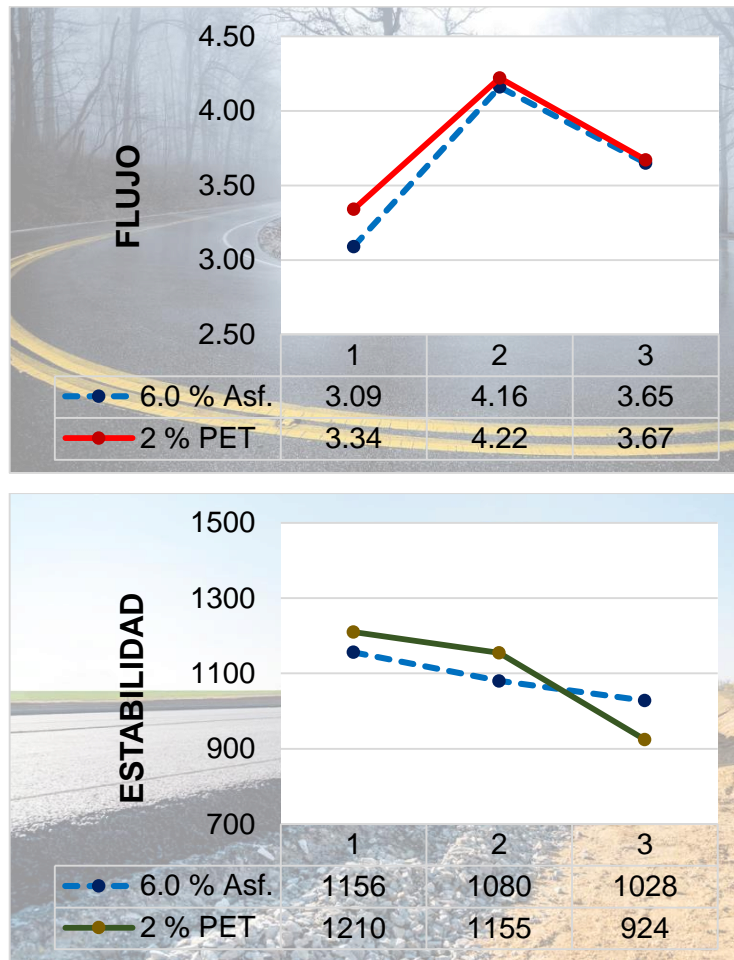


Con el 1% de polietilentereftalato (PET) en la mezcla asfáltica el flujo permanece entre los parámetros de la deformación y la estabilidad está por encima del valor mínimo de la resistencia y que esta entre el porcentaje de asfalto óptimo.

Tabla 31: Flujo y Estabilidad con el 2% de PET

FLUJO			ESTABILIDAD	
6.0 % Asf.	2 % PET		6.0 % Asf.	2 % PET
3.09	3.34		1156	1210
4.16	4.22		1080	1155
3.65	3.67		1028	924
3.6	3.7	Promedio	1088	1096

Gráfico 17: Flujo y Estabilidad con el 2 % de PET

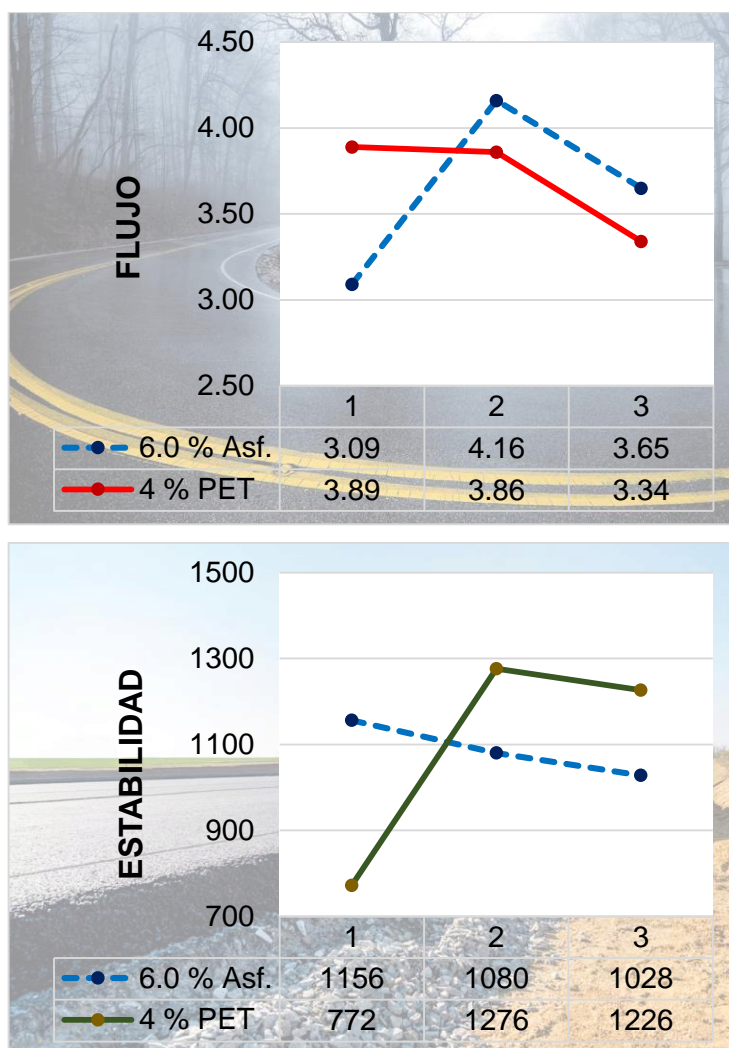


Con el 2% de polietilentereftalato (PET) en la mezcla asfáltica el flujo permanece entre los parámetros de la deformación y la estabilidad se mantiene por encima del valor mínimo de la resistencia y que esta entre el porcentaje de asfalto óptimo.

Tabla 32: Flujo y estabilidad con el 4% de PET

FLUJO			ESTABILIDAD	
6.0 % Asf.	4 % PET		6.0 % Asf.	4 % PET
3.09	3.89		1156	772
4.16	3.86		1080	1276
3.65	3.34		1028	1226
3.6	3.7	Promedio	1088	1091

Gráfico 18: Flujo y Estabilidad con el 4 % de PET

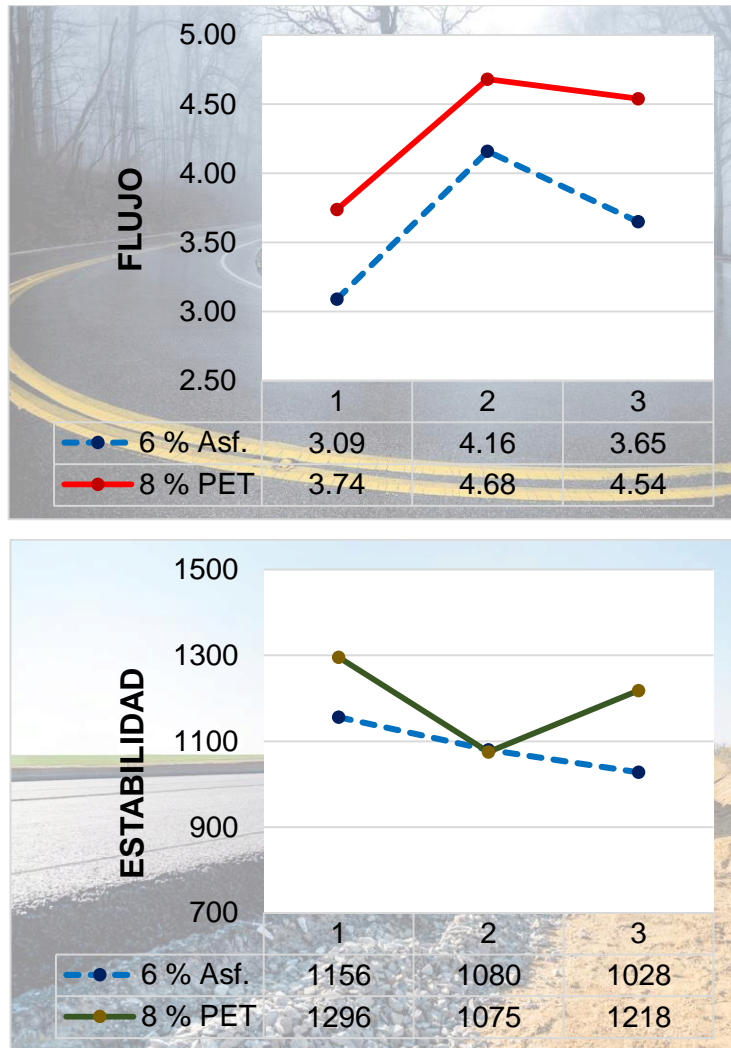


Con el 4% de polietilentereftalato (PET) en la mezcla asfáltica el flujo permanece entre los parámetros de la deformación y la estabilidad se mantiene por encima del valor mínimo de la resistencia y que esta entre el porcentaje de asfalto óptimo.

Tabla 33: Flujo y Estabilidad con el 8% de PET

FLUJO			ESTABILIDAD	
6.0 % Asf.	8 % PET		6.0 % Asf.	8 % PET
3.09	3.74		1156	1296
4.16	4.68		1080	1075
3.65	4.54		1028	1218
3.6	4.3	Promedio	1088	1196

Gráfico 19: Flujo y Estabilidad con el 8 % de PET

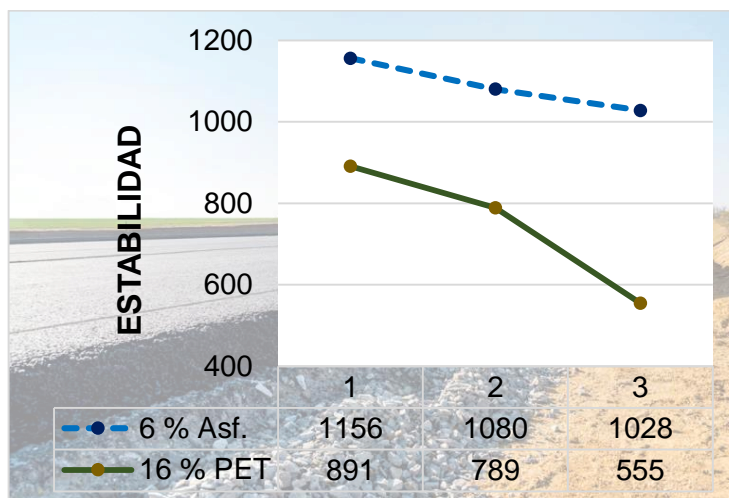
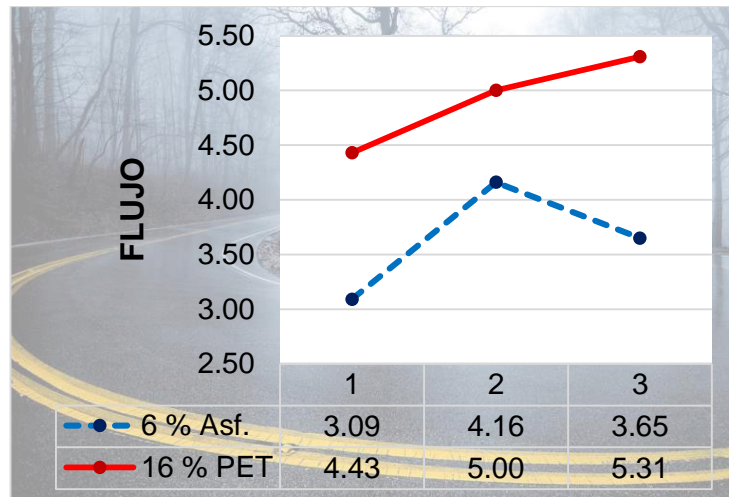


Con el 8% de polietilentereftalato (PET) en la mezcla asfáltica se eleva el flujo permaneciendo entre los parámetros de la deformación y la estabilidad se incrementa por encima del porcentaje de asfalto óptimo y alejado del valor mínimo de la resistencia.

Tabla 34: Flujo y Estabilidad con el 16% de PET

FLUJO			ESTABILIDAD	
6.0 % Asf.	16 % PET		6.0 % Asf.	16 % PET
3.09	4.43		1156	891
4.16	5.00		1080	789
3.65	5.31		1028	555
3.6	4.9	Promedio	1088	745

Gráfico 20: Flujo y Estabilidad con el 16 % de PET



Con el 16% de polietilentereftalato (PET) en la mezcla asfáltica se eleva el flujo estando casi fuera de los parámetros de la deformación y la estabilidad disminuye por debajo del valor mínimo de la resistencia y del porcentaje de asfalto óptimo.

5.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Por tratarse de una investigación de diseño experimental se realizó la prueba de hipótesis mediante el ANOVA, para muestras independientes.

1. Formulación de la hipótesis nula y alterna 1

H_0 = El polietilentereftalato (PET) no modifica significativamente la deformación de la mezcla asfáltica en la ciudad de Huancayo 2017.

$$u_1 = u_2$$

H_a = El polietilentereftalato (PET) modifica significativamente la deformación de la mezcla asfáltica en la ciudad de Huancayo 2017.

$$u_1 \neq u_2$$

a) **Base de datos**

Tabla 35: Resultados del Flujo (mm) de las muestras con aditivo y sin aditivo

N	V2	V1
1	3.6	2.66
2	3.8	3.17
3	4.16	2.56
4	3.34	3.43
5	4.22	3.39
6	3.67	2.08
7	3.89	3.09
8	3.86	4.16
9	3.34	3.65
10	3.74	2.53
11	4.68	3.26
12	4.54	4.78
13	4.43	4.66
14	5	5.02
15	5.31	4.25

V2: Muestra con aditivo PET

V1: Muestra convencional sin aditivo.

b) **Resultados del análisis ANOVA**

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Con Aditivo	15	61.58	4.105333333	0.34585524
Sin Aditivo	15	52.69	3.512666667	0.80076381

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2.634403333	1	2.634403333	4.5950	0.0408	4.1959718
Dentro de los grupos	16.05266667	28	0.573309524			
Total	18.68707	29				

c) Interpretación Estadística

De los resultados obtenidos tenemos que:

$F_t < F_c$; $4.196 < 4.595$, esto nos indica que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna que manifiesta que: el polietilentereftalato (PET) modifica significativamente la deformación de la mezcla asfáltica en la ciudad de Huancayo 2017.

2. Formulación de la hipótesis nula y alterna 2

H_0 = El polietilentereftalato (PET) no modifica significativamente la resistencia de la mezcla asfáltica en la ciudad de Huancayo 2017.

$$u_1 = u_2$$

H_a = El polietilentereftalato (PET) modifica significativamente la resistencia de la mezcla asfáltica en la ciudad de Huancayo 2017.

$$u_1 \neq u_2$$

a) Base de datos

Tabla 36: Resultados de estabilidad (Kg-f) de las muestras con aditivo y sin aditivo

N	V2	V1
1	1327	885
2	1156	1214
3	822	1268
4	1210	1293

5	1155	962
6	924	1281
7	772	1156
8	1276	1080
9	1226	1028
10	1296	850
11	1075	1174
12	1218	1057
13	891	727
14	789	679
15	555	710

V2: Muestra con aditivo PET

V1: Muestra convencional sin aditivo.

b) Resultados del análisis ANOVA

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Con aditivo	15	15692	1046.133333	55668.12381
Sin Aditivo	15	15364	1024.266667	45534.35238

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	3586.13333	1	3586.133333	4.2170	0.0492	4.1959718
Dentro de los grupos	1416834.6	28	50601.2381			
Total	1420420.8	29				

c) Interpretación Estadística

De los resultados obtenidos tenemos que:

$F_t < F_c$; $4.196 < 4.217$, esto nos indica que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna que manifiesta que: El polietilentereftalato (PET) modifica significativamente la resistencia de la mezcla asfáltica en la ciudad de Huancayo 2017.

CONCLUSIONES

1. Sobre el objetivo general: de acuerdo a los resultados obtenidos de la mezcla asfáltica con polietilentereftalato PET, tenemos el valor de la resistencia de 1196.5 Kgf (*Tabla 26*) y la deformación de 4.3 mm (*Tabla 27*), estos valores nos indican que existe una mejora considerable frente a la muestra convencional de mezcla asfáltica de 6% de asfalto con una resistencia de 1088 Kgf (*Tabla 16*) y una deformación de 3.6 mm (*Tabla 17*).
2. Primer objetivo específico: de acuerdo a los análisis de los agregados fino y grueso de la cantera del puente Breña - Pilcomayo se llegó a establecer que la cantidad óptima de asfalto a utilizar es el 6% (*Tabla 11*).
3. Segundo objetivo específico: con ayuda del ensayo Marshall se evaluó las diferentes propiedades de la mezcla asfáltica, llegando a establecer como porcentaje óptimo el 8% de polietilentereftalato PET del agregado fino (*Tabla 21*).
4. Tercer objetivo específico: se identificó la variación de la fluencia entre la mezcla asfáltica modifica con polietilentereftalato PET y la mezcla asfáltica convencional fue de 108.5 Kgf lo que representa un 10% de mejora respecto a esta propiedad. Así mismo el flujo varió en 0.7 mm, lo que representa un incremento del 19% respecto al convencional (*Tabla 33* y *Gráfico 19*).

RECOMENDACIONES

1. Luego del proceso de abertura de tamices para el cumplimiento de la granulometría seleccionada comparada con los límites propuestos por la norma puede darse el caso en que el porcentaje de vacíos V_a de las briquetas no se encuentre entre los valores de 3% y 5% recomendados por la norma, razón por la que un método de prueba para la respectiva corrección de este parámetro consiste en aumentar el porcentaje de material fino correspondiente al retenido y pasante del tamiz # 200 como se hizo en el caso actual dejándolos al límite granulométrico superior propuesto por la norma.
2. Es recomendable que al manejar e introducir el PET se aproximen a las características granulométricas del agregado fino.
3. En vista del flujo alto obtenido es recomendable usar este tipo de mezcla en capa de rodaduras flexibles destinadas principalmente a tráfico liviano, al menos hasta controlar la deformación máxima hallada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Society for Testing and Materials ASTM. (2006). *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures*. Pennsylvania: ASTM.
2. American Society for Testing and Materials ASTM. (2010). *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures*. Pennsylvania: ASTM.
3. Asphalt Institute MS-22. (2009). *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Second Edition*. En A. I. MS-22, *Asphalt Institute MS-22* (pág. Cap. 3). United States: Asphalt Institute MS-22.
4. Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGrawHill.
5. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de Materiales*. Lima : Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
6. Romero Flores, P., Bonifaz García, H., Huertas Cadena, G. J., & Cazar Ruiz, J. D. (2015). *Diseño de un pavimento flexible adicionando tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante AC-20*. Ecuador .
7. Ruiz, A. (2016 de Noviembre de 2016). La COP20 inundará la ciudad de botellas de plástico. *Perú 21*, pág. 4.
8. Sanchez Hernández , I., & Miranda Gonzales , F. (2009). *Es la hora del marketing interno*. Coruña : REDMARKA.
9. Waddell , J., & Dobrowski , J. A. (1997). *Manual de la construcción con concreto I*. España : Mc Graw Hill, 3a edición.

ANEXOS

ANEXO A-01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	MÉTODO GENERAL
¿En qué medida se modifica la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato?	Demostrar en qué medida se modifica la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato.	La medida en la que se modifica la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato, es en la resistencia de 1088 Kgf, mientras que para la deformación es de 3.6 mm.	El polietilentereftalato (PET):	Científico
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicas	VARIABLE DEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN
¿Cuál es la cantidad óptima de cemento asfáltico en una mezcla asfáltica con polietilentereftalato?	Estimar la cantidad óptima de cemento asfáltico en una mezcla asfáltica con polietilentereftalato.	La cantidad óptima de cemento asfáltico en una mezcla asfáltica con polietilentereftalato, es de 6%.	Producto para la incorporación a la mezcla asfáltica en las distintas muestras y mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, como el incremento a la resistencia y disminución a la deformación de los pavimentos de asfálticos.	Experimental aplicada
¿Cuál es la dosificación óptima de polietilentereftalato en una mezcla asfáltica?	Calcular la dosificación óptima de polietilentereftalato en una mezcla asfáltica	La dosificación óptima de polietilentereftalato en una mezcla asfáltica, es de 8%.	La resistencia y la deformidad de la mezcla asfáltica:	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
¿Cuál es la variación de la estabilidad y fluencia o flujo de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato?	Determinar la variación de la estabilidad y fluencia o flujo de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato.	La variación de la estabilidad y fluencia o flujo de una mezcla asfáltica con polietilentereftalato, 0.7 mm, lo que representa un incremento del 19% respecto al convencional.	Características de las propiedades de los materiales utilizados en una mezcla asfáltica, de acuerdo a procedimientos y especificaciones indicados con su respectiva norma, se efectuaron ensayos sobre las mezclas convencionales y mezclas modificadas utilizando el diseño Marshall, para todas las muestras.	Descriptivo - explicativo
				DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
				Experimental puro
				POBLACIÓN
				La población está representada por los pavimentos flexibles existentes en la ciudad de Huancayo, las cuales se encuentran deterioradas y deformadas a través del tiempo en lugares vulnerables a distintos factores.
				MUESTRA
				Para establecer la muestra se utilizó en general el muestreo discrecional.

ANEXO B-01

CERTIFICADO DEL ENSAYO DEL PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.



SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua
Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH

Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto

Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos

Perforaciones y Extracción Diamantinas.

Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto

Extracción y traslado de muestras Insitu con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO INFORME

EXPEDIENTE N° : 010-2018
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCION : 23 DE DICIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISION : 11 DE ENERO DEL 2018

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

A. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

Tipo de agregado: **Agregado Fino**

Norma: **N.T.P. 400.022**

Procedencia: Río Mantaro -Pilcomayo Puente Breña

Muestra: N° M-1

DESCRIPCION	CANTIDAD
PESO DE LA FIOLA	165.000
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA	665.480
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA+PESO DEL AGUA	982.980
PESO DEL AGUA	317.500
PESO DE LA ARENA SECA	488.640
VOLUMEN DE LA FIOLA	500.000
PESO ESPECIFICO DE LA MASA (Kg/m3)	2.677

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

A. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado: **Agregado Grueso**

Norma: **N.T.P. 400.022**

Procedencia: Río Mantaro -Pilcomayo Puente Breña

Muestra: N° M-1

DESCRIPCION	CANTIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	2815.640
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA	2813.460
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	1059.200
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	1754.260
PESO DE LA MUESTRA SECA	2808.760
PESO ESPECIFICO DE MASA (Kg/m3)	2.646

PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO	M-1	M-2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA (Kg/m3)	2.646	2.636	2.641

HC-AC-001 REV.00 FECHA:05/02/2018

OBSERVACION : Muestra remitidas por el personal de laboratorio.

*EN OBRA CORREGIR POR HUMEDAD.

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA
Ing. Victor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP 70480

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD
Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP. 69778

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.



SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua
Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH

Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
Estudios y Ensayos Geofísicos
Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras Insitu con personal calificado

Email: grupo centauro ingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO INFORME

EXPEDIENTE N° : 010-2018
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCION : 23 DE DICIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISION : 11 DE ENERO DEL 2018

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

A. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

Tipo de agregado: **Agregado Fino** Norma: N.T.P. 400.022
Procedencia: Río Mantaro -Pilcomayo Puente Breña Muestra: N° M-2

DESCRIPCION	CANTIDAD
PESO DE LA FIOLA	165.000
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA	666.000
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA+PESO DEL AGUA	982.580
PESO DEL AGUA	316.580
PESO DE LA ARENA SECA	488.970
VOLUMEN DE LA FIOLA	500.000
PESO ESPECIFICO DE LA MASA (Kg/m³)	2.666

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

A. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado: **Agregado Grueso** Norma: N.T.P. 400.022
Procedencia: Río Mantaro -Pilcomayo Puente Breña Muestra: N° M-2

DESCRIPCION	CANTIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	2815.680
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA	2814.260
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	1063.200
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	1751.060
PESO DE LA MUESTRA SECA	2806.450
PESO ESPECIFICO DE MASA (Kg/m³)	2.636

PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

ENSAYO	M-1	M-2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA (Kg/m ³)	2.677	2.666	2.672

HC-AC-001 REV.00 FECHA:05/02/2018

OBSERVACION : Muestra remitidas por el personal de laboratorio.

*EN OBRA CORREGIR POR HUMEDAD.

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA
Ing. Victor Peña Duena
INGENIERO CIVIL

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD

Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERA CIVIL
C.I.P. 69776

ANEXO B-02

**CERTIFICADO DEL ENSAYO PARA DETERMINAR
CUALITATIVAMENTE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS
EN EL AGREGADO FINO**



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

IMPUERZAS ORGANICAS EN SUELOS MTC E 213-2016

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : E-1
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCIÓN : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DE 2017
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE NOVIEMBRE DE 2017

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)
MTC E 213 - 2016

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

COLOR GARDNER ESTÁNDAR N°	PLACA ORGANICA N°
5	1
8	2
11	3 (estándar)
13	4
16	5

RESULTADO EN LA PLACA ORGANICA N° : 1

REVISADO POR : ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS


Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775

ANEXO B-03

CERTIFICADO DEL ENSAYO PARA LA CANTIDAD DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : E-2A
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISION : 25 DE NOVIEMBRE DEL 2017

SALES SOLUBLES

MTC E 219

AGREGADO FINO

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

CONTENIDO : 0.06%

CONTENIDO : 602 PPM

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

REVISADO POR: ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS.



Ing. Janet Yessica Andía Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : E-2B
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISION : 25 DE NOVIEMBRE DEL 2017

SALES SOLUBLES

MTC E 219

AGREGADO GRUESO

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

CONTENIDO : 0.04%

CONTENIDO : 357 PPM

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

REVISADO POR: ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS.


Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775

ANEXO B-04

CERTIFICADO DEL ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.



SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua
Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH

Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto

Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos

Perforaciones y Extracción Diamantinas.

Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto

Extracción y traslado de muestras Insitu con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO INFORME

EXPEDIENTE N° : 010-2018
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCION : 23 DE DICIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISION : 11 DE ENERO DEL 2018

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

A. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

Tipo de agregado: **Agregado Fino**

Norma: **N.T.P. 400.022**

Procedencia: Río Mantaro -Pilcomayo Puente Breña

Muestra: N° M-1

DESCRIPCION	CANTIDAD
PESO DE LA FIOLA	165.000
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA	665.480
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA+PESO DEL AGUA	982.980
PESO DEL AGUA	317.500
PESO DE LA ARENA SECA	488.640
VOLUMEN DE LA FIOLA	500.000
PESO ESPECIFICO DE LA MASA (Kg/m3)	2.677

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

A. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado: **Agregado Grueso**

Norma: **N.T.P. 400.022**

Procedencia: Río Mantaro -Pilcomayo Puente Breña

Muestra: N° M-1

DESCRIPCION	CANTIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	2815.640
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA	2813.460
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	1059.200
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	1754.260
PESO DE LA MUESTRA SECA	2808.760
PESO ESPECIFICO DE MASA (Kg/m3)	2.646

PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO	M-1	M-2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA (Kg/m3)	2.646	2.636	2.641

HC-AC-001 REV.00 FECHA:05/02/2018

OBSERVACION : Muestra remitidas por el personal de laboratorio.

*EN OBRA CORREGIR POR HUMEDAD.

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA
Ing. Victor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP 70480

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD
Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP. 69778

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.



SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua
Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH

Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
Estudios y Ensayos Geofísicos
Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras Insitu con personal calificado

Email: grupo centauro ingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO INFORME

EXPEDIENTE N° : 010-2018
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCION : 23 DE DICIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISION : 11 DE ENERO DEL 2018

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

A. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

Tipo de agregado: **Agregado Fino** Norma: N.T.P. 400.022
Procedencia: Río Mantaro -Pilcomayo Puente Breña Muestra: N° M-2

DESCRIPCION	CANTIDAD
PESO DE LA FIOLA	165.000
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA	666.000
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA+PESO DEL AGUA	982.580
PESO DEL AGUA	316.580
PESO DE LA ARENA SECA	488.970
VOLUMEN DE LA FIOLA	500.000
PESO ESPECIFICO DE LA MASA (Kg/m³)	2.666

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

A. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado: **Agregado Grueso** Norma: N.T.P. 400.022
Procedencia: Río Mantaro -Pilcomayo Puente Breña Muestra: N° M-2

DESCRIPCION	CANTIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	2815.680
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA	2814.260
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA	1063.200
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	1751.060
PESO DE LA MUESTRA SECA	2806.450
PESO ESPECIFICO DE MASA (Kg/m³)	2.636

PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

ENSAYO	M-1	M-2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA (Kg/m ³)	2.677	2.666	2.672

HC-AC-001 REV.00 FECHA:05/02/2018

OBSERVACION : Muestra remitidas por el personal de laboratorio.

*EN OBRA CORREGIR POR HUMEDAD.

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA
Ing. Victor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD

Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERA CIVIL
C.I.P. 69776



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

IMPUERZAS ORGANICAS EN SUELOS MTC E 213-2016

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : E-1
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCIÓN : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DE 2017
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE NOVIEMBRE DE 2017

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01) MTC E 213 - 2016

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

COLOR GARDNER ESTÁNDAR N°	PLACA ORGANICA N°
5	1
8	2
11	3 (estándar)
13	4
16	5

RESULTADO EN LA PLACA ORGANICA N° : 1

REVISADO POR : ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS


Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : E-2A
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISION : 25 DE NOVIEMBRE DEL 2017

SALES SOLUBLES

MTC E 219

AGREGADO FINO

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

CONTENIDO : 0.06%

CONTENIDO : 602 PPM

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

REVISADO POR: ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS.



Ing. Janet Yessica Andía Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : E-2B
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISION : 25 DE NOVIEMBRE DEL 2017

SALES SOLUBLES

MTC E 219

AGREGADO GRUESO

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

CONTENIDO : 0.04%

CONTENIDO : 357 PPM

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PERSONAL DE LABORATORIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

REVISADO POR: ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS.


Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : E-03
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 16 DE NOVIEMBRE DE 2017
FECHA DE EMISION : 25 DE NOVIEMBRE DE 2017

CODIGO : NTP 339.146:2000
TITULO : SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino
COMITÉ : CTN 005: Geotecnia
TITULO (EN) : Soils. Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate

EQUIVALENTE DE ARENA

EQUIVALENTE DE ARENA : 66.42 %

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \times 100$$

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

- * MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL TECNICO DEL LABORATORIO..
- * EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

REVISADO POR: ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS.


Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775

ANEXO B-05

CERTIFICADO DEL ENSAYO DE DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DE LOS AGREGADOS



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : E-4A
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : ING. JULIO NAKANDAKARE SAN IANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFÁLTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCION : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISION : 25 DE NOVIEMBRE DEL 2017

CODIGO : NTP 400.016:2011
TITULO : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 3a. ed.
COMITÉ : CTN 007: Agregados, hormigón (concreto), hormigón armado y hormigón pretensado
TITULO (EN) : Aggregate. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO: ANALISIS CUANTITATIVO MTC E209 - 2016 SULFATO DE MAGNESIO

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

MUESTRA : M-1

FRACCION		PERDIDAS (%)				
PASA	RETIENE	1	2	3	4	5
		GRADACION ORIGINAL %	Peso de la Fraccion Ensayada (g)	Peso Retenido despues del Ensayo (g)	Perdida Total %	Perdida Corregida %
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	20.00	100	87.00	13.00	2.600
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	20.00	100	93.00	7.00	1.400
2.36 mm (N° 8)	1.18mm (N° 16)	20.00	100	94.00	6.00	1.200
1.18mm (N° 16)	600 um (N° 30)	20.00	100	88.00	12.00	2.400
600 um (N° 30)	300 um (N° 50)	20.00	100	78.00	22.00	4.400
300 um (N° 50)	150 um (N° 100)	0.00	0	0.00	0.00	0.000
150 um (N° 100)		0.00	-	-	-	-
TOTALES		100				12.000

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

REVISADO POR: ING. JANET YESSICA ANDÍA ARIAS.


Ing. Janet Yessica Andía Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
INFORME

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : 4B
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCION : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 16 DE NOVIEMBRE DE 2017
FECHA DE EMISION : 25 DE NOVIEMBRE DE 2017

CODIGO : NIP 400.016:2011
TITULO : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 3a. ed.
COMITÉ : CTN 007: Agregados, hormigón (concreto), hormigón armado y hormigón pretensado
TITULO (EN) : Aggregate. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

INALTERABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO: ANALISIS CUANTITATIVO - MTC E 209-2000 NTP 400.016
SULFATO DE MAGNESIO

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

MUESTRA: M-1

FRACCION		PERDIDAS (%) 6.303						
PASA	RETIENE	1	2	3	4	5	6	7
		GRADACION ORIGINAL %	Peso de la Fraccion Ensayada (g)	N° de Particula	Peso Retenido despues del Ensayo (g)	Perdida Total %	Perdida Corregida %	N° de Particulas
63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	0.00	0.00		0.00	0.000	0.000	0
50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	0.00	0.00		0.00	0.000	0.000	0
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	0.00	0.00		0.00	0.000	0.000	0
25 mm (1")	19 mm (3/4")	28.68	505.00	34	415.00	17.822	5.111	0
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	37.08	653.00		646.00	1.072	0.398	
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	17.21	303.00		293.00	3.300	0.568	
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	17.04	300.00		296.00	1.333	0.227	
TOTALES		100	1761		1650.00		6.303	

ANALISIS CUALITATIVO		NÚMERO DE PARTICULAS DESPUES DEL ENSAYO - SULFATO DE MAGNESIO				
CICLO	N° DE PARTICULAS PREENSAYO	EN BUEN ESTADO	AGRIETADAS	PARTIDAS	ESCAMOSAS	DESINTEGRADAS
V	1					
	2					
	3					
	4					
	5	34	34	0	0	0

FRACCION 1: 67.5 mm - 50 mm
FRACCION 2: 50 mm - 37.5 mm
FRACCION 3: 37.5 mm - 25 mm
FRACCION 4: 25 mm - 19 mm

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

REVISADO POR: ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS.


Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775

ANEXO B-06

CERTIFICADO DEL ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES

EXPEDIENTE N° : 309-2017
N° DE ESTUDIO : E-05
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCIÓN : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
PROYECTO : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE NOVIEMBRE DE 2017

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)

Código : MTC E 207-2000
Título : AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles
Código : ASTM C 31, ASTM C 535, AASTHO T 96
Título : Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

GRADACION		"B"
PASA	RETIENE	GRAMOS
3/4"	1/2"	2500
1/2"	3/8"	2500
		5000

500 revoluciones en 15 minutos	
Peso que pasa tamiz N° 12	593
DESGASTE	11.86%

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL TECNICO DEL LABORATORIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)


Ing. Janet Yessica Andía Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 69775

ANEXO B-07

CERTIFICADO DEL ENSAYO DE LÍMITE DE ATTEMBERG (MALLA 40 Y 200)



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 309 - 2017
 ESTUDIO : 06
 PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
 ATENCIÓN : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
 OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
 UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE NOVIEMBRE DEL 2017
 FECHA DE EMISION : 23 DE NOVIEMBRE DEL 2017

LIMITE DE ATTEMBERG PASANTE POR LA MALLA 40 - METODO (4 PUNTOS)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
ENSAYO No	1	2	3	4	1	2
TARA No	Z-4	X-5	B-B-R	C-1	B-R	B-L
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO AGUA gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE LA TARA gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO SUELO SECO gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
CONTENIDO DE HUMEDAD. %	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
NUMERO DE GOLPES						

RESULTADOS DE ENSAYOS

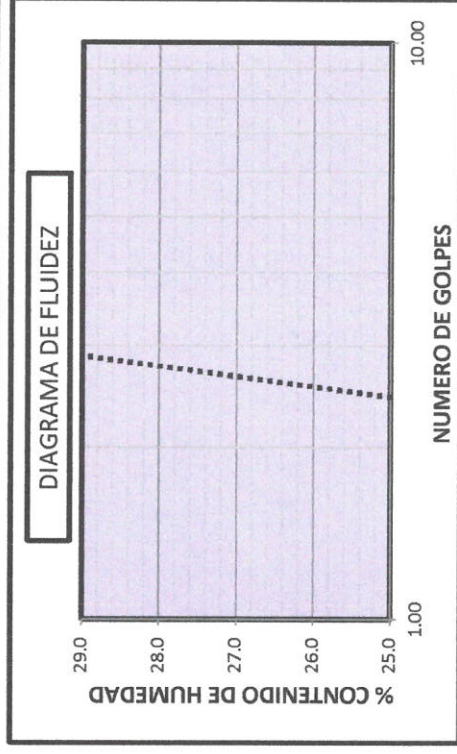
LIMITE LIQUIDO (%)	N.P.
LIMITE PLASTICO (%)	N.P.
INDICE PLASTICIDAD (%)	N.P.

10	20	30	40	50
N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

REVISADO POR : ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS



CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

Janae
 Ing. Janet Yessica Andia Arias
 INGENIERO CIVIL
 CIP 69775



CENTAURO INGENIEROS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

- ENSAYO DE CBR Y MARSHALL DIGITAL
- ENSAYO DE CORTE DIRECTO DIGITAL
- ANALISIS DE PERMEABILIDAD
- DISEÑO DE MEZCLA
- ENSAYOS A COMPRESION DIGITAL
- ANALISIS DE GRANULOMETRIA, LL, LP, DENSIDAD DE CAMPO
- ANALISIS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS, ENTRE OTROS

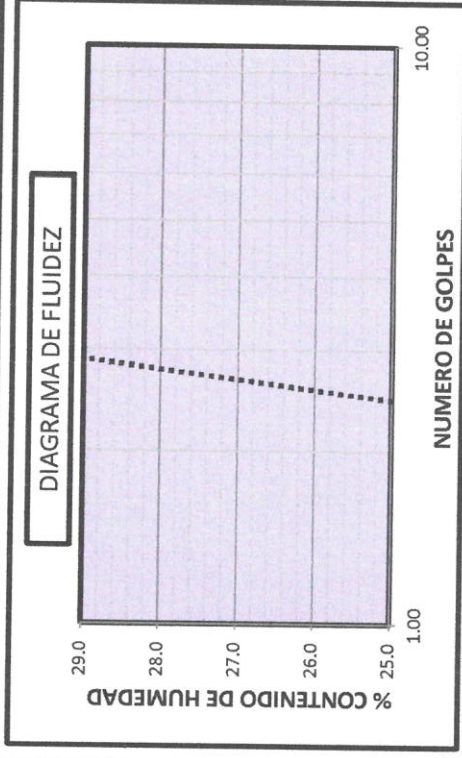
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 309 - 2017
 ESTUDIO : 07
 PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
 ATENCIÓN : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
 OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
 UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 DE NOVIEMBRE DEL 2017
 FECHA DE EMISION : 23 DE NOVIEMBRE DEL 2017

LIMITE DE ATTEMBERG PASANTE POR LA MALLA 200 - METODO (4 PUNTOS)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	4	1	2
ENSAYO No	Z-4	X-5	B-B-R	C-1	B-R	B-L
TARA No	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO AGUA gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO DE LA TARA gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
PESO SUELO SECO gr.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
NUMERO DE GOLPES						



RESULTADOS DE ENSAYOS

LIMITE LIQUIDO (%)	N.P.
LIMITE PLASTICO (%)	N.P.
INDICE PLASTICIDAD (%)	N.P.

10	20	30	40	50
N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.

CANTERA : RIO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

REVISADO POR : ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS

ANEXO B-08

CERTIFICADO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.



SERVICIOS DE:
 Ensayos para Mecánica de Suelos
 Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
 Ensayos en Rocas
 Ensayos químicos en suelos y agua
 Ensayos Triaxiales para Suelos
 Ensayos de SPT, DPL, DPSH

Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
 Estudios y Ensayos Geofísicos
 Estudios Geotécnicos
 Perforaciones y Extracción Diamantinas.
 Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
 Extracción y traslado de muestras In situ con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](#)

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS
 LABORATORIO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 010 - 2018
 ESTUDIO : E-1
 PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
 OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
 UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 23 DE DICIEMBRE DEL 2017
 FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2018

GRANULOMETRÍA
SEGÚN HUSO MEZCLAS ASFALTICAS MAC-2
NORMATIVA - EG2013 PERU

PAGINA 1 DE 13

MEZCLA : MAC2
 AGREGADOS : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO
 ASFALTO : 85/100
 ADITIVO : S/A

CANTERA : RÍO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	CANTERA PILCOMAYO PIEDRA CHANCADA			
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	% PARCIAL RETENIDO	PASANTE
(1")	25.00	0	0	2756.9	100.0%
(3/4)	19.00	523.8	523.8	2233.1	81.0%
(1/2)	12.50	1638.8	2162.6	594.3	21.6%
(3/8)	9.50	402.9	2565.5	191.4	6.9%
(N.4)	4.75	189	2754.5	2.4	0.1%
(N.10)	2.00	2.4	2756.9	0	0.0%
(N.40)	0.43	0	2756.9	0	0.0%
(N.80)	0.18	0	2756.9	0	0.0%
(N.200)	0.08	0	2756.9	0	0.0%
PASA 200		0	2756.9	0	0.0%
PESO TOTAL		2756.9			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	CANTERA PILCOMAYO ARENA GRUESA			
		PESO RETENIDO	ACUMULADO	% PARCIAL RETENIDO	PASANTE
(1")	25.00	0	0	863	100.0%
(3/4)	19.00	0	0	863	100.0%
(1/2)	12.50	0	0	863	100.0%
(3/8)	9.50	0	0	863	100.0%
(N.4)	4.75	135	135	728	84.4%
(N.10)	2.00	0	135	728	84.4%
(N.40)	0.43	122	257	606	70.2%
(N.80)	0.18	165	422	441	51.1%
(N.200)	0.08	199	621	242	28.0%
PASA 200		242	863	0	0.0%
PESO TOTAL		863			

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

REVISADO POR : ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA

 Ing. Victor Peña Dueñas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 70489

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD

 Ing. Janet Yéssica Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 69775

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.



SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua
Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH

Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
Estudios y Ensayos Geofísicos
Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras In situ con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS

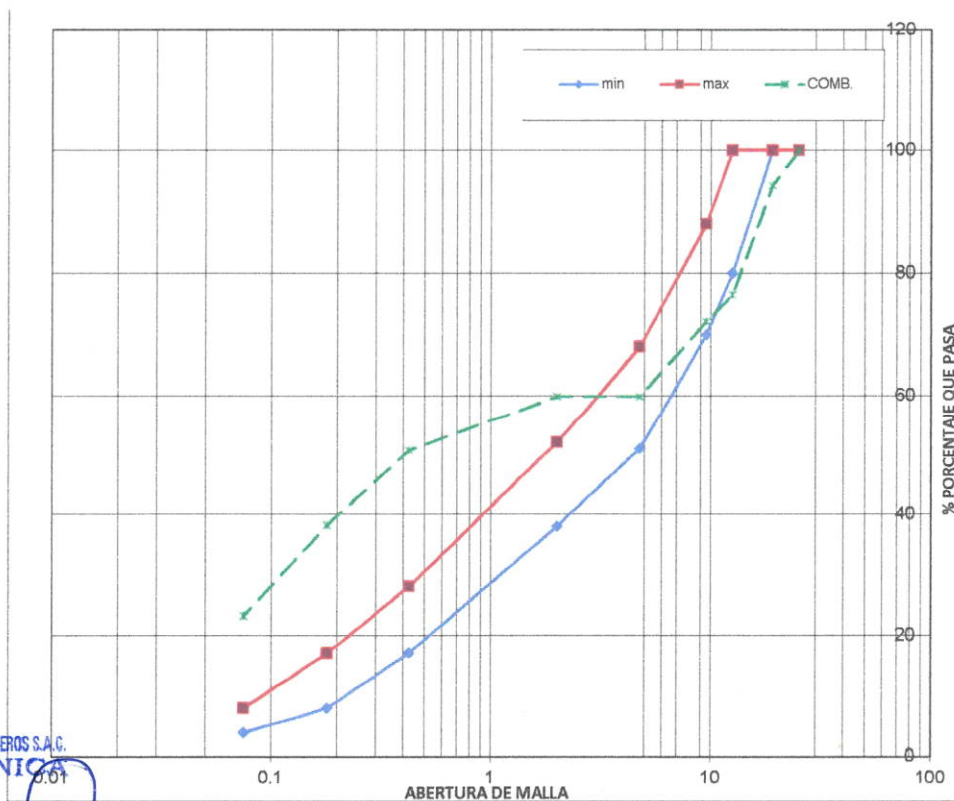
EXPEDIENTE N° : 010 - 2018
ESTUDIO : E-1
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2018

COMBINACION GRANULOMETRICA SEGÚN HUSO MEZCLAS ASFALTICAS MAC-2 NORMATIVA - EG2013 PERU

MEZCLA : MAC-2
AGREGADOS : AGREGADO FINO Y GRUESO
CANTERA : RÍO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA
ASFALTO : 85/100 - REPSOL
ADITIVO : NINGUNO

PAGINA 2 DE 13

Malla	Abertura (mm)	MAC-2		100.0%	30.0%	65.0%	5.0%	PIEDRA CHANCADA CANTERA RÍO MANTARO PILCOMAYO	ARENA GRUESA CANTERA RÍO MANTARO PILCOMAYO	FILLER CEMENTO	PIEDRA CHANCADA CANTERA RÍO MANTARO PILCOMAYO	ARENA GRUESA CANTERA RÍO MANTARO PILCOMAYO	FILLER CEMENTO
		% Que pasa Max	% Que pasa Min	COMB.	PIEDRA CHANCADA CANTERA RÍO MANTARO PILCOMAYO	ARENA GRUESA CANTERA RÍO MANTARO PILCOMAYO							
1"	25.000	100	100	100.0	30.0	65.0	5.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.000	100	100	94.3	24.3	65.0	5.0	81.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.500	80	100	76.5	6.5	65.0	5.0	21.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.500	70	88	72.1	2.1	65.0	5.0	6.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	4.750	51	68	59.9	0.0	54.8	5.0	0.1	84.4	100.0	100.0	100.0	100.0
N° 10	2.000	38	52	59.8	-	54.8	5.0	-	84.4	100.0	100.0	100.0	100.0
N° 40	0.425	17	28	50.6	-	45.6	5.0	-	70.2	100.0	100.0	100.0	100.0
N° 80	0.180	8	17	38.2	-	33.2	5.0	-	51.1	100.0	100.0	100.0	100.0
N° 200	0.075	4	8	23.2	-	18.2	5.0	-	28.0	100.0	100.0	100.0	100.0



INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA

Victor Peña Buendía
Ing. Victor Peña Buendía
INGENIERO CIVIL
CIR 70489

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI; GP-004: 1992)
DISEÑADO POR: ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD

Janet Yéssica Andía Arias
Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775

ANEXO B-09

CERTIFICADO DEL ENSAYO DE RIEDEL WEBER

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.



SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua
Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH

Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto

Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos

Perforaciones y Extracción Diamantinas.

Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto

Extracción y traslado de muestras Insitu con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](#)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

EXPEDIENTE N° : 010 - 2018
ESTUDIO : 01-A
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCIÓN : ING. JULIO NAKANDAKARE SANTANA
OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2018

ENSAYO DE ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER) MTC E 220 -2000

CANTERA: RÍO MANTARO PILCOMAYO - PUENTE BREÑA

RESULTADO ADHESIVIDAD: 8

Molaridad	G de Na2 CO3/1 disolución
M/256	0,414
M/128	0,828
M/64	1,656
M/32	3,312
M/16	6,625
M/8	13,25
M/4	26,5
M/2	53,0
M/1	106,0

OBSERVACION : Muestra remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

REVISADO POR : ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA

Ing. Victor Peña Duenas
INGENIERO CIVIL
CIP 70489

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD

Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775

ANEXOS C-01

CERTIFICADO DEL ENSAYO MARSHAL SIN ADITIVO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua

Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH
Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras In situ con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 010 - 2018
ESTUDIO : E-1
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2018

PORCENTAJE DE ASFALTO MAC-2

PAGINA 3 DE 13

MUESTRAS	M1			M2			M3							
	5%	6%	7%	5%	6%	7%	5%	6%	7%					
PROPORCIONE S	6.50	6.11	6.29	5.72	5.95	6.00	6.12	6.00	6.27	6.35	6.49	6.20	6.35	6.20
	6.47	6.18	6.32	5.68	6.00	6.14	6.02	6.14	6.21	6.48	6.45	6.17	6.21	6.25
	6.41	6.38	6.20	5.78	5.86	6.40	6.48	6.10	6.46	6.55	6.30	6.11	6.21	6.35
	6.40	6.27	6.21	5.85	5.91	6.25	6.49	6.21	6.15	6.41	6.25	6.31	6.31	6.40
Altura promedio de la Briqueta (cm)	6.45	6.24	6.26	5.76	5.93	6.25	6.11	6.19	6.24	6.45	6.37	6.20	6.27	6.30

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

REVISADO POR : ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA

Ing. Víctor Daza Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP 70489

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD

Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua

Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH
Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras In situ con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@grupocentauroingenieros.com Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

EXPEDIENTE N° : 010 - 2018
ESTUDIO : E-1
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2018

LABORATORIO DE SUELOS

MEZCLA ASFALTICA MAC-2

FORMULA DE TRABAJO - PARA PREPARAR PROBETAS LABORATORIO

Método : MARSHALL
Capa : RODADURA
Mezcla : MAC-2
Tipo Asfalto : 85/100

PARA DISEÑAR OPTIMO DE ASFALTO SIN ADITIVO

(75 golpes por cara)

Fabricación 140°C
Compactación 120-130°C

PAGINA 4 DE 13

	Dosificación 1	Dosificación 2	Dosificación 3	Dosificación 4
FECHA PREP. MATER.:	12/12/2017	12/12/2017	12/12/2017	12/12/2017
FECHA FABRICACION:	27/12/2017	27/12/2017	27/12/2017	27/12/2017
cm2, Diam 100 mm	78.54	78.54	78.54	78.54
cm Altura	6.35	6.35	6.35	6.35

Fabricación (°C)	140	140	140	140
Compactación (°C)	125	125	125	125
Masa mezcla 1 prob (gr.)	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0
Masa total Agregados(gr.)	1140	1134	1128	1122
Masa inc. pérd.0 % (gr.)	1140	1134	1128	1116

Cantidad de probetas	Agregado	Cantera	Formula para laboratorio (g)	Masa para ensayos (g)			
				1	1	1	1
Piedra 3/4 Chancada	Río Mantaro Pilcomayo - Puente Breña	Río Mantaro Pilcomayo - Puente Breña	30.0%	342.0	340.2	338.4	334.8
				741.0	737.1	733.2	729.3
Arena N° 4 Zarandeada Lavada			65.0%				
Filler - Cal	Filler de aporte		5.0%	56.7	56.4	56.1	55.8
Total Aridos			100.0%	1,140.0	1,128.0	1,122.0	1,116.0
% asfalto s/m			5.00%	5.50%	6.00%	6.50%	7.00%
Masa de asfalto (gr.)			60.0	66.0	72.0	78.0	84.0

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)
REVISADO POR : ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TECNICA
Ing. Victor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP 70489

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
AREA DE CALIDAD

Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

- Ensayos para Mecánica de Suelos
- Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
- Ensayos en Rocas
- Ensayos químicos en suelos y agua
- Ensayos Triaxiales para Suelos
- Ensayos de SPT, DPL, DPSH
- Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
- Estudios y Ensayos Geofísicos

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

- Estudios Geotécnicos
- Perforaciones y Extracción Diamantinas.
- Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
- Extracción y traslado de muestras Insitu con personal calificado

EXPEDIENTE N° : 010 - 2018
 ESTUDIO : E-1
 PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
 OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILTEREFTALATO (PET)"
 UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
 FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2018

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS
 LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559)

PAGINA 5 DE 13

CANTERA : RIO MANTARO - PUENTE BREÑA
 MEZCLA : MAC-2

ELABORADO : VPD
 REVISION : JYAA
 TÉCNICO : FTP
 FECHA : 28/12/2017

PIEDRA	334.8	27.90%
ARENA	725.4	60.45%
CAL	55.8	4.65%
ASF	84	7.00%
	1200	100.00%

N° DE BOLSAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1) % de C.A. en Pesar de la Mezcla Total	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
2) % de Agregado Grueso (G/A) en Pesar de la Mezcla	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36
3) % de Arena Fina (A/F) en Pesar de la Mezcla	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76	61.76
4) % de Cal	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76
5) Pesar específico del cemento cáustico - Agregado	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085	1.085
6) Pesar específico del Agregado Grueso (G/A)	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
7) Pesar específico de Arena Fina (A/F)	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672	2.672
8) Pesar específico - Cal	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880
9) Otros parámetros de la Briqueta (mm)	6.45	6.25	6.45	6.24	6.59	6.30	6.26	6.16	6.28	6.16	6.18	6.27	6.33	6.24	6.30
10) Pesar de la Briqueta al Aire (gr) (A)	165.2	165.2	172.1	165.4	161.6	167.4	168.3	167.0	167.0	165.75	163.4	163.5	163.3	163.0	163.0
11) Pesar de la Briqueta al Agua (gr) (B)	177.0	177.0	180.0	176.0	184.0	182.0	182.0	182.0	182.0	180.0	184.0	183.0	184.0	184.0	184.0
12) Pesar de la Briqueta sumergida + cenicienta (gr)	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0
13) Pesar de la cenicienta sumergida (gr)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14) Pesar de la Briqueta sumergida en el agua (gr) (C)	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0
15) Pesar Volumen Agua / Volumen Briqueta (gr) (B-C)	594.0	492.0	498.0	498.0	497.0	494.0	496.0	498.0	497.0	498.0	497.0	497.0	495.0	494.0	494.0
16) Pesar de Agua Absorbida (gr) (B-A)	18	15	13	16	24	16	12	10	10	14	16	15	12	10	12
17) Porcentaje de Absorción (%) (B-A)/(B-C)*100	0.36	0.30	0.38	0.33	0.48	0.30	0.25	0.21	0.22	0.28	0.28	0.23	0.15	0.21	0.25
18) Pesar Específico Bulk de la Briqueta (gr/cm ³) (A/(B-C))	2.346	2.077	2.381	2.403	2.337	2.427	2.405	2.423	2.424	2.428	2.409	2.408	2.425	2.428	2.403
19) Pesar Específico Bulk de la Briqueta (gr/cm ³) - PROMEDIO	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381
20) Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%)	71	69	65	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
21) Porcentaje de Vacíos en Mezcla (%) - Promedio	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
22) Porcentaje Bulk del Agregado Total (gr/cm ³)	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801
24) Porcentaje de Vacíos de Mezcla Agregados compacta - VMA (%)	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4
25) Porcentaje de Vacíos de Mezcla Agregados compacta - VMA (%) - Promedio	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4
26) Porcentaje de Vacíos Inicial con C.A. (%)	68.3	72.5	70.3	72.3	69.7	72.1	70.5	71.4	70.2	68.6	70.0	68.0	64.7	65.0	68.0
27) Porcentaje de Vacíos Inicial con C.A. (%) - Promedio	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4	70.4
28) Índice (mm) - Promedio	2.86	3.07	2.56	3.43	3.38	2.08	3.09	4.86	3.85	2.53	3.26	4.78	4.68	5.02	4.25
29) Índice (mm) - Promedio	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
30) Estabilidad Sin Corregir (00)	87	119	124	127	84	125	83	105	111	83	115	114	71	67	70
31) Estabilidad Sin Corregir (kg)	865.1	1245	1267.5	1267.5	861.6	1268.0	864.4	1079.0	1079.0	864.4	1079.0	1079.0	721.0	679.1	707.0
32) Índice de Estabilidad	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
33) Estabilidad Corregida (kg)	885	124	128	128	85	128	85	100	102	85	104	102	77	69	70
34) Estabilidad Corregida (kg) - Promedio	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
35) Relación de Estabilidad / Fluencia (kg/cm)	327	388	461	470	267	659	374	756	706	328	360	272	150	133	167
36) Relación de Estabilidad / Fluencia (kg/cm) - PROMEDIO	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407

OBSERVACION: Muestra remitida por el Peticionario
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERIA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004-1993)
 REVISADO POR: ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.
 GERENCIA TÉCNICA
 Ing. Víctor Peña Duex
 INGENIERO CIVIL
 CIP 30489

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Janet Yéssica Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 69775



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua

Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH
Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos

Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras In situ con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

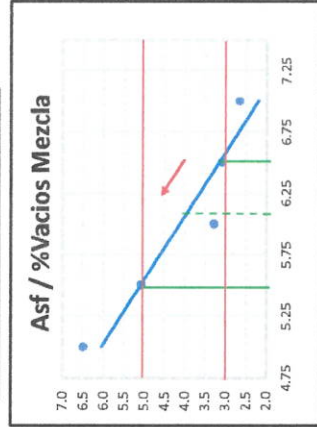
Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

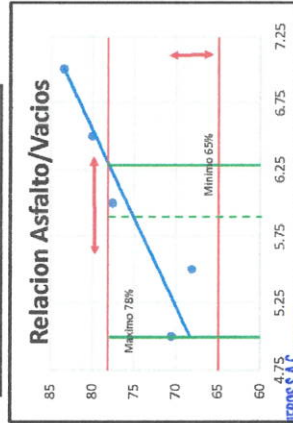
ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559)

PAGINA 6 DE 13

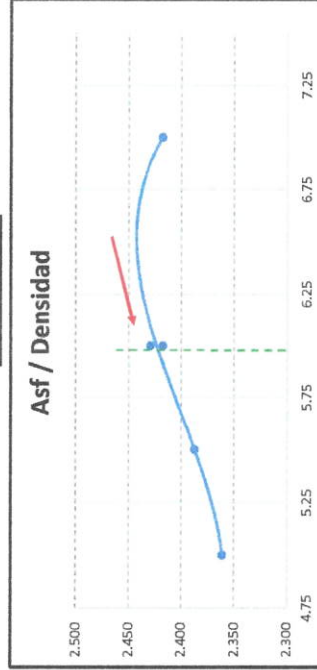
%ASF	%Vacios-Mezcla
5.00	6.5
5.50	5.1
6.00	3.3
6.50	3.1
7.00	2.7



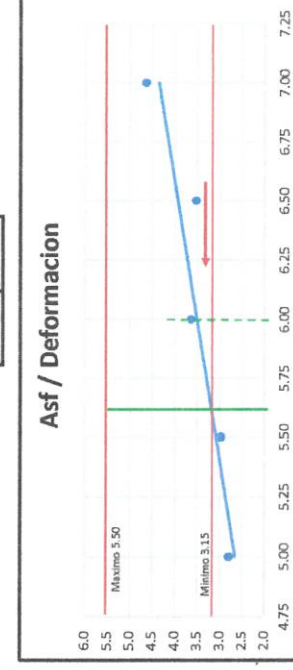
%ASF	%Vacios en Agregados
5.00	70.4
5.50	67.8
6.00	77.4
6.50	79.9
7.00	83.2



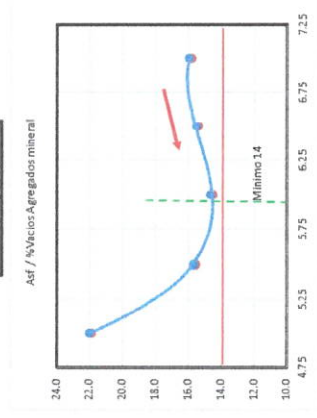
%ASF	Densidad
5.00	2.361
5.50	2.387
6.00	2.429
6.50	2.418
7.00	2.418



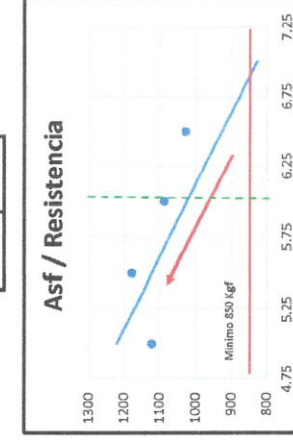
%ASF	Flojo
5.00	2.8
5.50	3.0
6.00	3.6
6.50	3.5
7.00	4.6



%ASF	%Vacios-Agregados
5.00	21.9
5.50	16.5
6.00	14.5
6.50	15.4
7.00	15.8



%ASF	Estabilidad
5.00	1122.4
5.50	1178.5
6.00	1088.0
6.50	1027.2
7.00	705.3



GERENCIA TÉCNICA
AUTORIZACION: Muestra enviada por el Peticionario
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP/004.1993)
REVISADO POR: ING. JANET YÉSSICA ANDÍA-ARIAS

Ing. **Victor Peña Dueñas**
INGENIERO CIVIL
CIP 20489

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
AREA DE CALIDAD

JJA

Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

- Ensayos para Mecánica de Suelos
- Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
- Ensayos en Rocas
- Ensayos químicos en suelos y agua

- Ensayos Triaxiales para Suelos
- Ensayos de SPT, DPL, DPSH
- Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
- Estudios y Ensayos Geofísicos

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

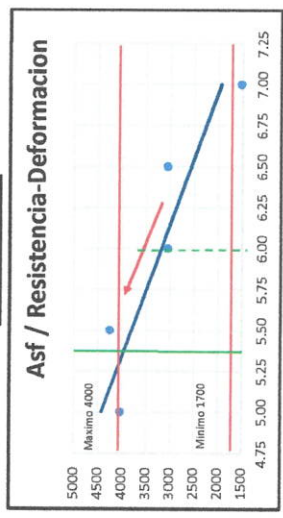
Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras Insitu con personal calificado

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559)

PAGINA 7 DE 13

%ASF	Estabilidad Fluencia
5.00	4037
5.50	4255
6.00	3051
6.50	3058
7.00	1528



OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004-1993)
REVISADO POR: ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARJAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TECNICA
[Signature]
Ing. Victor Poma Duran
INGENIERO CIVIL
CIP 78289

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
AREA DE CALIDAD
[Signature]
Ing. Janet Yéssica Andía Arjas
INGENIERA CIVIL
CIP 69775

ANEXOS C-02

CERTIFICADO DEL ENSAYO MARSHAL CON ADITIVO

(PET)



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua

Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH
Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras Insitu con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 010 - 2018
ESTUDIO : E-2
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2018

PORCENTAJE DE ASFALTO MAC-2 CON ADITIVO POLIETILENTEREFTALATO (PET)

PAGINA 10 DE 13

MUESTRAS	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
PORCENTAJE DE ADITIVO	1%	1%	1%	2%	2%	2%	4.0%	4.0%	4.0%	8.0%	8.0%	8.0%	16%	16%	16%
PROPORCIONES	6.40	6.33	6.40	6.40	6.35	6.25	6.65	6.15	6.50	6.75	6.70	6.50	7.00	7.00	6.85
	6.40	6.40	6.40	6.42	6.35	6.30	6.50	6.20	6.40	6.70	6.65	6.60	7.00	7.00	6.90
	6.40	6.32	6.35	6.49	6.25	6.50	6.35	6.25	6.39	6.75	6.62	6.50	7.10	7.10	6.92
	6.45	6.38	6.25	6.40	6.35	6.30	6.40	6.25	6.40	6.85	6.55	6.42	7.05	6.90	7.00
Altura promedio de la Briqueleta (cm)	6.41	6.36	6.35	6.43	6.33	6.34	6.48	6.21	6.42	6.76	6.63	6.51	7.04	6.94	6.92

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI; GP:004; 1993)

REVISADO POR : ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C
GERENCIA TÉCNICA

Ing. Victor Poma Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP 14489

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C
ÁREA DE CALIDAD

Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua

Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras In situ con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 010 - 2018
ESTUDIO : E-2
PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2018

MEZCLA ASFALTICA MAC-2 CON ADITIVO POLIETILENTEREFTALATO (PET)

FORMULA DE TRABAJO - PARA PREPARAR PROBETAS LABORATORIO

Método : MARSHALL
Capa : RODADURA
Mezcla : MAC-2
Tipo Asfalto : 85/100

PAGINA 8 DE 13

PARA DISEÑAR OPTIMO DE ASFALTO CON ADITIVO

(75 golpes por cara)

Fabricación 140°C

Compacción 120-130gC

	Dosificación 1	Dosificación 2	Dosificación 3	Dosificación 4
FECHA PREP. MATER.:	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018	04/01/2018
FECHA FABRICACION:	05/01/2018	05/01/2018	05/01/2018	05/01/2018
cm2, Diam 100 mm	78.54	78.54	78.54	78.54
cm Altura	6.35	6.35	6.35	6.35

Fabricación (°C)	140	140	140	140
Compacción (°C)	125	125	125	125
Masa mezcla 1 prob. (gr.)	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0
Masa total Agregados (gr.)	1128	1128	1128	1128
Masa Inc. pérd.0 % (gr.)	1128	1128	1128	1128

Cantidad de probetas	1			
	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)	Masa para ensayos (g)
Agregado				
Piedra 3/4 Chancada	338.4	338.4	338.4	338.4
Arena N° 4 Zarandeada Lavada	733.2	733.2	733.2	733.2
Filler - Cal	56.4	56.4	56.4	56.4
Total Aridos	1,128.0	1,128.0	1,128.0	1,128.0
% asfalto s/m	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Masa de asfalto (gr.)	72.0	72.0	72.0	72.0

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004:1993)
REVISADO POR : ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA
Ing. Victor Pella Duenas
INGENIERO CIVIL
CIP 70489

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD

ZARA

Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
 Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
 Ensayos en Rocas
 Ensayos químicos en suelos y agua

Ensayos Triaxiales para Suelos
 Ensayos de SPT, DPL, DPSH
 Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
 Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos
 Perforaciones y Extracción Diamantinas.
 Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
 Extracción y traslado de muestras In situ con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

MEZCLA ASFALTICA MAC-2 CON ADITIVO POLIETILENTEREFALATO (PET)

FORMULA DE TRABAJO - PARA PREPARAR PROBETAS LABORATORIO

PAGINA 9 DE 13

Cantidad de probetas con aditivo	3	3	3	3	3
Piedra 3/4 Chancada		338.4	338.4	338.4	338.4
Arena N° 4 Zarandeada Lavada		733.2	733.2	733.2	733.2
Cemento		56.4	56.4	56.4	56.4
TOTAL AGREGADOS		1,128.0	1,128.0	1,128.0	1,128.0
% asfalto s/m		6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Masa de asfalto (gr.)		72.0	72.0	72.0	72.0
% Aditivo S/AF		1.0%	2.0%	4.0%	8.0%
% (asfalto)		7.33	14.66	29.33	58.66
		6.06%	6.12%	6.24%	6.48%
		1,207.3	1,214.7	1,229.3	1,258.7
					6.96%
					1,317.3

Cantidad de probetas Corregido con aditivo	3	3	3	3	3
Piedra 3/4 Chancada		338.4	338.4	338.4	338.4
Arena N° 4 Zarandeada Lavada		725.9	718.5	703.9	674.5
Cemento		56.4	56.4	56.4	56.4
TOTAL AGREGADOS		1,120.7	1,113.3	1,098.7	1,069.3
% asfalto s/m		6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Masa de asfalto (gr.)		72.0	72.0	72.0	72.0
% Aditivo S/AF		1.0%	2.0%	4.0%	8.0%
% (asfalto)		7.33	14.66	29.33	58.66
		6.06%	6.12%	6.24%	6.48%
		1,200.0	1,200.0	1,200.0	1,200.0
					6.96%
					1,200.0

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI-GP-004:1993)
 REVISADO POR: ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA
 Ing. Victor Peña Duchas
 INGENIERO CIVIL
 CIP 74489

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
AREA DE CALIDAD

Ing. Janet Yéssica Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 69775



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua

Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH
Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras Insitu con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com

Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

EXPEDIENTE N° : 010 - 2018

ESTUDIO : E-2

PETICIONARIO : ANDREW TUNQUE SULLCA

ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA

OBRA : "MEZCLA ASFALTICA CON POLIETILENTEREFTALATO (PET)"

UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN

FECHA DE RECEPCIÓN : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2017

FECHA DE EMISIÓN : 11 DE ENERO DEL 2018

CANTERA : RÍO MANTARO - PUENTE BREÑA
MEZCLA : MAC-2

ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559) CON ADITIVO POLIETILENTEREFTALATO (PET)

PAGINA 11 DE 13

PIEDRA	338.4	28.20%
ARENA	733.2	61.10%
CAL	56.4	4.70%
ASF	72	6.00%
	1200	100.00%

ELABORADO : VPD
REVISIÓN : JYAA
TÉCNICO : FTP
FECHA : 06/01/2018

N° DE ENUNCIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 % de C.A. en Peso de la Mezcla Total	6.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
2 % de Agregado Densos (C.A.) en Peso de la Mezcla	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
3 % de Arena (Fruenda (1/A) en Peso de la Mezcla	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46	50.46
4 Cal. en Peso de la Mezcla (gr)	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40	56.40
5 Peso específico del cemento asfáltico - Agregado	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065
6 Peso específico del Agregado Densos (C/A)	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644	2.644
7 Peso específico de Arena (Fruenda (1/A)	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572	2.572
8 Peso específico - Cal	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880
9 Altura promedio de la Fruenda (cm)	6.41	6.36	6.26	6.43	6.33	6.24	6.48	6.21	6.42	6.26	6.63	6.51	7.04	6.94	6.92
10 Peso de la Fruenda al aire (gr) (A)	184.0	187.0	186.0	186.0	189.0	185.0	184.0	183.0	185.0	187.0	185.0	185.0	183.0	184.0	183.0
11 Peso de la Fruenda Sat. Sup. Secs (gr) (B)	185.0	188.0	186.0	186.0	189.0	185.0	184.0	183.0	185.0	187.0	185.0	185.0	183.0	184.0	183.0
12 Peso de la Fruenda Sumergido - Casavilla (gr)	176.0	180.0	178.0	178.0	181.0	177.0	176.0	175.0	177.0	179.0	177.0	177.0	175.0	176.0	175.0
13 Peso de la Casavilla sumergida (gr)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
14 Peso de la Fruenda Sumergida en el agua (gr) (C)	63.0	60.0	65.0	63.0	60.0	65.0	65.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
15 Peso Volumen Agua / Volumen Fruenda (gr) (D-E)	592.0	578.0	572.0	580.0	602.0	498.0	590.0	594.0	575.0	594.0	580.0	583.0	606.0	627.0	600.0
16 Peso de Agua Absorbida (gr) (B-A)	1.0	1.0	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0
17 Porcentaje de Absorción (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.16	0.17	0.57	0.36	0.33	0.63	0.33	0.34	0.35	0.34	0.34	0.34	0.50	0.64	0.82
18 Peso Especifico Bulk de la Fruenda (gr/cm3) (A/(B-C))	2.625	2.654	2.623	2.618	2.680	2.427	2.606	2.606	2.606	2.606	2.606	2.606	2.606	2.606	2.606
19 Peso Especifico Bulk de la Mezcla (gr/cm3) - PROMEDIO	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400
20 Peso Especifico Máximo de la Mezcla - R03 - ASTM D 2044	11.5	14.4	8.6	12.9	18.4	0.2	6.5	5.3	12	1.8	2.9	2.5	0.3	5.0	3.3
21 Porcentaje de Vacío en Mezcla (%) - Promedio	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
22 Porcentaje Bulk del Agregado Total (gr/cm3)	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784	2.784
24 Porcentaje de Vacío de Máximo de Agregados compactos - FMA (%)	7.0	29.4	24.6	27.2	32.9	16.5	34.1	33.3	30.4	31.4	32.1	31.9	34.1	37.2	38.1
25 Porcentaje de Vacío en Agregados (%) - FMA, promedio	7.0	29.4	24.6	27.2	32.9	16.5	34.1	33.3	30.4	31.4	32.1	31.9	34.1	37.2	38.1
26 Porcentaje de Vacío Inicial con C.A. (%)	57.4	59.9	65.0	62.5	60.5	66.7	60.9	64.0	66.2	64.3	64.0	64.0	66.2	66.6	66.6
27 Porcentaje de Vacío Inicial con C.A. (%) - Promedio	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8
28 Hjul (mm)	3.80	3.80	4.16	3.34	4.27	3.67	3.88	3.86	3.24	3.74	4.88	4.54	4.43	5.00	5.31
29 Hjul (mm) - Promedio	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
30 Estabilidad Sin Corregir (M)	0.21	0.36	0.08	0.21	0.27	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
31 Estabilidad Sin Corregir (L)	0.970	1.634	0.239	0.249	0.492	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402
32 Factor de Estabilidad	0.589	1.00	1.00	0.98	1.01	0.98	1.04	1.04	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
33 Estabilidad Corregida (M)	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
34 Estabilidad Corregida (L)	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
35 Relación de Estabilidad / Fluencia (M/cm)	3.866	3.044	8.76	3.673	2.707	2.507	6.86	3.305	3.677	3.466	2.289	2.682	2.00	1.579	1.946
36 Relación de Estabilidad / Fluencia (L/cm)	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801	2.801

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPR - GP-004-1993)
REVISADO POR : ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA
Ing. Victor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP 70489
INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
AREA DE CALIDAD
Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

Ensayos para Mecánica de Suelos
Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
Ensayos en Rocas
Ensayos químicos en suelos y agua

Ensayos Triaxiales para Suelos
Ensayos de SPT, DPL, DPSH
Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
Estudios y Ensayos Geofísicos

Estudios Geotécnicos
Perforaciones y Extracción Diamantinas.
Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
Extracción y traslado de muestras In situ con personal calificado

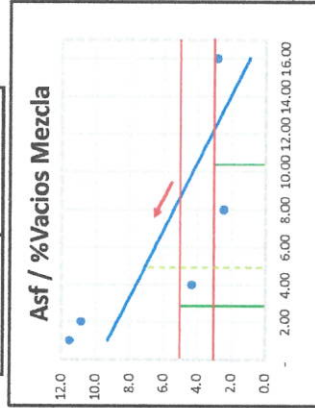
Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/>

Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)

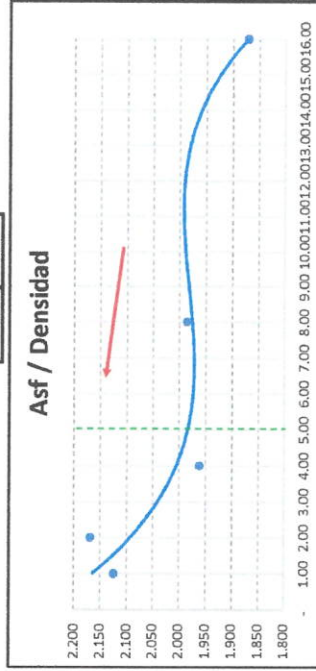
ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559) CON ADITIVO POLIETILENTEREFTALATO (PET)

PAGINA 12 DE 13

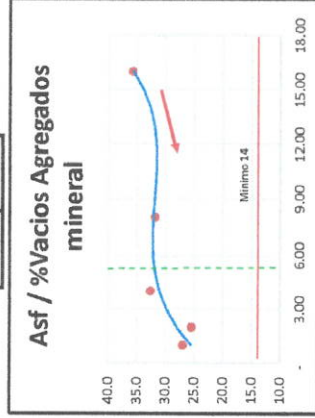
% ADIT	% Vacios-Mezcla
1.00	11.5
2.00	10.8
4.00	4.3
8.00	2.4
16.00	2.8



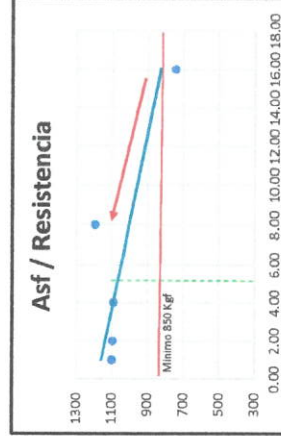
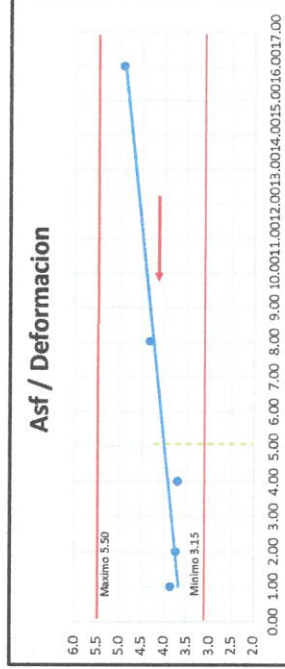
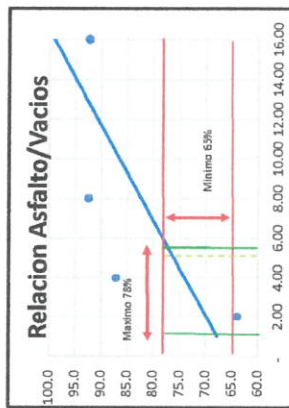
% ADIT	Densidad
1.00	2.124
2.00	2.168
4.00	1.961
8.00	1.985
16.00	1.870



% ADIT	% Vacios en Agregados
1.00	57.8
2.00	63.9
4.00	87.0
8.00	92.3
16.00	92.2



% ADIT	Flujo
1.00	3.9
2.00	3.7
4.00	3.7
8.00	4.3
16.00	4.9



INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA
Ing. Victor Peña Dueña
INGENIERO CIVIL
CIP 76489

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
AREA DE CALIDAD

Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775

OBSERVACION: Muestra remitida por el Peticionario
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPIG/PI-004/1993)
REVISADO POR: ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS S.A.C

SERVICIOS DE:

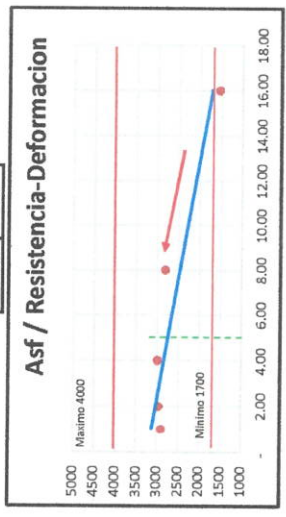
- Ensayos para Mecánica de Suelos
- Ensayos Triaxiales para Suelos
- Ensayos en Agregados para Concreto y Asfalto
- Ensayos de SPT, DPL, DPSH
- Ensayos en Rocas
- Diseños de Mezclas para Concreto y Asfalto
- Ensayos químicos en suelos y agua
- Estudios y Ensayos Geofísicos
- Estudios Geotécnicos
- Perforaciones y Extracción Diamantinas.
- Control de Calidad en Suelos, Concreto y Asfalto
- Extracción y traslado de muestras In situ con personal calificado

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](#)

ENSAYO MARSHALL (ASTM-D-1559) CON ADITIVO POLIETILENTEREFTALATO (PET)

PAGINA 13 DE 13

% ADIT	Estabilidad /fluencia
1.00	2901
2.00	2969
4.00	2988
8.00	2815
16.00	1545



Observación: Muestra remitida por el Peticionario
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA FERUANA INDECOPI/GP-004/1993)
REVISADO POR: ING. JANET YÉSSICA ANDÍA ARIAS

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TECNICA
Victor Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL
CIP 70409

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD
ZCAA
Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775

ANEXOS D-01

**CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS
UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS DE LA
INVESTIGACION EN EL LABORATORIO DE
MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
CENTAURO INGENIEROS S.A.C.**



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

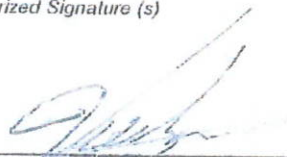


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE LONGITUD
Calibration Certificate - Laboratory of Longitude


L 22760

INSTRUMENTO <i>Instrument</i>	TAMIZ 8"	<i>Pág 1 de 3</i>
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	PINZUAR LTDA.	
MODELO <i>Model</i>	GRANOTEST	
NÚMERO DE SERIE <i>Identification number</i>	61482	
IDENTIFICACIÓN INTERNA <i>Internal Identification</i>	E-GT-022	
MALLA <i>Mesh</i>	1 in.	
SOLICITANTE <i>Customer</i>	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.	
DIRECCIÓN <i>Address</i>	CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP-SÑOS.GDE- AV MCAL. CASTILLA) JUNIN - HUANCAYO - EL TAMBO //AREA DE SUELOS II Y CONCRETO	
CIUDAD <i>City</i>	JUNIN	
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i>	2018 - 01 - 26	
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of Issue</i>	2018 - 04 - 12	
NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS <i>Number of pages of this certificate and documents attached</i>	03	

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signature (s)



Ing. Víctor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología



Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.
This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.
The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.



DATOS TÉCNICOS

Solicitante	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
Lugar de Calibración	Laboratorio de Metrología PINZUAR Ltda. (Longitud)
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E 11.2015
Procedimiento Interno Número	LM - PC - 12
Instrumentos de referencia y auxiliares	Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad
Certificados No.	L - 18880, L - 18878 y L - 18941 de Pinzuar Ltda.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al tamiz en referencia se le efectuó una inspección visual que evidenció defectos en el marco que no comprometen el estado de la malla, la cual no presenta ninguna condición que impida la realización de mediciones. En general, el tamiz se encuentra en buen estado y, por ende, se procede a la calibración respectiva del marco y la malla.

Calibración del Marco:

	Valor Nominal *	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de Nivel de confianza
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	203,340 mm	0,016 mm	2,00
Altura Nominal	50,8 mm	50,235 0 mm	0,009 1 mm	2,00
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	190,868 mm	0,016 mm	2,00

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

Calibración de la Abertura:

	Designación	1 in.	Abertura Nominal	25 mm
	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Abertura Promedio Y	25 mm ± 0,682 mm	24,838 mm		
Abertura Máxima X	26,238 mm	25,040 mm	27 µm	2,00
Desviación Estándar Máxima	No Aplica	0,230 mm	Aberturas medidas	all

Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.

Diámetro del Alambre:

	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Diámetro del Alambre	3,55			
Diámetro Máximo	4,1	3,492 mm	27 µm	2,00
Diámetro Mínimo	3			

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

* Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 2.

** Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 1





NÚMERO: L - 22760

Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

Durante la calibración se realizó dentro de las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	19,8 °C	Humedad Máxima:	65 %
Temperatura Mínima:	19,6 °C	Humedad Mínima:	65 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

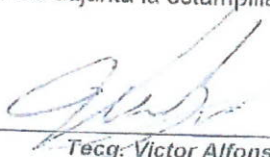
La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2, Tabla de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

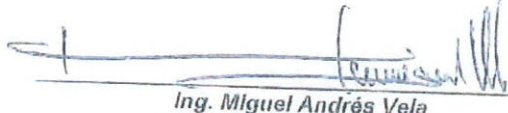
TRAZABILIDAD

Los patrones del laboratorio de metrología de Pinzuar Ltda. han sido trazados al Sistema Internacional de Unidades S.I.

OBSERVACIONES

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición a intervalos apropiados.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
5. Este certificado reemplaza al certificado L - 22088, con fecha de expedición 2018 - 02-07
6. Se adjunta la estampilla de calibración No. L - 22760


Tecn. Victor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Fin de Certificado



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE METROLOGÍA
PINZUAR LTDA

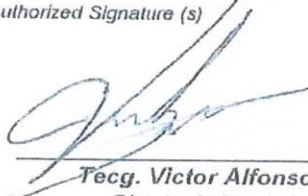


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE LONGITUD
Calibration Certificate - Laboratory of Longitude


L 22091

INSTRUMENTO <i>Instrument</i>	TAMIZ 8"	<i>Pág 1 de 3</i>
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
MODELO <i>Model</i>	GRANOTEST	
NÚMERO DE SERIE <i>Identification number</i>	55258	
IDENTIFICACIÓN INTERNA <i>Internal Identification</i>	E-GT-017	
MALLA <i>Mesh</i>	3/4 in.	
SOLICITANTE <i>Customer</i>	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.	
DIRECCIÓN <i>Address</i>	CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP- SÑOS.GDE-AV MCAL. CASTILLA) JUNIN - HUANCAYO - EL TAMBO, Laboratorio de Suelos II y	
CIUDAD <i>City</i>	JUNIN	
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i>	2018 - 01 - 31	
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of Issue</i>	2018 - 02 - 06	
NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS <i>Number of pages of this certificate and documents attached</i>	03	

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signature (s)



Tecg. Victor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología



Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.
This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.
The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.



NÚMERO: L - 22091

Pág. 2 de 3

DATOS TÉCNICOS

Solicitante	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
Lugar de Calibración	Laboratorio de Metrología PINZUAR Ltda. (Longitud)
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E 11:2015
Procedimiento Interno Número	LM - PC - 12
Instrumentos de referencia y auxiliares	Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad
Certificados No.	L - 18876, L - 18877, L - 18879 de Pinzuar Ltda.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede a la calibración respectiva del marco y la malla.

Calibración del Marco:

	Valor Nominal *	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de Nivel de confianza
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	195,628 mm	0,016 mm	2,00
Allura Nominal	50,8 mm	51,1250 mm	0,009 1 mm	2,00
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	190,435 mm	0,016 mm	2,00

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

Calibración de la Abertura:

Designación	½ in.	Abertura Nominal	19 mm
Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Abertura Promedio Y	19 mm ± 0,522 mm	19,119 mm	
Abertura Máxima X	20,013 mm	19,360 mm	27 µm
Desviación Estándar Máxima	0,393 mm	0,159 mm	Aberturas medidas
			30

Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.

Diámetro del Alambre:

	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Diámetro del Alambre	3,15			
Diámetro Máximo	3,6	3,037 mm	27 µm	2,00
Diámetro Mínimo	2,7			

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

* Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 2.

** Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 1



NÚMERO: L - 22091

Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

Durante la calibración se realizó dentro de las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	20,0 °C	Humedad Máxima:	59 %
Temperatura Mínima:	20,0 °C	Humedad Mínima:	59 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

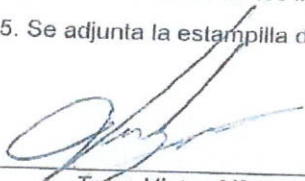
La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2, Tabla de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

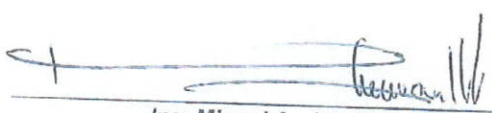
TRAZABILIDAD

Los patrones del laboratorio de metrología de Pinzuar Ltda. han sido trazados al Sistema Internacional de Unidades S.I.

OBSERVACIONES

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición a intervalos apropiados.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
5. Se adjunta la estampilla de calibración No. L - 22091


Tecg. Víctor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Fin de Certificado



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE LONGITUD
Calibration Certificate - Laboratory of Longitude

L 21814

INSTRUMENTO

Instrument

TAMIZ 8"

Pág 1 de 3

FABRICANTE

Manufacturer

PINZUAR

MODELO

Model

GRANOTEST

NÚMERO DE SERIE

Identification number

46955

IDENTIFICACIÓN INTERNA

Internal Identification

N.I.

MALLA

Mesh

3/8 in.

SOLICITANTE

Customer

INVERSIONES GENERALES CENTAURO
INGENIEROS S.A.C.

DIRECCIÓN

Address

CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP-
SÑOS.GDE-AV MCAL. CASTILLA) JUNIN -
HUANCAYO - EL TAMBO

CIUDAD

City

JUNIN

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

2018 - 01 - 31

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of Issue

2018 - 02 - 06

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

03

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signature (s)

Tcg. Víctor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología

Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.

The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.



DATOS TÉCNICOS

Solicitante	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
Lugar de Calibración	Laboratorio de Metrología PINZUAR Ltda. (Longitud)
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E 11:2015
Procedimiento Interno Número	LM - PC - 12
Instrumentos de referencia y auxiliares	Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad
Certificados No.	L - 18876, L - 18877, L - 18879 de Pinzuar Ltda.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede a la calibración respectiva del marco y la malla.

Calibración del Marco:

	Valor Nominal *	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de Nivel de confianza
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	195,258 mm	0,016 mm	2,00
Altura Nominal	50,8 mm	49,8150 mm	0,0091 mm	2,00
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	190,156 mm	0,016 mm	2,00

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

Calibración de la Abertura:

	Designación	3/8 in.	Abertura Nominal	9,5 mm
	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Abertura Promedio Y	9,5 mm ± 0,265 mm	9,414 mm	27 µm	2,00
Abertura Máxima X	10,113 mm	9,505 mm		
Desviación Estándar Máxima	0,211 mm	0,031 mm	Aberturas medidas	30

Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.

Diámetro del Alambre:

	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Diámetro del Alambre	2,24	2,301 mm	27 µm	2,00
Diámetro Máximo	2,6			
Diámetro Mínimo	1,9			

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

* Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 2.

** Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 1

NS



NÚMERO: L – 21814

Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

Durante la calibración se realizó dentro de las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	20,0 °C	Humedad Máxima:	59 %
Temperatura Mínima:	20,0 °C	Humedad Mínima:	59 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2, Tabla de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los patrones del laboratorio de metrología de Pinzuar Ltda. han sido trazados al Sistema Internacional de Unidades S.I.

OBSERVACIONES

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición a intervalos apropiados.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
5. Se adjunta la estampilla de calibración No. L – 21814

Tecg. Victor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología

Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Fin de Certificado

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorios: Calle 18 N° 103 B-72 | PBX: 57(1) 7454555 | Bogotá, D.C. Colombia | labmetrologia@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE LONGITUD
Calibration Certificate - Laboratory of Longitude

L 21816

INSTRUMENTO

Instrument

TAMIZ 8"

Pág 1 de 3

FABRICANTE

Manufacturer

PINZUAR

MODELO

Model

GRANOTEST

NÚMERO DE SERIE

Identification number

56248

IDENTIFICACIÓN INTERNA

Internal Identification

N.I.

MALLA

Mesh

No. 4

SOLICITANTE

Customer

INVERSIONES GENERALES CENTAURO
INGENIEROS S.A.C.

DIRECCIÓN

Address

CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP-
SÑOS.GDE-AV MCAL. CASTILLA) JUNIN -
HUANCAYO - EL TAMBO

CIUDAD

City

JUNIN

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

2018 - 01 - 31

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of Issue

2018 - 02 - 06

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

03

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signature (s)

Tecg. Víctor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología

Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

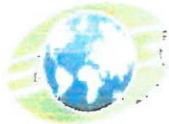
Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.

The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.



DATOS TÉCNICOS

Solicitante	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
Lugar de Calibración	Laboratorio de Metrología PINZUAR Ltda. (Longitud)
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E 11:2015
Procedimiento Interno Número	LM - PC - 12
Instrumentos de referencia y auxiliares	Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad
Certificados No.	L - 18876, L - 18877, L - 18879 de Pinzuar Ltda.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede a la calibración respectiva del marco y la malla.

Calibración del Marco:

	Valor Nominal *	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de Nivel de confianza
Diámetro Interior	203,2 mm ± 0,76 mm	195,133 mm	0,016 mm	2,00
Altura Nominal	50,8 mm	49,982 5 mm	0,0091 mm	2,00
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	190,463 mm	0,016 mm	2,00

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

Calibración de la Abertura:

Designación	No. 4	Abertura Nominal	4,75 mm	
Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza	
Abertura Promedio Y	4,75 mm ± 0,135 mm	4,663 mm	27 µm	2,00
Abertura Máxima X	5,123 mm	4,805 mm		
Desviación Estándar Máxima	0,118 mm	0,055 mm	Aberturas medidas	30

Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.

Diámetro del Alambre:

	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Diámetro del Alambre	1,6	1,595 mm	27 µm	2,00
Diámetro Máximo	1,9			
Diámetro Mínimo	1,3			

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

* Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 2.

** Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 1

HN

NÚMERO: L - 21816

Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

Durante la calibración se realizó dentro de las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	20,0 °C	Humedad Máxima:	59 %
Temperatura Mínima:	20,0 °C	Humedad Mínima:	59 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN


La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2, Tabla de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD


Los patrones del laboratorio de metrología de Pinzuar Ltda. han sido trazados al Sistema Internacional de Unidades S.I.

OBSERVACIONES

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición a intervalos apropiados.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
5. Se adjunta la estampilla de calibración No. L - 21816



Tecg. Victor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología



Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Fin de Certificado

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorios: Calle 18 N° 103 B-72 | PBX: 57(1) 7454555 | Bogotá, D.C. Colombia | labmetrologia@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE LONGITUD
Calibration Certificate - Laboratory of Longitude

L 21815

INSTRUMENTO

Instrument

TAMIZ 8"

Pág 1 de 3

FABRICANTE

Manufacturer

PINZUAR

MODELO

Model

GRANOTEST

NÚMERO DE SERIE

Identification number

56804

IDENTIFICACIÓN INTERNA

Internal Identification

N.I.

MALLA

Mesh

No. 10

SOLICITANTE

Customer

INVERSIONES GENERALES CENTAURO
INGENIEROS S.A.C.

DIRECCIÓN

Address

CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP-
SÑOS.GDE-AV MCAL. CASTILLA) JUNIN -
HUANCAYO - EL TAMBO

CIUDAD

City

JUNIN

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

2018 - 02 - 06

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

2018 - 02 - 06

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

03

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signature (s)

Teeg Víctor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología

Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.

The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.



DATOS TÉCNICOS

Solicitante	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
Lugar de Calibración	Laboratorio de Metrología PINZUAR Ltda. (Longitud)
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E 11:2015
Procedimiento Interno Número	LM - PC - 12
Instrumentos de referencia y auxiliares	Reglilla Micrométrica, Microscopio Episcópico, Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad
Certificados No.	2274 del INM y 0851 del INM \ L - 18880, L - 18878 y L - 18941 de Pinzuar Ltda.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al tamiz en referencia se le efectuó una inspección visual que evidenció defectos en el marco que no comprometen el estado de la malla, la cual no presenta ninguna condición que impida la realización de mediciones. En general, el tamiz se encuentra en buen estado y, por ende, se procede a la calibración respectiva del marco y la malla.

Calibración del Marco:

	Valor Nominal *	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de Nivel de confianza
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	195,238 mm	0,016 mm	2,00
Altura Nominal	50,8 mm	50,1950 mm	0,009 1 mm	2,00
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	190,523 mm	0,016 mm	2,00

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

Calibración de la Abertura:

Designación	No. 10	Abertura Nominal	2 mm
Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Abertura Promedio Y	2 mm ± 0,059 mm	1987,4 µm	5,4 µm
Abertura Máxima X	2,204 mm	2039,6 µm	2,04
Desviación Estándar Máxima	0,084 mm	17,5 µm	Aberturas medidas 50

Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.

Diámetro del Alambre:

	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Diámetro del Alambre	0,900 mm			
Diámetro Máximo	1,040 mm	894,9 µm	5,4 µm	2,04
Diámetro Mínimo	0,770 mm			

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

* Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 2.

** Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 1

18



NÚMERO: L - 21815

Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

Durante la calibración se realizó dentro de las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	20,0 °C	Humedad Máxima:	65 %
Temperatura Mínima:	20,0 °C	Humedad Mínima:	65 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2, Tabla de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los patrones del laboratorio de metrología de Pinzuar Ltda. han sido trazados al Sistema Internacional de Unidades S.I.

OBSERVACIONES

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición a intervalos apropiados.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
5. Se adjunta la estampilla de calibración No. L - 21815

Tecg. Victor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología

Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Fin de Certificado

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorios: Calle 18 N° 103 B-72 | PBX: 57(1) 7454555 | Bogotá, D.C. Colombia | labmetrologia@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

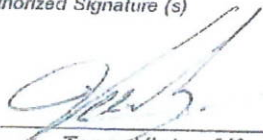


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE LONGITUD
Calibration Certificate - Laboratory of Longitude


L 22761

INSTRUMENTO <i>Instrument</i>	TAMIZ 8"	Pág 1 de 3
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	PINZUAR LTDA.	
MODELO <i>Model</i>	GRANOTEST	
NÚMERO DE SERIE <i>Identification number</i>	61584	
IDENTIFICACIÓN INTERNA <i>Internal Identification</i>	E-GT-024	
MALLA <i>Mesh</i>	No. 40	
SOLICITANTE <i>Customer</i>	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.	
DIRECCIÓN <i>Address</i>	:CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP- SÑOS.GDE-AV MCAL. CASTILLA) JUNIN - HUANCAYO - EL TAMBO //AREA DE SUELOS II Y CONCRETO	
CIUDAD <i>City</i>	JUNIN	
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i>	2018 - 01 - 26	
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of Issue</i>	2018 - 04 - 12	
NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS <i>Number of pages of this certificate and documents attached</i>	03	

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signature (s)



Tecg. Victor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología



Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.
This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.
Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.
El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.
The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.



NÚMERO: L - 22761

Pág. 2 de 3

DATOS TÉCNICOS

Solicitante	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
Lugar de Calibración	Laboratorio de Metrología PINZUAR Ltda. (Longitud)
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E 11:2015
Procedimiento Interno Número	LM - PC - 12
Instrumentos de referencia y auxiliares	Reglilla Micrométrica, Microscopio Estereoscópico, Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad
Certificados No.	2273 del INM \ L - 18880, L - 18878 y L - 18941 de Pinzuar Ltda.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede a la calibración respectiva del marco y la malla.

Calibración del Marco:

	Valor Nominal *	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de Nivel de confianza
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	203,615 mm	0,016 mm	2,00
Altura Nominal	50,8 mm	50,117 5 mm	0,009 1 mm	2,00
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	190,468 mm	0,016 mm	2,00

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

Calibración de la Abertura:

	Designación	No. 40	Abertura Nominal	425 µm
	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Abertura Promedio Y	425 µm ± 13,992 µm	432,0 µm		
Abertura Máxima X	497,508 µm	438,1 µm	4,8 µm	2,00
Desviación Estándar Máxima	22,43 µm	4,1 µm	Aberturas medidas	120

Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.

Diámetro del Alambre:

	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Diámetro del Alambre	0,280 mm			
Diámetro Máximo	0,320 mm	260,2 µm	4,8 µm	2,00
Diámetro Mínimo	0,240 mm			

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

* Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 2.

** Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 1

NW





NÚMERO: L - 22761

Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

Durante la calibración se realizó dentro de las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	19,6 °C	Humedad Máxima:	58 %
Temperatura Mínima:	19,5 °C	Humedad Mínima:	58 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2, Tabla de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.


TRAZABILIDAD

Los patrones del laboratorio de metrología de Pinzuar Ltda. han sido trazados al Sistema Internacional de Unidades S.I.

OBSERVACIONES

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición a intervalos apropiados.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
5. Este certificado reemplaza al certificado L - 22090 con fecha de expedición 2018 - 02 - 07
6. Se adjunta la estampilla de calibración No. L - 22761


Tecn. Víctor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Fin de Certificado



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE LONGITUD
Calibration Certificate - Laboratory of Longitude

L 21830

INSTRUMENTO TAMIZ 8"
Instrument

FABRICANTE PINZUAR LTDA.
Manufacturer

MODELO GRANOTEST
Model

NÚMERO DE SERIE 61683
Identification number

IDENTIFICACIÓN INTERNA No Presenta
Internal Identification

MALLA No. 200
Mesh

SOLICITANTE INVERSIONES GENERALES CENTAURO
Customer INGENIEROS S.A.C.

DIRECCIÓN CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP-
Address SÑOS.GDE-AV MCAL. CASTILLA) JUNIN -
HUANCAYO - EL TAMBO

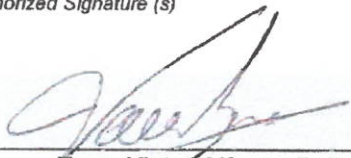
CIUDAD JUNIN
City

FECHA DE CALIBRACIÓN 2018 - 01 - 24
Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN 2018 - 02 - 06
Date of Issue

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS 03
Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signature (s)


Ing. Victor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.

The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.



DATOS TÉCNICOS

Solicitante	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
Lugar de Calibración	Laboratorio de Metrología PINZUAR Ltda. (Longitud)
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM E 11:2015
Procedimiento Interno Número	LM - PC - 12
Instrumentos de referencia y auxiliares	Reglilla Micrométrica, Microscopio Episcópico, Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad
Certificados No.	2274 del INM y 0851 del INM \ 'L - 18876, L - 18877 y L - 18879 de Pinzuar Ltda.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, pliegues ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede a la calibración respectiva del marco y la malla.

Calibración del Marco:

	Valor Nominal *	Valor Promedio Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de Nivel de confianza
Diámetro Interior	203,2 mm + 0,76 mm	203,370 mm	0,016 mm	2,00
Altura Nominal	50,8 mm	50,412 5 mm	0,009 1 mm	2,00
Diámetro de Tamizado	190,2 mm	191,355 mm	0,016 mm	2,00

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

Calibración de la Abertura:

Designación	No. 200	Abertura Nominal	75 µm	
Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza	
Abertura Promedio Y	75 µm ± 3,733 µm	76,6 µm	2,00	
Abertura Máxima X	100,886 µm	78,9 µm	1,9 µm	
Desviación Estándar Máxima	8,04 µm	1,2 µm	Aberturas medidas	250

Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.

Diámetro del Alambre:

	Valor Nominal **	Valor Medido	Incertidumbre Expandida	k para 95,45 % de nivel de confianza
Diámetro del Alambre	0,050 mm			
Diámetro Máximo	0,058 mm	47,9 µm	1,9 µm	2,00
Diámetro Mínimo	0,043 mm			

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

* Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 2.

** Valores nominales según ASTM E11 - 17 Tabla 1





NÚMERO: L – 21830

Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

Durante la calibración se realizó dentro de las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	20,5 °C	Humedad Máxima:	62 %
Temperatura Mínima:	20,2 °C	Humedad Mínima:	58 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

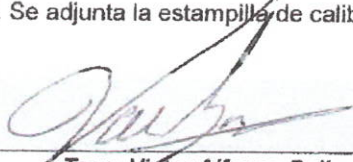
La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2, Tabla de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.


TRAZABILIDAD

Los patrones del laboratorio de metrología de Pinzuar Ltda. han sido trazados al Sistema Internacional de Unidades S.I.

OBSERVACIONES

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición a intervalos apropiados.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
5. Se adjunta la estampilla de calibración No. L – 21830


Tcg. Victor Alfonso Ballesteros
Director Laboratorio Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio Metrología

Fin de Certificado

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorios: Calle 18 N° 103 B-72 | PBX: 57(1) 7454555 | Bogotá, D.C. Colombia | labmetrologia@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE METROLOGÍA

PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO
ONAC
ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA

ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-004

2018
02
06

T-3018

ACREDITADO
ONAC
ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA

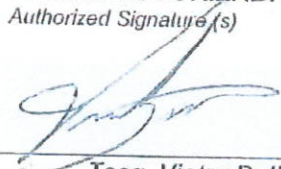
ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-004


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO TEMPERATURA
Calibration Certificate - Temperature

Número: T- 3018
Number

Pag 1 de 3

INSTRUMENTO <i>Instrument</i>	ESTUFA
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	METROTEST
MODELO <i>Model</i>	PS-H1
NÚMERO DE SERIE <i>Serial Number</i>	248
CODIGO INTERNO <i>Identification Number</i>	E-GT-053
INTERVALO DE MEDICIÓN <i>Measuring Interval</i>	110
SOLICITANTE <i>Customer</i>	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
DIRECCIÓN <i>Address</i>	CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP-SÑOS.GDE-AV MCAL. CASTILLA) JUNIN - HUANCAYO - EL TAMBO
CIUDAD <i>City</i>	JUNIN
FECHA DE CARACTERIZACIÓN <i>Date of characterization</i>	2018 - 02 - 06
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of Issue</i>	2018 - 02 - 26
NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS <i>Number of pages of this certificate and documents attached</i>	03
FIRMAS AUTORIZADAS <i>Authorized Signatures(s)</i>	


Tecg. Victor Ballesteros
Director Laboratorio de Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio de Metrología

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.
This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.
El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.
The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.





DETALLES DE LA CALIBRACIÓN

INSTRUMENTO CALIBRADO	ESTUFA
Volumen útil	80 l
Método empleado	Comparacion Directa
Intervalo Calibrado	110
División de Escala	1 °C
Modelo / Serie / Código Interno:	PS-H1 // 248 // E-GT-053
Ubicación	AREA DE SUELOS I Y PAVIMENTOS
Patrón(es) de referencia	Termómetro Digital
Código Interno	023710 / 013117
Certificado No.	T - 2567 de PINZUAR LTDA
Procedimiento Interno	LM-PC-21
Documento de Referencia	DKD R 5 - 7 DEL 2010

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al medio isoterma aire en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. No presentaba ninguna suciedad. Se determinó que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración respectiva en los puntos acordados con el cliente.

Tabla de resultados

Temperatura Indicada por el Instrumento Patrón °C	Temperatura Indicada por el Instrumento Bajo Calibración °C	Corrección a la Indicación °C	Incertidumbre de la Medición ± °C	
60,7	59,5	1,2	4,3	

Valor Nominal °C	Estabilidad del medio °C	Uniformidad del medio °C	Efecto de radiación °C	Efecto de carga °C
60	0,9	2,9	1,8	-----

44





NÚMERO: T-3018

Pag 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima	24,8 °C	Humedad Máxima	52 %HR
Temperatura Mínima	24,2 °C	Humedad Mínima	48 %HR

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición esta dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. Se ha estimado utilizando un factor de cobertura $k =$, para un nivel de confianza aproximado del 95,45 % para una distribución "t-student"

"La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor".

TRAZABILIDAD

El laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. Área de temperatura asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de medida los cuales son trazables a la Escala Internacional de Temperatura (ITS-90).

OBSERVACIONES

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición a intervalos apropiados.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido en su totalidad, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

5. Se adjunta la estampilla de calibración T-3018

Tegn. Victor Ballesteros
Director Laboratorio de Metrología

Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio de Metrología

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO
ONAC
ORGANISMO NACIONAL DE
ACREDITACIÓN DE COLOMBIA
ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-004

AÑO 2018
DÍGITO 02
OF 06

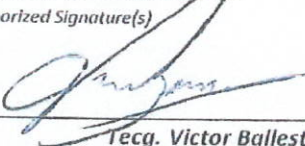
M-5132

ACREDITADO
ONAC
ORGANISMO NACIONAL DE
ACREDITACIÓN DE COLOMBIA
ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-004

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE MASA
Calibration Certificate - Laboratory of Mass

Número: **M 5132**
Number

Pág. 1 de 4

OBJETO DE PRUEBA <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
RANGO(S) <i>Measurement range</i>	0-2000 g
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	HENKEL
MODELO <i>Model</i>	BQ2001
SERIE <i>Identification number</i>	KG095384
INTERVALO CALIBRADO <i>Calibrated interval</i>	5-2000 g
SOLICITANTE <i>Customer</i>	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
DIRECCIÓN <i>Address</i>	CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP-SÑOS.GDE-AV MCA
CIUDAD <i>City</i>	JUNIN
UBICACIÓN DEL INSTRUMENTO <i>Location of the instrument</i>	N.I.
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i>	2018 - 02 - 06
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of Issue</i>	2018 - 02 - 26
NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS <i>Number of pages of this certificate and documents attached</i>	4
FIRMAS AUTORIZADAS <i>Authorized Signature(s)</i>	
 Tecn. Victor Ballesteros <i>Director-Laboratorio</i>	 Ing. Miguel Vela Avellaneda <i>Metrólogo-Laboratorio-Metrología</i>

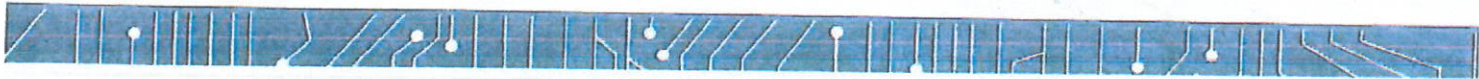
Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.

The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.





DETALLES DE LA CALIBRACIÓN

No. M-5132

Pág. 2 de 4

OBJETO DE PRUEBA	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	
FABRICANTE	HENKEL	
MODELO	BQ2001	
SERIE	KG095384	
CÓDIGO INTERNO	E-GT-128	
INTERVALO CALIBRADO	5-2000 g	
UNIDAD DE INDICACIÓN	g	
PATRON(ES) UTILIZADO(S) <small>Measurement Standard</small>	Juego de Pesas	
TIPO / MODELO <small>Type / Model</small>	Cilíndricas	Láminas
FABRICANTE <small>Manufacturer</small>	PINZUAR LTDA	PINZUAR LTDA
CÓDIGO INTERNO <small>Internal code</small>	011114	011115
INFORME DE CALIBRACIÓN <small>Report of calibration</small>	32711C de Detecto	22707 de Unión Metrologica
CLASE DE EXACTITUD <small>Class of accuracy</small>	F2	F2
MÉTODO DE CALIBRACIÓN <small>Method of calibration</small>	Comparación Directa	
NORMA DE REFERENCIA	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático.	
PROCEDIMIENTO INTERNO	LM - PC - 24	

La calibración se realizo bajo las siguientes condiciones ambientales:

TEMPERATURA		HUMEDAD		PRESION BAROMÉTRICA	
Mínima:	20,6 °C	Mínima:	36 % hr	Inicial	1013,0 hPa
Máxima:	22,6 °C	Máxima:	45 % hr	Final	1013,0 hPa

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

No. M-5132

Pág. 3 de 4

Rango 0-2000 g

División de escala : 0,0100 g

TABLA DE RESULTADOS

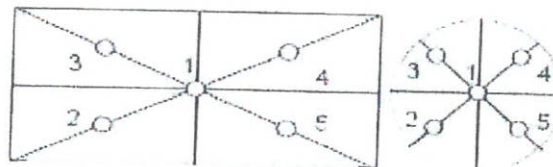
EXACTITUD O ERROR DE INDICACIÓN		
CARGA	INDICACIÓN	ERROR
g	g	g
5,00	5,01	0,01
50,00	50,01	0,01
500,00	500,01	0,01
1000,00	1000,01	0,01
2000,00	1999,88	-0,12

EXACTITUD O ERROR DE INDICACIÓN		
CARGA	INDICACIÓN	ERROR
g	g	g
5,00	5,0	-0,01
50,00	49,99	-0,01
500,00	500,01	0,01
1000,00	999,99	-0,01
2000,00	1999,87	-0,13

PRUEBA DE REPETIBILIDAD		
CARGA	1 000	g
REPETICIÓN	INDICACIÓN	UNIDADES
1	1000,04	g
2	1000,03	g
3	1000,02	g
4	1000,04	g
5	1000,01	g
6	1000,01	g
7	1000,01	g
8	1000,02	g
9	1000,00	g
10	1000,00	g
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,0148	g

PRUEBA DE REPETIBILIDAD		
CARGA	2 000	g
REPETICIÓN	INDICACIÓN	UNIDADES
1	1999,92	g
2	1999,88	g
3	1999,89	g
4	1999,88	g
5	1999,87	g
6	1999,90	g
7	1999,92	g
8	1999,91	g
9	1999,90	g
10	1999,88	g
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,0178	g

PRUEBA DE EXCENTRICIDAD		
CARGA	600	g
POSICIÓN	INDICACIÓN	DIF. ΔI
	g	g
1	600,02	0,00
2	600,01	0,01
3	600,00	0,02
4	600,01	0,01
5	600,01	0,01



HA

$D_{MAX\text{exc}}$	0,02	g
---------------------	------	---

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorios: Calle 18 N° 103 B-72 | PBX: 57(1) 7454555 | Bogotá, D.C. Colombia | labmetrologia@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

No. M-5132

Pág. 4 de 4

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:

Se realizaron las Pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad, excentricidad. Siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Números 4,5,6,7 Apendices A,B,C,D,E,F obteniendo los resultados de la página No. 3.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición se encuentra en la página No. 4 Tabla de resultados la cual fue calculada utilizando un factor de 2,3 para un nivel de confianza aproximado del 95% para una distribución "t-student" y fue estimada con el documento JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

CARGA	U EXPANDIDA
g	g
5	0,042
50	0,042
500	0,043
1 000	0,045
2 000	0,057

TRAZABILIDAD

El Laboratorio de Metrología de Pinzuar Ltda. asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en las calibraciones, los cuales son trazados al Sistema Internacional de Unidades S.I.

OBSERVACIONES.

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
2. El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de balanza, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.
5. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
6. Se anexa con el informe la estampilla de calibración No. **M-5132**

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signature(s)

Tercy Victor Ballesteros
Director Laboratorio

Ing. Miguel Vela Avellaneda
Metrologo Laboratorio Metrología.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO TEMPERATURA
Calibration Certificate - Temperature

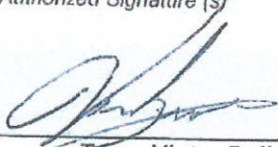
Número: T- 3017
Number

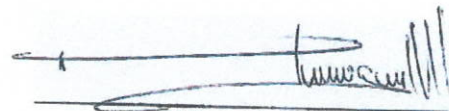
Pag 1 de 3

INSTRUMENTO <i>Instrument</i>	BAÑO MARIA
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	METROTEST
MODELO <i>Model</i>	PAM-77
NÚMERO DE SERIE <i>Serial Number</i>	108
CODIGO INTERNO <i>Identification Number</i>	E-GT-102
INTERVALO DE MEDICIÓN <i>Measuring Interval</i>	25-100
SOLICITANTE <i>Customer</i>	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
DIRECCIÓN <i>Address</i>	CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP-SÑOS.GDE- AV MCAL. CASTILLA) JUNIN - HUANCAYO - EL TAMBO
CIUDAD <i>City</i>	JUNIN
FECHA DE CARACTERIZACIÓN <i>Date of characterization</i>	2018 - 02 - 06
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of Issue</i>	2018 - 02 - 26

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS 03
Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signature (s)


Ing. Victor Ballesteros
Director Laboratorio de Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio de Metrología

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.

The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.





NÚMERO: T-3017

Pag 2 de 3

DETALLES DE LA CALIBRACIÓN

INSTRUMENTO CALIBRADO	BAÑO MARIA
Volumen útil	80 listros
Método empleado	Comparacion directa
Intervalo Calibrado	60
División de Escala	1 °C
Modelo / Serie / Codlgo Interno:	PAM-77 // 108 // E-GT-102
Ubicación	AREA DE SUELOS I Y PAVIMENTOS
Patrón(es) de referencia	Termómetro Digital
Codigo Interno	013117 / 023711
Certificado No.	T - 2567 de PINZUAR LTDA
Procedimiento Interno	LM-PC-15
Documento de Referencia	CENAM Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en Caracterización Térmica de Baños y Hornos de Temperatura Controlada. (2012)

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al instrumento en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. No presentaba ninguna suciedad, Se determinó que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración respectiva en los puntos acordados con el cliente.

Tabla de resultados

Temperatura Indicada por el Instrumento Patrón °C	Temperatura Indicada por el Instrumento Bajo Calibración °C	Corrección a la Indicación °C	Incertidumbre de la Medición ± °C
57,20	60,0	-2,8	2,3
Valor Nominal °C	Estabilidad °C	Homogeneidad °C	
60	1,60	1,05	

NA





NÚMERO: T-3017
Pag 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima	24,3 °C	Humedad Máxima	52 %HR
Temperatura Mínima	24,1 °C	Humedad Mínima	48 %HR

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición esta dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. Se ha estimado utilizando un factor de cobertura $k = 2,001$, para un nivel de confianza aproximado del 95,45 % para una distribución "t-student"

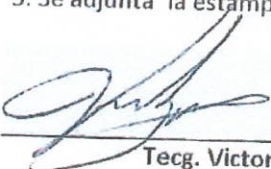
"La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor".

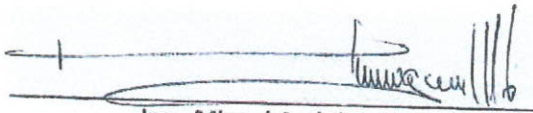
TRAZABILIDAD

El laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. Área de temperatura asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de medida los cuales son trazables a la Escala Internacional de Temperatura (ITS-90).

OBSERVACIONES

1. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición a intervalos apropiados.
3. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido en su totalidad, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
4. Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
5. Se adjunta la estampilla de calibración T-3017


Tec. Victor Ballesteros
Director Laboratorio de Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio de Metrología

Fin del Documento



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate - Laboratory of Force

Número: **F- 4464**
Number

Pág. 1 de 3

OBJETO DE PRUEBA: <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS MARSHALL Y CBR
Capacidad <i>Loading capacity</i>	50 kN
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	PINZUAR LTDA
Modelo <i>Model</i>	PS-26 III
Serie / Código Interno <i>Identification number</i>	150 / E-GT-117
Ubicación de la máquina <i>Location of the machine</i>	AREA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Norma de referencia <i>Norm of used reference</i>	NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25)
Intervalo calibrado <i>Calibrated interval</i>	Del 10 % al 100 %
Solicitante <i>Customer</i>	INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
Dirección <i>Address</i>	CAR.CENTRAL NRO. 3950 INT. A (FRTE UNCP-SÑOS.GDE-AV
Ciudad <i>City</i>	MCAL. CASTILLA) JUNIN - HUANCAYO - EL TAMBO
PATRON(ES) UTILIZADO(S) <i>Measurement standard</i>	JUNIN
Tipo / Modelo <i>Type / Model</i>	ZZB / PI - 200
Rangos <i>Measurement range</i>	50 kN
Fabricante <i>Manufacturer</i>	FORCE TRANSDUCER
No. serie <i>Identification number</i>	605 / 001
Certificado de calibración <i>Calibration certification</i>	INM 2126
Incertidumbre de medida <i>Uncertainty of measurement</i>	0,051 %
Método de calibración <i>Method of calibration</i>	Comparación Directa
Unidades de medida <i>Units of measurement</i>	Sistema Internacional de Unidades (SI)
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i>	2018 - 02 - 06
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of issue</i>	2018 - 04 - 13

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS
Number of pages of this certificate and documents attached

3

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signatory(S)


Técg. Víctor Ballesteros
Directór Laboratorio de Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio de Metrología

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. *The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.*

El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o la información contenida en este certificado.

The issuing laboratory assumes no responsibility for any ensuing damages due to the misuse of the calibrated instruments and/or the information of this certificate.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO

F-4464

Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA PARA ENSAYOS MARSHALL Y CBR

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: Compresión Resolución: 0,01 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: indicación del Patrón				
%	kN	1 (ASC) kN	2 (ASC) kN	2 (DESC)	3 (ASC) kN	4 (ASC)
10	5,000 0	4,977 0	4,966 9		4,977 0	
20	10,000	9,993 4	9,983 3		9,993 4	
30	15,000	14,989	14,979		14,979	
40	20,000	19,984	19,984		19,984	
50	25,000	24,998	24,998	No Aplica	24,988	No Aplica
60	30,000	29,993	29,993		30,013	
70	35,000	35,007	35,007		34,997	
80	40,000	40,013	40,063		39,993	
90	45,000	45,079	45,019		45,069	
100	50,000	50,097	50,087		50,027	
Indicación despues de Carga		0,000	0,000	No Aplica	0,000	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	5,000 0	0,53	0,20			0,200	0,27
20	10,000	0,10	0,10			0,100	0,17
30	15,000	0,12	0,07			0,067	0,14
40	20,000	0,08	0,00			0,050	0,11
50	25,000	0,02	0,040			0,040	0,12
60	30,000	0,00	0,07	No Aplica	No Aplica	0,033	0,13
70	35,000	-0,01	0,03			0,029	0,11
80	40,000	-0,06	0,18			0,025	0,20
90	45,000	-0,12	0,13			0,022	0,17
100	50,000	-0,14	0,14			0,020	0,18
Error Relativo de Cero fo (%)		0,00					

Calibró: Tecg. Sergio Iván Martínez
Metrólogo Laboratorio de Metrología

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizo bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 20,7 °C Humedad Mínima: 41 % Hr
Temperatura Máxima: 22,1 °C Humedad Máxima: 45 % Hr

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO F-4464
Pág. 3 de 3

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud r(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 10%
0,53	0,20	No Aplica	No Aplica	0,00	0,20

CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007.

CLASE DE LA ESCALA DE LA MÁQUINA	EXACTITUD (g)	REPETIBILIDAD (b)	REVERSIBILIDAD (v)	CERO (fo)	RESOLUCIÓN RELATIVA (a)
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1	1,5	0,1	0,50
2	2,0	2	3	0,2	1,00
3	3,0	3	4,5	0,3	1,50

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición esta dada en la tabla de resultados de la página No. 2. La incertidumbre de medición fue calculada utilizando un factor de cobertura $k = 2,138$ Para un nivel de confianza aproximado del 95,45% para una distribución "t-student" y fue estimada con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El Laboratorio de Metrología de Pinzuar Ltda. asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido trazados al Sistema Internacional de Unidades. S.I. para la prestación de servicios de calibración según la Norma ISO - IEC 17025

OBSERVACIONES

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
3. El usuario es responsable de establecer los intervalos de calibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2 en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.

8. Este Certificado reemplaza al certificado F - 4324 con fecha de expedición 2018-02-26.

9. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No.

F-4464

FIRMAS AUTORIZADAS


Téc. Víctor Ballesteros
Director Laboratorio de Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela
Metrólogo Laboratorio de Metrología

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO