

**ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE
DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION
DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS**

**JOHANA ANDREA CUALTAN MORILLO
MARIO ANDRES LOPEZ DELGADO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
PASTO
2005**

**ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE
DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION
DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS**

**JOHANA ANDREA CUALTAN MORILLO
MARIO ANDRES LOPEZ DELGADO**

TESIS DE GRADO

GUILLERMO MUÑOZ RICAURTE
Ingeniero Civil, Especialista en Ingeniería de Vías Terrestres

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
PASTO
2005**

Gracias a nuestro Señor Jesucristo,
por acompañarnos y ser guía, en un largo
camino emprendido, hace tiempo ya.

Gracias a nuestras familias por brindar siempre
el apoyo, el afecto y el ejemplo necesario para forjar
nuestras metas, nuestros anhelos y nuestros sueños.

Gracias a todos aquellos que siempre confiaron
en nuestras capacidades, y que de una u otra forma
contribuyeron en el logro del presente objetivo.

Para todos ellos una especial dedicatoria del
presente trabajo, fruto de un esfuerzo y
una dedicación conjunta.

Johana y Mario

AGRADECIMIENTOS

Es para nosotros, motivo de alegría y satisfacción el haber contado con el apoyo de tantas personas que con su respaldo desinteresado, hicieron posible la realización de un trabajo que parecía poco probable, un especial agradecimiento a nuestras familias, por su apoyo incondicional, su paciencia a lo largo de estos años de carrera universitaria.

Sin lugar a dudas, la presente investigación no se hubiese podido llevar a cabo sin el gran aporte logístico y humano de cada uno de los miembros de la firma de consultores y constructores de pavimentos asfálticos, TRAE Ltda., a la cabeza del Ingeniero Juan Carlos Trujillo y el Ingeniero Juan Pablo Aux, quienes constantemente estuvieron atentos a brindar su apoyo a través de observaciones y recomendaciones producto de su amplia experiencia y conocimiento dentro del área de los pavimentos asfálticos, todo para lograr un desarrollo ideal de la investigación propuesta.

Un especial agradecimiento para el Geotecnólogo Herney Lasso Echavarría, quién a lo largo de todo el arduo trabajo realizado por los investigadores, fue una constante ayuda con sus incontables aportes, recomendaciones y observaciones producto de su indiscutible calidad humana y su amplia experiencia en labores técnicas de índole ingenieril. Este agradecimiento se extiende muy cordialmente para el operario del laboratorio de la planta de asfaltos de la firma TRAE, el señor Luis Eugenio Ruiz, persona de un amplio recorrido y experiencia en los procesos de diseño y construcción de pavimentos en muchos lugares de la geografía nacional, quien a su vez aportó desinteresadamente todos sus conocimientos adquiridos en su vida profesional para la consecución de los objetivos propuestos en esta investigación.

GLOSARIO

ACETATO: etanoato o acetato, sal o éster del ácido etanoico (ácido acético). Las sales se forman por reacción del ácido acético con una base, generalmente un hidróxido metálico, y los ésteres por reacción del ácido con el alcohol.

ACRILICO: las resinas acrílicas, llamadas también acrílicos, se obtienen por la polimerización de los acrilatos u otros monómeros que contengan el grupo acrílico.

AHUELLAMIENTO: para un pavimento, el ahuellamiento se refiere a la falla ocasionada por las cargas repetidas y de gran peso sobre la superficie de un pavimento, las cuales dejan sobre una serie de canalizaciones de similar sección a las de un neumático.

ALCANFOR: compuesto volátil, blanco y cristalino, de fórmula $C_{10}H_{16}O$, que tiene un olor característico. El alcanfor ordinario se obtiene del alcanforero, (*Cinnamomum camphora*), que crece en Asia y en Brasil.

AMBAR: resina fósil que en tiempos prehistóricos exudaba de diversas coníferas ahora extinguidas. Suele ser de color amarillo o tostado. Se encuentra en trozos redondeados e irregulares.

BENZOL: combustible líquido similar al alcohol, obtenido en el proceso de elaboración del coque, dentro del proceso de refinación del petróleo.

BIODEGRADABILIDAD: propiedad que tienen algunos materiales complejos de ser degradados por microorganismos para formar productos finales sencillos. Estos productos se dan de manera natural en el medio ambiente y también se producen de forma artificial (productos xenobióticos).

BITUMINOSO: variedad de carbón cuya constitución y propiedades son intermedias entre la antracita y el lignito.

CARBONILO: Al grupo carbonilo se debe la disolución de las cetonas en agua. Son compuestos relativamente reactivos, y por eso resultan muy útiles para sintetizar otros compuestos.

CASEINA: grupo de proteínas que se producen por precipitación cuando la leche se acidifica. La caseína constituye casi el 80% del total de las proteínas presentes en la leche de vaca, y el 3% de su peso.

CELULOIDE: originalmente el nombre comercial, y hoy el nombre común de un plástico sintético producto de la mezcla de nitrato de celulosa, o piroxilina, con pigmentos y agentes de relleno en una disolución de alcanfor y alcohol.

CEMENTOS ASFALTICOS: son hidrocarburos semisólidos que se obtienen durante la destilación del petróleo luego de que los aceites lubricantes han sido removidos.

CLORURO DE VINILO: gas de fórmula $H_2C=CH-Cl$, que al polimerizarse produce cloruro de polivinilo, o plástico de vinilo. El gas, que se obtiene haciendo reaccionar eteno o etino con ácido clorhídrico, se utilizaba anteriormente como propulsor en los aerosoles, pero se comprobó que era un carcinógeno.

COLORANTES: cualquiera de los productos químicos pertenecientes a un extenso grupo de sustancias, empleados para colorear tejidos, tintas, productos alimenticios y otras sustancias.

COPOLIMEROS: sustancia en la que se repiten grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que a su vez también se repiten, llamadas monómeros.

ELASTOMEROS: cualquier polímero sintético que presenta en alguna medida las propiedades del caucho, en particular su elasticidad y su flexibilidad.

EMULSIONES ASFALTICAS: son aquellas que se emplean en la ejecución de riegos y mezclas asfálticas.

ESTER: en química orgánica, compuesto formado (junto con agua) por la reacción de un ácido y un alcohol.

ETENO: el miembro más simple de la clase de compuestos orgánicos llamados alquenos, que contienen al menos un doble enlace carbono-carbono. El eteno es un gas incoloro, con un olor ligeramente dulce, y su fórmula es $H_2C=CH_2$.

ETILENGLICOL: La esterificación de los polialcoholes con diácidos orgánicos permite obtener poliésteres con eliminación de agua. Los productos utilizados son muy variados: ácidos saturados como el adípico, y alcoholes como el etilenglicol o la glicerina.

EXTRUSION: proceso mediante el cual se obliga a una sustancia, especialmente un metal o un termoplástico, a pasar por un troquel, creando así distintas formas de sección uniforme utilizadas en la industria, la construcción y la fabricación de distintos tipos de utensilios y aparatos.

FORMICA: marca registrada de diferentes termoplásticos laminados que suelen emplearse para la superficie de muebles y mostradores.

FOSFATOS: de fórmula química H_3PO_4 , ácido que constituye la fuente de compuestos de importancia industrial llamados fosfatos. A temperatura ambiente, el ácido fosfórico es una sustancia cristalina con una densidad relativa de 1.

HIDROCARBUROS: familia de compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos.

HOJALATA: lámina delgada de hierro o acero recubierta de estaño comercialmente puro mediante un proceso electrolítico o de inmersión en caliente. Se utiliza sobre todo para la fabricación de latas de conserva.

MACROMOLECULA: molécula de elevada masa molecular, constituida por un número muy grande de átomos. Las macromoléculas son el resultado de la unión de gran número de moléculas pequeñas de un mismo tipo o de tipos distintos, y son características de los polímeros.

METALOCENOS: Compuesto organometálico, compuesto en el que los átomos de carbono forman enlaces covalentes (comparten electrones) con un átomo metálico.

MONOMERO: Los compuestos básicos de los polímeros, tienen una masa molecular relativamente baja y forman moléculas gigantes denominadas polímeros.

NITROCELULOSA: Con una mezcla de ácidos nítrico y sulfúrico, la celulosa forma una serie de compuestos inflamables y explosivos conocidos como nitratos de celulosa o nitrocelulosas.

PETROLEO: un recurso mineral mezcla compleja de hidrocarburos, un líquido aceitoso bituminoso inflamable, que aparece en muchos lugares del estrato superior de la tierra.

PIROLISIS: el proceso mediante el cual una sustancia orgánica se descompone químicamente calentándola en una atmósfera deficiente en oxígeno. Se emplean altas temperaturas y cámaras cerradas. Los principales productos en la pirolisis de residuos sólidos son: agua, monóxido de carbono e hidrógeno. Algunos procesos originan un líquido aceitoso de una composición química indeterminada. El gas puede contener hidrocarburos y frecuentemente hay un rechazo de cenizas y carbonilla.

PLASTICOS DEGRADABLES: son desarrollados específicamente para la obtención de productos especiales, que se proyectan para romperse después de su exposición a la luz del sol o a los microbios.

PLASTICOS NO SELECCIONADOS: un plástico no seleccionado consiste en una mezcla de plásticos normalmente incompatibles, pero que aparecen mezclados en las basuras.

PLASTICOS NO SELECCIONADOS REFINADOS: los plásticos no seleccionados procedentes de las basuras contienen algunos contaminantes como metal, papel y suciedad. Estos contaminantes pueden separarse mediante un proceso de lavado y trituración, lográndose así una mezcla refinada. La mezcla puede refinarse adicionalmente mezclando los materiales fundidos y filtrando los materiales no separados en el lavado.

PLASTIFICANTES: sustancias que se añaden a colas, epóxidos, lacas y otros materiales para darles flexibilidad.

POLIAMIDA: Termoplásticos, excelentes propiedades mecánicas, resistentes a los rayos X y a los carburantes, impermeables a los olores y a los gases.

POLIESTERES: los poliésteres se utilizaron en la fabricación de blindajes y otros materiales bélicos, y se produjeron en grandes cantidades varios tipos de caucho sintético.

POLIMERIZACION: El número de unidades que se repiten en una molécula grande se llama grado de polimerización.

POLIMEROS: sustancia que consiste en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamadas monómeros.

POLIURETANO: polímero que se obtiene por polimerización de determinados compuestos que contienen el grupo isocianato ($8N_9C_9O$).

POLICLORURO DE VINILO: un plástico elaborado mediante la polimerización de la cloruro de vinilo con catalizadores peróxidos.

POLIETILENO DE TEREFTALATO: un polímero ligero transparente y rígido, resistente a los productos químicos y a la humedad, con buenas propiedades para el aislamiento.

POLIETILENOS: un grupo de resinas creado por la polimerización del gas etileno. Las dos categorías más importantes son el polietileno de alta densidad y el polietileno de baja densidad.

POLIOLEFINAS: un subgrupo dentro de los plásticos que incluye al polietileno y al polipropileno.

PRECICLAJE: actividades tales como: reducción en origen y de tamaño, selección del material durante la compra y reducción de la toxicidad de los productos durante el proceso de fabricación, antes del reciclaje, lo que ayuda a disminuir las cantidades generadas de residuos sólidos urbanos (RSU). Un término originario de Berkeley, California que implica una dedicación a la mejora del medio ambiente mediante una toma de decisiones conscientes durante las actividades de compra; por ejemplo, sustituyendo las tazas de plástico por las de porcelana o utilizando hueveras de cartón en vez de las de plástico.

PROTEINAS: Las proteínas están constituidas por largas cadenas de aminoácidos. La secuencia específica de los aminoácidos determina la función exacta de cada proteína.

PROCESADOR DE RECICLAJE: un término genérico para referirse a los negocios y operaciones que preparan los materiales secundarios para su venta a los usuarios finales.

REGRANULADO: se trata de un plástico secundario relativamente limpio procedente de los recortes del propio proceso industrial. Por su limpieza y homogeneidad, puede ser mezclado y densificado junto con el material virgen, devuelto al comienzo del proceso y convertido en un producto.

RECICLABLE: solución compleja para el tratamiento de los plásticos mezclados de la basura, que constituyen una parte muy visible, si bien relativamente pequeña, de los residuos sólidos.

RESINAS: término aplicado a un grupo de sustancias orgánicas, líquidas y pegajosas, que normalmente se endurecen por la acción del aire, convirtiéndose en sólidos de aspecto amorfo y brillante.

SELECCIÓN MOLECULAR: la tecnología de selección a nivel molecular consiste en disolver el plástico para que las moléculas del polímero se separen en el disolvente. Es posible refinar-seleccionar adicionalmente el nivel molecular mediante un proceso de despolimerización para obtener monómeros. Un ejemplo sería la despolimerización del PET a DMT (dimetileno tereftalato).

TERMOPLASTICOS: El plástico se procesa de formas distintas, según sea termoplástico o termoestable. Los termoplásticos, formados por polímeros lineales o ramificados, pueden fundirse.

RESUMEN

Los plásticos, a pesar de sus ventajas como la fácil manipulación, obtención y bajo costo, producen un significativo daño en el momento que son arrojados como desechos hacia los lugares de disposición final. Por esta razón se pretende aprovechar a todos los desperdicios plásticos con el objetivo de lograr incluirlos en procesos de elaboración de mezclas asfálticas para pavimentos, esto con el propósito de disminuir los vertimientos de dichos materiales y a su vez mejorar la calidad, la duración y el comportamiento físico mecánico de los pavimentos de concreto asfáltico sin incrementar su coste en la construcción y el mantenimiento de los mismos.

SUMMARY

It's easy to find advantages in plastics, such as manipulation and low price, however, the damage it produces in the environment is considerably huge. This is why it is necessary using it in recycling processes. The purpose is using plastic in asphalt pavement constructive processes. With the inclusion of this kind of materials, the structure of the asphaltic concrete pavements should improve its physical and mechanical properties increasing its profit and performance facing the traffic loads, without increasing in price its construction and maintenance.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	17
1. MATERIALES PLASTICOS	18
1.1 TERMOPLÁSTICOS Y TERMOENDURECIBLES	19
1.2 CATEGORÍAS DE PLÁSTICOS	20
1.2.1 Permanente	20
1.2.2 Reutilizable	20
1.2.3 Reciclable	20
1.2.4 Co-reciclable	20
1.2.5 Bio-desintegrable	20
1.2.6 Biodegradable	20
1.2.7 Bioregenerativo	20
1.2.8 Biopotenciador	21
1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS	21
1.3.1 Tereftalato de polietileno (PET)	22
1.3.2 Polietilenos; alta densidad (PEAD) y de baja densidad (PEBD)	22
1.3.3 Policloruro de vinilo (PVC)	24
1.3.4 Polipropileno (PP)	26
1.3.5 Poliestireno (PS)	27
1.3.6 Otros plásticos	27
1.4 INDUSTRIA DEL RECICLAJE	28
1.4.1 Definición	8
1.4.2 Reciclaje de materiales plásticos	28
1.4.3 Clases de reciclaje	30
1.4.3.1 Reciclaje primario	30
1.4.3.2 Reciclaje secundario	30
1.4.3.3 Reciclaje terciario	31
1.4.3.4 Reciclaje cuaternario	31
1.4.4 Características del material reciclado	31
1.4.5 Usos del material reciclado	32
1.4.6 Cantidades de material plástico recolectado	32
1.4.6.1 Composición de la mezcla para el ensayo	32
1.4.6.2 Acondicionamiento de la mezcla para ensayo	35
1.4.6.3 Determinación del peso específico de la mezcla para ensayo	35
2. PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFALTICO	37
2.1 GENERALIDADES	37
2.2 DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	38
2.2.1 Método Marshall	39
2.3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS	40

2.4 DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	41
2.4.1 Cemento asfáltico empleado	41
2.4.1.1 Especificaciones	41
2.4.1.2 Procedencia	42
2.4.1.3 Susceptibilidad térmica	43
2.4.1.4 Peso específico	43
2.4.2 Agregados minerales empleados	43
2.4.2.1 Especificaciones	43
2.4.2.2 Origen	44
2.4.2.3 Ensayos a los agregados minerales	45
2.4.2.3.1 Granulometría	45
2.4.2.3.2 Peso específico	45
2.4.2.3.3 Equivalente de arena	45
2.4.2.3.4 Porcentaje de partículas fracturadas mecánicamente	46
2.4.3 Formato de diseño	46
2.4.3.1 Cálculo de valores	47
2.4.3.1.1.Datos de entrada	47
2.4.3.1.2 Formato de ensayo Marshall	49
2.4.4 Gráficas	54
2.5 CRITERIOS DE EVALUACIÓN	54
2.5.1 Resultados	55
3. ASFALTOS MODIFICADOS	56
3.1 GENERALIDADES	56
3.2 REQUISITOS DE LOS MODIFICADORES	58
3.3 CLASES DE MODIFICADORES	58
3.4 USOS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS	58
3.5 ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS	59
3.5.1 Especificaciones para el empleo de asfaltos modificados con polímeros	62
3.5.2 Comportamiento frente a las mezclas asfálticas convencionales	64
3.5.3 Ventajas	65
3.5.4 Desventajas	66
3.5.5 Evaluación de costos	66
4 MEZCLAS DE ASFALTO CON PLASTICOS DE DESECHO	69
4.1 ANTECEDENTES	69
4.2 COMPORTAMIENTO DE LOS PLASTICOS CON EL ASFALTO	69
4.3 DESCRIPCION DEL ENSAYO	70
4.4 ENSAYOS DE SUSCEPTIBILIDAD TERMICA	71
4.5 EXPERIENCIA INICIAL	71
4.5.1 Formulación del procedimiento a seguir	72
4.6 MUESTRA PATRON	72
4.6.1 Formato de diseño	73
4.6.1.1 Cálculo de valores	73
4.6.1.1.1 Datos de entrada	73
4.6.1.1.1 Formato de ensayo Marshall	75
4.6.2 Gráficas	80

4.6.3 Criterios de evaluación	81
4.6.4 Resultados	81
4.7 ANALISIS ESTADISTICO	81
4.8 PRUEBAS DEFINITIVAS	82
4.9 RESULTADOS	82
4.9.1 Utilización en vías departamentales	83
4.9.2 Costos de Producción de la mezcla	86
5 CONCLUSIONES	88
6. RECOMENDACIONES	90
ANEXOS	91

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de los plásticos	21
Tabla 2. Características del polietileno	24
Tabla 3. Características del policloruro de vinilo	25
Tabla 4. Características del Poliestireno	27
Tabla 5. Producción de desechos plásticos por volumen	33
Tabla 6. Producción de desechos plásticos por peso	33
Tabla 7. Porcentajes promedios en peso de desechos plásticos	34
Tabla 8. Porcentaje de elaboración de muestras plásticos	34
Tabla 9. Criterios de diseño de mezclas densas en caliente	40
Tabla 10. Relación ligante efectivo y llenante mineral	41
Tabla 11. Tipo de cemento asfáltico para mezclas en caliente	41
Tabla 12. Especificaciones del cemento asfáltico	42
Tabla 13. Especificaciones granulométricas para mezclas densas en caliente	44
Tabla 14. Pesos específicos del agregado mineral	45
Tabla 15. Formato de datos de entrada	48
Tabla 16. Factores de correlación para estabilidades	49
Tabla 17. Peso específico máximo teórico de las mezclas asfálticas	50
Tabla 18. Determinación del peso específico máximo medido	51
Tabla 19. Dosificación de materiales por briqueta	55
Tabla 20. Clases de modificadores	58
Tabla 21. Especificaciones de cementos asfálticos modificados con polímeros	63
Tabla 22. Costos de concretos asfálticos	66
Tabla 23. Datos de entrada	74
Tabla 24. Peso específico máximo teórico de las mezclas asfálticas con desechos plásticos	76
Tabla 25. Peso específico máximo medido	76
Tabla 26. Valores óptimos de la muestra patrón.	81
Tabla 27. Numero de ensayos Marshall	81
Tabla 28. Factores de daño en las carreteras colombianas.	83
Tabla 29. Costos de mezclas asfálticas con porcentajes óptimos.	87

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Figura 1. Estructura molecular del PET	22
Figura 2. Estructura molecular del polietileno	23
Figura 3. Moléculas del polietileno	23
Figura 4. Polimerización del PVC	25
Figura 5. Polimerización del PP	26
Figura 6. Porcentaje de desechos plásticos en peso	34
Figura 7. Porcentaje de plásticos en peso para la elaboración de la mezcla de ensayo	35
Figura 8. Distribución y clasificación de los plásticos	36
Figura 9. Tamaño del material plástico	36
Figura 10. Primeros usos del asfalto	37
Figura 11. Comportamiento de una carpeta de pavimento asfáltico en la estructura de un pavimento flexible	38
Figura 12. Energía de compactación de cada probeta Marshall	39
Figura 13. Forma de carga diametral sobre las briquetas del ensayo Marshall	39
Figura 14. Marcación de las briquetas de ensayo	47
Figura 15. Falla de un pavimento debido al ahuellamiento	57
Figura 16. Falla de un pavimento por agrietamiento	57
Figura 17. Relación general entre viscosidad y temperatura	61
Figura 18 Efecto del asfalto modificado con polímeros sobre la rigidez y la temperatura	61
Figura 19. Muestra de mezcla asfáltica convencional bajo la acción del tránsito	64
Figura 20. Muestra de mezcla asfáltica modificada con polímeros bajo la acción del tránsito	64
Figura 21. Relación: tensión – fatiga entre asfaltos convencionales y modificados	64
Figura 22. Costos de colocación de carpetas asfálticas	67
Figura 23. Ciclo de vida de un pavimento flexible	68
Figura 24. Efectos de los materiales plásticos en la mezcla asfáltica	70
Figura 25. Estado de las briquetas con 1.5 y 2.0 % de adición de desechos plásticos.	71
Figura 26. Marcación de las briquetas de ensayo.	73
Figura 27. Graficas ensayo Marshall con plásticos 8.	80
Figura 28. Red vial del departamento de Nariño.	83

INTRODUCCION

Las características físicas y mecánicas de los plásticos, hacen que estos materiales sean ampliamente utilizados en infinidad de actividades dentro de los quehaceres diarios, esto a pesar de sus grandes ventajas, representa un serio inconveniente para la preservación del entorno, ya que son productos que no se degradan al contacto con la naturaleza. Por esta razón, se hace necesario encontrar alternativas de disposición final de los desechos que no se puedan reutilizar en procesos sencillos como el del reciclaje.

Al pretender incluir plásticos provenientes de desechos de consumo doméstico, en la fabricación de mezclas asfálticas para pavimentación, se contribuye fundamentalmente de dos formas; una, asegura una disposición final de muchos de los desperdicios plásticos producidos por una comunidad, y de otra forma se podría mejorar las características de resistencia de los pavimentos de concreto asfáltico, lo cual representa contar con vías de mejor desempeño y durabilidad para satisfacer los requisitos del transporte vial.

Con la realización de la presente investigación, se pretende determinar la factibilidad de incorporar polímeros provenientes de plásticos de desechos domésticos, para reducir el porcentaje de asfalto en el proceso de elaboración de mezclas asfálticas para pavimentos, evaluando los parámetros y propiedades mecánicas de las mismas respecto a las mezclas convencionales.

Por lo anterior y por los beneficios que se han encontrado al incluir polímeros en las mezclas asfálticas para pavimentos, se espera mejorar las condiciones de las carpetas asfálticas, reduciendo su coste y disminuyendo el impacto ambiental debido a los desechos plásticos.

1. MATERIALES PLASTICOS

La palabra plástico, procede de la voz griega *plastikós*, que significa "capaz de ser moldeado" y que destaca la principal característica de las sustancias plásticas: su deformabilidad ante la aplicación de fuerzas relativamente débiles y a temperaturas no muy alejadas de la ambiental. "El plástico ha reemplazado en parte, a la madera en la fabricación de muebles y en la construcción de edificios; se utiliza con mucha frecuencia como substitutivo del cuero, en la industria del calzado, y de la lana en la industria textil; ha reemplazado a la goma como aislante en las instalaciones eléctricas y al metal en muchas piezas de automóviles; también se utiliza para fabricar todo tipo de electrodomésticos. El plástico transparente rígido, se emplea en lugar del vidrio en los cristales de los relojes y en las lentes ópticas, mientras que el plástico transparente y flexible, sustituye al papel y el vidrio en los contenedores para alimentos y para farmacéuticos"¹.

El plástico es un material logrado en laboratorio mediante transformación sintética del carbono principalmente pero también del hidrógeno, nitrógeno y oxígeno en combinación con otros elementos que se obtienen del petróleo. El plástico es difícilmente biodegradable, por esta razón se convierte en un producto altamente contaminante, mas aún si se tiene en cuenta que los plásticos al quemarse producen gases venenosos. El 90% de los plásticos es reciclable y se encuentra en numerosas formas y presentaciones.

A pesar de su versatilidad y de considerarse como un elemento imprescindible para el desarrollo de la vida diaria, su invención o descubrimiento es prácticamente reciente, y sucedió bajo circunstancias muy particulares, cuando, "Con la esperanza de ganar el premio de 10.000 dólares que ofrecía una firma americana a quién descubriera una materia apta para reemplazar el marfil (demasiado costoso) en la fabricación de las bolas de billar, John Wesley Hyatt descubrió el celuloide elaborando una mezcla de nitrocelulosa y alcanfor. Durante más de 30 años esta materia plástica sintética fue la única de su especie, hasta que en 1907 se produjo el descubrimiento, por Leo Hendrik Baekeland, de la baquelita, obtenida por la acción del formol sobre el fenol. A partir de ese momento comenzó el prodigioso desarrollo de los plásticos. Gracias a la diversidad de sus propiedades y a su coste, inferior al de los productos naturales (maderas, vidrios, fibras, textiles naturales, metales) a los que pueden reemplazar, han llegado a invadir el mercado. Su producción mundial se ha disparado en espiral: desde los 1.8 millones de toneladas de 1950, consiguió sobrepasar los 55 millones en 1978, y sobrepasó los 120 millones de toneladas en 1990. Los principales países productores son los EE.UU, Alemania, Japón, Rusia y Francia. De esta producción de conjunto destacan, por su importancia, los polietilenos, los cloruros de polivinilo, los poliestirenos y los aminoplásticos. La industria química es en la actualidad una de las principales ramas de la industria moderna. Al transformar materias primas

¹ Los Plásticos. Disponible en Internet [www.ecositio.com.ar/los plásticos.html](http://www.ecositio.com.ar/los_plasticos.html)

naturales (carbón, azufre, petróleo, fosfatos, cloro) en otras sustancias, consigue hoy día la elaboración de más de 10.000 materiales nuevos”².

Los plásticos pueden ser producidos mediante métodos fáciles y económicos. El sistema de conformación más utilizado es el de moldeado en caliente, que permite la fabricación en serie de piezas con gran variedad de formas, colores y consistencias. Normalmente los plásticos son ligeros, buenos aislantes térmicos y eléctricos y resisten bien la corrosión ambiental, lo cual, a un nivel práctico es una de sus ventajas, representa un serio inconveniente desde el punto de vista ecológico. Puesto que las materias plásticas tienen propiedades específicas muy diferentes, presentan también una amplia gama de aplicaciones y resultan, en comparación, más baratas que otros materiales.

Por otro lado, todos los plásticos tienen una estructura química semejante. Son compuestos de cadena larga que contiene pequeños grupos periódicos de átomos unidos entre sí. La mayor parte de las sustancias encontradas en estado natural son compuestos de moléculas cortas que contienen átomos en número relativamente limitado. Estos grupos atómicos que se repiten en la macromolécula del plástico son llamados monómeros y la cadena entera de estas formaciones se denomina polímero "muchas unidades". Un plástico esta generalmente compuesto de resinas y agentes de adición (plastificantes, estabilizantes, colorantes y otros aditivos) que confieren al material determinadas propiedades de dureza, plasticidad, etcétera.

“Las resinas pueden ser naturales, como las derivadas de la celulosa, la caseína, o las proteínas de la leche, o sintéticas, que están constituidas por cadenas largas de moléculas o polímeros. Por otro lado se ha de hacer notar que en la naturaleza existen los plásticos, tanto de origen vegetal como animal (ámbar, celulosa, cera y caucho) que pueden ser utilizadas sin grandes transformaciones pero que en el caso del caucho, y debido al proceso de vulcanización (adición de azufre) se llega a convertir en todo un problema ambiental”³.

1.1 TERMOPLÁSTICOS Y TERMOENDURECIBLES

Las resinas sintéticas termoplásticas resultan de la polimerización de moléculas simples, y están constituidas por un encadenamiento de largas macromoléculas lineales no ramificadas. Su característica es que se ablandan bajo la acción del calor y se endurecen al enfriarse, todo ello de manera reversible. “Los polietilenos, los polipropilenos, los polivinilos y los poliestirenos son las principales resinas termoplásticas. Las resinas sintéticas termoendurecibles, obtenidas por policondensación seguida de polimerización de sustancias químicas, están constituidas por macromoléculas ramificadas. Se polimerizan, por su parte, irreversiblemente bajo la acción del calor o de la presión, adquiriendo su aspecto definitivo. Tal es el caso de las resinas fenólicas (baquelita), de los epóxidos (araldita), de los aminoplásticos (fórmica), de los poliésteres o de los poliuretanos”⁴. Los plásticos que habitualmente son empleados dentro de las actividades cotidianas como

² Gran Enciclopedia Temática La Clave del Saber. Editions Robert Laffont, S.A. 1985

³ Los Plásticos. Disponible en Internet [www.ecositio.com.ar/los plásticos.html](http://www.ecositio.com.ar/los_plasticos.html)

⁴ Gran Enciclopedia Temática La Clave del Saber. Op. cit., p.

envoltorios, envases, juguetes y carcasas de aparatos electrónicos, en su gran mayoría son termoplásticos, es decir su forma puede variar continuamente bajo la acción del calor.

1.2 CATEGORÍAS DE PLÁSTICOS ⁵

1.2.1 Permanente. Para productos sin posible reutilización. Aplicación en la medicina y campos afines; para productos en contacto con zonas orgánicas, tales como: elementos de implantes de cadera, carcasa de marcapasos, venas artificiales, bolsas de almacenamiento de sangre. Las características del material, así como su durabilidad son de importancia vital. Ejemplo: nylon 66.

1.2.2 Reutilizable. Productos que pueden ser utilizados continuamente sin variación, como por ejemplo cubos de plástico. Herramientas e instrumentos complejos que puedan ser reparados o modificados enteramente para reventa. Engloban a un gran número de objetos. Para este fin son preferibles tanto ecológica como estéticamente materiales como: Madera, hojalata, vidrio, cerámicos.

1.2.3 Reciclable. Termoplásticos y elastómeros funden a partir de una cierta temperatura del mismo modo que el vidrio y son fácilmente reciclables. Los polímeros termoestables por el contrario no se licuan y son muy difícilmente reciclables. Se están estudiando nuevos caminos con este fin.

1.2.4 Co-reciclable. Materiales compatibles que pueden ser reciclados conjuntamente.

1.2.5 Bio-desintegrable. Consiste en la disociación de los plásticos en elementos más reducidos y fácilmente atacables. Este proceso se realiza con grandes dificultades en el interior de los vertederos, debido a la falta de humedad. Se están llevando a cabo avances radicales en plásticos, hoy disponibles en el mercado, que se degradan al 100% antes de dos meses de ser desechados. La investigación está profundizando en este aspecto.

1.2.6 Biodegradable. El PHA (polihidroxialcanoato), un miembro de la familia de los poliésteres descubierto en 1925, es creado directamente a partir de microorganismos, y es totalmente biodegradable. Desde entonces han aparecido otros tipos de bacterias que también lo producen, así como el PHB (polihidroxibutiratos), uno de los primeros en ser comercializado. Los PHA pueden ser moldeados, fundidos y conformados como los plásticos derivados del petróleo, y tienen la misma flexibilidad. Son manufacturados con el nombre de Biopol en Europa y en los EE.UU. Hoy por hoy son demasiado costosos para el empleo en botellas de bebidas refrescantes o en bolsas de plástico, sin embargo, en un futuro, la producción masiva podría abaratar los precios.

1.2.7 Bioregenerativo. Se ha producido un tipo de policaprolactano que se biodegrada completamente al cabo de tres meses sin dejar ningún tipo de residuos. Así mismo, las investigaciones en el campo del papel, han desembocado en la creación de un producto

⁵ Los Plásticos. Op. cit., [www.ecositio.com.ar/los plásticos.html](http://www.ecositio.com.ar/los_plasticos.html)







laminado, este es laminado mediante capas de celulosas derivadas del maíz que demuestran resistir al agua durante un periodo de 6 a 8 horas, y podrían servir como recipientes para comidas y bebidas rápidas.


1.2.8 Biopotenciador. Llevan aditivos que incentivan el crecimiento de plantas, previenen la erosión en climas áridos.

1.3 CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS

Para clasificar a los distintos materiales plásticos empleados en la actualidad, se recurre a la escala americana SPI (*Society of Plastics Industry Inc.*), la cual consiste en un número asignado a cada resina en medio de un triángulo que denota la característica de ser un material reutilizable. (Ver tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los Plásticos

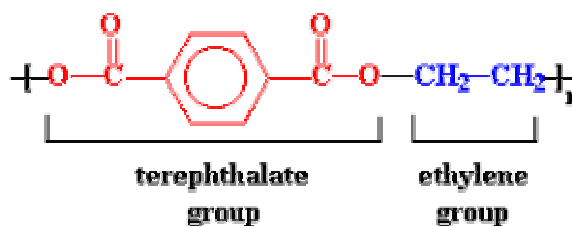
TIPOS DE PLASTICOS	CARACTERISTICAS
 <p>Poliétileno Tereftalato PET</p>	<p>Se produce a través del Ácido Tereftálico y el Etilenglicol por policondensación. Existen dos tipos: grado textil y botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.</p>
 <p>Poliétileno de Alta Densidad PEAD</p>	<p>Es un termoplástico fabricado a partir del Etileno (elaborado a partir del Etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diferentes maneras: inyección, soplado, extrusión o rotomoldeo.</p>
 <p>Policloruro de Vinilo PVC</p>	<p>Se produce a partir de dos materias primas naturales: 43% gas y 57% sal común. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos a totalmente flexibles. Se transforma por inyección, extrusión o soplado.</p>
 <p>Poliétileno de Baja Densidad PEBD</p>	<p>Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD, es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: inyección, extrusión, soplado y rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.</p>
 <p>Polipropileno PP</p>	<p>Es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado.</p>
 <p>Poliestireno PS</p>	<p>PS Cristal: es un polímero de estireno monómero derivado del petróleo, cristalino y de alto brillo. PS Alto Impacto: es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de inyección, extrusión, termoformado y soplado.</p>

	<p>Otros Plásticos</p>	<p>En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales como Policarbonato (PC), Poliamida (PA), ABS, SAN, EVA, Poliuretano (PU), Acrílico (PMMMA) entre otros. Se puede desarrollar un tipo de plástico para cada aplicación específica.</p>
---	-------------------------------	---

Fuente: Tipos de plásticos. Disponible en Internet, [www.CAIP/qué son los plásticos/tipos de plásticos.htm](http://www.CAIP/qué_son_los_plásticos/tipos_de_plásticos.htm)

1.3.1 Tereftalato de Polietileno (PET) Conocido como poli (etilén tereftalato) o PET para abreviar, porque se compone de grupos etileno y grupos tereftalato. (Ver figura 1).

Figura 1. Estructura molecular del PET



Fuente: Polyethylene terephthalate. Departamento de ciencias de polímeros. Universidad del sur de Mississippi. Disponible en Internet. www.pscr.usm.edu/spanish/fiber.htm

Los grupos éster en la cadena de poliéster son polares, donde el átomo de oxígeno del grupo carbonilo tiene una carga negativa y el átomo de carbono del carbonilo tiene una carga positiva. Las cargas positivas y negativas de los diversos grupos éster se atraen mutuamente. Esto permite que los grupos éster de cadenas vecinas se alineen entre sí en una forma cristalina y debido a ello, den lugar a fibras resistentes.⁶

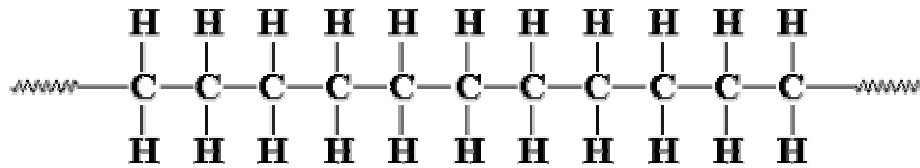
La temperatura de transición vítrea, es decir, la temperatura a la cual el PET se ablanda, es del orden de 210°C, razón por la cual las botellas no son retornables, ya que a temperaturas similares, se realiza la limpieza de las mismas, fabricadas en vidrio⁷.

1.3.2 Polietilenos; Alta Densidad (PEAD) y de Baja Densidad (PEBD) El polietileno es probablemente el polímero que más se ve en la vida diaria. Es el plástico más popular del mundo. Éste es el polímero que hace las bolsas de almacén, los frascos de champú, los juguetes de los niños, e incluso chalecos a prueba de balas. Por ser un material tan versátil, tiene una estructura muy simple, la más simple de todos los polímeros comerciales. Una molécula del polietileno no es nada más que una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrógeno unidos a cada átomo de carbono. (Ver figura 2).

⁶ Polyethylene terephthalate. Departamento de ciencias de polímeros. Universidad del sur de Mississippi. Disponible en Internet: www.pscr.usm.edu/spanish/fiber.htm

⁷ Curso de Introducción a la ciencia de los materiales, Polímeros II. Disponible en Internet. www.mailxmail.com/calidaddevida/introducciónalacienciadelosmateriales/polimerosII

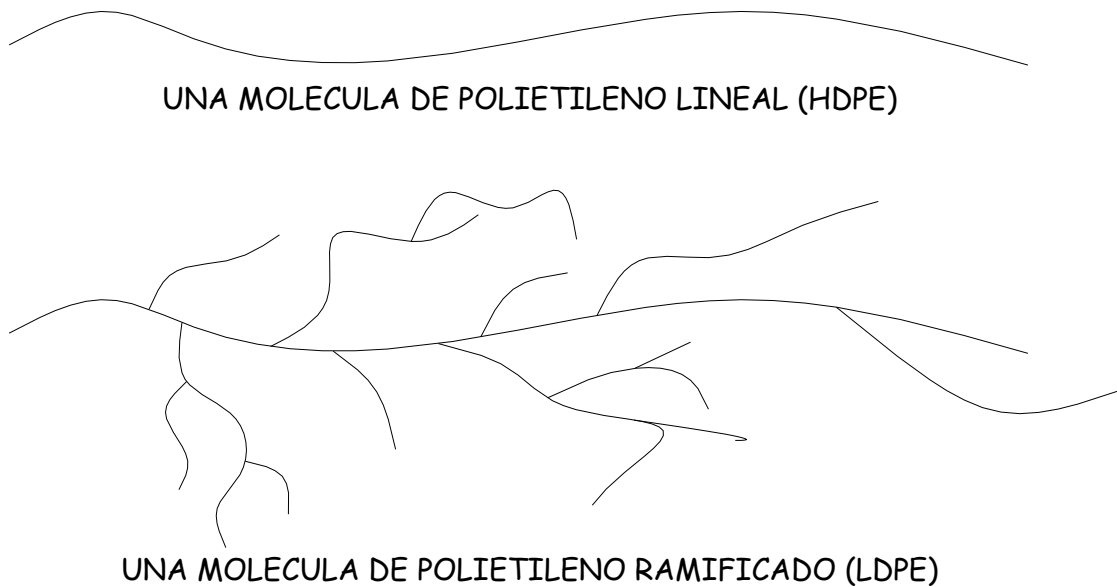
Figura 2. Estructura molecular del polietileno



Fuente: Polyethylene. Departamento de ciencias de polímeros. Universidad del sur de Mississippi. Disponible en Internet. www.pscr.usm.edu/spanish/polyethylene.htm

A veces algunos de los carbonos, en lugar de tener hidrógenos unidos a ellos, tienen asociadas largas cadenas de polietileno. Esto se llama polietileno ramificado, o de baja densidad, o LDPE. Cuando no hay ramificación, se llama polietileno lineal, o HDPE. El polietileno lineal es mucho más fuerte que el polietileno ramificado, pero el polietileno ramificado es más barato y más fácil de hacer.⁸ (Ver figura 3).

Figura 3. Moléculas de Polietileno



Fuente: Polyethylene. Departamento de ciencias de polímeros. Universidad del sur de Mississippi. Disponible en Internet. www.pscr.usm.edu/spanish/polyethylene.htm

El polietileno lineal se produce normalmente con pesos moleculares en el rango de 200.000 a 500.000, pero puede ser mayor aún. “El polietileno con pesos moleculares de tres a seis millones se denomina polietileno de peso molecular ultra-alto, o UHMWPE. El UHMWPE se puede utilizar para hacer fibras que son tan fuertes que sustituyeron al Kevlar para su uso en chalecos a prueba de balas. Grandes láminas de éste se pueden utilizar en lugar de hielo

⁸ Polyethylene. Departamento de ciencias de polímeros. Universidad del sur de Mississippi. www.pscr.usm.edu/spanish/polyethylene.htm

para pistas de patinaje. El polietileno es un polímero vinílico, hecho a partir del monómero etileno⁹. (Ver tabla 2).

Tabla 2. Características del Polietileno

Peso Específico:	0.95 Kg./dm ³
Resistencia a la Tracción:	2 a 4.5 Kg./mm ²
Resistencia a la Compresión:	No aplicable
Color:	Cualquier color
Combustibilidad:	Muy lenta
Permeabilidad a la luz:	Traslúcido a opaco
Envejecimiento:	Se vuelve quebradizo, excepto negro y marrón
Temperatura que soporta:	70°C
Nombres Comerciales:	Polytheno, Dylan, Hostales

Fuente: www.mailxmail.com/calidaddevida/introducciónalacienciadelosmateriales/polimerosII

El [polietileno](#), un plástico más común, se recalienta a aproximadamente 100°C. De este material se fabrican: películas para envolver productos; películas para uso agrícola y de invernadero; laminas adhesivas, botellas y recipientes varios; tuberías de irrigación y mangueras de conducción de agua; bolsas y sacos, tapas, juguetes; revestimientos y contenedores flexibles.

1.3.3 Policloruro de Vinilo (PVC)¹⁰ El poli (cloruro de vinilo) es el plástico más difundido en la industria de la construcción. De PVC se hacen las cañerías, y éstas, están por todas partes. Los revestimientos "vinílicos" en las casas se hacen de poli (cloruro de vinilo). Dentro de la casa, el PVC se utiliza para hacer linóleo para los pisos. En los años '70, el PVC fue utilizado a menudo en los automotores, para hacer techos vinílicos.

El PVC es útil porque resiste dos cosas que se odian mutuamente: fuego y agua. Debido a su resistencia al agua, se lo utiliza para hacer impermeables y cortinas para baño, y por supuesto, caños para agua. También tiene resistencia a la llama, porque contiene cloro. Cuando se intenta quemar el PVC, los átomos de cloro son liberados, inhibiendo la combustión.

Estructuralmente, el PVC es un polímero vinílico. Es similar al polietileno, con la diferencia que cada dos átomos de carbono, uno de los átomos de hidrógeno está sustituido por un átomo de cloro. Es producido por medio de una polimerización por radicales libres del cloruro de vinilo.

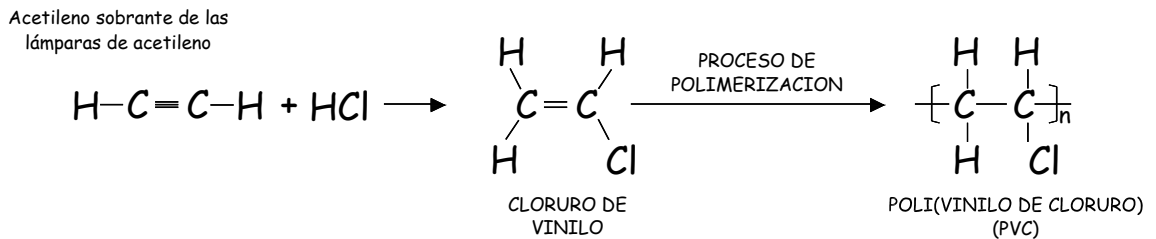
El PVC fue uno de esos curiosos descubrimientos que tuvo que ser realizado dos veces. Al parecer, hace unos 100 años atrás, un grupo de empresarios alemanes decidieron que se iban a llenar de dinero iluminando los hogares con lámparas alimentadas con gas acetileno. Justo en el momento que habían producido toneladas de acetileno para venderle a todos los

⁹ Polyethylene. Op cit., www.pscr.usm.edu/spanish/vinyl.htm

¹⁰ Ibid.

que iban a comprar sus lámparas, se desarrollaron nuevos y eficientes generadores eléctricos que abarataron tanto el precio de la iluminación eléctrica, que el negocio de las lámparas de acetileno se acabó. Eso dejó un montón de acetileno en el camino. (Ver figura 4).

Figura 4. Polimerización del PVC



Fuente: PVC. Departamento de ciencias de polímeros. Universidad del sur de Mississippi. Disponible en Internet. www.pscr.usm.edu/spanish/vinyl.htm

Así que, en 1912, un químico alemán, Fritz Klatte, decidió intentar hacer algo con él, e hizo reaccionar un poco de acetileno con ácido clorhídrico (HCl). Esta reacción produce cloruro de vinilo, pero en aquella época nadie sabía qué hacer con él, así que lo dejó en un estante donde con el tiempo, se polimerizó. Sin saber qué hacer con el PVC que él acababa de inventar, les dijo a sus jefes en su compañía, Greisheim Electron, que tenía el material patentado en Alemania. Nunca imaginaron un uso para el PVC y, en 1925, su patente expiró. En 1926, justamente al año siguiente, un químico norteamericano, Waldo Semon, trabajaba en B.F. Goodrich cuando, independientemente, inventó el PVC. Pero, a diferencia de los químicos anteriores, cayó en la cuenta que este nuevo material haría una perfecta cortina para baño. Él y sus jefes en B.F. Goodrich patentaron el PVC en los Estados Unidos. Luego siguieron toneladas de nuevas aplicaciones para este material impermeable maravilloso y en esta segunda vez, el PVC fue un gran éxito. (Ver tabla 3).

Tabla 3. Características del Policloruro de Vinilo

Peso Específico:	1.3 a 1.55 Kg/dm ³
Resistencia a la Tracción:	2 a 6 Kg/mm ²
Resistencia a la Compresión:	7 a 9 Kg./mm ²
Color:	Todos los colores
Combustibilidad:	Arde con gran dificultad, autoextinguible
Permeabilidad a la luz:	Transparente a opaco
Envejecimiento:	Oscurece
Temperatura que soporta:	60°C a 91°C
Nombres Comerciales:	Vinilite, Vinidur, Nipolan

Fuente: www.mailxmail.com/calidaddevida/introducciónalacienciadelosmateriales/polimerosII

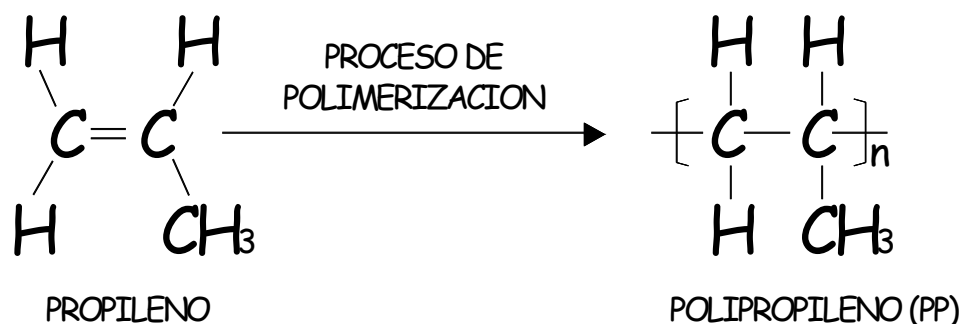
De PVC se fabrican entre otros: papel decorativo para recubrimientos interiores, cueros sintéticos para muebles, calzado y juguetes, tuberías y accesorios para sistemas de suministro de agua potable riego y alcantarillado; ductos, canaletas de drenaje y bajantes; componentes para la construcción; empaques y dispositivos para uso hospitalario; mangueras.

1.3.4 Polipropileno (PP) Es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado.

Este polímero es empleado en dos funciones, como [plástico](#) y como [fibra](#). Como plástico se utiliza para hacer cosas como envases para alimentos capaces de ser lavados en un lavaplatos. Esto es factible porque no funde por debajo de 160 °C. Como [fibra](#), el polipropileno se utiliza para hacer alfombras de interior y exterior, como las que se encuentran alrededor de las piscinas y de las canchas de mini-golf. Funciona bien para alfombras al aire libre porque es sencillo hacer polipropileno de colores y porque el polipropileno, a diferencia del [nylon](#), no absorbe el agua.

“Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, sólo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo. El polipropileno se puede hacer a partir del monómero propileno, por polimerización Ziegler-Natta y por polimerización catalizada por metalocenos”¹¹. (Ver figura 5).

Figura 5. Polimerización del PP



Fuente: Polypropylene. Departamento de ciencias de polímeros. Universidad del sur de Mississippi. Disponible en Internet. www.pscr.usm.edu/spanish/vinyl.htm

Del PP se puede afirmar que es: inerte al contenido, una barrera ante los aromas, impermeable, irrompible, brillante, liviano, transparente en películas y no es tóxico.

¹¹ Polypropylene. Departamento de ciencias de polímeros. Universidad del sur de Mississippi. Disponible en Internet: www.pscr.usm.edu/spanish/polipropylene.htm

1.3.5 Poliestireno (PS) “De este material, se distinguen varios tipos, cada uno de ellos con propiedades muy diferentes. El PS cristal es un polímero puro del estireno, sin modificadores, lo que lo convierte en un material transparente, quebradizo e inflamable, pero con muy buenas propiedades eléctricas, la espuma de PS, es un material frágil, liviano y buen aislante térmico y acústico, ha reemplazado al PS cristal y al PP en la fabricación de muchos utensilios desechables”¹². (Ver tabla 4).

Tabla 4. Características del Poliestireno

Peso Específico:	1.05 Kg/dm ³
Resistencia a la Tracción:	2.8 a 7 Kg/mm ²
Resistencia a la Compresión:	7 a 11 Kg./mm ²
Color:	Cualquier color
Combustibilidad:	Arde lentamente
Permeabilidad a la luz:	Transparente a opaco
Envejecimiento:	Oscurece
Temperatura que soporta:	85°C
Nombres Comerciales:	Lustron, Polistirol, Diplene

Fuente: www.mailxmail.com/calidaddevida/introducciónalacienciadelosmateriales/polimerosII

De PS se producen: vasos desechables y vasos de agua, envases para jabón, contenedores de productos lácteos, platos y cubiertos desechables; cajas de CD; recipientes de cosméticos; difusores de luz; divisiones de baño; cielorrasos; rejillas arquitectónicas y juguetería en general.

1.3.6 Otros Plásticos.¹³ En este grupo, entran todas las demás resinas poliméricas que, por su costo, o su relativamente bajo empleo con respecto a las anteriores, no se las tiene en cuenta para asignarles un grupo en especial. En este grupo, también se encuentran algunas resinas convencionales unidas a otros elementos no plásticos. Entre otras, se pueden encontrar:

Resinas Fenólicas. Su peso específico oscila entre 1.3 a 1.9 g/cm³, su color es oscuro, marrón o negro, arde con gran dificultad, soporta temperaturas de 116°C a 175°C y su nombre comercial es de baquelita o durita.

Resina Úrica. Peso específico 1.5 g/cm³, resistencia a la tracción de 3.45 a 9 Kg. /mm², a la compresión de 17.5 a 26.5 Kg. /mm², su color es claro, arde con dificultad, no tiene un envejecimiento notable, soporta una temperatura de 130°C a 138°C, comercialmente se le conoce como poilopas o resopla; se emplea comúnmente para interruptores, clavijas, placas aislantes y recubrimiento para artículos de cocina.

¹² Curso de Introducción a la ciencia de los materiales, Op cit.,

www.mailxmail.com/calidaddevida/introducciónalacienciadelosmateriales/polimerosII

¹³ Ibid.

Resina de melamina, obtenida del carburo de calcio y nitrógeno, su peso específico es de 1.5 g/cm^3 , su resistencia a la tracción es de 3.5 a 9 Kg./mm^2 , a la compresión de 17.5 a 31 Kg/mm^2 , arde con dificultad y soporta de 130 a 210°C .

Resinas de Poliéster, su peso específico es 1.3 Kg/dm^3 , su resistencia a la tracción es de 4 a 9 Kg/mm^2 , a la compresión es de 9 a 25 Kg/mm^2 , soporta temperaturas de 121°C , se emplea como placas transparentes para cubiertas.

Poliuretanos, son materiales sintéticos que proporcionan productos de gran elasticidad: goma espuma, correas, etc. Está formado por un poliéster y un derivado del benzol. Se emplea también como pegamento de metales y como barniz de gran dureza.

1.4 INDUSTRIA DEL RECICLAJE

1.4.1 Definición. El reciclaje sigue siendo uno de esos conceptos evasivos sobre el que todos creen tener una idea clara hasta que empiezan a practicarlo. Aunque la mayoría de gente comprende las tareas necesarias para participar, las sutilezas para la interacción de los sectores públicos y privados, imprescindibles para devolver los materiales a la industria en forma de materias primas y los métodos empleados para hacerlo requieren definiciones que no procedan del lenguaje común y sean elaborados mediante la ley.

El reciclaje se produce por tres razones básicas: razones altruistas, necesidades económicas y consideraciones legales. En la primera de ellas es evidente que la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos responden a los intereses generales de todo el mundo. En la segunda, el coste evitado para una evacuación de residuos ambientalmente aceptable se ha incrementado tanto, que cuando se combina con otros costes asociados al reciclaje, adquiere sentido desde el punto de vista económico. Finalmente, en respuesta a las exigencias del público y a la creciente falta de métodos alternativos para la evacuación, el gobierno está obligado a reciclar y esto, posibilitando una amplia diversidad de penalizaciones económicas y civiles, además de establecer incentivos para estimular el reciclaje.

El reciclaje hoy en día es y debe entenderse como una estrategia de gestión de residuos sólidos. Un método para la gestión de residuos sólidos igual de útil que el vertido o la incineración, y ambientalmente, más deseable. En la actualidad es, claramente el método de gestión de residuos sólidos ambientalmente preferido.

1.4.2 Reciclaje de materiales plásticos. Sobre una base volumétrica, los plásticos son unos de los materiales más usados en el mundo, especialmente en los sectores industriales y comerciales de fabricación.

Pero, mientras el uso del plástico ha crecido dramáticamente durante los últimos 20 años, también se ha incrementado el volumen de desperdicios de plásticos que terminan en rellenos sanitarios y que alcanzan casi el 20%. Por eso, ellos ocupan el 8% de los

desperdicios en rellenos sanitarios, habiendo dado la industria del plástico, pasos para disminuir la cantidad de plásticos que entran al ciclo de desechos.

A lo largo de muchos años, se ha dado en Colombia un crecimiento del consumo de los plásticos y la generación de la basura per-cápita/día oscila entre 0.5 y 0.8 Kg, de los cuales 0.056 Kg corresponden a desechos plásticos, representando el 20% del volumen y de un 5 a un 7% del peso total de desechos generados a nivel urbano. Esto sin tener en cuenta los desechos originados por empresas petroquímicas que, en su proceso de producción de materias primas plásticas generan retales que no cumplen ninguna función y no tienen las especificaciones requeridas para salir al mercado como producto terminado, generando problemas para su almacenaje y/o posterior eliminación. Este crecimiento en el volumen de generación de basuras en Colombia, ha llegado a niveles alarmantes, lo cual convierte su manejo a través de estrategias como el reciclaje, en una actividad prioritaria, debido entre otras razones a:

- Cuando el plástico cumple su “ciclo de vida inicial” presenta problemas de almacenamiento ya que su relación peso/volumen es baja y la disponibilidad de rellenos sanitarios es cada vez menor.
- Aunque los plásticos, se les pueden aplicar los métodos de tratamiento utilizados para el resto de los residuos sólidos (incineración, enterramiento en vertederos controlados), estos métodos no están exentos de inconvenientes cuando se aplican a los residuos plásticos.
- Los residuos orgánicos tardan entre 10 y 15 años para degradarse de un 25 a un 50%, y el problema de manejo generado por residuos no biodegradables, como ciertos plásticos, es considerablemente superior.

Todo esto, unido a consideraciones de carácter económico hace que el reciclaje de plásticos sea una alternativa que cobra cada vez más fuerza. En Colombia, se ha practicado el reciclaje del plástico, hace ya algunos años, como una de las alternativas de la empresa, pero algunas de éstas no han llegado a mantenerse o a crecer a lo largo del tiempo, debido a que una gran parte comenzó sus actividades de forma empírica, ocasionando que no se dé un desarrollo sostenible, debido a la falta de inversión en investigación y desarrollo en procesos.

La reciclabilidad de los plásticos depende del tipo de plástico. Los termoplásticos pueden recuperarse mediante fusión. Los residuos deben ser, en la medida de lo posible, de una sola clase de plástico, para que los nuevos productos tengan buenas propiedades. Cuando se intenta volver a fundir una mezcla de plásticos, algunos son descompuestos por la temperatura empleada, mientras que otros ni tan solo se reblandecen. El PVC tiene un intervalo de temperaturas de fusión de 120-190°C y el PA, de 235-275°C. El PVC, llega incluso a 270-320°C. De todo ello se deduce que puede ser muy difícil encontrar una única temperatura de fusión para varios materiales a la vez, puesto que a una temperatura de 250°C, por ejemplo, cuando el PVC lleva ya tiempo descompuesto, el PC aún no ha empezado a fundir y, en cambio, la PA tiene su temperatura de fusión óptima. Por consiguiente, no es posible obtener una mezcla homogénea de plásticos a partir de una mezcla ternaria de materiales. Los productos que intenten fabricarse con ella no podrán cumplir con ninguna exigencia de calidad.

1.4.3 Clases de Reciclaje.

1.4.3.1 Reciclaje Primario. Consiste en la conversión del desecho plástico en artículos con propiedades físicas y químicas idénticas a la del material original. El reciclaje primario se hace en termoplásticos como PET, PEAD, PEBD, PP y PVC. Las propiedades de los termoplásticos son la base de este reciclaje primario debido a la habilidad de éstos de refundirse a bajas temperaturas sin ningún cambio en su estructura ya que “tienen moléculas que se encuentran en un alineamiento casi paralelo”.

Proceso de reciclaje primario. Es, fundamentalmente, el mismo para los distintos plásticos. Consiste en la separación, limpieza, peletizado, moldeado, moldeado por inyección, moldeado por compresión y termoformación.

- Separación: La separación es tan difícil que se han desarrollado algunos sistemas automatizados, además del manual. Los métodos de separación pueden ser clasificados en separación macro, micro y molecular. La macro separación se hace sobre el producto completo usando el reconocimiento óptico del color o de la forma. La separación manual se incluye dentro de esta categoría, esta clasificación se ve auxiliada por un código de números. La micro separación puede hacerse por una propiedad física específica como el tamaño, peso, densidad, etc. Por otra parte la separación molecular involucra procesar el plástico por disolución del mismo y luego separar los plásticos basados en la temperatura.
- Limpieza: Los plásticos separados son generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, pegamento. De ahí que tienen que ser primero limpiados al granularseles y luego lavar este granulado en un baño de detergente. Otra opción de limpiado es la de granular los plásticos repetidamente e irlo desechando sobre pantallas móviles. “El plástico contaminado es removido y al ser ligero, flota en la superficie en donde es expulsado. Los contaminantes caen al fondo y se descargan”. Después del proceso de limpieza, los plásticos se llaman “granulado limpio”.
- Peletizado: El granulado limpio y seco puede ser ya vendido o puede convertirse en “**pellet**”. Para esto, el granulado debe fundirse y pasarse a través de un tubo para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua, una vez frío es cortado en pedacitos llamados “**pellets**”.

1.4.3.2 Reciclaje secundario. El reciclaje secundario convierte al plástico en artículos con propiedades que son inferiores a las del polímero original. Ejemplos de plásticos recuperados por esta forma son los termoestables o plásticos contaminados. El proceso de mezclado de plásticos es representativo del reciclaje secundario. Este elimina la necesidad de separar y limpiar los plásticos. La mezcla de plásticos, incluyendo tapas de aluminio, etiquetas de papel, polvo, etc., se muelen y funden juntas. Los plásticos pasan por un tubo con una gran abertura hacia un baño de agua, y luego son cortados a varias longitudes dependiendo de las necesidades comerciales. Los plásticos termoestables son partes que no se funden y tiene que acumularse en el centro de la mezcla y los plásticos más viscosos tienden a salir, dándole al producto final una apariencia uniforme.

1.4.3.3 Reciclaje terciario. Este degrada al polímero en compuestos químicos básicos y combustible. Es, fundamentalmente, diferente a los dos tipos de reciclaje mencionados anteriormente porque involucra un cambio químico además del físico. Aquí las largas cadenas del polímero se rompen en pequeños hidrocarburos (monómeros) o monóxido de carbono e hidrógeno. Actualmente, el reciclaje terciario cuenta con dos métodos principales: la pirolisis y la gasificación. Pero se están desarrollando otros métodos como son metanólisis y glucólisis.

- **Pirolisis:** El estudio de los métodos pirolíticos para recuperación de residuos comenzó en los años 70's en los Estados Unidos, Japón y Europa. La pirolisis se define como un proceso de reforma en el cual la gasificación de los compuestos fácilmente degradables se hace por un calentamiento directo o indirecto. Se debe recordar que la pirolisis o craking térmico es una técnica muy conocida en el procesado del petróleo. Al calentar los hidrocarburos de cadena larga en ausencia de oxígeno, se rompen en pequeñas moléculas. Este mismo mecanismo puede aplicarse al cambio de plásticos a petroquímicos. Las ventajas de la pirolisis son: que no involucran un paso de separación y que recupera los plásticos en sus materias primas, de manera que se pueden rehacer polímeros puros con mejores propiedades y menos contaminación.
- **Gasificación:** Posee el mismo principio de la pirolisis: el calentamiento convierte las grandes cadenas de carbono en pequeñas cadenas, pero se lleva a cabo en condiciones más drásticas que la pirolisis (temperaturas mayores a los 600°C y presiones arriba de 60 bares). El gas de síntesis obtenido en la gasificación puede ser usado para producir electricidad, metanol o amoniaco.

1.4.3.4 Reciclaje cuaternario. Consiste en el calentamiento del plástico con el objeto de usar la energía térmica liberada de este proceso para llevar a cabo otros procesos, es decir, el plástico es usado como un combustible con objeto de reciclar energía. La incineración puede incluirse en esta clasificación siempre que la recuperación de carbón sea acompañada de un generador de vapor. Existen otras ventajas de la incineración tales como:

- Mucho menos espacio ocupado que en los rellenos sanitarios.
- La recuperación de metales.
- El manejo de diferentes cantidades de desecho.

Sin embargo, algunas de sus desventajas son: la generación de contaminantes gaseosos, aunque esta sea mínima, y la gran inversión monetaria que representa.

1.4.4 Características del material reciclado. Las impurezas que suelen contener los residuos deben evitarse o eliminarse, ya que son cuerpos extraños que pueden reducir la calidad del producto final si son fundidas junto con el plástico. Por ejemplo, el porcentaje en peso de impurezas presentes en un vasito de yogur es frecuentemente superior al del propio peso del recipiente, que es de 6g debido a la cantidad de restos de yogur que suelen quedar. Por ello, cuando se recolectan residuos plásticos de este tipo, se recogen más impurezas que plástico propiamente dicho, y que habrán de ser luego necesariamente separadas de éste. Los mejores resultados del reciclado de termoplásticos se obtienen cuando los residuos a reutilizar son de una única clase, es decir, contienen el mismo tipo de

plástico, los mismos aditivos y las mismas cargas. Además, el residuo debe estar más o menos limpio si se quieren obtener productos reciclados de gran valor.

Generalmente, el material reciclado posee características menores de calidad y de presentación que la materia prima virgen; como se expresó anteriormente, la necesidad de reciclar corresponde, en la época actual, a otros intereses, principalmente el de cuidado al medio ambiente. No obstante, se debe aclarar que la tendencia mundial hacia el reciclaje de plásticos, se debe fortalecer ya que los recursos para fabricación de éstos es limitada (madera y petroquímicos).

- Cuidados con el material recolectado: siempre que sea posible deben lavarse los recipientes de plástico antes de separarlos, pues su contaminación aumenta su costo de limpieza. Tampoco debe exponérselos al sol ya que esto les resta calidad para transformarlos en plásticos nuevos.

1.4.5 Usos del material reciclado. Con el plástico recuperado se pueden elaborar juguetes, mangueras, baldes y platones, pegantes, ganchos de ropa, etiquetas, fibras para alfombras, material de empaque y relleno, esponjas plásticas, transversas para las vías de los trenes, y textiles, y numerosos objetos de uso comercial y casero.

Sin embargo, los plásticos reciclados poseen algunas limitantes para su empleo, entre éstas se tiene:

- Los plásticos reciclados no pueden ser utilizados para fabricar envases similares, como es el caso del aluminio y del vidrio.
- El plástico reciclado no es apto para su reutilización en envases reciclados para la industria de alimentos, según la FDA.

1.4.6 Cantidades de material plástico recolectado.¹⁴ Para 1993, la demanda total de resinas plásticas en Colombia fue de 388.000 Toneladas, cuyo valor en dólares supera los 258 millones, equivalentes al 3% del Producto Interno Bruto de la industria manufacturera.

El consumo per-cápita de plásticos en Colombia es de 11,3 Kilos anuales, muy por debajo del de Estados Unidos (99 Kilos), Italia (65,7 Kilos), Japón (97 Kilos) y países latinoamericanos como México (25,5 Kilos) y Venezuela (18 Kilos).

La capacidad instalada por producción de resinas plásticas en Colombia es de 421000 Toneladas por año, con una utilización del 84% con excepción del polietileno de baja densidad se satisface la demanda nacional y se dispone de excedentes importantes para la exportación.

1.4.6.1 Composición de la mezcla para ensayo. Para la realización de la muestra representativa de consumo y desecho de materiales plásticos se toma como referencia un estudio realizado en Argentina, por la Universidad Nacional de San Salvador de Jujuy, en el cual se plasma las condiciones de mercado y de consumo de las diversas resinas plásticas en los diferentes estratos sociales de una ciudad Latinoamericana. El estudio se puede

¹⁴ Los Plásticos. Op cit., [http://materiales.eia.edu.co/ciencia de los materiales/ciencias-articulos.htm](http://materiales.eia.edu.co/ciencia%20de%20los%20materiales/ciencias-articulos.htm)

equiparar con el consumo habitual en todos los países de América Latina, ya que la demanda es constante en la zona. (Ver tablas 5 y 6).

En el estudio, se refieren a los distintos niveles sociales de un ámbito urbano, así: MA, estrato medio alto; M, estrato medio; MB, estrato medio bajo; y B, estrato bajo.

Tabla 5. Producción de desechos plásticos por volumen.

RESINA	PRODUCCIÓN EN VOLÚMENES POR ZONA							
	MA		M		MB		B	
	[ml/habxdía]	%	[ml/habxdía]	%	[ml/habxdía]	%	[ml/habxdía]	%
1 PET	1043	27,1	940	24,4	698	31,1	226	24,0
2 PEAD	1229	32,0	1425	36,9	852	37,9	371	39,5
3 PVC	46	1,2	102	2,6	93	4,1	19	2,1
4 PEBD	823	21,4	875	22,7	355	15,8	200	21,3
5 PP	555	14,4	354	9,2	185	8,2	67	7,1
6 PS	145	3,8	158	4,1	58	2,6	43	4,6
7 OTROS	2	0,1	4	0,1	5	0,2	14	1,5
TOTAL	3843	100	3858	100	2246	100	940	100

Fuente: ALONSO M., VILTE E., APAZA A., LOZANO A. Residuos plásticos de Jujuy: Caracterización en pesos y volúmenes. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina

Tabla 6 Producción de desechos plásticos por peso.

RESINA	PRODUCCIÓN EN PESO POR ZONA							
	MA		M		MB		B	
	[g/habxdía]	%	[g/habxdía]	%	[g/habxdía]	%	[g/habxdía]	%
1 PET	15,6	27,0	16,2	29,7	13,0	41,4	3,4	27,5
2 PEAD	15,8	27,3	12,7	23,3	6,8	21,8	3,9	31,7
3 PVC	2,6	4,5	6,4	11,8	1,2	3,9	0,3	2,6
4 PEBD	9,5	16,5	8,4	15,4	4,6	14,5	1,9	15,2
5 PP	8,4	14,6	6,8	12,5	3,1	9,9	1,3	10,6
6 PS	3,2	5,6	3,6	6,5	1,5	4,8	1,4	11,1
7 OTROS	2,6	4,5	0,4	0,7	1,2	3,7	0,7	1,4
TOTAL	57,8	100	54,3	100	31,4	100	12,8	100

Fuente: ALONSO M., VILTE E., APAZA A., LOZANO A. Residuos plásticos de Jujuy: Caracterización en pesos y volúmenes. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina

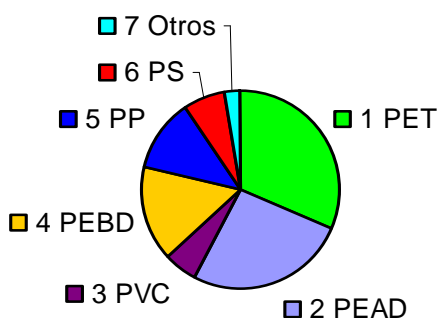
Para la elaboración de la muestra representativa de desechos plásticos empleados en la investigación, se toma los valores promedio de la tabla 2, “producción de desechos plásticos por peso” (Ver tabla 7). Y se representan en la figura 6.

Inicialmente los datos se organizan de la siguiente forma:

Tabla 7 Porcentajes promedios en peso de desechos plásticos

GRUPO	NOMBRE	PORCENTAJE
1	PET- Polietiléntereftalato	31.40%
2	PEAD – Polietileno de Alta Densidad	26.02%
3	PVC – Policloruro de Vinilo	5.70%
4	PEBD – Polietileno de Baja Densidad	15.40%
5	PP – Polipropileno	11.90%
6	PS – Poliestireno	7.00%
7	OTROS	2.58%

Figura 6. Porcentaje de desechos plásticos en peso.



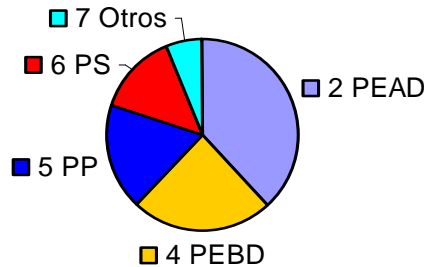
Sin embargo, pese a la experiencia inicial de un exceso de desmoronamiento en la constitución física de las muestras de ensayo con asfalto, al no integrarse completamente algunos de los grupos de plásticos, se opta por prescindir del grupo 1, PET y 3 PVC, éste último además por la excesiva emanación de gases tóxicos, generados al incinerarse.¹⁵ De esta manera, la mezcla de plástico queda distribuida de acuerdo a los porcentajes de la tabla 8, y se representan gráficamente por medio de la figura 7.

Tabla 8. Porcentajes de elaboración de muestra de plásticos

GRUPO	NOMBRE	PORCENTAJE
2	PEAD – Polietileno de Alta Densidad	38%
4	PEBD – Polietileno de Baja Densidad	24%
5	PP – Polipropileno	18%
6	PS – Poliestireno	14%
7	OTROS	6%

¹⁵ Comisión técnica Plastivida, 1998; Carrasco, 1991

Figura 7. Porcentaje de plásticos en peso para la elaboración de la mezcla de ensayo.



De esta forma queda distribuida la mezcla de desechos plásticos para el desarrollo de la presente investigación, de ahora en adelante se la designará como muestra de desechos plásticos ó bien MDP.

1.4.6.2 Acondicionamiento de la muestra para ensayo. La recolección de los materiales plásticos de desecho se realizó de acuerdo con los porcentajes antes descritos, la recolección se hizo a nivel doméstico por parte de los investigadores. Fue necesario lavar las muestras, despojándolas de autoadhesivos y demás impurezas que pudiera presentar el material recolectado.

Posteriormente fue necesario recortar todo el material en pequeños trozos, aproximadamente de (0.5) centímetros de diámetro, con el fin de aumentar su densidad aparente al momento de ser almacenados y mezclados entre sí.

1.4.6.3 Determinación del peso específico de la mezcla para ensayo. Los pesos específicos fueron encontrados gracias a las referencias bibliográficas expuestas anteriormente en el presente informe. Sin embargo, por tratarse de una combinación física de los mismos materiales, fue necesario calcular el peso específico de la mezcla total, a través de la siguiente expresión:

$$G_{plast} = \frac{100}{\frac{\%_{PET}}{G_{PET}} + \frac{\%_{PEAD}}{G_{PEAD}} + \frac{\%_{PVC}}{G_{PVC}} + \frac{\%_{PEBD}}{G_{PEBD}} + \frac{\%_{PP}}{G_{PP}} + \frac{\%_{PS}}{G_{PS}} + \frac{\%_{Otros}}{G_{Otros}}} = 1.01 \text{ gr/cm}^3$$

En las figuras 8 y 9 se muestran los materiales plásticos distribuidos y acondicionados para su inclusión en procesos posteriores.

Figura 8. Distribución y clasificación de los plásticos.



Figura 9. Tamaño del material plástico.



2. PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFALTICO

2.1 GENERALIDADES

Las superficies de rodadura asfáltica constituyen la parte superior de un pavimento flexible, la cual estará sometida a la acción directa del tránsito vehicular y a las variaciones permanentes del clima. Se emplean para su construcción, materiales granulares y productos bituminosos tales como: cemento asfáltico, emulsiones asfálticas, asfaltos fluidificados, crudos pesados especiales y asfaltos naturales.

“El asfalto puede definirse como un material oscuro, que puede tener consistencia líquida, semisólida o sólida compuesta principalmente de hidrocarburos casi en su totalidad solubles con sulfuro de carbono. Proceden de yacimientos naturales o como refinación de determinados crudos del petróleo; sus cualidades de aglutinantes y propiedades físicas y químicas los hacen aptos para un sinnúmero de aplicaciones”¹⁶.

Las características aglutinantes e impermeabilizantes de los materiales bituminosos son aprovechadas desde hace mucho tiempo, se tiene conocimiento de su empleo alrededor del año 3800 a.C. en Mesopotamia, como se expresa en la figura 10.

Figura 10 Primeros usos del asfalto.



Fuente: El asfalto. Disponible en Internet. www.asphaltinstitute.com

Aprovechando dichas propiedades, los materiales bituminosos cumplen satisfactoriamente las siguientes funciones en la construcción de estructuras de pavimento¹⁷: (Ver figura 11).

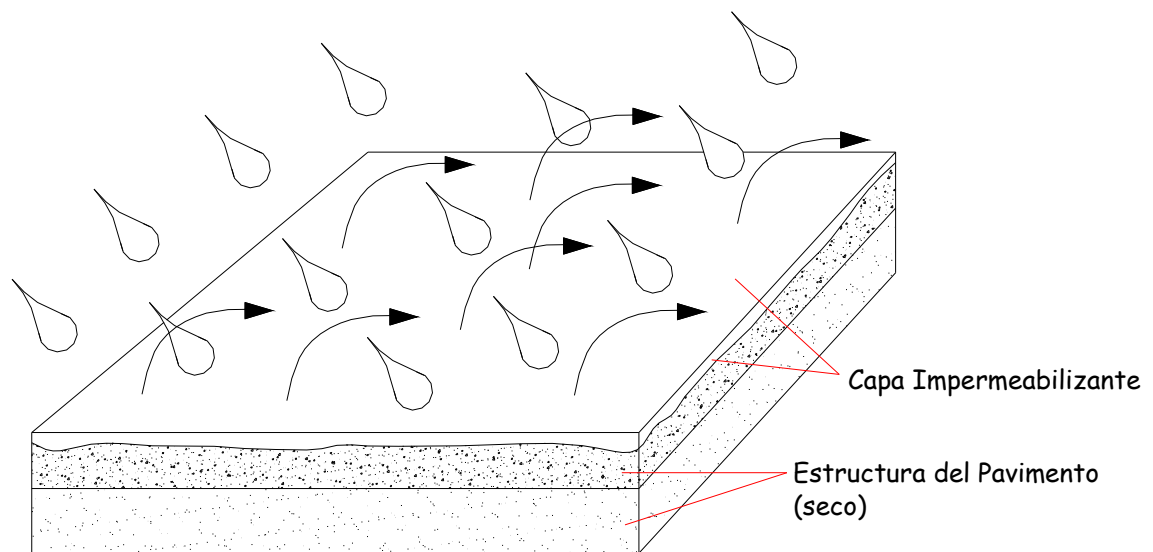
- Impermeabilizar la superficie de la estructura, evitando la penetración de lluvia.

¹⁶ ECOPETROL Y UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Cartilla para el manejo de los asfaltos colombianos. Popayán. 1997.

¹⁷ ARENAS LOZANO Hugo, Teoría de los Pavimentos, Parte 1. Universidad del Cauca, Popayán, p.143.

- Impermeabilizar la masa de determinadas capas de la estructura del pavimento, haciéndolas poco sensibles a la acción del agua; tal es el caso de las capas de base asfáltica o de pavimentos asfálticos de gran espesor.
- Proveer cohesión a los materiales granulares empleados, dotando a la capa de una gran resistencia al desgaste, muy útil en capas de superficie, además de una gran resistencia mecánica, mejorando sensiblemente la capacidad portante de la estructura, permitiendo disminuir su espesor.

Figura 11. Comportamiento de una carpeta de pavimento asfáltico en la estructura de un pavimento flexible



Fuente: ARENAS, Op. cit., p.144.

2.2 DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS

Las mezclas asfálticas se definen como la combinación de agregados minerales y ligante bituminoso, de tal manera que cada partícula del árido se encuentre totalmente cubierta por una película del ligante. Al adicionarle, posteriormente, un adecuado proceso de compactación, el árido entra a formar un esqueleto mineral resistente a las exigencias del tránsito, mientras que el ligante provee cohesión al conjunto de la mezcla.

“Para conseguir las propiedades de la mezcla bituminosa adecuadas a su función, el proyectista debe considerar los tres factores que influyen en el resultado final: las cualidades de los materiales constituyentes, tanto de cada uno por separado como en su conjunto; las proporciones en que estos materiales entran a formar parte de la mezcla y, por último, la fabricación, extendido y compactación de la mezcla”¹⁸.

¹⁸ MUÑOZ RICAURTE Guillermo, Pavimentos de Concreto Asfáltico. Universidad de Nariño. 2002. p.259.

Para el diseño de estas mezclas de concreto asfáltico, existen varios métodos: el Marshall, el Hubbard Field, el Hveem, entre otros, siendo el de mayor aplicación el método Marshall, estandarizado en Colombia, por el Instituto Nacional de Vías, en la norma de ensayo INV E-748.

2.2.1 Método Marshall.¹⁹ Los conceptos básicos del método de diseño Marshall para mezclas asfálticas en caliente fueron formulados inicialmente por Bruce Marshall, ingeniero encargado del control de calidad de las mezclas asfálticas en el *Missisipi State Highway Departament*. El Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos basados en los resultados de diversas investigaciones y estudios de correlación mejoraron y añadieron ciertas características al procedimiento de ensayo y desarrollaron criterios de diseño de mezclas. Este método ha sido normalizado por la ASTM (*American Standard Testing Materials*) y la AASHTO (*American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*). El método Marshall es aplicable únicamente a mezclas en caliente empleando cementos asfálticos y agregados con tamaño máximo igual o inferior a 25 mm. El método puede emplearse tanto para diseño en el laboratorio, como para el control en la obra del proceso de construcción. Este consiste básicamente en realizar probetas cilíndricas de cuatro pulgadas de diámetro y dos y media pulgadas de espesor compactadas mecánicamente con una energía de compactación de 60.48 Kg/cm², rompiéndolas diametralmente en una prensa tal como se describe en su respectiva norma. (Ver figura 12 y 13).

Figura 12. Energía de compactación de cada probeta Marshall.

$$E_c = \frac{W \cdot h \cdot N \cdot n}{V} = 60.48 \text{ Kg/cm}^2$$

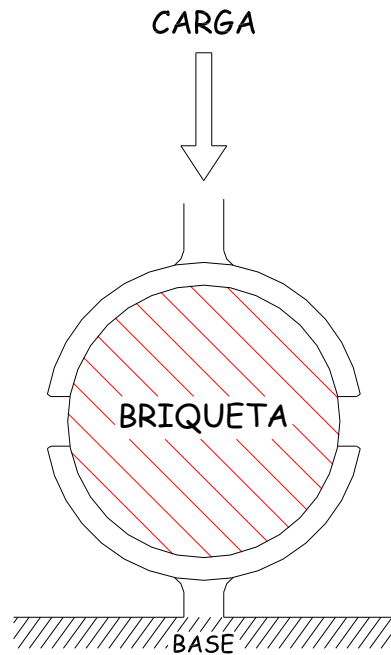
Donde:

Ec :	Energía de compactación	
W :	Peso del martillo compactador	4.54 kg
h :	Altura de caída libre del martillo	45.72 cm
N :	Numero de caras en las que se aplica compactación	2
n :	Numero de golpes que se le aplica a cada cara	75
V :	Volumen de la muestra compactada	514.81 cm ³

Fuente: Esta Investigación.

Figura 13. Forma de carga diametral sobre las briquetas del ensayo Marshall.

¹⁹ ARENAS, Op. cit., p.207.



Fuente: ARENAS, Op. cit., p.212.

El procedimiento que se siguió para el desarrollo de la presente investigación, fue el método Marshall, determinado por las normas de ensayo del Instituto Nacional de Vías de Colombia, (INV E-748); por tanto, este se describe con claridad en anexo 2.

2.3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

La presente investigación se rige por las especificaciones proferidas por el Instituto Nacional de Vías (INV) de la República de Colombia, en su más reciente actualización, es decir, el artículo 400 de 2002 “*DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCION DE RIEGOS DE IMPRIMACION, LIGA Y CURADO, TRATAMIENTOS SUPERFICIALES, SELLOS DE ARENA ASFALTO, LECHADAS ASFALTICAS, MEZCLAS EN FRIO Y EN CALIENTE Y RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS*”

2.3.1 Criterios de Diseño de Mezcla. Se debe aplicar los siguientes criterios para las mezclas densas en caliente: (Ver tabla 9).

Tabla 9. Criterios de diseño de mezclas densas en caliente.

CARACTERISTICAS	TRANSITO DE DISEÑO (N) Ejes equivalentes de 80 kN		
	$>5 \times 10^6$	$5 \times 10^5 - 5 \times 10^6$	$<5 \times 10^5$
Compactación, golpes/cara	75	75	75
Estabilidad mínima kg	900	750	600
Flujo mm	2-3.5	2-4	2-4

Vacíos con aire:				
Capa de rodadura	%	4-6	3-5	3-5
Base asfáltica	%	4-8	4-8	4-8
Vacíos mínimos en agregados minerales:				
Gradación MDC-0	%	14	14	14
Gradación MDC-1	%	14	14	14
Gradación MDC-2	%	15	15	15
Gradación MDC-3	%	16	16	16
Vacíos llenos de asfalto	%	65-75	65-78	65-80

Fuente: Artículo 400.4.2 de 2002, Instituto Nacional de Vías, p. 86

Además, la relación llenante/ligante efectivo de la mezcla óptima deberá encontrarse cerca de los siguientes valores: (Ver tabla 10).

Tabla 10. Relación ligante efectivo y llenante mineral.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (Grados Celsius)	EJES EQUIVALENTES DE 80 kN	
	$\geq 5 \times 10^6$	$< 5 \times 10^6$
> 15	1.2	1.1
≤ 15	1.1	1.0

Fuente: Artículo 400.4.2 de 2002, Instituto Nacional de Vías, p. 87

2.4 DISEÑO DE LA MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL

Para la presente investigación, se entiende por mezcla asfáltica convencional, a la realizada para determinar el porcentaje óptimo de ligante bituminoso a emplear, con la granulometría especificada, para posteriormente ser evaluada en conjunto con la adición de desechos plásticos, tal como se describe en su respectivo capítulo.

2.4.1 Cemento Asfáltico empleado.

2.4.1.1 Especificaciones. En cuanto a las especificaciones dadas por el INV, se destaca lo siguiente: “Cemento asfáltico. El cemento asfáltico a emplear en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será seleccionado en función de las características climáticas de la región y las condiciones de operación de la vía y, salvo justificación en contrario, corresponderá a los tipos indicados a continuación”²⁰: (Ver tablas 11 y 12).

Tabla 11. Tipo de cemento asfáltico para mezclas en caliente.

TRANSITO DE	TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE
-------------	----------------------------

²⁰ Artículo 400.2.2 de 2002 Instituto Nacional de Vías. p.3.

DISEÑO (10 ⁶ EJES DE 80 kN)	LA REGION		
	Más de 24 °C	15-24°C	Menos de 15°C
Más de 5	60-70	60-70	80-100
0.5 a 5	60-70	60-70 u 80-100	80-100
Menos de 0.5	60-70	60-70 u 80-100	80-100

Fuente: Tabla 400.2 Tipo de cemento asfáltico por emplear en mezclas en caliente. Artículo 400 de 2002. Op. cit., p.3.

Los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establece la Tabla 400.3.

El cemento asfáltico podrá modificarse mediante la adición de activantes, rejuvenecedores, polímeros, asfaltos naturales o cualquier otro producto sancionado por la experiencia.

Tabla 12. Especificaciones del Cemento Asfáltico

CARACTERISTICA		NORMA DE ENSAYO INV	60-70		80-100	
			mín	máx	mín	máx
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	60	70	80	100
Índice de penetración	-	E-724	-1	+1	-1	+1
Viscosidad absoluta (60° C)	P	E-716	1500		1000	
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	cm	E-702	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99	-	99	-
Contenido de agua	%	E-704	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland	°C	E-709	230	-	230	-
Pérdida por calentamiento en película delgada (163°C, 5 h)	%	E-721	-	1.0	-	1.0
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento, en % de la penetración original	%	E-706	52	-	48	-

Fuente: Tabla 400.3 Especificaciones del cemento asfáltico. Artículo 400 de 2002. Op. cit., p.3.

2.4.1.2 Procedencia. El cemento asfáltico empleado para el desarrollo de la presente investigación procede del complejo industrial de Barrancabermeja, departamento de Santander, Colombia. “El asfalto proviene de la mezcla de fondo de vacío de base nafténica y fondos de vacío de base intermedia ajustando la penetración, punto de ablandamiento y punto de inflamación mediante la adición de distintas cantidades de gasóleo de los mismos crudos”²¹.

El asfalto es de grado de penetración 70/90, valor que indica la distancia que una aguja estándar penetra en la muestra, bajo condiciones de carga y de temperatura conocidas. Este es el ensayo de penetración, el cual determina el grado de dureza de un cemento asfáltico,

²¹ MUÑOZ, Op. cit., p.208.

por consiguiente cuán más blando sea, mayor será su penetración. Estas especificaciones del fabricante, se enseñan en anexo 3.

2.4.1.3 Susceptibilidad Térmica. “Los cementos asfálticos empleados en pavimentación, son materiales termoplásticos, cuyas consistencias a bajas temperaturas, son de sólidos rígidos; viscoelásticos a temperaturas intermedias y de líquidos viscosos a altas temperaturas”²². En general cada asfalto, dependiendo de su origen, proceso de obtención, y manejo, posee determinadas características respecto a su comportamiento térmico. Por lo tanto, es importante conocer el cambio de consistencia por efecto de la temperatura.

La medida de la temperatura de mezcla y de compactación, depende directamente de la viscosidad del asfalto, de la siguiente forma: para mezcla, debe ser de 85 +/- 10 Segundos Saybolt Furol (SSF), (170 +/- 20 centistokes); para compactación 140 +/- 15 SSF (280 +/- 30 centistokes).

La curva de susceptibilidad térmica es empleada para determinar con claridad las temperaturas de mezcla y de compactación de un cemento asfáltico en particular, para ello fue necesario trasladarse a los laboratorios de materiales de la Universidad del Cauca, Popayán, y realizar los ensayos, tal como se describe en el anexo 4.

Los resultados obtenidos para el cemento asfáltico sin la inclusión de los plásticos de desecho, fueron:

Temperatura de Mezcla:	148°C
Temperatura de Compactación:	136°C

2.4.1.4 Peso Específico. El peso específico del asfalto es necesario conocerse, ya que su valor es de vital importancia para realizar el análisis de vacíos dentro de los parámetros del ensayo Marshall. El ensayo de peso específico del asfalto empleado en la presente investigación, se realizó de acuerdo a la norma INV E-707, el formato de éste, se presenta en anexo 5.

El peso específico así encontrado, fue de 0.99 g/cm³.

2.4.2 Agregados Minerales empleados.

2.4.2.1 Especificaciones. Los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad.

²² MUÑOZ Op. cit., p.182.

Se denominará agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No.4); agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 μ m (No.4 y No.200) y llenante mineral la que pase el tamiz de 75 μ m (No.200).

“El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto. El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto”²³.

“Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente puedan darse en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua”²⁴.

Las especificaciones granulométricas para las mezclas densas en caliente dadas por el INV, corresponden a las siguientes: (Ver tabla 13).

Tabla 13. Especificaciones granulométricas para mezclas densas en caliente.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA			
Normal	Alternativo	MDC-0	MDC-1	MDC-2	MDC-3
25.0 mm	1”	100	100	-	-
19.0 mm	3/4”	80-100	80-100	100	-
12.5 mm	1/2”	65-80	67-85	80-100	-
9.5 mm	3/8”	55-70	60-77	70-88	100
4.75 mm	No.4	40-55	43-59	49-65	65-87
2.00 mm	No.10	24-38	29-45	29-45	43-61
425 μ m	No.40	9-20	14-25	14-25	16-29
180 μ m	No.80	6-12	8-17	8-17	9-19
75 μ m	No.200	3-7	4-8	4-8	5-10

Fuente: Artículo 400 de 2002 Op. cit., p.83.

Para la presente investigación se opta por la Mezcla Densa en Caliente 2 (MDC-2)

2.4.2.2 Origen. Los agregados minerales empleados en la presente investigación, proceden de la cantera denominada “La Vega”, ubicada en el sector de Torobajo, del municipio de Pasto, Nariño.

²³ Artículo 400.2.1 Op. cit., p.1.

²⁴ Artículo 400.2.1 Ibid. p.82.

Los agregados extraídos de dicha cantera son ampliamente utilizados en labores de construcción, tanto de hormigones hidráulicos como de hormigones bituminosos, gracias a su dureza, tenacidad, elevado peso por relación de volumen y su origen ígneo.

2.4.2.3 Ensayos a los Agregados Minerales.

2.4.2.3.1 Granulometría. Mediante este ensayo se determina la distribución cuantitativa de los tamaños de las partículas de una muestra seca de agregado mineral, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura. Este ensayo se realiza como procedimiento de control para cada ensayo Marshall a realizar, controlando su dosificación en el propio depósito de los agregados minerales, estas pruebas de granulometría fueron realizadas bajo las especificaciones del ensayo INV E-213 “Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos”. Los resultados, se muestran en anexo 6.

2.4.2.3.2 Peso Específico. El peso específico se define como la relación entre el peso de un volumen dado de un material a una temperatura dada, y el peso de un volumen igual de agua a la misma temperatura; es de gran importancia conocer el peso específico de los agregados minerales a emplear en el desarrollo de la presente investigación, para con ello realizar los cálculos y estimar el comportamiento de las mezclas asfálticas. Para el peso específico del material, se toma por separado cada tamaño de partículas y se realiza el ensayo bajo la respectiva norma así: (Ver tabla 14).

Tabla 14. Pesos específicos del agregado mineral.

MATERIAL	NORMA	RESULTADO
Agregados gruesos (pasa ¾ y retenido en No. 4)	INV E-223	2.78 g/cm ³
Arena Gruesa (pasa No. 4 y retenido en No. 80)	INV E-222	2.82 g/cm ³
Arena Fina (pasa No. 80 y retenido en No. 200)	INV E-222	2.83 g/cm ³
Llenante Mineral (pasa tamiz No. 200)	INV E-222	2.86 g/cm ³

Fuente: Esta Investigación

El respectivo formato y memoria de cálculo se presenta en anexo 7.

Para el peso específico promedio del agregado se trabaja de la siguiente manera:

$$G_{agr} = \frac{100}{\frac{\%_{gravilla}}{G_{gravilla}} + \frac{\%_{arena\ gruesa}}{G_{arena\ gruesa}} + \frac{\%_{arena\ fina}}{G_{arena\ fina}} + \frac{\%_{llenante\ mineral}}{G_{llenante\ mineral}}} = 2.804 \frac{g}{cm^3}$$

2.4.2.3.3 Equivalente de arena. Este ensayo tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una

correlación rápida en campo. Puede especificarse un valor mínimo del equivalente de arena, para limitar la cantidad permisible de finos arcillosos en un agregado.

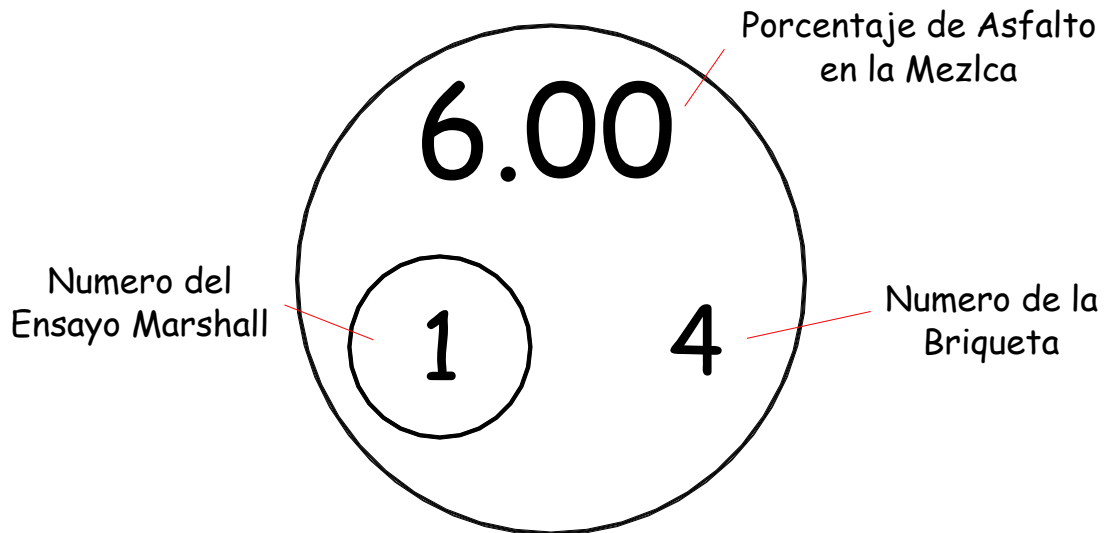
Para efectos de cálculo y control del equivalente de arena en las dosificaciones de agregados minerales para el desarrollo de la presente investigación, se trabaja con la especificación del INV E-133, siendo el valor mínimo de equivalente de arena el 50% como se demuestra con claridad en anexo 8.

2.4.2.3.4 Porcentaje de partículas fracturadas mecánicamente. Este ensayo tiene por objeto el determinar la cantidad de partículas con caras fracturadas mecánicamente, es decir para un concreto asfáltico, partículas con superficies aptas para la formación de un esqueleto mineral adecuado para soportar las sollicitaciones de cargas de trabajo impuestas por el tráfico.

En el caso particular de la presente investigación, se toma una muestra representativa obtenida por cuarteo bajo los parámetros de la norma INV E-104 (Procedimientos para la Preparación de Muestras de Suelos por Cuarteo) y se separan 1500 gramos de material retenido en cada intervalo de tamices así: para los tamices (3/4" a 1/2"), se obtuvieron 1200 g y para el material comprendido entre los tamices (1/2" a 3/8") se pesó 300 g, posteriormente se realizó el ensayo bajo los parámetros de la norma INV E-227, y su memoria de cálculo se presenta en anexo 9.

2.4.3 Formato de Diseño. El diseño de la mezcla asfáltica por el método Marshall se facilita con el empleo de tablas para ordenar los datos de los ensayos y sus resultados, a continuación se presenta el seguimiento de los cálculos para la briqueta número cuatro (4) del ensayo Marshall número uno (1) correspondiente al seis por ciento (6%) del contenido de asfalto. La cual fue marcada así: (Ver figura 14)

Figura 14. Marcación de las briquetas de ensayo.



Este orden de marcación fue empleado para cada una de las briquetas a lo largo de la presente investigación.

2.4.3.1 Cálculo de valores. Los valores de cálculo del ensayo Marshall en el desarrollo de la presente investigación se obtuvieron de la siguiente manera:

2.4.3.1.1 Datos de entrada. En esta tabla se consignan los datos de peso, medida y el ensayo de estabilidad y flujo de cada una de las briquetas realizadas. (Ver tabla 15).

Peso de la biqueta compactada y seca (W_a):	1200.0 g
Peso de la biqueta saturada con superficie seca (W_{ss}):	1211.7 g
Peso de la biqueta y la canastilla sumergidas (W_{bc}):	1202.5 g
Peso de la canastilla sumergida (W_{ca}):	490.0 g
Peso de la biqueta sumergida ($W_w = W_{bc} - W_{ca}$):	712.5 g
Altura o espesor de la biqueta:	h1: 6.80 cm
	h2: 6.65 cm
	h3: 6.65 cm
Espesor promedio de la biqueta:	6.70 cm
Estabilidad leída:	213
Flujo leído (1/100 pg)	13

Tabla 15. Formato de datos de entrada.

ENSAYO MARSHALL # 1

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm

Peso de la canastilla sumergida: 490.0 g

PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:										5.00 %	
Bq #	PESO (g)				Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	sss	sum+c	sum					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1140.6	1148.8	1124.0	634.0	6.27	6.28	6.32	6.29	150.0	852.3	10
2	1198.3	1200.1	1149.6	659.6	6.50	6.54	6.47	6.50	156.0	886.3	11
3	1142.5	1149.9	1127.1	637.1	6.32	6.30	6.29	6.30	102.0	580.0	9
4	1160.5	1166.3	1133.6	643.6	6.38	6.37	6.37	6.37	160.0	908.9	10

PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:										5.50 %	
Bq #	PESO (g)				Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	sss	sum+c	sum					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1201.4	1237.9	1178.4	688.4	6.48	6.51	6.50	6.50	175.0	993.9	10
2	1202.7	1239.1	1179.0	689.0	6.77	6.82	6.82	6.80	180.0	1022.3	12
3	1202.7	1240.4	1179.3	689.3	6.80	6.80	6.80	6.80	171.0	971.3	11
4	1202.5	1214.8	1178.9	688.9	6.70	6.75	6.73	6.73	142.0	806.9	11

PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:										6.00 %	
Bq #	PESO (g)				Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	sss	sum+c	sum					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1198.7	1268.5	1204.4	714.4	6.80	6.81	6.81	6.81	218.0	1237.4	13
2	1201.7	1267.3	1200.8	710.8	6.52	6.50	6.50	6.51	210.0	1192.1	13
3	1201.7	1268.0	1202.3	712.3	6.50	6.50	6.49	6.50	194.0	1101.5	14
4	1200.0	1211.7	1202.5	712.5	6.80	6.65	6.65	6.70	213.0	1209.1	13

PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:										6.50 %	
Bq #	PESO (g)				Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	sss	sum+c	sum					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1203.0	1268.1	1199.0	709.0	6.57	6.44	6.48	6.50	201.0	1141.2	14
2	1200.0	1267.4	1203.8	713.8	6.64	6.57	6.59	6.60	198.0	1124.2	14
3	1198.4	1268.2	1204.5	714.5	6.74	6.71	6.67	6.71	146.0	829.6	15
4	1200.4	1215.9	1202.4	712.4	6.60	6.62	6.64	6.62	204.0	1158.2	14

PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:										7.00 %	
Bq #	PESO (g)				Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	sss	sum+c	sum					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1184.3	1269.9	1199.3	709.3	6.84	6.80	6.80	6.81	161.0	914.6	17
2	1187.5	1264.3	1199.2	709.2	6.71	6.70	6.70	6.70	131.0	744.6	15
3	1192.4	1267.8	1199.5	709.5	6.81	6.81	6.79	6.80	157.0	891.9	17
4	1190.1	1217.9	1199.3	709.3	6.69	6.70	6.65	6.68	155.0	880.6	16

(sss): Peso de la briqueta saturada con superficie seca

(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.

(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.

(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.

El valor de la carga está dado en Kilogramos.

El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

Fuente: Esta Investigación

El valor de la estabilidad se presenta como carga, este valor viene dado por el informe de calibración de la prensa Marshall, empleada para los ensayos. (véase anexo 10). De esta forma, el valor en kilogramos (kg) para una lectura de 213 es de 1209.1kg.

2.4.3.1.2 Formato de ensayo Marshall.²⁵ Los valores de datos de entrada son tomados y se procede a su cálculo dentro de éste formato, así:

El factor de corrección para la estabilidad está dado de acuerdo con el espesor de la briqueta, de acuerdo con la siguiente tabla: (Ver tabla 16).

Tabla 16. Factores de correlación para estabilidades.

TABLA PARA CORRELACION DE ESTABILIDADES			
Volumen de la Muestra (c.c.)	Espesor de la Muestra		Correlación
	(pulgadas)	(cm)	
406 - 420	2	5.08	1.47
421 - 431	2 - 1/16	5.24	1.39
432 - 443	2 - 1/8	5.40	1.32
444 - 456	2 - 3/16	5.56	1.25
457 - 470	2 - 1/4	5.72	1.19
471 - 482	2 - 5/16	5.87	1.14
483 - 495	2 - 3/8	6.03	1.09
496 - 508	2 - 7/16	6.19	1.04
509 - 522	2 - 1/2	6.35	1.00
523 - 535	2 - 9/16	6.51	0.96
536 - 546	2 - 5/8	6.67	0.93
547 - 559	2 - 11/16	6.83	0.89
560 - 573	2 - 3/4	6.99	0.86
574 - 585	2 - 13/16	7.14	0.83
586 - 598	2 - 7/8	7.30	0.81
599 - 610	2 - 15/16	7.46	0.78
611 - 625	3	7.62	0.76

Fuente: SANCHEZ SABOGAL Fernando. Curso de laboratorio de pavimentos: Guía para la ejecución en interpretación de los resultados. Popayán: Universidad del Cauca. Instituto de Vías, 1983. pg 90

De esta forma, se entra con el valor promedio, 6.70 cm y su factor es 0.92, luego este valor se multiplica por el dato de estabilidad en kg y este nuevo valor es la estabilidad corregida:

$$\begin{aligned}
 &(\text{estabilidad leída}) \times (\text{factor de corrección}) = \text{Estabilidad Corregida} \\
 &1209.1 \times 0.92 = 1112.3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Cálculo del Peso Específico “Bulk”. (G_b)

²⁵ SANCHEZ SABOGAL Fernando. Curso de laboratorio de pavimentos: Guía para la ejecución en interpretación de los resultados. Popayán: Universidad del Cauca. Instituto de Vías, 1983. pgs 81-97

El peso específico Bulk de una briqueta compactada es una relación entre su peso en el aire y su volumen, incluyendo en él, todos los vacíos permeables.

Las briquetas de los ensayos para determinación del contenido óptimo de ligante, presentaron una textura densa, por lo tanto se empleó la siguiente expresión:

$$G_b = \frac{W_a}{W_{SS} - W_w}$$

siendo: W_a : Peso de la briqueta seca en el aire
 W_{SS} : Peso de la briqueta saturada con superficie seca
 W_w : Peso de la briqueta sumergida en agua

$$G_b = \frac{1200.0}{1211.7 - 712.5} = 2.40 \text{ g/cm}^3$$

- Determinación del Peso Específico Máximo Teórico. (G_{mt})

Con los datos del peso específico promedio de los agregados, literal 2.4.2.3.2 y el peso específico del asfalto, literal 2.4.1.4, del presente informe, se calcula el peso específico máximo teórico a través de la siguiente expresión: (Ver tabla 17).

$$G_{mt} = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregados}}{G_{\text{Agregados}}} + \frac{\% \text{ Asfalto}}{G_{\text{Asfalto}}}}$$

Tabla 17. Peso específico máximo teórico de las mezclas asfálticas.

PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO	PORCENTAJE DE AGREGADOS	PESO ESPECIFICO MAXIMO TEORICO
(%)	(%)	(g/cm ³)
5.00	95.00	2.569
5.50	94.50	2.547
6.00	94.00	2.526
6.50	93.50	2.506
7.00	93.00	2.485

- Cálculo del Peso Específico Máximo Medido. (G_{mm})

Para calcular el peso específico máximo medido, se debió realizar el ensayo de Rice (véase anexo 11), por tanto, este peso específico del material sin compactar fue de 2.38 g/cm³.

Los datos para el ensayo Marshall en análisis son como se presentan en la siguiente tabla: (Ver tabla 18).

Tabla 18. Determinación del peso específico máximo medido (G_{mm})

Porcentaje	Briqueta	Peso de Frasco + Agua	Peso Muestra Seca + Frasco	Peso Muestra + Agua + Frasco	Peso Específico Máximo Medido
	#	g	g	g	g/cm ³
0.00	2	2020	1989.2	2665.2	2.41
0.25	1	2020	1987.9	2662.1	2.39
0.50	3	2020	1947.3	2635.1	2.38
0.75	4	2020	1897.8	2605.0	2.37
1.00	3	2020	1912.5	2610.2	2.35

- Cálculo del porcentaje de asfalto absorbido. (A_a)

Este valor indica el porcentaje de absorción de asfalto por peso de agregado seco, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_a = \frac{G_{mm} - G_{mt}}{G_{mm} \cdot G_{mt} \cdot \% \text{ Agregados}} * 10000$$

El valor de ($\% \text{ Agregados}$) corresponde al porcentaje de agregados pétreos, con respecto al peso de la mezcla total.

Para el valor en estudio, se tiene:

$$A_a = \frac{2.38 - 2.52}{2.38 \cdot 2.52 \cdot 94} * 10000 = 0.18\%$$

- Cálculo del porcentaje en volumen que ocupa el agregado con respecto al volumen total de la briqueta. (V_{agr}), este valor se calcula mediante la expresión:

$$V_{agr} = \frac{\% \text{ Agregados} \cdot G_b}{G_{agr}}$$

Para los valores en estudio, se tendrá:

$$V_{agr} = \frac{94 * 2.22}{2.80} = 74.5\%$$

- Cálculo del porcentaje de vacíos con aire con respecto al volumen total de la briqueta (V_v). Este valor se calcula mediante la expresión:

$$V_v = \left(1 - \frac{G_b}{G_{mm}} \right) * 100$$

Para los valores en estudio, se tiene:

$$V_v = \left(1 - \frac{2.22}{2.38}\right) * 100 = 6.5\%$$

- Cálculo del volumen del asfalto efectivo como porcentaje del volumen total de la briqueta (V_{ae}). Este valor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_{ae} = 100 - (V_{agr} + V_v)$$

Para los valores en estudio, se tiene:

$$V_{ae} = 100 - (74.5 + 6.5) = 19\%$$

- Determinación del porcentaje de vacíos en los agregados minerales en la briqueta compactada (V_{am}). Este valor representa a los vacíos con aire y a los llenos de asfalto. Para su cálculo se emplea la siguiente expresión:

$$V_{am} = 100 - V_{agr}$$

Para los valores en estudio, se tiene:

$$V_{am} = 100 - 74.5 = 25.5\%$$

- Determinación del contenido de asfalto efectivo con respecto al peso de la briqueta (A_e). Este valor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$A_e = \%_{asfalto} - \frac{A_a \cdot \%_{agregados}}{100}$$

Para los valores en estudio, se tiene:

$$A_e = 6 - \frac{0.18 * 94}{100} = 5.83\%$$

Estos datos se colocan en su respectiva ubicación en la tabla (véase tabla Formato de Ensayo Marshall, página siguiente), y se procede a graficar los valores indicados.

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 1**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

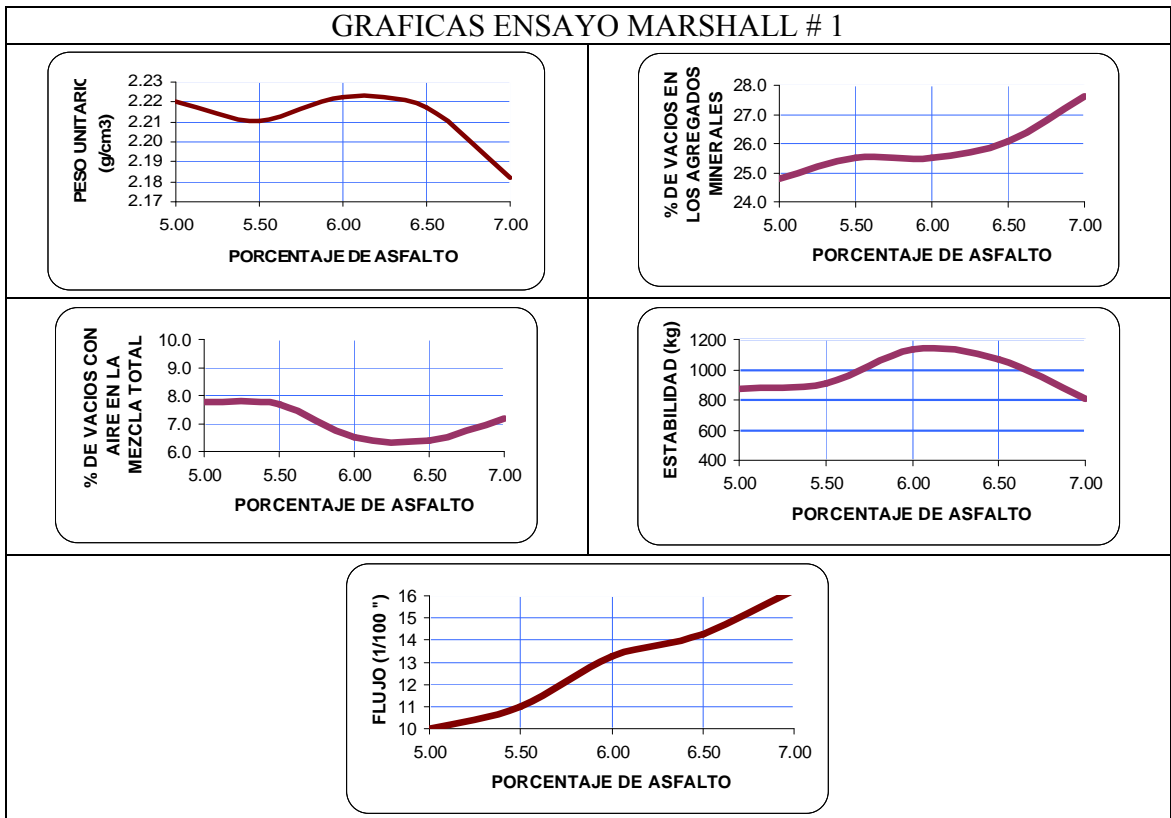
Contenido de asfalto %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacios en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	sum	sss	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
5.00	1	6.29	852.3	1.00	852.3	10	1140.6	634.0	1148.8	2.22								
	2	6.50	886.3	0.96	850.8	11	1198.3	659.6	1200.1	2.22								
	3	6.30	-	-	-	9	1142.5	637.1	1149.9	2.23								
	4	6.37	908.9	1.00	908.9	10	1160.5	643.6	1166.3	2.22								
	Promedio	6.37				870.7	10				2.22	2.569	2.41	0.17	75.2	7.8	17.0	24.8
5.50	1	6.50	993.9	0.96	954.2	10	1201.4	688.4	1237.9	2.19								
	2	6.80	1022	0.89	909.8	12	1202.7	689.0	1239.1	2.19								
	3	6.80	971.3	0.89	864.4	11	1202.7	689.3	1240.4	2.18								
	4	6.73	-	-	-	11	1202.5	688.9	1214.8	2.29								
	Promedio	6.71			909.5	11					2.21	2.547	2.39	0.17	74.5	7.7	17.8	25.5
6.00	1	6.81	1237	0.89	1101.3	13	1198.7	714.4	1268.5	2.16								
	2	6.51	1192	0.96	1144.4	13	1201.7	710.8	1267.3	2.16								
	3	6.50	-	-	-	14	1201.7	712.3	1268.0	2.16								
	4	6.70	1209	0.96	1160.7	13	1200.0	712.5	1211.7	2.40								
	Promedio	6.63			1135.5	13					2.22	2.526	2.38	0.18	74.5	6.5	19.0	25.5
6.50	1	6.50	1141	0.96	1095.5	14	1203.0	709.0	1268.1	2.15								
	2	6.60	1124	0.93	1045.5	14	1200.0	713.8	1267.4	2.17								
	3	6.71	-	-	-	15	1198.4	714.5	1268.2	2.16								
	4	6.62	1158	0.93	1077.1	14	1200.4	712.4	1215.9	2.38								
	Promedio	6.61			1072.7	14					2.22	2.506	2.37	0.18	73.9	6.4	19.7	26.1
7.00	1	6.81	914.6	0.89	814.0	17	1184.3	709.3	1269.9	2.11								
	2	6.70	-	-	-	15	1187.5	709.2	1264.3	2.14								
	3	6.80	891.9	0.93	829.5	17	1192.4	709.5	1267.8	2.14								
	4	6.68	880.6	0.89	783.7	16	1190.1	709.3	1217.9	2.34								
	Promedio	6.75			809.1	16					2.18	2.485	2.35	0.18	72.4	7.2	20.4	27.6

(bq): Briqueta.
(h): Altura

2.4.4 Gráficas. Se debe presentar un informe gráfico, con los siguientes parámetros, el primer ítem se ubica en el eje de las ordenadas, mientras que el segundo en el eje de las abscisas:

- Estabilidad contra contenido de asfalto.
- Flujo contra contenido de asfalto.
- Peso unitario de la mezcla total contra contenido de asfalto.
- Porcentaje de vacíos en los agregados minerales (VMA) contra contenido de asfalto.
- Porcentaje de vacíos (con aire), contra contenido de asfalto.

En cada gráfico, se deben unir todos los puntos obtenidos mediante una curva suave (a veces recta) y procurando que todos los valores se ajusten a ella.²⁶ (véase gráficas Ensayo Marshall # 1)



Todas las demás tablas y gráficas para determinar el contenido óptimo de ligante, se presentan en el anexo 12.

2.5 CRITERIOS DE EVALUACION

En primera instancia, se entra a definir el comportamiento típico de una muestra asfáltica convencional, según manual de diseño de pavimentos flexibles de ESSO COLOMBIANA.²⁷

²⁶ ESSO COLOMBIANA, S.A. Principios básicos para el diseño de pavimentos flexibles. Bogotá 1979, p.75.

- El valor de la estabilidad aumenta al aumentar el contenido de asfalto hasta un punto máximo a partir del cual al incrementarse el asfalto, el valor de la estabilidad decrece.
- El valor del flujo se reduce hasta un mínimo, luego del cual éste aumenta al aumentar el contenido de asfalto. En muchos casos, el mínimo valor ocurrirá con un contenido de asfalto menor que el mínimo usado en las muestras de ensayo.
- La curva de peso unitario de la mezcla total es similar a la curva de estabilidad excepto que el máximo peso unitario ocurre normalmente (no siempre), para un contenido de asfalto un poco más alto que la máxima estabilidad.
- El porcentaje de vacíos (de aire) se reduce al aumentar el contenido de asfalto, hasta llegar por último al mínimo contenido de vacíos.
- El porcentaje de vacíos en los agregados minerales, generalmente, se reduce a un mínimo valor y luego aumenta al incrementarse el contenido de asfalto.

Para la determinación del contenido óptimo de asfalto en la mezcla, se debe seleccionar el que permite las máximas variaciones por arriba o por abajo, siempre y cuando se encuentre entre los criterios de diseño. Debido a que el porcentaje de vacíos (de aire) es usualmente la característica limitante, el contenido óptimo de asfalto, normalmente se selecciona como el correspondiente a su valor medio. Además, con base en las curvas dibujadas, el contenido óptimo de ligante se determina promediando los siguientes valores, según Sánchez²⁸:

- El que corresponda a la densidad máxima.
- El que corresponda a la estabilidad máxima.
- El que corresponda al valor medio del porcentaje de vacíos con aire permitido por las especificaciones.

2.5.1 Resultados. Para concluir, se puede afirmar con el estudio de las gráficas de los tres ensayos Marshall para determinar el porcentaje óptimo de ligante a emplear en el desarrollo de la presente investigación, que el contenido óptimo de asfalto es del orden del 6.2%, es decir, se debe tener especial cuidado en la dosificación por peso de los materiales así: (Ver tabla 19).

Tabla 19. Dosificación de Materiales por briqueta.

DOSIFICACION DE MATERIALES PARA CADA BRIQUETA		
MATERIAL	PORCENTAJE	PESO (g)
Ligante	6.20	74.4
Gravilla	42.25	507.0
Arena Gruesa	37.71	452.5
Arena Fina	4.88	58.6
Llenante Mineral	8.97	107.7
Σ	100	1200.0

²⁷ ESSO COLOMBIANA, S.A. Op. cit., p.75.

²⁸ SANCHEZ Op. cit., p.91.

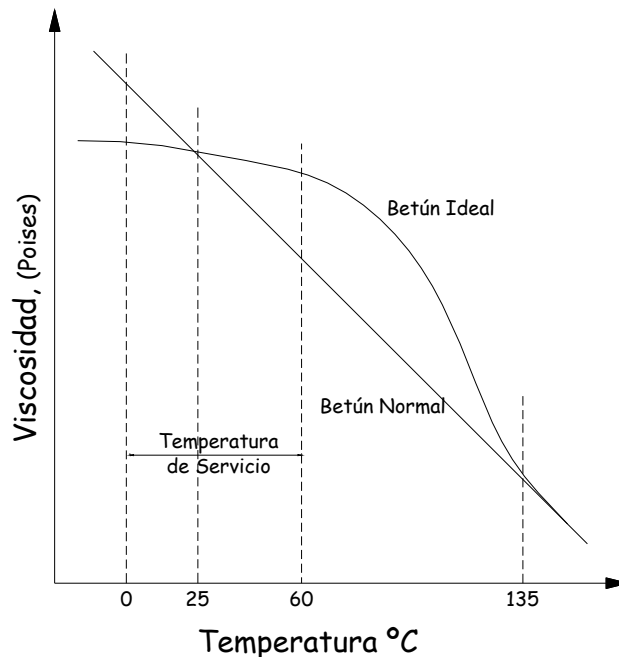
3 ASFALTOS MODIFICADOS

3.1 GENERALIDADES

Pese a las bondades del asfalto empleado en la pavimentación de vías terrestres, se busca alternativas de mejoramiento de sus características, esto, debido a las solicitaciones climáticas y de tránsito de cualquier carretera.

El asfalto ideal sería aquél que mantuviera su consistencia, se mantenga más o menos constante en un amplio rango de temperaturas de servicio y luego redujera drásticamente su consistencia, convirtiéndose en un fluido de baja viscosidad, que facilita las operaciones de fabricación y de compactación de las mezclas. Los asfaltos convencionales distan mucho de presentar un comportamiento ideal con respecto a la temperatura, de ahí que se han hecho numerosos intentos para modificar sus propiedades, mediante la incorporación de materiales de distinta naturaleza.²⁹ (Ver figura 15).

Figura 15. Susceptibilidad térmica de un betún ideal y uno convencional



Fuente: AGNUSDEI, Jorge. Asfaltos modificados y sus aplicaciones. En: Primer simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cartagena, Colombia, 1997

²⁹ AGNUSDEI, Jorge. Asfaltos modificados y sus aplicaciones. En: Primer simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cartagena, Colombia, 1997

Con los asfaltos convencionales, aún con los grados más duros, no es posible eliminar el problema de las deformaciones producidas por el tránsito canalizado es decir, el ahuellamiento.³⁰ Véase figura 15.

Figura 16. Falla de un pavimento debido al ahuellamiento.



Fuente: Micropavimentos en caliente. Aplicación de nuevas tecnologías para el mantenimiento vial en Colombia. Shell Colombia S.A.

Figura 17. Falla de un pavimento por agrietamiento.



³⁰ Asfaltos Modificados. E-Asfalto, Buenos Aires, Argentina. Disponible en Internet, www.e-asfalto.com.ar

3.2 REQUISITOS DE LOS MODIFICADORES³¹

- Debe ser compatible con el asfalto.
- Térmicamente estable con las temperaturas óptimas, para conseguir un mezclado efectivo con el asfalto y posteriormente con los agregados.
- No debe incrementar la viscosidad del ligante a altas temperaturas que dificulten la fabricación de la mezcla asfáltica.
- El agente modificador debe poseer resistencia al envejecimiento por acción del tiempo y, además, no debe interferir en las propiedades de envejecimiento del propio asfalto.

3.3 CLASES DE MODIFICADORES

Existen muchas clases de modificadores para los cementos asfálticos y sus aplicaciones como ligante e impermeabilizante; a continuación, se presentan algunos de los más empleados: (Ver tabla 20).

Tabla 20. Clases de modificadores

TIPO		EJEMPLO	
RELLENOS		Filler mineral	Calcáreo Cemento Pórtland Cenizas Volantes
		Negro de humo	
		Fibras	Asbestos Polipropileno Vidrio
P O L I M E R O S	CAUCHOS	Látex natural Látex sintético Copolímeros en Block Caucho regenerado	Caucho natural Estireno Butadieno (SBR) Estireno Butadieno Estireno (SBS) Peladura de Neumáticos
	PLASTICOS		Polietileno (PE) Polipropileno (PP) Etil Vinil Acetato (EVA) Polivinilo de cloruro (PVC)
HIDROCARBUROS		Asfaltos naturales	Asfaltitas

Fuente: AGNUSDEI, Jorge. Asfaltos modificados y sus aplicaciones. En Décimo primer simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cartagena, Colombia, 1997

3.4 USOS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS

Mezclas drenantes. Son mezclas caracterizadas por un alto contenido de vacíos, superior al 20%, que se emplean como carpeta de rodamiento. Su alta porosidad permite que el agua

³¹ MUÑOZ Op. cit., p.219.

fluya a través de forma tal que, en épocas lluviosas, se evita la formación de una película continua de agua sobre la superficie del pavimento. Adicionalmente, los pavimentos porosos absorben parte del ruido producido por el contacto neumático-pavimento por lo que la sonoridad, tanto en el interior de los vehículos como en el exterior, se ve claramente reducida.

Micropavimentos. Son mezclas de granulometría discontinua destinadas a ser empleadas como finas carpetas de rodamiento inferiores a 3 centímetros. Se debe tener un gran cuidado en la selección del tipo y tamaño de los agregados minerales. Estas mezclas por lo reducido de su espesor y los esfuerzos tangenciales que han de soportar, necesitan cementos asfálticos con gran capacidad de resistencia ante sollicitaciones de deformación elástica.

Riegos de sellado, de impermeabilización o de liga. Similares a los sellados tradicionales, los asfaltos modificados permiten alcanzar mejores niveles de modificación del cemento asfáltico, por lo que su empleo está indicado en situaciones donde la exigencia del tránsito sea extrema.

Mezclas de módulo elástico más alto. Son mezclas asfálticas de constitución similar a las convencionales en las que el cemento asfáltico empleado les confiere un módulo elástico superior al normal. La principal ventaja que se deriva del empleo de estas mezclas es que para un mismo espesor de capa, aportan una mayor capacidad portante.

Mezclas resistentes a las deformaciones plásticas. Son mezclas asfálticas de constitución similar a las convencionales donde el cemento asfáltico empleado minimiza el problema de las deformaciones plásticas, esto es, de la formación de ahuellamientos.

Mezclas resistentes a la fatiga. La mejora de la resistencia a la fatiga es una cualidad buscada en todo tipo de mezclas, dado que implica directamente una mayor durabilidad. Para mejorar esto, el método más adecuado es aumentar el contenido de asfalto en las mezclas y disminuir la viscosidad del cemento asfáltico.

Soluciones antireflexión de fisuras. Constituyen un conjunto de técnicas de interposición destinadas a eliminar o minimizar el problema de la reflexión de las fisuras de las capas inferiores a través de las capas asfálticas superiores.

Además de todos los usos anteriores, los asfaltos modificados se emplean en: riegos de impregnación de geotextiles, sellado de fisuras por técnicas de puentado y/o colmatación, tratamientos superficiales, simples o dobles, lechadas asfálticas y microaglomerados en frío, capas de rodamiento de macrotextura profunda, juntas elásticas de puentes.

3.5 ASFALTOS MODIFICADOS CON POLIMEROS

La más antigua referencia que se encuentra está en las patentes británicas publicadas en el año de 1843, siendo una de las más requeridas la del señor Thomas Handcock, famoso por

su descubrimiento de la vulcanización del caucho. En 1943, se listaron más de 116 referencias entre patentes y artículos técnicos acerca de mezclas asfálticas con elastómeros. El mayor uso de estas mezclas es en capas de rodadura, juntas sellantes e impermeabilizaciones. En términos de vías pavimentadas con adición de plásticos para aumentar la resistencia, se puede nombrar varias construidas en Ámsterdam, Holanda, en 1936, las cuales soportaron todo el tránsito pesado de la invasión a territorios germanos y su posterior retirada en la segunda guerra mundial, la cual impresionó por su perfecto desempeño hasta el punto de crear exhaustivas recomendaciones para su construcción posterior en Europa y Norteamérica.³²

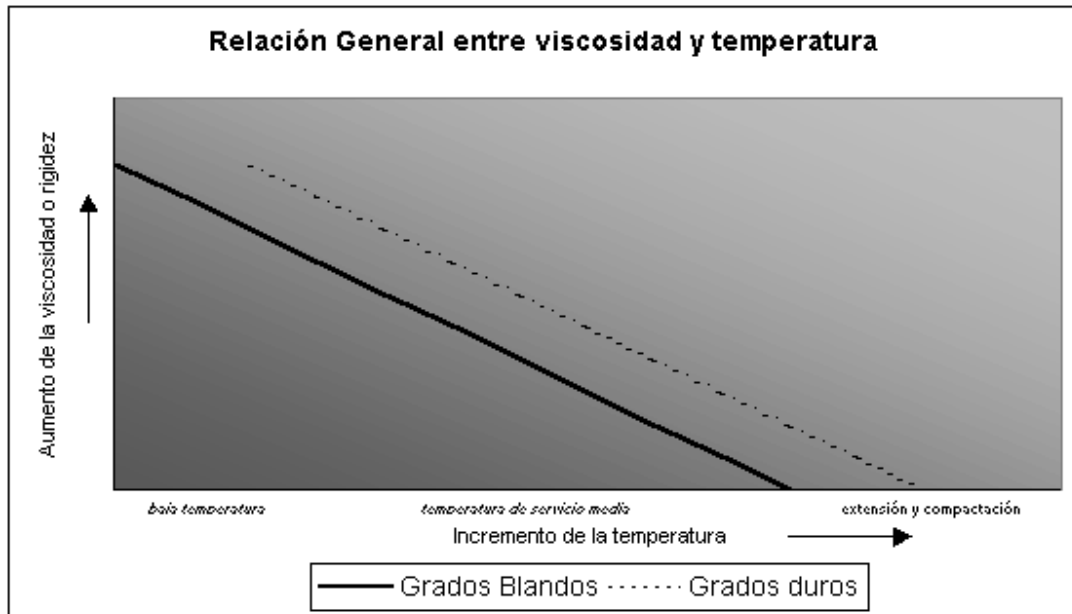
Los asfaltos modificados con polímeros elevan la vida útil de un pavimento de dos a tres veces (según el caso a aplicar) con un costo adicional de hasta un 25% sobre la mezcla asfáltica. Está plenamente probado que los asfaltos convencionales poseen propiedades satisfactorias tanto mecánicas como de adhesión en una amplia gama de aplicaciones y bajo distintas condiciones climáticas y de tránsito. Sin embargo, el creciente incremento de volumen del tránsito y la magnitud de las cargas y la necesidad de optimizar las inversiones, provocan que, en algunos casos, las propiedades de los asfaltos convencionales resulten insuficientes. Por ejemplo, con los asfaltos convencionales, aun con los grados más duros, no es posible eliminar el problema de las deformaciones producidas por el tránsito canalizado (ahuellamiento), especialmente cuando se deben afrontar condiciones de alta temperatura. Además, con la simple adopción de asfaltos más duros, se asume el riesgo de causar fisuras por efectos térmicos cuando las temperaturas son muy bajas. Con ciertas mezclas abiertas, alternativa generada por razones de confort y seguridad, con los ligantes convencionales no se alcanzaría una resistencia mecánica suficiente a causa de una insuficiente cohesión y adhesividad, lo que unido al bajo contenido de ligante de estas mezclas podría redundar en una disminución en su durabilidad. Del mismo modo, las nuevas capas superficiales delgadas serían menos durables cuando se vean sometidas a altas intensidades de tránsito.

La idea de modificación se basa en la incorporación de moléculas poliméricas en asfalto y la creación de una nueva estructura elástica dentro del asfalto debido a la distribución de las sustancias mencionadas, a un nivel molecular. El asfalto modificado obtiene las propiedades más adecuadas y la mayor resistencia contra el proceso de envejecimiento por lo tanto hace rentable su producción.

En las figuras 18 y 19, se muestra la relación general entre viscosidad y temperatura y el efecto del asfalto modificado con polímeros sobre la rigidez y la temperatura.

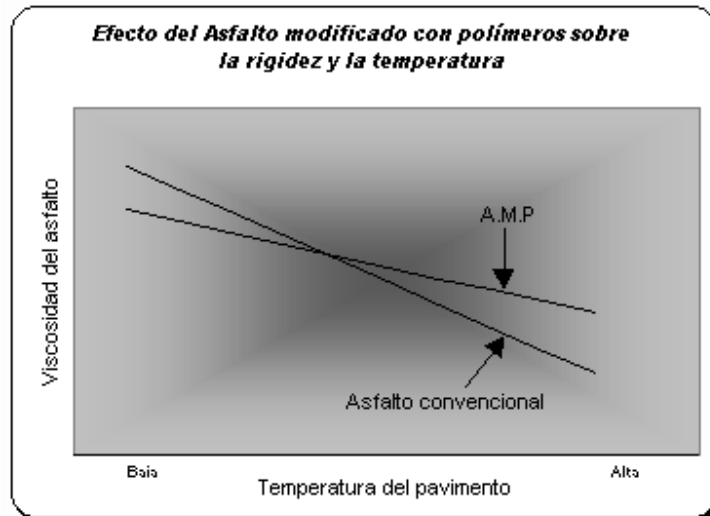
Figura 18 Relación general entre viscosidad y temperatura.

³² REYES LIZCANO Fredy y REYES ORTIZ Oscar. Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una capa de asfalto con desperdicios plásticos. En: Décimo primer simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cartagena, Colombia, 1997



Fuente: TONDA Mauricio. Asfaltos modificados con polímeros. Disponible en Internet, www.monografias.com

Figura 19. Efecto del asfalto modificado con polímeros sobre la rigidez y la temperatura.



Fuente: *Ibíd.*

Cada polímero tiene un tamaño de partícula de dispersión óptima para mejorar las propiedades reológicas, donde por encima de ésta el polímero sólo actúa como un filler; y, por debajo de ésta, pasan a estar muy solubilizados y aumentan la viscosidad, sin mejorar la elasticidad y la resistencia. Pero la modificación con polímeros tiene algunos problemas adicionales, los cuales se reflejan en la estabilidad y compatibilidad de un polímero con asfalto; por esa razón, se han incrementado las investigaciones de modificación química, ya que los asfaltos modificados químicamente son más estables y presentan mejores características físico mecánicas. Las tecnologías de este tipo de modificación se siguen

desarrollando. Paralelamente, se crean nuevos copolímeros con grupos funcionales activos y se escogen los activadores para mejorar la compatibilidad asfalto polímero.

La adición de polímeros mejorados químicamente, provoca un aumento de los maltenos (aceites), que se refleja en la reducción de la viscosidad y un incremento de la penetración; por lo tanto, en su mayor parte, pasa la modificación física, es decir no se forman enlaces químicos.

Estos polímeros mezclados con materiales asfálticos producen cambios importantes que se reflejan en un aumento de la plasticidad, es decir, facilidad al momento de la aplicación; reducción de la susceptibilidad térmica (soporta el aumento o disminución de las temperaturas) y aumentos de adhesividad.

Finalmente, aumenta su elasticidad a temperaturas bajas, aumenta su viscosidad a temperaturas de compactación y mezclado y reduce la deformabilidad.

Los métodos para adicionar polímeros a los asfaltos y lograr su modificación son dos: en forma de látex y en estado sólido. Este último método requiere de la molienda del polímero o su acondicionamiento y el sometimiento a temperaturas y agitación para producir una mezcla uniforme con el asfalto.³³

Los polímeros compatibles producen rápidamente un asfalto estable, usando técnicas convencionales de preparación. Estos sistemas convencionales de preparación de asfaltos modificados con polímeros son grandes recipientes de mezclado con paletas agitadoras a velocidades lentas, o recipientes especiales que favorecen la recirculación con agitadores mecánicos de corte de gran velocidad. El polímero puede venir en polvo, en forma de pequeñas bolitas (pellets) o en grandes panes. La temperatura de mezclado depende del tipo de polímero utilizado.

3.5.1 Especificaciones para el empleo de asfaltos modificados con polímeros. En Colombia, se debe trabajar bajo los lineamientos generales del Instituto Nacional de Vías, artículo 400 de 2002, en el que se realizan las siguientes observaciones al respecto:

Tomado de Artículo 400.2.2. Cemento asfáltico, “El cemento asfáltico podrá modificarse mediante la adición de activantes, rejuvenecedores, polímeros, asfaltos naturales o cualquier otro producto sancionado por la experiencia”; para el caso particular de los asfaltos modificados con polímeros, la norma además expresa:

400.2.3 Cemento asfáltico modificado con polímeros. El cemento asfáltico modificado con polímeros se define como aquel ligante hidrocarbonado resultante de la interacción física y/o química de polímeros con un cemento asfáltico.

³³ Asfaltos Modificados. Op. cit., www.e-asfalto.ar.com

Quedan comprendidos dentro de esta definición, los cementos asfálticos modificados suministrados a granel o los que se fabriquen en el lugar de empleo, en instalaciones específicas independientes. Se excluyen los obtenidos a partir de adiciones incorporadas a los agregados o en el mezclador de la planta asfáltica.

Las denominaciones y características básicas de los cementos asfálticos modificados con polímeros, son las indicadas en la Tabla 19.

El Tipo I se basa en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con EVA o polietileno y se empleará en la elaboración de mezclas de tipo drenante.

Los Tipos II, III y IV se basan en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con copolímeros de bloque estirénico como el SBS. El Tipo II se aplicará en mezclas drenantes, densas y discontinuas en caliente en general; el Tipo III en mezclas densas y discontinuas en caliente en zonas de altas exigencias, y el Tipo IV se utilizará en la elaboración de mezclas antirreflectivas de grietas del tipo arena asfalto o riegos en caliente para membranas de absorción de esfuerzos. (Ver tabla 21).

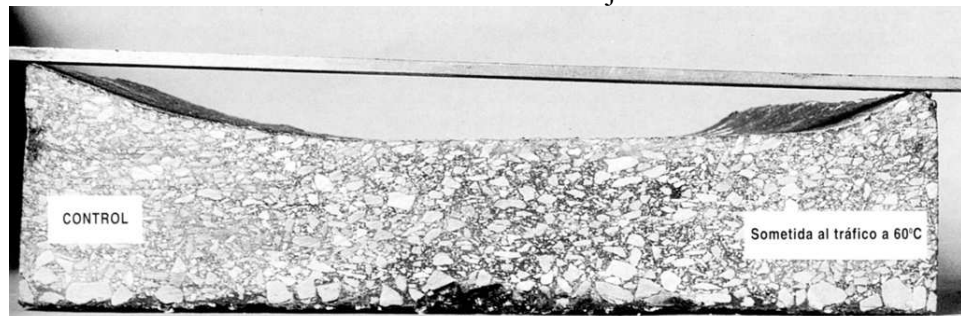
Tabla 21. Especificaciones de cementos asfálticos modificados con polímeros

CARACTERÍSTICA		Norma de ensayo INV	Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<i>Asfalto original</i>										
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	55	70	55	70	55	70	80	130
Punto de ablandamiento anillo y bola	°C	E-712	58	-	58	-	65	-	60	-
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	E-702			15	-	15	-	30	-
Recuperación elástica por torsión a 25°C	%	E-727	15	-	40	-	70	-	70	-
Estabilidad al almacenamiento (*)										
Diferencia punto de ablandamiento	°C	E-726 E-712	-	5	-	5	-	5	-	5
Contenido de agua	%	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante copa abierta Cleveland	°C	E-709	230	-	230	-	230	-	230	-
<i>Residuo de película fina</i>										
Pérdida de masa	%	E-721	-	1	-	1	-	1	-	1
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento en película delgada, % de la penetración original	%	E-706	65		65		65		60	
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	E-702	-	-	8	-	8	-	15	-

Fuente: Instituto Nacional de Vías. Artículo 400, tabla 400.4 2002 pg 5

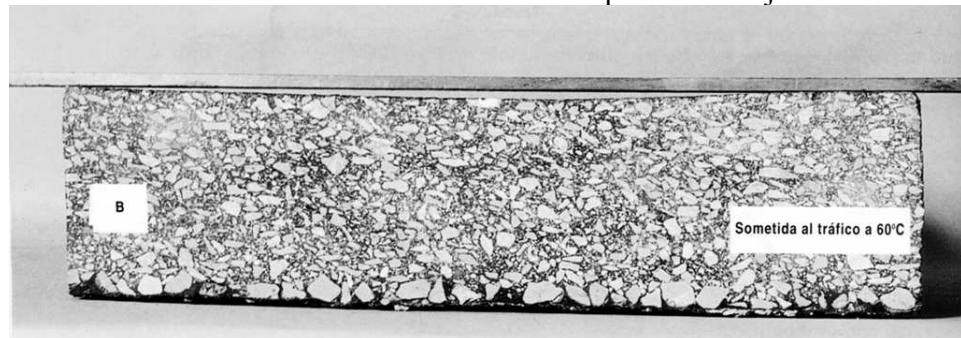
3.5.2 Comportamiento frente a las mezclas asfálticas convencionales. Con base en experimentos, se ha demostrado la incidencia positiva que trae adicionar polímeros al cemento asfáltico para pavimentación. A continuación, se presenta brevemente los resultados de una prueba de carga continua en dos pistas de laboratorio ensayadas a iguales condiciones con mezcla asfáltica convencional y otra con mezcla de asfalto modificado con polímeros. (Ver figuras 20 y 21).

Figura 20. Muestra de mezcla asfáltica convencional bajo la acción del tráfico



Fuente: TONDA Op. cit., www.monografias.com

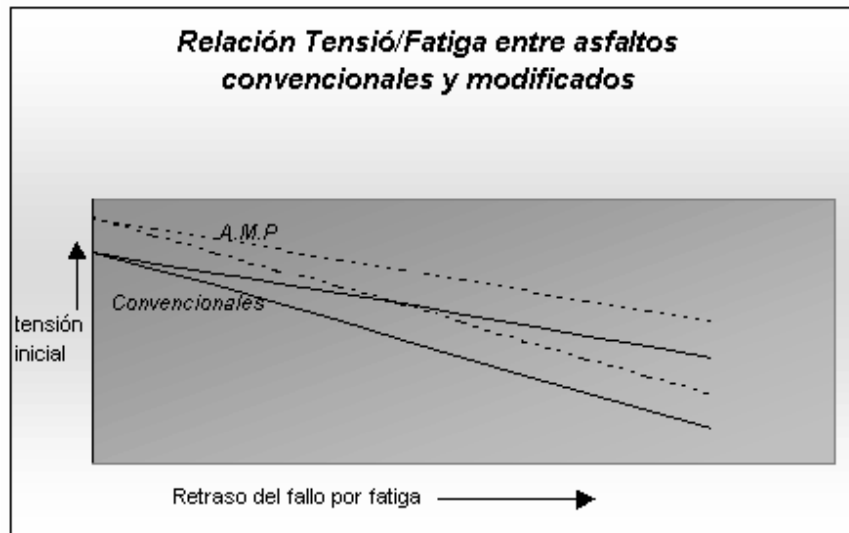
Figura 21. Muestra de mezcla asfáltica modificada con polímeros bajo la acción del tráfico



Fuente: Ibíd.

Aquí se puede apreciar la recuperación elástica que tiene la muestra de asfalto modificado con polímeros (AMP) ante las sollicitaciones de tránsito, frente al comportamiento de deformación permanente en la mezcla asfáltica convencional. (Ver figura 22).

Figura 22. Relación: Tensión-Fatiga entre asfaltos convencionales y modificados



Fuente: *Ibíd.*

3.5.3 Ventajas³⁴

- Disminuye la susceptibilidad térmica, es decir, se obtienen mezclas más rígidas a altas temperaturas de servicio reduciendo el ahuellamiento y se tienen mezclas más flexibles a bajas temperaturas de servicio reduciendo el fisuramiento.
- Disminuye la exudación del asfalto debido a la mayor viscosidad de la mezcla, su menor tendencia a fluir y su mayor elasticidad.
- Mayor elasticidad debido a los polímeros de cadenas largas.
- Mayor adherencia debido a los polímeros de cadenas cortas.
- Mayor cohesión debido a que el polímero refuerza la cohesión de la mezcla.
- Mejora la trabajabilidad y la compactación por la acción lubricante del polímero o de los aditivos incorporados para el mezclado.
- Mayor impermeabilización en los sellados bituminosos, pues absorbe mejor los esfuerzos tangenciales, evitando la propagación de las fisuras.
- Mayor resistencia al envejecimiento ya que mantiene las propiedades del ligante, pues los sitios más activos de la mezcla asfáltica son ocupados por el polímero.
- Mayor durabilidad, los ensayos de envejecimiento acelerado en laboratorio demuestran su excelente resistencia al cambio de sus propiedades.
- Mejora la vida útil de las mezclas con menos trabajos de conservación, con un menor costo en su mantenimiento.
- Permiten mayor espesor de la película de asfalto sobre el agregado.
- Mayor resistencia al derrame de combustibles.
- Disminuye el nivel de ruidos, sobre todo en mezclas abiertas.
- Permite la reducción de hasta el 20% de los espesores debido a su mayor módulo de rigidez.
- Permite mejor sellado de las fisuras.

³⁴ TONDA Mauricio. Asfaltos modificados con polímeros. Disponible en Internet, www.monografias.com

- Brinda mayor resistencia a la flexión en la cara inferior de la carpeta asfáltica.
- No requiere equipos especiales para su puesta en obra.

3.5.4 Desventajas³⁵

- Alto costo del polímero.
- Dificultades del mezclado, no todo los polímeros son compatibles con el asfalto base; sin embargo existen aditivos correctores.
- Se debe extremar los cuidados al momento de elaborar la mezcla.
- Los agregados no deben estar húmedos ni sucios.
- La temperatura mínima de puesta en obra es de 145 °C, debido a su rápido endurecimiento.

3.5.5 Evaluación de costos. Se presenta un estudio de comparaciones sobre diferentes clases de ligantes, este estudio comprende fases de construcción y de durabilidad de las carpetas asfálticas. (Ver tabla 22 y las figuras 23 y 24).

Tabla 22. Costos de concretos asfálticos

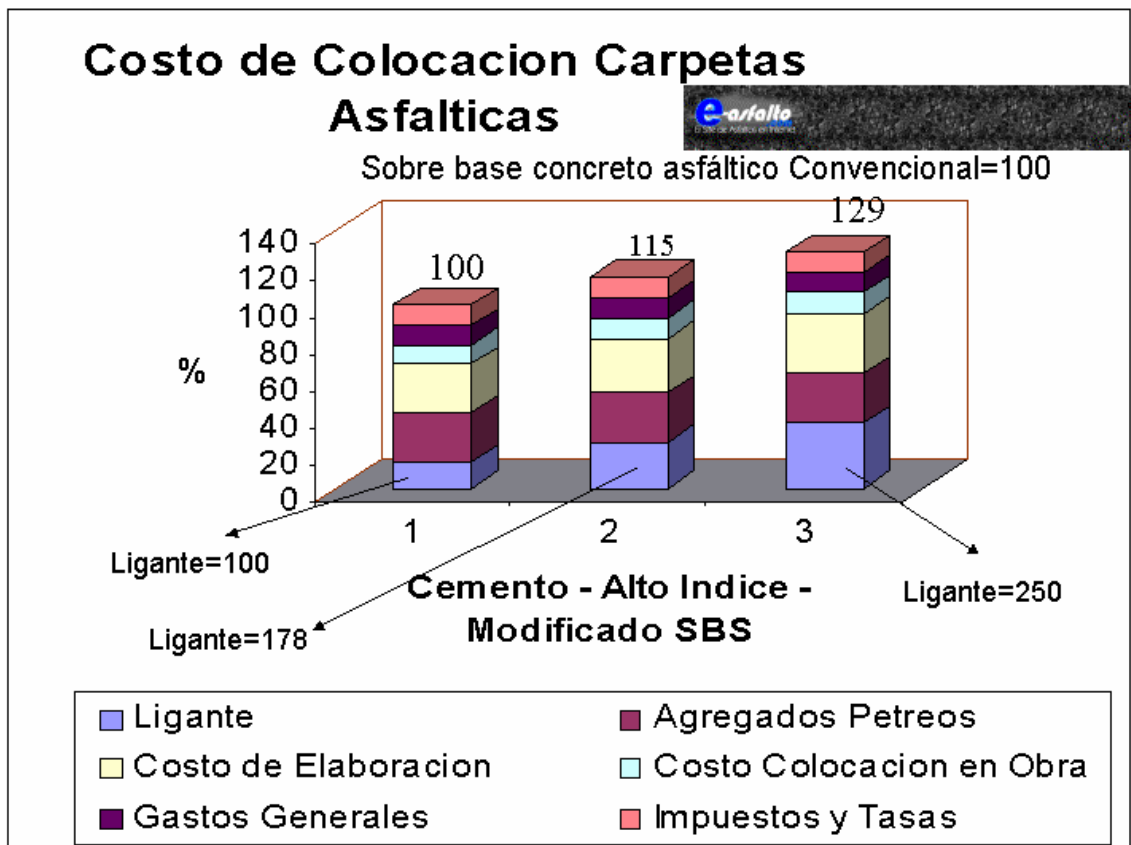
COSTO DE UN CONCRETO ASFALTICO CON DIFERENTES LIGANTES							
	%	Cemento Convencional		Alto Índice		Polimerizado SBS	
		US \$ /Ton	mezcla	US \$ /Ton	mezcla	US \$ /Ton	mezcla
		US \$ /Ton	mezcla	US \$ /Ton	mezcla	US \$ /Ton	mezcla
Ligante	5	180.0	9.0	320.0	16.0	450.0	22.5
Piedra	40	21.0	8.4	21.0	8.4	21.0	8.4
Arena de Trituración	40	18.0	7.2	18.0	7.2	18.0	7.2
Arena Silicia	15	9.0	1.4	9.0	1.4	9.0	1.4
Concreto Asfáltico	100		25.95		32.95		39.45
Incremento en el Concreto Asfáltico				27%		52%	
Costo de elaboración				Incremento	0%	10%	20%
Calentar material, energía, mano de obra, riego de liga, amortización, flete a obra.					17.00	18.70	20.40
Costo de colocación en obra (16% costo del concreto asfáltico)					6.35	6.92	7.55
COSTO					49.30	51.65	59.85
Gastos generales (15% del concreto asfáltico)					6.90	6.90	6.90
Impuestos y Tasas (16% sobre concreto asfáltico)					7.00	7.00	7.00
TOTAL:					63.2	65.55	73.75
Los costos se incrementan específicamente en items como el costo del ligante, el costo de colocación y el de producción							

³⁵ TONDA. Op. cit., www.monografias.com

	Cemento Convencional		Alto Índice		Polimerizado SBS	
	US \$ /Ton	% Aumento	US \$ /Ton	% Aumento	US \$ /Ton	% Aumento
Ligante	9.00	14.20%	16.00	22.10%	22.50	27.70%
Agregados Pétreos	16.95	26.80%	16.95	23.40%	16.95	20.80%
Costo de elaboración	17.00	26.90%	18.70	25.80%	20.40	25.10%
Costo de colocación	6.35	10.00%	6.92	9.50%	7.55	9.30%
Gastos generales	6.90	10.90%	6.90	9.50%	6.90	8.50%
Impuestos y tasas	7.00	11.10%	7.00	9.70%	7.00	8.60%
COSTO TOTAL	63.20	100%	72.47	100%	81.30	100%
Aumento			114.67		128.64	

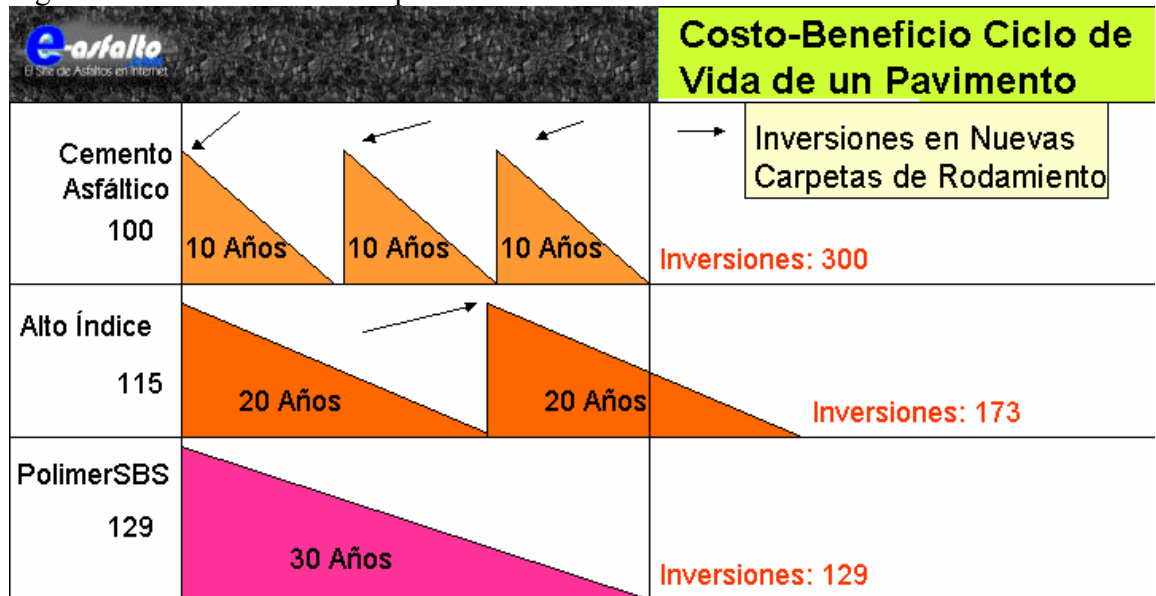
Fuente: Comparación precios ligantes. Asfaltos Modificados. E-Asfalto, Buenos Aires, Argentina. Disponible en Internet, www.e-asfalto.ar.com

Figura 23. Costos de colocación de carpetas asfálticas.



Fuente: Costo colocarpasf. Asfaltos Modificados. Op. cit., www.e-asfalto.ar.com

Figura 24. Ciclo de vida de un pavimento flexible.



Tiempo de Vida de un concreto asfáltico en años elaborado con:
 Cemento Asfáltico: 10
 Asfalto Alto Índice: 20
 Modificado SBS: 30

Tasa de amortización anual pavimento: 7%	
Los ahorros que se producen son	Reducción Costos
Ciclo de vida de 30 años con inversiones:	-
Cemento Asfáltico: $100 \times 3.0 = 300$	42%
Asfalto Alto Índice: $115 \times 1.5 = 173$	57%
Modificado SBS: $129 \times 1.0 = 129$	

Fuente: Cicliovidapavimento. Asfaltos Modificados. Op. cit., www.e-asfalto.ar.com

4. MEZCLAS DE ASFALTO CON PLASTICOS DE DESECHO

4.1 ANTECEDENTES

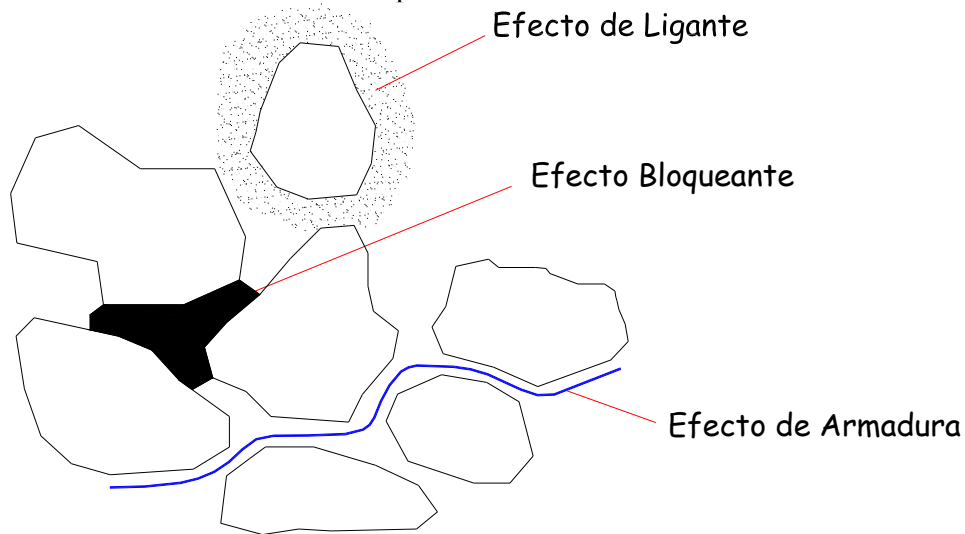
Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se toma como punto de partida los trabajos realizados por el Ing. Miguel Ángel del Val, denominado "*Mezclas bituminosas resistentes a las deformaciones permanentes mediante sustitución parcial del betún por un desecho plástico*". Trabajo que fue presentado en el marco del III Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, celebrado en la ciudad de Cartagena, Colombia, en el año de 1985. En este trabajo, se incorporaba plásticos de desecho urbano de la ciudad de Madrid, a la mezcla bituminosa para pavimentación, luego, el material era probado en una pista de laboratorio con una rueda maciza de 10 centímetros de radio y 5 centímetros de ancho, a la cual se le aplicaba una carga fija. Esta rueda giraba sobre una pista de 30 centímetros de ancho por 30 centímetros de largo y 5 centímetros de alto, la cual estaba contenida en un molde de acero. Los resultados obtenidos con las pruebas indicaban que la susceptibilidad a las deformaciones permanentes (ahuellamiento) disminuía a medida que se incrementaba el porcentaje de desecho plástico en la mezcla.

Otro trabajo de similares condiciones que también sirvió de referente para el presente estudio, fue el realizado por los ingenieros Freddy Alberto Reyes Lizcano y Oscar Javier Reyes Ortiz, denominado "*Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una capa de asfalto con desperdicios plásticos*", éste fue presentado en el XI Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos, obra publicada por la Escuela Colombiana de Ingeniería. Esta investigación trata de la adición de desechos plásticos específicos, como son las bolsas de leche y las botellas de agua, a un contenido óptimo de material bituminoso encontrado con anterioridad bajo los parámetros de varios diseños Marshall, con una granulometría específica. Los resultados y sus conclusiones se obtuvieron a partir de ensayos de las probetas Marshall. Estos resultados, al igual que el estudio antes mencionado, indicaron un mejoramiento al incorporarle un equivalente de 0.3 a 0.4% de plásticos, porcentaje en peso con respecto al peso total de una briqueta Marshall.

4.2 COMPORTAMIENTO DE LOS PLASTICOS CON EL ASFALTO

Cuando ocurre una adición de materiales poliméricos al asfalto, y este es incluido en un hormigón bituminoso, se pueden crear tres importantes efectos; éstos, a su vez, dependen de la naturaleza química, del tamaño y de todas las características físicas del material polimérico incluido. (véase figura 25)

Figura 25. Efectos de los materiales plásticos en la mezcla asfáltica.



Fuente: REYES LIZCANO Fredy y REYES ORTIZ Oscar. Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una capa de asfalto con desperdicios plásticos. En Décimo primer simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cartagena, Colombia, 1997

- Efecto sobre el ligante. “La disolución verdadera o la dispersión en estado fundido del material plástico en la mezcla asfáltica hace aumentar la viscosidad propia del ligante”³⁶.
- Efecto de armadura. “También conocido como efecto estructural, consiste en que las fibras o tiras plásticas crean uniones entre los agregados minerales; éstas, a su vez, pueden aportar resistencia y flexibilidad a la mezcla asfáltica”³⁷.
- Efecto bloqueante. “Los plásticos, en medio de los agregados minerales tienden a llenar los vacíos propios de un esqueleto granulométrico a la hora de compactarse”³⁸.

4.3 DESCRIPCION DEL ENSAYO

Los ensayos se realizaron de manera muy similar a los descritos para encontrar el porcentaje óptimo de ligante en la granulometría especificada, es decir, bajo los lineamientos generales de la norma de ensayos del Instituto Nacional de Vías, INV E-748; las diferencias con respecto a éste tienen que ver en la organización de los datos, la inclusión del proceso de parafinar las briquetas para encontrar su peso específico “Bulk”, esto debido al aumento de la porosidad superficial con respecto a las briquetas elaboradas para la determinación del contenido óptimo de ligante, y a los cálculos del peso específico máximo medido y las formulas derivadas de éste en el cálculo de las respectivas tablas de diseño Marshall.

³⁶ REYES LIZCANO y REYES ORTIZ. Op. cit.

³⁷ *Ibíd.*

³⁸ *Ibíd.*

4.4 ENSAYOS DE SUSCEPTIBILIDAD TERMICA

Al igual que, para determinar la curva de susceptibilidad para la muestra asfáltica convencional descrita en el numeral 2.4.1.3 del presente informe, se tuvo que realizar los ensayos en los laboratorios de materiales de la Universidad del Cauca, el procedimiento de los ensayos, se describen en el anexo 4.

Se elaboraron dos muestras para realizarles los respectivos ensayos; a la primera, se le adicionó el 0.5% de materiales plásticos; a la segunda, se le adicionó el 1.0% de materiales plásticos. Para las dos muestras los porcentajes adicionados, se hicieron con respecto al peso total de las probetas del ensayo Marshall, es decir, sobre la base de 1200 gramos de peso.

Los resultados de temperaturas de mezclado y de compactación, así obtenidos fueron:

Muestra modificada con 0.5% de desechos plásticos:

Temperatura de Mezcla:	155°C
Temperatura de Compactación:	142°C

Muestra modificada con 1.0% de desechos plásticos:

Temperatura de Mezcla:	157°C
Temperatura de Compactación:	142°C

4.5 EXPERIENCIA INICIAL

Como experiencia inicial, se realizaron cuatro ensayos Marshall éstos se hicieron con la inclusión de la mezcla de plásticos inicial antes descrita, en porcentajes de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% del peso total de las briquetas Marshall (1200 g); éstos porcentajes se determinaron a partir del estudio detallado de investigaciones realizadas con el fin de sustituir un porcentaje del ligante bituminoso por un polímero, dichas experiencias hacían referencia a porcentajes inferiores al 2% en peso, de materiales plásticos, con respecto al peso total de una probeta de ensayo Marshall; al cabo de la realización de dichos ensayos, se observó un comportamiento constante respecto a la constitución física de las briquetas de los porcentajes 1.5 y 2.0% (figura 26); éstas, como se puede apreciar en su respectiva gráfica, muestran un excesivo desmoronamiento, efecto atribuido a la falta de cohesión debida a la disminución del ligante y a la poca interacción del plástico de la muestra inicial; por todas estas razones, se optó por realizar los ensayos siguientes con porcentajes del orden de 0.25, 0.50, 0.75 y 1.00% del peso total de las briquetas. Además, se opta por descartar dos grupos de plásticos, el (1) Tereftalato de Polietileno (PET) y el (3) Policloruro de Vinilo (PVC), como se explicó con anterioridad en el presente informe.

Figura 26. Estado de las briquetas con 1.5 y 2.0 % de adición de desechos plásticos.



Fuente: Esta Investigación

4.5.1 Formulación del procedimiento a seguir. De esta forma, se inició a realizar los ensayos Marshall, a fin de realizar un breve análisis estadístico que indicara la cantidad de ensayos totales que se debería realizar para que los resultados tuvieran un aceptable nivel de confiabilidad. Así se realizan los diez (10) ensayos Marshall de la muestra patrón, evidenciando dos importantes factores que hacen cambiar el número de briquetas por porcentaje de plástico incluido, el primero de ellos tiene que ver con la inherente dificultad de realizar bajo todas las medidas técnicas y de seguridad una briqueta, más aún, un ensayo Marshall con 25 briquetas, la segunda, fue que afortunadamente había una marcada uniformidad en las briquetas de igual porcentaje de inclusión de desechos plásticos, por tanto se opta por reducir el número de ellas de cinco (5) por cada porcentaje, por cuatro (4), esto se hace obviamente bajo la supervisión del director del proyecto y bajo la verificación de la norma del Instituto Nacional de Vías (INV E-748, literal 4.1), el cual permite un número de probetas por cada porcentaje de mínimo tres (3).

4.6 MUESTRA PATRON

La muestra patrón para el desarrollo de una investigación, se puede definir como aquella que se realiza con el fin de formular un axioma para comprobarlo o descartarlo con la realización de un número razonable de ensayos de similares características a las de la misma. Bajo los criterios de la estadística, esta muestra debe de ser una fiel representación de una población de mayor tamaño, para poder, a partir de ella encontrar un número ideal

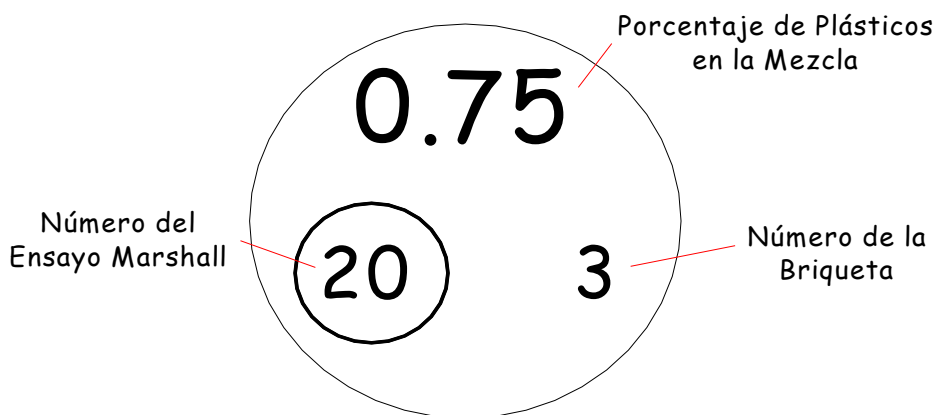
de repeticiones, a través de las cuales se pueda afirmar o desmentir las características encontradas en ella.

Para el caso en particular de la presente investigación, se realizan los diez (10) ensayos Marshall, con el fin de encontrar un número aceptable de repetición de los mismos y de alcanzar un nivel aceptable de confiabilidad en los resultados así encontrados.

De esta forma, a continuación, se presenta el procedimiento llevado a cabo para encontrar los primeros resultados de los diseños Marshall con la incorporación de los plásticos de desecho de habitual consumo doméstico.

4.6.1 Formato de Diseño. De manera similar al diseño de la mezcla asfáltica por el método Marshall, para el concreto asfáltico convencional, su cálculo se facilita con el empleo de tablas para ordenar los datos de los ensayos y sus correspondientes resultados, a continuación, se presenta la memoria de cálculo para la briqueta número dos (2) del ensayo Marshall número ocho (8) correspondiente al cero, punto setenta y cinco por ciento (0.75%) del contenido de plásticos en la mezcla asfáltica. Esta briqueta fue marcada así: (Ver figura 27).

Figura 27. Marcación de las briquetas de ensayo.



4.6.1.1 Cálculo de valores. Al igual que el procedimiento descrito con anterioridad para los ensayos Marshall, los valores de éstas pruebas se obtuvieron así:

4.6.1.1.1 Datos de entrada. En esta tabla se consignan los datos de peso, medida y los datos concernientes al ensayo de estabilidad y flujo de cada una de las briquetas realizadas (véase tabla 23)

Peso de la briqueta compactada y seca (W_a):	1203.1 g
Peso de la briqueta seca parafinada (W_{ap}):	1219.2 g
Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas (W_{bc}):	1127.3 g

Tabla 23. Datos de entrada

ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 8

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
 Peso de la canastilla sumergida: 491.0 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %												
Bq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1194.7	1213.6	1146.9	655.9	18.9	6.60	6.59	6.57	6.59	215.0	1220.2	12
2	1201.2	1213.4	1147.4	656.4	12.2	6.54	6.70	6.60	6.61	221.0	1254.2	13
3	1200.4	-	-	-	-	6.57	6.61	6.68	6.62	210.0	1192.0	13
4	1198.1	1210.5	1145.3	654.3	12.4	6.59	6.62	6.57	6.59	205.0	1163.7	13

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %															
1	2	3	4	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
				seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1204.2	-	-	-	-	6.82	6.74	6.81	6.79	200.0	1135.4	11			
2	1193.2	1216.0	1143.4	652.4	22.8	6.77	6.75	6.73	6.75	197.0	1118.4	12			
3	1184.7	1215.9	1139.9	648.9	31.2	6.74	6.77	6.77	6.76	184.0	1044.8	11			
4	1200.0	1210.4	1134.7	643.7	10.4	6.80	6.79	6.77	6.79	187.0	1061.8	11			

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %															
1	2	3	4	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
				seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1200.0	1216.1	1141.8	650.8	16.1	6.81	6.84	6.90	6.85	191.0	1084.4	9			
2	1199.8	1216.2	1140.9	649.9	16.4	6.82	6.82	6.78	6.81	154.0	874.9	10			
3	1201.4	1217.6	1137.9	646.9	16.2	7.00	6.91	6.94	6.95	162.0	920.2	11			
4	1200.7	-	-	-	-	6.90	6.90	6.87	6.89	170.0	965.5	11			

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %															
1	2	3	4	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
				seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1198.7	-	-	-	-	7.00	7.04	7.10	7.05	210.0	1192.0	10			
2	1203.1	1219.2	1127.3	636.3	16.1	7.01	7.02	6.98	7.00	201.0	1141.0	10			
3	1200.4	1215.7	1124.1	633.1	15.3	7.23	7.24	7.18	7.22	209.0	1186.3	11			
4	1200.0	1213.8	1131.0	640.0	13.8	6.99	7.05	7.02	7.02	218.0	1237.2	11			

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %															
1	2	3	4	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
				seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1201.1	-	-	-	-	7.26	7.31	7.25	7.27	147.0	835.2	11			
2	1199.7	1212.8	1113.2	622.2	13.1	7.15	7.13	7.11	7.13	142.0	806.9	12			
3	1201.3	1214.3	1114.1	623.1	13.0	7.20	7.21	7.21	7.21	151.0	857.9	12			
4	1198.7	1217.1	1112.6	621.6	18.4	7.19	7.11	7.14	7.15	143.0	812.5	10			

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada

(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.

(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.

(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.

El valor de la carga está dado en Kilogramos.

El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

Fuente: Esta Investigación

Peso de la canastilla sumergida (W_{ca}):	491.0 g
Peso de la briqueta sumergida ($W_{wp} = W_{bc} - W_{ca}$):	636.3 g
Peso de la parafina empleada (W_{pa}):	16.1 g
Altura o espesor de la briqueta:	h_1 : 7.01 cm h_2 : 7.02 cm h_3 : 6.98 cm
Espesor promedio de la briqueta:	7.00 cm
Estabilidad leída:	201
Flujo leído (1/100 pg)	12

A continuación, el valor de la estabilidad leída se debe presentar como carga en kilogramos, por lo tanto, se recurre al informe de calibración de la prensa Marshall, empleada para los ensayos. (véase anexo 10). Así, el valor en kilogramos (kg) para una lectura de 201 es de 1141.0kg.

4.6.1.1.2 Formato de ensayo Marshall. Se toma los valores de datos de entrada, y a continuación, se procede a su cálculo dentro de su respectivo formato, así:

El factor de corrección para la estabilidad está dado de acuerdo con el espesor de la briqueta, de acuerdo con la tabla 16 Factores de correlación para estabilidades, presentada en el presente informe.

De esta forma, se entra con el valor promedio, 7.00 cm y su factor es 0.86, luego este valor se lo debe multiplicar por el dato de estabilidad en kg, obteniendo así el valor de la estabilidad corregida:

$$(\text{estabilidad leída}) \times (\text{factor de corrección}) = \text{Estabilidad Corregida}$$

$$1141.0 \times 0.86 = 981.3 \text{ kg}$$

- Cálculo del Peso Específico “Bulk”. (G_b)

El peso específico Bulk de una briqueta compactada, como se definió con anterioridad, es la relación entre su peso en el aire y su volumen, incluyendo en él, todos los vacíos permeables, sin embargo, dadas las características de una textura superficial abierta y permeable, con una excesiva porosidad en la mayoría de las briquetas, se procede a recubrirlas con parafina, por tanto, se debe emplear la siguiente expresión para su cálculo:

$$G_b = \frac{W_a}{W_{ap} - W_{wp} - \frac{W_{ap} - W_a}{G_p}}$$

siendo: W_a : Peso de la briqueta seca en el aire sin parafinar
 W_{ap} : Peso de la briqueta en el aire y parafinada

W_{wp} : Peso de la briqueta sumergida en agua y parafinada
 G_p : Peso específico de la parafina (0,90 g/cm³)

Reemplazando los respectivos valores, el peso específico bulk así calculado, será:

$$G_b = \frac{1203.1}{1219.2 - 636.3 - \frac{1219.2 - 1203.1}{0.90}} = 2.13 \frac{g}{cm^3}$$

- Determinación del Peso Específico Máximo Teórico. (G_{mt})

Con los datos del peso específico promedio de los agregados, literal 2.4.2.3.2, el peso específico del asfalto, literal 2.4.1.4 y el peso específico de los materiales plásticos de la MDP, literal 1.4.6.3 del presente informe, se calcula el peso específico máximo teórico por medio de la siguiente expresión:

$$G_{mt} = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregados}}{G_{\text{Agregados}}} + \frac{\% \text{ Asfalto}}{G_{\text{Asfalto}}} + \frac{\% \text{ Plásticos}}{G_{\text{Plásticos}}}}$$

De esta manera se procede a calcular los pesos específicos máximos teóricos para cada uno de los porcentajes de adición de desechos plásticos. (Ver tabla 24).

Tabla 24. Peso específico máximo teórico de las mezclas asfálticas con desechos plásticos

PORCENTAJE DE DESECHOS PLASTICOS	PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO	PORCENTAJE DE AGREGADOS	PESO ESPECIFICO MAXIMO TEORICO
(%)	(%)	(%)	(g/cm ³)
0.00	6.20	93.80	2.518
0.25	5.95	93.80	2.518
0.50	5.70	93.80	2.519
0.75	5.45	93.80	2.519
1.00	5.20	93.80	2.519

Fuente: Esta Investigación

El dato correspondiente a la briqueta en estudio es el del porcentaje de desechos plásticos de 0.75 %, es decir, el peso específico máximo teórico fue de 2.519 g/cm³.

- Cálculo del Peso Específico Máximo Medido. (G_{mm})

Para calcular el peso específico máximo medido, se debió realizar el ensayo de Rice (véase anexo 11 y tabla 25).

Tabla 25. Peso específico máximo medido

Porcentaje	Briqueta	Peso de Frasco + Agua	Peso Muestra Seca + Frasco	Peso Muestra + Agua + Frasco	Peso Específico Máximo Medido
------------	----------	-----------------------	----------------------------	------------------------------	-------------------------------

	#	G	g	G	g/cm ³
0.00	3	2020	1840.0	2589.0	2.48
0.25	1	2020	1906.4	2636.0	2.52
0.50	4	2020	1930.5	2640.5	2.46
0.75	1	2020	1808.6	2570.0	2.47
1.00	1	2020	1859.3	2598.9	2.47

Fuente: Esta Investigación

Por tanto, este peso específico del material suelto fue de 2.47 g/cm³.

- Cálculo del porcentaje de asfalto absorbido. (A_a)

Este valor indica el porcentaje de absorción de asfalto por peso de agregado seco, descartando al plástico de desecho, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_a = \frac{G_{mm} - G_{mt}}{G_{mm} \cdot G_{mt} \cdot \%_{Agregados}} * 10000$$

El valor de ($\%_{Agregados}$) corresponde al porcentaje de agregados pétreos, con respecto al peso de la mezcla total.

Para el valor en estudio, se tiene:

$$A_a = \frac{2.47 - 2.519}{2.47 * 2.519 * 93.8} * 10000 = 0.77\%$$

- Cálculo del porcentaje en volumen que ocupa el agregado con respecto al volumen total de la briqueta. (V_{agr}), este valor se calcula mediante la expresión:

$$V_{agr} = \frac{(100 - (\%_{Asfalto} + \%_{Plásticos})) \cdot G_b}{G_{agr}}$$

Para los valores en estudio, se tendrá:

$$V_{agr} = \frac{(100 - (5.45 + 0.75)) * 2.13}{2.804} = 71.4\%$$

- Cálculo del porcentaje de vacíos con aire con respecto al volumen total de la briqueta (V_v). Este valor se calcula mediante la expresión:

$$V_v = \left(1 - \frac{G_b}{G_{mm}} \right) * 100$$

Para los valores en estudio, se tiene:

$$V_v = \left(1 - \frac{2.13}{2.47}\right) * 100 = 13.8\%$$

- Cálculo del volumen del asfalto efectivo junto con los materiales plásticos, como porcentaje del volumen total de la briqueta (V_{ae}). Este valor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_{ae} = 100 - (V_{agr} + V_v)$$

Para los valores en estudio, se tiene:

$$V_{ae} = 100 - (71.4 + 13.8) = 14.9\%$$

- Determinación del porcentaje de vacíos en los agregados minerales en la briqueta compactada (V_{am}). Este valor representa a los vacíos con aire y a los llenos de asfalto incluyendo los posibles llenos con los desechos plásticos. Para su cálculo, se emplea la siguiente expresión:

$$V_{am} = 100 - V_{agr}$$

Para los valores en estudio, se tiene:

$$V_{am} = 100 - 71.4 = 28.6\%$$

- Determinación del contenido de asfalto efectivo, expresado como porcentaje, con respecto al peso de la briqueta (A_e). Este valor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$A_e = \%_{asfalto} - \frac{A_a \cdot \%_{agregados}}{100}$$

Para los valores en estudio, se tiene:

$$A_e = 5.45 - \frac{0.77 * 93.8}{100} = 4.72\%$$

Estos datos se colocan en su respectiva ubicación en la tabla (ver tabla Formato de Ensayo Marshall página siguiente), y se procede a graficar los valores indicados.

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 20**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.74	1107	0.91	1007.4396	10	1202.4	655.5	1215.3	2.20								
	2	6.71	1135	0.92	1044.5445	12	1203.4	0.0	0.0	-								
	3	6.81	1130	0.89	1005.4465	12	1206.7	655.5	1218.4	2.19								
	4	6.70	1062	0.92	976.84806	12	1204.1	657.3	1216.4	2.21								
Promedio		6.74			1008.57	12				2.20	2.518	2.59	-1.10	73.7	14.8	11.5	26.3	7.23
0.25	1	6.89	1062	0.88	934.3764	12	1204.8	645.5	1214.7	2.16								
	2	6.72	1271	0.92	1169.4576	11	1205.2	0.0	0.0	-								
	3	6.72	948.5	0.92	872.65161	10	1204.2	655.5	1214.0	2.20								
	4	6.92	988.2	0.87	859.7179	11	1202.5	651.3	1214.8	2.19								
Promedio		6.81			959.05	11				2.18	2.518	2.50	0.29	73.0	12.8	14.3	27.0	5.68
0.50	1	7.03	914.5	0.85	777.36322	10	1203.2	645.5	1214.0	2.16								
	2	6.95	1028	0.87	894.20418	12	1202.9	0.0	0.0	-								
	3	6.95	988.2	0.87	859.7179	11	1209.1	645.5	1218.7	2.15								
	4	7.00	1011	0.86	869.31683	10	1202.1	643.9	1212.9	2.16								
Promedio		6.98			850.15	11				2.16	2.519	2.45	1.21	72.1	11.9	15.9	27.9	4.56
0.75	1	7.00	1016	0.86	874.18668	10	1208.5	637.3	1219.8	2.12								
	2	7.03	1101	0.85	936.20392	10	1205.3	635.5	1218.6	2.12								
	3	7.35	1141	0.80	912.82688	11	1207.8	615.5	1220.0	2.04								
	4	7.00	1215	0.86	1044.5455	9	1205.8	0.0	0.0	-								
Promedio		7.09			941.94	10				2.10	2.519	2.45	1.24	70.1	14.4	15.6	29.9	4.27
1.00	1	7.09	1107	0.84	929.94422	10	1201.5	620.6	1212.0	2.07								
	2	7.31	948.5	0.81	768.31283	12	1200.0	616.5	1213.5	2.06								
	3	7.19	1101	0.82	903.16143	13	1204.5	0.0	0.0	-								
	4	7.15	982.5	0.83	815.49001	12	1199.8	615.3	1212.8	2.06								
Promedio		7.18			854.23	12				2.06	2.519	2.49	0.53	69.0	17.0	13.9	31.0	4.69

(bq): Briqueta.
(h): Altura

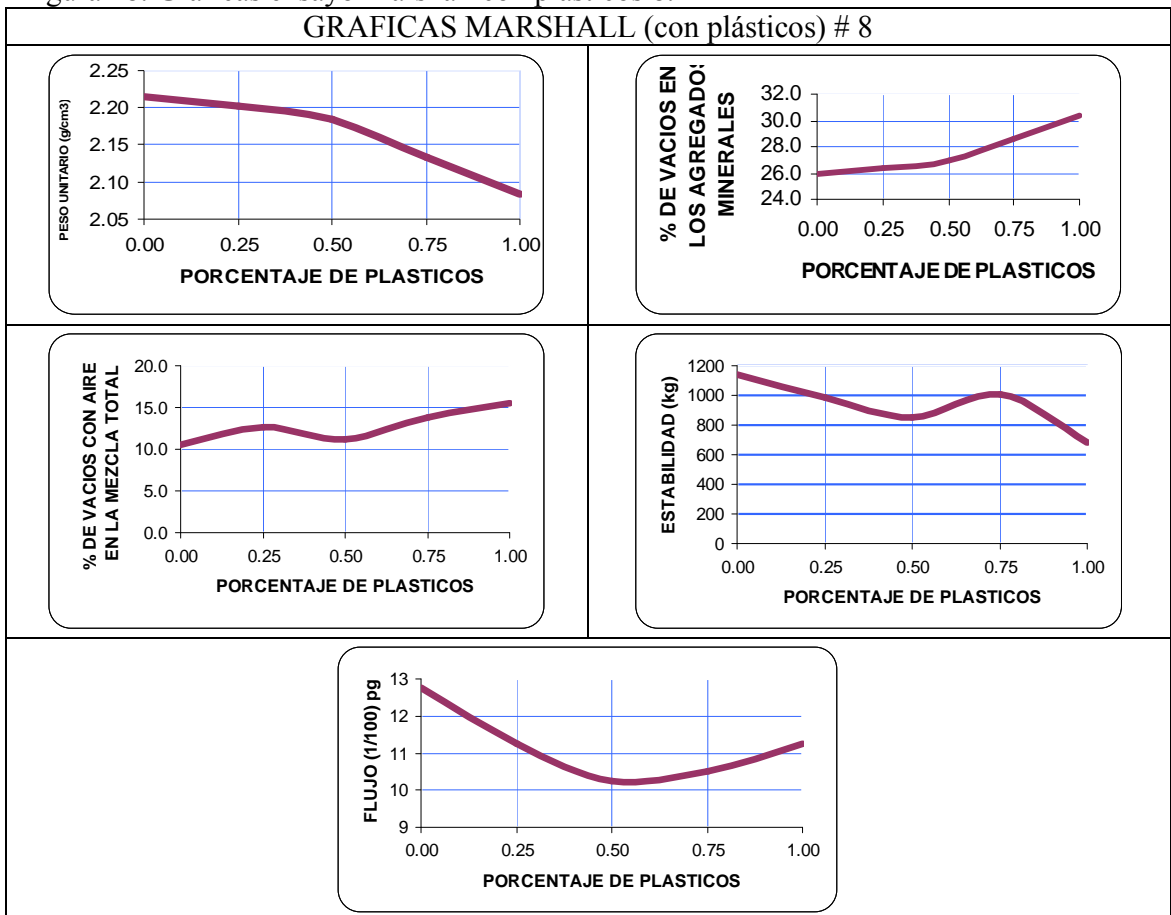
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

4.6.2 Gráficas. Al igual que para los ensayos Marshall de la mezcla convencional, se debe presentar un informe gráfico, con los siguientes parámetros, el primer ítem se ubica en el eje de las ordenadas, mientras que el segundo en el eje de las abscisas:

- Estabilidad contra contenido de plásticos de desecho.
- Flujo contra contenido de plásticos de desecho.
- Peso unitario de la mezcla total contra contenido de plásticos de desecho.
- Porcentaje de vacíos en los agregados minerales (VMA) contra contenido de plásticos de desecho.
- Porcentaje de vacíos (con aire), contra contenido de plásticos de desecho.

En cada gráfico, se deben unir todos los puntos obtenidos mediante una curva suave (a veces recta) y procurando que todos los valores se ajusten a ella.³⁹ (Ver figura 28).

Figura 28. Graficas ensayo Marshall con plásticos 8.



Todas las demás tablas y gráficas de la muestra patrón, se presentan en el anexo 13.

³⁹ ESSO COLOMBIANA S.A. Op. cit., p.75.

4.6.3 Criterios de evaluación. Para la presente investigación, se toma los mismos criterios de evaluación y los mismos parámetros de escogencia del contenido óptimo para el porcentaje de desechos plásticos, como si se tratara de escoger el porcentaje óptimo de asfalto. Estos parámetros se encuentran reseñados en el literal 2.5 del presente informe.

4.6.4 Resultados. Los resultados de los primeros 10 ensayos con la inclusión de los desechos plásticos se describen en la siguiente tabla: (Ver tabla 26).

Tabla 26. Valores óptimos de la muestra patrón.

Ensayo	VALORES OPTIMOS (contenidos de plástico %)			
	Peso Unitario	Estabilidad	Flujo	Total
1	0.20	0.00	0.75	0.75
2	0.00	0.00	0.75	0.75
3	0.20	0.00	0.60	0.50
4	0.00	0.00	0.50	0.60
5	0.00	0.00	0.50	0.75
6	0.20	0.00	0.75	0.50
7	0.00	0.00	0.50	0.60
8	0.00	0.00	0.60	0.75
9	0.00	0.00	0.50	0.60
10	0.00	0.00	0.55	0.50

Fuente: Esta Investigación

4.7 ANALISIS ESTADISTICO

Con los resultados obtenidos de la muestra patrón, y al tratar de determinar un grado de confiabilidad aceptable en los resultados de la presente investigación, es necesario referirse a los criterios básicos de la estadística, para ello se trabaja con la siguiente expresión:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot \sigma^2}{e^2}$$

Donde: n: Número de pruebas definitivas
 $Z_{\alpha/2}$: Constante de 1.96 para el 95% de confiabilidad
 σ : Desviación estándar
e: Error relativo

A continuación se consignan los resultados de la muestra patrón (Ver tabla 27).

Tabla 27. Numero de ensayos Marshall

Ensayo	Peso Unitario	Estabilidad	Flujo	Optimo total
1	0.20	0.00	0.75	0.75
2	0.00	0.00	0.75	0.75

3	0.20	0.00	0.60	0.50
4	0.00	0.00	0.50	0.60
5	0.00	0.00	0.50	0.75
6	0.20	0.00	0.75	0.50
7	0.00	0.00	0.50	0.60
8	0.00	0.00	0.60	0.75
9	0.00	0.00	0.50	0.60
10	0.00	0.00	0.55	0.50
Desviación Estándar	0.0917	0.0000	0.1049	0.1054
Numero de Ensayos	13	0	17	18

Por tanto, se deben realizar un mínimo de 18 ensayos Marshall, de igual manera a los realizados para la muestra patrón.

4.8 PRUEBAS DEFINITIVAS

Como se hizo mención en el segundo informe bimestral, se realizaron un total de 33 pruebas Marshall, de las cuales se opta por trabajar con las que presentan un mayor grado de similitudes, hasta sobrepasar el número mínimo de repeticiones exigidas por el nivel de confiabilidad en los resultados, antes descrito; no obstante, el comportamiento de la mezcla es similar dentro de cada uno de los ensayos realizados.

Las tablas y las gráficas de cada uno de los ensayos realizados, se encuentran en el anexo 14.

4.9 RESULTADOS

Se obtiene una notable mejora en el comportamiento de las probetas Marshall frente al ensayo de flujo, es decir, la deformación de las mismas al momento de aplicarse el máximo valor de carga, cuando el porcentaje incorporado es cercano al 0.75% de desechos plásticos; sin embargo, el valor de la estabilidad se disminuye por cuanto dentro de todos los ensayos se reducía el grado de compactación de las probetas a medida que se les adicionaba un porcentaje mayor de desechos plásticos. Pese a este inconveniente, la disminución en los valores de carga, no es demasiado representativa desde el punto de vista de las exigencias del Instituto Nacional de Vías, ya que para un número mayor de cinco millones de ejes equivalentes de 80 kN, para un período de diseño de 15 años que representa un tráfico pesado para cualquier estructura de pavimentos, la estabilidad mínima es de 900 kg.

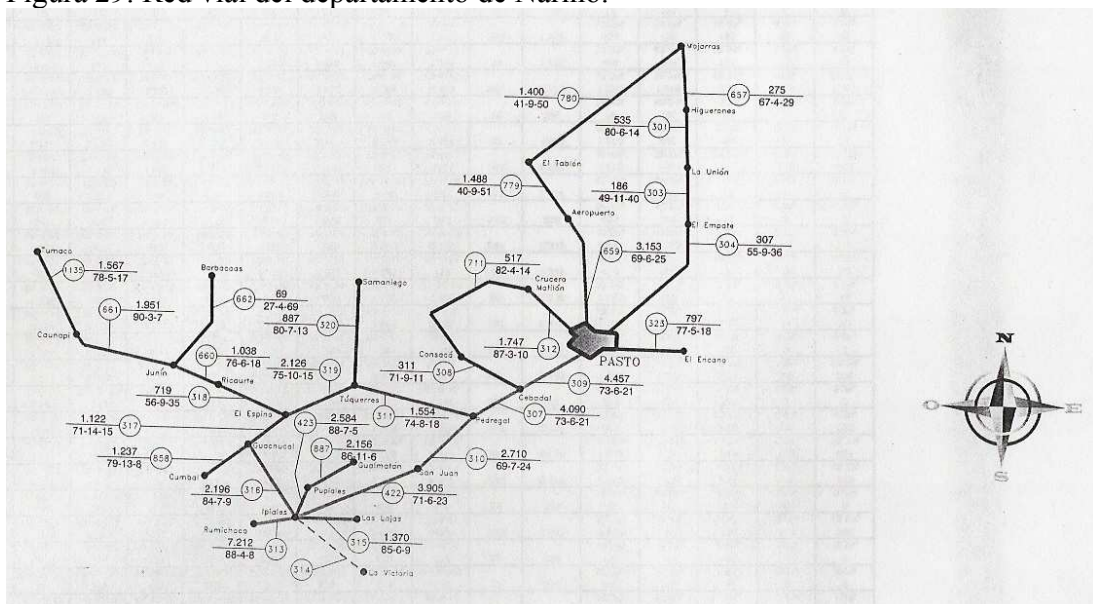
Para los valores de porcentajes de vacíos en la mezcla asfáltica y en los agregados minerales, así como los valores de peso unitario, se puede afirmar que no existe un comportamiento bien definido; además, se trata de valores muy similares a los obtenidos en las pruebas iniciales para obtener el porcentaje óptimo de ligante, por ésta última razón, es

prudente afirmar que estos valores no se han visto afectados de manera significativa cuando se les ha incluido los desechos plásticos.

Por todo lo anterior se opta por deducir que el porcentaje óptimo de inclusión de desechos plásticos como sustitución parcial del ligante bituminoso dentro de un concreto asfáltico para pavimentación es del orden del 0.65 a 0.75 % con respecto al peso total de una probeta del ensayo Marshall.

4.9.1 Utilización en vías departamentales. Para el presente estudio, se trabaja con los datos recopilados por las estaciones de conteo instaladas por el Instituto Nacional de Vías de la República de Colombia, publicados en el año 2003. Se opta por trabajar con algunos tramos de las principales carreteras de la red vial del departamento de Nariño. Véase figura 29.

Figura 29. Red vial del departamento de Nariño.



Fuente: Instituto Nacional de Vías. Caracterización de los volúmenes de tránsito para el año 2003. Departamento de Nariño.

Con los tránsitos promedio, se determina el tránsito de diseño (N) de ejes equivalentes de 80 kN (8 T) para el período de diseño de un pavimento de concreto asfáltico que, por recomendación del Instituto Nacional de Vías, no debe ser mayor de 15 años.

En primera instancia, se determina el factor camión y el factor daño con la ayuda de los factores de daño encontrados por el método de la AASHTO. Véase tabla 28.

Tabla 28. Factores de daño en las carreteras colombianas.

FACTORES DE DAÑO
(Método AASHTO)

Tipo de Vehículo	Factor Daño
C2P	1.14
C2G	3.44
C3, C4	3.74
C5	4.40
> C5	4.72

Fuente: MURGUEITIO VALENCIA, BENAVIDES BASTIDAS y SOLANO. Estudio de los factores daño de los vehículos que circulan por las carreteras colombianas. En: Décimo primer simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cartagena, Colombia, 1997.

Una vez obtenido el tránsito de diseño (N) se lo compara con los criterios dados en la tabla 450.4.2 del artículo 400 de 2002 del Instituto Nacional de Vías, reseñada en el literal 2.3.1, tabla 9 del presente informe, determinándose así la aplicabilidad de los resultados de la investigación en la construcción de cualquiera de los tramos en estudio.

Los tramos así obtenidos fueron:

Estación: 659

Pasto - Aeropuerto

		Camiones de conteo de 2003							Numero de ejes equivalentes de
		Total semanal y distribución porcentual						FACTOR	
TPDS	3153	Σ	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C5	CAMION (8.2 Ton)	8.2 T para el periodo de diseño
Porcentaje	69 6 25		23.3	28.2	15.6	9.9	23		
Cantidad	2176 189 788	5373	1250	1515	838	533	1237	3.4	

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1.003

Tránsito mayor a 5 millones de ejes equivalentes.

Estación: 301

La Unión - Higueros

		Camiones de conteo de 2003						Numero de ejes equivalentes de	
		Total semanal y distribución porcentual					FACTOR		
TPDS	535	Σ	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C5	CAMION (8.2 Ton)	8.2 T para el periodo de diseño
Porcentaje	80 6 14		42	50	5.8	0.4	1.8		
Cantidad	428 32.1 74.9	498	209	249	29	2	9	2.6	

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1.1

Tránsito entre 500.000 y 5 millones de ejes equivalentes.

Estación: 307

Pedregal - Cebadal

		Camiones de conteo de 2003						Numero de ejes equivalentes de	
		Total semanal y distribución porcentual					FACTOR		
TPDS	4090	Σ	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C5	CAMION (8.2 Ton)	8.2 T para el periodo de diseño
Porcentaje	73 6 21		30.7	34.8	14.4	6.6	13.5		
Cantidad	2986 245 859	5542	1699	1930	799	364	750	3.1	

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1.02

Tránsito mayor a 5 millones de ejes equivalentes.

Estación: 309

Cebadal - Pasto

		Camiones de conteo de 2003		Numero de ejes equivalentes de
		Total semanal y distribución porcentual	FACTOR	

TPDS	4457			Σ	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C5	CAMION (8.2 Ton)	8.2 T para el periodo de diseño
Porcentaje	73	6	21		33.5	32.2	14	6.8	13.5		
Cantidad	3254	267	936		6013	2012	1936	844	411		

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1.004
Tránsito mayor a 5 millones de ejes equivalentes.

Estación: 311

Tuquerres - Pedregal

Camiones de conteo de 2003											
Total semanal y distribución porcentual										FACTOR CAMION (8.2 Ton)	Numero de ejes equivalentes de 8.2 T para el periodo de diseño
TPDS	1554			Σ	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C5		
Porcentaje	74	8	18		40.9	33.7	13.6	5.6	6.2		
Cantidad	1150	124	280		2132	871	719	289	120	133	2.7

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1.002
Tránsito entre 500.000 y 5 millones de ejes equivalentes.

Estación: 313

Rumichaca - Ipiales

Camiones de conteo de 2003											
Total semanal y distribución porcentual										FACTOR CAMION (8.2 Ton)	Numero de ejes equivalentes de 8.2 T para el periodo de diseño
TPDS	7214			Σ	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C5		
Porcentaje	88	4	8		35.9	26.8	10.3	7.8	19.2		
Cantidad	6348	289	577		5147	1846	1379	534	402	986	3.0

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1
Tránsito mayor a 5 millones de ejes equivalentes.

Estación: 315

Ipiales - Las Lajas

Camiones de conteo de 2003											
Total semanal y distribución porcentual										FACTOR CAMION (8.2 Ton)	Numero de ejes equivalentes de 8.2 T para el periodo de diseño
TPDS	1370			Σ	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C5		
Porcentaje	85	6	9		55.8	41.5	2.7	0	0		
Cantidad	1165	82.2	123		1113	621	462	30	0	0	2.2

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1.001
Tránsito entre 500.000 y 5 millones de ejes equivalentes.

Estación: 323

Pasto - El Encano

Camiones de conteo de 2003											
Total semanal y distribución porcentual										FACTOR CAMION (8.2 Ton)	Numero de ejes equivalentes de 8.2 T para el periodo de diseño
TPDS	797			Σ	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C5		
Porcentaje	77	5	18		25.5	66.8	7.5	0.1	0.1		
Cantidad	614	39.9	143		1014	259	677	76	1	1	2.9

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1.07
Tránsito entre 500.000 y 5 millones de ejes equivalentes.

Estación: 779

Aeropuerto - El Tablón

Camiones de conteo de 2003											
Total semanal y distribución porcentual										FACTOR CAMION	Numero de ejes equivalentes de 8.2 T para el
TPDS	1488			C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C5			

Porcentaje	40	9	51	Σ	19.7	36.8	15.4	8.2	20	(8.2 Ton)	periodo de diseño
Cantidad	595	134	759	4991	982	1837	767	409	996	3.4	7,130,312

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1.02

Tránsito mayor a 5 millones de ejes equivalentes.

Estación: 1135

Canaupí - Tumaco

		Camiones de conteo de 2003							Numero de ejes equivalentes de 8.2 T para el periodo de diseño
		Total semanal y distribución porcentual					FACTOR CAMION (8.2 Ton)		
TPDS	1567	Σ	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5		>C5	3.0
Porcentaje	78 5 17		26.7	55.4	11.9	3.2	2.8		
Cantidad	1222 78.4 266	1861	496	1031	222	59	53	2,705,787	

Tasa de crecimiento anual de vehículos comerciales: 1.05

Tránsito entre 500.000 y 5 millones de ejes equivalentes.

Cabe mencionar que los tramos evaluados corresponden a carreteras pavimentadas, con excepción al tramo La Unión – Higueros.

Para los tramos con condiciones de tránsito de entre 500.000 y 5 millones de ejes equivalentes, se trabaja con los principales requerimientos así:

- Estabilidad mínima: 750 kg
- Flujo: 7.8 a 13.8 ($1/100$ pg)
- Vacíos mínimos en los Agregados minerales 15 %

Para los tramos con condiciones de tránsito mayores a 5 millones de ejes equivalentes, se trabaja con los principales requerimientos así:

- Estabilidad mínima: 900 kg
- Flujo: 7.8 a 13.8 ($1/100$ pg)
- Vacíos mínimos en los Agregados minerales 15 %

Con estos requisitos, se puede afirmar que el concreto asfáltico encontrado en el desarrollo de la presente investigación, es apto para emplearse en cualquier tramo de los estudiados dentro de la red vial del departamento de Nariño; no obstante, se debe realizar un estudio detallado de las condiciones de las capas inferiores de cada pavimento en particular.

Los valores de vacíos con aire en la mezcla total son demasiado altos con respecto a las exigencias para la construcción de carreteras proferidas por el I.N.V., llegado el caso de un empleo de las mezclas asfálticas antes descritas, se debe tomar medidas correctivas para disminuir dichos porcentajes.

4.9.2 Costos de producción de la mezcla. Para evaluar éste ítem, se considera que el precio de un kilogramo de asfalto llevado hasta la planta de producción de concreto asfáltico en la ciudad de San Juan de Pasto, en un carrotanque adaptado para este fin, es de \$ 750.00, mientras que un kilogramo de material plástico reciclado y clasificado es de \$ 1500.00, datos obtenidos en el año de 2004.

Dadas las proporciones de mezcla, a continuación se realiza un breve diagnóstico en costos de las mezclas, los valores son descritos en proporcionalidad, con base en un metro cúbico de concreto asfáltico: (Ver tabla 29).

Tabla 29. Costos de mezclas asfálticas con porcentajes óptimos.

	Mezcla Convencional		Mezcla Modificada	
	Porcentaje	Valor	Porcentaje	Valor
Agregado Mineral	93.8	10	93.8	10
Asfalto	6.2	100	5.45	100
Plástico		200	0.75	200
	TOTAL	1558		1633

A partir de estos valores, se afirmaría que la producción de una unidad de concreto asfáltico con la adición de desechos plásticos, aumenta de valor en razón de 5%, con respecto a la mezcla asfáltica elaborada habitualmente.

5. CONCLUSIONES

Cuando se modifica un cemento asfáltico con desechos plásticos, se tiende a mejorar algunas propiedades tales como la susceptibilidad a las deformaciones permanentes o ahuellamiento; esto debido, principalmente, a la notoria disminución en los valores del ensayo de flujo, así como al aumento en las temperaturas de mezclado y de compactación encontradas a través del ensayo de susceptibilidad térmica. Esto, llevado a sollicitaciones reales de trabajo en cualquier pavimento, se traduciría en un incremento de la resistencia de la capa asfáltica del pavimento frente a fallas ocasionadas por esfuerzos de fatiga.

En la presente investigación, se encontró que el porcentaje óptimo de desechos plásticos incluidos en la mezcla asfáltica, es del orden del 0.75% con respecto al peso total de una probeta de ensayo Marshall. Valor que representa una estabilidad relativamente inferior a la otorgada por una mezcla sin desechos plásticos, pero que disminuye ostensiblemente los valores del flujo, valor que representa a la deformación de una muestra de asfalto ante la máxima capacidad de resistir carga.

Experimentalmente, se ha comprobado que es totalmente factible incluir a los plásticos de habitual consumo doméstico dentro de cualquier proceso convencional de fabricación de concreto asfáltico para pavimentos, teniendo presente que se debe realizar un cuidadoso proceso de limpieza y clasificación del material plástico, esto con el fin de evitar la contaminación del cemento asfáltico y evitar riesgos por emanación excesiva de gases tóxicos, obviamente sin descuidar las medidas de seguridad cuando se manipulan materiales a altas temperaturas.

Debido al comportamiento encontrado en los ensayos iniciales, cuando se incluían porcentajes de 1.5 y 2 por ciento de desechos plásticos en la fabricación de las probetas Marshall y teniendo en cuenta que los valores de peso unitario, estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos en los agregados minerales y porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica, encontrados en los ensayos a lo largo de toda la investigación, se concluye que un porcentaje mayor al 1% de desechos plásticos, con la obligada reducción en igual cantidad de cemento asfáltico en la mezcla, es totalmente desfavorable, ya que no se proporciona a la mezcla un mínimo de cohesión entre las partículas de los agregados minerales, lo cual representa, en consecuencia la formación de un esqueleto mineral débil en la superficie de rodadura asfáltica.

En la elaboración de un concreto asfáltico sin adición de desechos plásticos, los materiales empleados son agregados minerales, cemento asfáltico y, posiblemente, alguna clase de llenante mineral de adición, mientras que para un concreto asfáltico con adición de desechos plásticos como los presentados en la presente investigación, se necesitaría agregados minerales, cemento asfáltico y el conjunto de plásticos limpios, clasificados y acondicionados en tamaños adecuados, esto representa un incremento en el costo de la unidad de fabricación de un concreto asfáltico, es decir, el metro cúbico (m^3). No obstante

se tendría que evaluar en algún estudio ulterior el comportamiento frente a sollicitaciones reales de trabajo en alguna carretera de las presentadas en esta investigación, esto debido a su posible mejoramiento en la respuesta ante deformaciones permanentes.

Dado el aumento del espesor de las briquetas ensayadas, bajo el mismo procedimiento de compactación, se puede evidenciar un comportamiento desfavorable del peso unitario de la mezcla asfáltica frente a la inclusión de los desechos plásticos, este decrece a medida que se aumenta el porcentaje de plásticos.

Con respecto al porcentaje de vacíos con aire en la mezcla asfáltica y al porcentaje de vacíos en los agregados minerales, se puede concluir que; si bien el aumento de estos valores no es representativo con respecto a los valores dados con el porcentaje óptimo de contenido de cemento asfáltico en la mezcla, éstos aumentan a medida que se incorpora un porcentaje mayor de desechos plásticos en la mezcla.

Ante el excesivo aumento en el consumo de materiales de características no biodegradables, como los plásticos, se hace absolutamente necesario encontrar alternativas de disposición final que traten de minimizar los efectos nocivos de éstos, para con el entorno. Las alternativas para este grupo de materiales varían desde el reciclaje primario, hasta el aprovechamiento de sus características de durabilidad, manejabilidad y plasticidad, para ser incluidos en otros procesos como la producción de asfaltos modificados con plásticos.

6. RECOMENDACIONES

Indagar sobre el desempeño de porcentajes similares de ligantes con la adición de plásticos de desecho frente a granulometrías abiertas o discontinuas, ya que, en algunos aspectos como el flujo, se encontró un mejoramiento en el comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos con el empleo de un porcentaje del orden del 0.75% de desechos plásticos con respecto al peso total de una probeta Marshall, También se podría investigar con diferentes grupos de los plásticos antes descritos, es decir, realizar una investigación independiente para el terftalato de polietileno, polietileno de alta y de baja densidad, policloruro de vinilo, polipropileno, Poliestireno y los otros plásticos esto para determinar la incidencia de cada uno de ellos frente al comportamiento general de la mezcla para pavimentos de concreto asfáltico; especial atención en este punto merece el trabajar con espuma de poliestiereno o icopor, ya que sirve fundamentalmente para envoltorio de equipos electrónicos y éste se desecha limpio y es muy fácil de clasificar.

Realizar diversas investigaciones adicionales incorporando cualquier otra clase de sustancia, cauchos, hule, gomas, fibras sintéticas y naturales, azufre; inclusive se puede pensar en cambiar procedimientos o las maneras de concluir ante situaciones más específicas de trabajo de un pavimento, por ejemplo, trabajar con una pequeña pista de laboratorio simulando cargas de tránsito. En este proceso, es preciso destacar que el valor de investigar no radica solamente en encontrar algo útil y económicamente rentable, sino en descartar materiales y conocer el desempeño de ellos en determinados procesos constructivos para el caso particular, de los pavimentos de concreto asfáltico.

BIBLIOGRAFIA

AGNUSDEI Jorge. Asfaltos modificados y sus aplicaciones. En: Décimo primer simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cartagena, Colombia, 1997.

ALONSO M., VILTE E., APAZA A., LOZANO A., Residuos plásticos de Jujuy. Caracterización en pesos y volúmenes. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina. 2000.

ARENAS LOZANO Hugo, Teoría de los Pavimentos, Parte 1. Universidad del Cauca, Popayán.

ASFALTOS MODIFICADOS. E-Asfalto, Buenos Aires, Argentina. Disponible en Internet: www.e-asfalto.com.ar

CURSO DE INTRODUCCION A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES. Polímeros II. Disponible en Internet: www.mailxmail.com/calidaddevida/introducciónalacienciadelosmateriales/polímerosII.htm

DEL VAL Miguel Ángel. Mezclas bituminosas resistentes a las deformaciones permanentes mediante sustitución parcial del betún por un polímero. En: III Congreso Ibero-Latinoamericano del asfalto. Cartagena, Colombia, 1985.

Departamento de ciencias de polímeros. Universidad del sur de Mississippi. Disponible en Internet: www.pscr.usm.edu/spanish/fiber.htm

ECOPETROL Y UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Cartilla para el manejo de los asfaltos colombianos. Popayán. 1997.

ESSO COLOMBIANA S.A. Principios básicos para el diseño de pavimentos flexibles. Bogotá, 1979.

GRAN ENCICLOPEDIA TEMATICA, LA CLAVE DEL SABER. Editions Robert Laffont, S.A. 1985

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. República de Colombia. Artículo 400 de 2002.

LOS PLASTICOS. Disponible en Internet: [www.ecositio.com.ar/los plásticos.html](http://www.ecositio.com.ar/los_plásticos.html)

MUÑOZ RICAURTE Guillermo, Pavimentos de Concreto Asfáltico. Editorial Universidad de Nariño. Pasto. 2002

MURGUEITIO A., BENAVIDES C., SOLANO E. Estudio de los factores daño de los vehículos que circulan por las carreteras colombianas. En: Primer simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cartagena, Colombia, 1997.

REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Normas de ensayo de materiales para carreteras, 1998.

REYEZ LIZCANO Fredy, REYES ORTIZ Oscar. Mejoramiento de las propiedades mecánicas de una capa de asfalto con desperdicios plásticos. En: Primer simposio colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Cartagena, Colombia, 1997.

SANCHEZ SABOGAL FERNANDO. Curso de laboratorio de pavimentos: Guía para la ejecución e interpretación de los resultados. Popayán: Universidad del Cauca. Instituto de Vías, 1983.

SHELL COLOMBIA S.A. Micropavimentos en caliente. Aplicación de nuevas tecnologías para el mantenimiento vial en Colombia.

TIPOS DE PLASTICOS. Disponible en Internet: [www.CAIP/qué son los plásticos/tipos de plásticos.htm](http://www.CAIP/qué%20son%20los%20plásticos/tipos%20de%20plásticos.htm)

TONDA Mauricio. Asfaltos modificados y sus aplicaciones. Disponible en Internet: www.monografias.com

ANEXOS

ANEXO 1

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS MATERIALES PLASTICOS

PESOS ESPECIFICOS

GRUPO	NOMBRE DE LA RESINA		
1	TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)	=	1.30 g/cm ³
2	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)	=	0.97 g/cm ³
3	POLICLORURO DE VINILO (PVC)	=	1.40 g/cm ³
4	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (PEBD)	=	0.95 g/cm ³
5	POLIPROPILENO (PP)	=	1.03 g/cm ³
6	POLIESTIRENO (PS)	=	1.05 g/cm ³
7	OTROS	=	1.50 g/cm ³

PORCENTAJES EN PESO DE CADA MATERIAL

GRUPO	NOMBRE DE LA RESINA		
1	TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)	=	0.0 %
2	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)	=	38.0 %
3	POLICLORURO DE VINILO (PVC)	=	0.0 %
4	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (PEBD)	=	24.0 %
5	POLIPROPILENO (PP)	=	18.0 %
6	POLIESTIRENO (PS)	=	14.0 %
7	OTROS	=	6.0 %

$$G_{plast} = \frac{100}{\frac{\%_{PET}}{G_{PET}} + \frac{\%_{PEAD}}{G_{PEAD}} + \frac{\%_{PVC}}{G_{PVC}} + \frac{\%_{PEBD}}{G_{PEBD}} + \frac{\%_{PP}}{G_{PP}} + \frac{\%_{PS}}{G_{PS}} + \frac{\%_{Otros}}{G_{Otros}}} = 1.01 \text{ gr/cm}^3$$

G_{xxx} : Peso Especifico

ANEXO 2

PARTE 1

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

I.N.V. E - 748

1. OBJETO

1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de la resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas para pavimentación. El procedimiento puede emplearse tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas.

2. RESUMEN DEL METODO

2.1 El procedimiento consiste en la fabricación de probetas cilíndricas de 101.6 mm (4") de diámetro y 63.5 mm (2½") de altura, preparadas como se describe en esta norma, rompiéndolas posteriormente en la prensa Marshall y determinando su estabilidad y deformación. Si se desean conocer los porcentajes de vacíos de las mezclas así fabricadas, se determinarán previamente los pesos específicos de los materiales empleados y de las probetas compactadas, antes del ensayo de rotura, de acuerdo con las normas correspondientes.

2.2 El procedimiento se inicia con la preparación de probetas de ensayo, para lo cual los materiales propuestos deben cumplir con las especificaciones de granulometría y demás, fijadas para el proyecto. Además, deberá determinarse previamente el peso específico aparente de los agregados, así como el peso específico del asfalto, y el análisis de Densidad-Vacíos.

Para determinar el contenido óptimo de asfalto para una gradación de agregados dada o preparada, se deberá elaborar una serie de probetas con distintos porcentajes de asfalto, de tal manera que al graficar los valores obtenidos después de ser ensayadas, permitan determinar ese valor "óptimo".

2.3 Cuando se utilizan asfaltos líquidos, se preparan y compactan muestras de prueba con distintos porcentajes de asfalto líquido como en el caso del cemento asfáltico, excepto que la temperatura de compactación se toma con base en la viscosidad del asfalto después del curado o sea cuando ha liberado la cantidad especificada de solventes.

3. APARATOS Y MATERIALES NECESARIOS

a) Dispositivo para moldear probetas: Consistente en una placa de base plana, con su molde y collar de extensión cilíndricos. El molde deberá tener un diámetro interior de 101.6 mm (4") y altura aproximada de 76.2 mm (3"); la placa de base y el collar de extensión deberán ser intercambiables, es decir ajustables en cualquiera de los dos extremos del molde. Se recomienda disponer de tres (3) moldes. Para facilidad de manejo, es conveniente que el molde esté provisto de garraderas.

b) Extractor de Probetas: Elemento de acero en forma de disco con diámetro de 100 mm (3.95") y 12.7 mm ($1/2$ ") de espesor, utilizado para extraer la probeta compactada del molde, con la ayuda del collar de extensión. Se requiere de un elemento adecuado para transferir suavemente la probeta del molde al collar.

c) Martillo de Compactación: Consistente en un dispositivo de acero formado por una base plana circular de 98.4 mm ($3\frac{7}{8}$ ") de diámetro y un pisón de 4.54 kg (10 lb) de peso total, montado en forma que proporcione una altura de caída de 457.2 mm (18"). El martillo de compactación puede estar equipado con el protector de dedos.

d) Pedestal de Compactación: Consistente en una pieza prismática de madera de base cuadrada de 200.3 mm de lado y 457.2 mm de altura (8" x 8" x 18") y provista en su cara superior de una platina cuadrada de acero de 304.8 mm de lado x 25.4 mm de espesor (12" x 12" x 1"), firmemente sujeta en la misma. La madera será roble u otra clase cuya densidad seca sea de 670 a 770 kg/m³ (42 a 48 lb/pie³). El conjunto se fijará firmemente a una base de concreto, debiendo quedar la platina de acero en posición horizontal.

e) Soporte para molde: Consistente en un dispositivo con resorte de tensión diseñado para centrar rígidamente el molde de compactación sobre el pedestal. Deberá asegurar el molde completo en su posición durante el proceso de compactación.

Nota 1: En lugar del martillo de operación manual y asociado con los equipos hasta ahora descritos, podrá usarse un martillo mecánico, el cual haya sido calibrado para ofrecer resultados comparables con los del martillo manual.

f) Mordaza y medidor de deformación. La mordaza consistirá en dos segmentos cilíndricos, con un radio de curvatura interior de 50.8 mm (2") finamente acabado. El segmento inferior, que terminará en una base plana, irá provisto de dos varillas perpendiculares a la base y que sirven de guía al segmento superior. El movimiento de este segmento se efectuará sin rozamiento apreciable. El medidor de deformación consistirá en un deformímetro de lectura final fija y dividido en centésimas de milímetro, firmemente sujeto al segmento superior y cuyo vástago se apoyará, cuando se realiza el ensayo, en una palanca ajustable acoplada al segmento inferior.

g) Prensa.- Para la rotura de las probetas se empleará una prensa mecánica con una velocidad uniforme de desplazamiento de 50.8 mm por minuto. Puede tener un motor eléctrico unido al mecanismo del pistón de carga.

h) Medidor de la estabilidad.- La resistencia de la probeta en el ensayo se medirá con un anillo dinamométrico acoplado a la prensa, de 20 kN (2039 kgf) de capacidad, con una sensibilidad de 50N (5 kgf) hasta 5 kN (510 kgf) y 100N (10 kgf) hasta 20 kN (2039 kgf). Las deformaciones del anillo se medirán con un deformímetro graduado en 0.001 mm.

Nota 2: En lugar de medir la estabilidad con un anillo dinamométrico, se puede emplear cualquier otro dispositivo de medida de carga que cumpla los requisitos indicados anteriormente.

i) Elementos de calefacción.- Para calentar los agregados, material asfáltico, conjunto de compactación y muestra, se empleará un horno o placa de calefacción, provisto de control termostático, capaz de mantener la temperatura requerida con un error menor de 3°C (5°F).

j) Mezcladora.- Es recomendable que la operación de mezclado de los materiales se realice con una mezcladora mecánica capaz de producir, en el menor tiempo posible, una mezcla homogénea a la temperatura requerida. Si la operación de mezclado se realiza a mano, para evitar el enfriamiento de los materiales, este proceso se realizará sobre una placa de calefacción o estufa, tomando las precauciones necesarias para evitar los sobrecalentamientos locales.

k) Tanque para agua, de 150 mm (6") de profundidad mínima y controlado termostáticamente para mantener la temperatura a $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($140 \pm 1.8^{\circ}\text{F}$) ó $37,8^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($100^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$). El tanque deberá tener un falso fondo perforado o estar equipado con un estante para mantener las probetas por lo menos a 50.8 mm (2") sobre el fondo del tanque.

l) Tamices.- Conjunto de: 50 mm (2"), 37.5 mm (1½"), 25.0 mm (1"), 19.0 mm (¾") 12.5 mm (½"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.36 mm (No.8); 300 µm (No.50), 75 µm (No.200).

m) Cámara de aire para las mezclas con asfalto líquido, controlada termostáticamente y la cual debe mantener la temperatura del aire a $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$. ($77^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$).

n) Termómetros blindados: De 10°C a 232°C (50°F a 450°F) para determinar las temperaturas del asfalto, agregados y mezcla, con sensibilidad de 3°C. Para la temperatura del baño de agua se utilizará un termómetro con escala de 20°C a 70°C y sensibilidad de 0.2°C (68°F a 158°F ± 0.4°F).

o) Balanzas: Una de cinco (5) kg de capacidad, sensible a un (1) g para pesar agregados y asfalto; otra de dos (2) kg de capacidad, sensible a 0.1 g para las probetas compactadas.

p) Guantes de soldador para manejar equipo caliente; guantes de caucho para sacar las muestras del baño de agua y crayolas para identificar las probetas.

q) Bandejas metálicas, de fondo plano para calentar agregados y cubetas metálicas redondas de 4 litros (1 galón) de capacidad, para mezclar asfalto y agregados, cucharones, recipiente con vertederos, espátulas, papel de filtro, etc.

4. PREPARACION DE PROBETAS

4.1 Número de Probetas.- Para una gradación particular del agregado, original o mezclada, se preparará una serie de probetas con diferentes contenidos de asfalto (con incrementos de 0.5% en peso, entre ellos); de tal manera que los resultados se puedan graficar en curvas que indiquen un valor "óptimo" definido, con puntos de cada lado de este valor. Como mínimo prepararán tres probetas para cada contenido y preferiblemente cinco.

4.2 Cantidad de materiales. Un diseño con seis contenidos de asfalto, necesitará entonces por lo menos dieciocho (18) probetas. Para cada probeta se necesitan aproximadamente 1.2 kg de agregados: el mínimo necesario para una serie de muestras de una gradación dada será entonces de 23 kilos (50 lb). y alrededor de 4.0 litros (1 galón) de cemento asfáltico, asfalto líquido o de alquitrán. Se requiere, además, una cantidad extra de material para análisis granulométricos y determinación de pesos específicos.

4.3 Preparación de los agregados.- Los agregados se secarán hasta peso constante entre 105°C y 110°C (221°F y 230°F) y se separarán por tamizado en los tamaños deseados. Se recomiendan las siguientes porciones:

25.0 a 19.0 mm (1" a 3/4");
19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8");
9.5 a 4.75 mm (3/8" a No.4);
4.75 a 2.36 mm (No.4 a No.8);
y pasa 2.36 mm (No.8).

4.4 Determinación de las temperaturas de mezcla y compactación. La temperatura a la cual se calentará el cemento asfáltico para las mezclas, será la requerida para producir una viscosidad de 170 ± 20 centistokes. (1 centistoke = $1 \text{ mm}^2/\text{S}$). La temperatura a la cual deberá calentarse el cemento asfáltico para que tenga una viscosidad de 280 ± 30 centistokes, será la temperatura de compactación.

Para asfaltos líquidos, la temperatura de mezclado, que es la que se debe alcanzar para que tenga una viscosidad de 170 ± 20 centistokes, puede determinarse a partir de la curva de viscosidad - temperatura del tipo y grado del asfalto que va a ser usado en cada caso particular.

Del diagrama de composición del asfalto líquido que se va a emplear, se determinará el porcentaje de solvente que contiene en peso, a partir de su viscosidad a 60°C (140°F). Igualmente, se determinará la viscosidad a 60°C (140°F) del asfalto líquido después de que haya perdido el 50%, del solvente. La temperatura de compactación será la determinada en el diagrama de viscosidad, como la temperatura a la cual deberá calentarse el asfalto líquido para producir una viscosidad de 280 ± 30 centistokes, después de una pérdida del 50% del contenido original del solvente, cuando se trate de mezclas para pavimentación. Para mezclas de conservación utilizando asfaltos líquidos, que se van a almacenar, se acepta hasta un 25% de pérdidas de solventes.

4.5 Preparación de las mezclas.- En bandejas taradas separadas para cada muestra, se pesarán sucesivamente las cantidades de cada porción de agregados, previamente calculadas de acuerdo con la gradación necesaria para la fabricación de cada probeta, de tal forma que ésta resulte con una altura de 63.5 ± 1.3 mm (Ver Nota No.3). Se calentarán los agregados en una plancha de calentamiento o en el horno a una temperatura de 28°C (50°F) por encima de la temperatura de compactación, cuando son mezclas con cemento asfáltico o alquitranes, a 14°C (25°F) (por encima) para mezclas con asfalto líquido. Se mezclan en seco los agregados y se forma a continuación un cráter en su centro, se añade la cantidad requerida de asfalto, debiendo estar ambos materiales en ese instante a temperaturas comprendidas dentro de los límites establecidos para el proceso de mezcla en el numeral 4.4. A continuación se mezclan los materiales preferiblemente con mezcladora mecánica, o en su defecto, a mano con espátula. De todas formas, este proceso de mezclado deberá realizarse lo más rápidamente posible hasta obtener una mezcla completa y homogénea. El asfalto no deberá permanecer a la temperatura de mezcla por más de una hora.

Nota.3: Para conseguir la altura adecuada de las probetas para el ensayo, es conveniente elaborar una probeta de prueba. Para ello, se tomará una cantidad de agregados de 1.2 kg, corrigiéndose luego para la altura debida, con la expresión:

En el sistema Internacional SI

$$\text{Peso correcto del agregado} = \frac{63.5 * \text{Peso usado de agregados}(kg)}{\text{Altura obtenida del aprobeta}(mm)}$$

En el sistema Inglés

$$\text{Peso correcto del agregado} = \frac{2.5 * \text{Peso usado de agregados}(lb)}{\text{Altura obtenida del aprobeta}(pg)}$$

Para el caso de asfaltos líquidos, una vez que la mezcla está homogénea, se pesa la bandeja con la mezcla y la espátula usada, con aproximación a 0.2 g y se coloca en un horno con ventilación para el curado, manteniéndola a la temperatura de compactación más 11°C (20°F) para contrarrestar la pérdida de calor durante el manipuleo de la mezcla.

El curado se controla verificando el peso cada 10 ó 15 minutos, haciendo comparación entre el peso de la mezcla y la pérdida de solvente. La mezcla se puede revolver con la

espátula durante el curado para acelerar la pérdida de solvente. Todos los pesos deben hacerse con aproximación a ± 0.2 g.

4.6 Compactación de las Probetas.- Simultáneamente con la preparación de la mezcla, el conjunto de collar, placa de base y la cara del martillo de compactación, se limpian y calientan en un baño de agua o en el horno a una temperatura comprendida entre 93°C y 149°C (200°F y 300°F).

Se monta el conjunto de compactación en la base y se sujeta rígidamente mediante el soporte de fijación. Se coloca un papel de filtro en el fondo del molde antes de colocar la mezcla.

Colóquese toda la mezcla recién fabricada en el molde, golpéese vigorosamente con una espátula o palustre caliente, 15 veces alrededor del perímetro y 10 sobre el interior. Quítese el collar y alísese la superficie hasta obtener una forma ligeramente redondeada. La temperatura de la mezcla inmediatamente antes de la compactación deberá hallarse dentro de los límites de temperatura de compactación establecidos en el Numeral 4.4.

Vuélvase a poner el collar y colóquese el conjunto en el soporte y sobre el pedestal de compactación. Aplíquense 35, 50 o 75 golpes según se especifique (si no se indica, úsese 50 golpes; para asfalto líquido aplíquense 75 golpes), de acuerdo con el tránsito de diseño, empleando para el martillo de compactación una caída libre de 457 mm (18"). Manténgase el eje del martillo perpendicular a la base del molde durante la compactación. Retírense la placa de base y el collar e inviértase; vuélvase a montar el molde, y aplíquese el mismo número de golpes a la cara invertida de la muestra.

Para el caso de asfaltos líquidos, el ensayo no se debe efectuar sino pasadas 16 horas luego de la compactación. Si la muestra debe ser almacenada por más de 24 horas antes del ensayo, se debe proteger de la exposición al aire mediante sellado en un recipiente cerrado a prueba de aire.

Nota 4: Cuando el ensayo se realice con mezclas anteriormente fabricadas y frías, se comenzará calentando en estufa, a una temperatura de unos 30°C (54°F) inferior a la especificada para la mezcla, la cantidad necesaria para obtener por cuarteo las porciones precisas para la fabricación de cada probeta. Estas porciones se calentarán entonces a la temperatura especificada para la compactación durante 1 hora, realizándose luego la compactación de la forma general. Cuando las probetas se fabriquen con mezclas tomadas en obra, el proceso general de compactación será el mismo que se describe en este procedimiento, cuidando igualmente que la temperatura de compactación sea la adecuada al tipo de ligante empleado. No deberá emplearse una mezcla que haya sido recalentada más de una vez.

Después de la compactación, retírense la base y déjese enfriar la muestra al aire hasta que no se produzca ninguna deformación cuando se la saque del molde. Pueden utilizarse ventiladores de mesa cuando se desee un enfriamiento más rápido, pero en ningún caso

agua, a menos que se coloque la muestra en una bolsa plástica. Sáquese la muestra del molde por medio de un gato u otro dispositivo apropiado, luego colóquese en una superficie plana, lisa. Generalmente se dejan enfriar las muestras durante la noche.

5. ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO

5.1 Colóquense las muestras preparadas con cemento asfáltico o con alquitrán a la temperatura especificada para inmersión en un baño de agua durante 30 o 40 minutos o en el horno durante 2 horas. Manténgase en el baño o el horno a $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($140^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$) para las muestras de cemento asfáltico y a $37.8^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($100^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$) para las muestras con alquitrán. Colóquense las muestras preparadas con asfalto líquido a la temperatura especificada en la cámara de aire por un mínimo de 2 horas. Manténgase la temperatura de la cámara a $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($77^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$).

Límpiese perfectamente las barras guías y las superficies interiores del molde de ensayo antes de la ejecución de éste, y lubríquense las barras guías de tal manera que el segmento superior de la mordaza se deslice libremente. La temperatura del molde de ensayo deberá mantenerse entre 21.1°C y 37.8°C (70°F a 100°F) empleando un baño de agua cuando sea necesario.

Retírese la probeta del baño de agua, horno o cámara de aire y colóquese centrada en el segmento inferior de la mordaza; se monta el segmento superior con el medidor de deformación y el conjunto se sitúa centrado en la prensa.

Colóquese el medidor de flujo, en su posición de uso sobre una de las barras - guía y ajústese a cero, mientras se mantiene firmemente contra el segmento superior de la mordaza.

Manténgase el vástago del medidor de flujo firmemente en contacto con el segmento superior de la mordaza mientras se aplica la carga durante el ensayo.

5.2 Aplíquese entonces la carga sobre la probeta con una prensa ó gato de carga con cabeza de diámetro mínimo de 50.8 mm (2") a una rata 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. Anótese este valor máximo de carga y, si es del caso, hágase la conversión. El valor total en Newtons (libras) que se necesite para producir la falla de la muestra se registrará como su valor de Estabilidad Marshall.

Como se dijo antes, mientras se efectúa el ensayo de estabilidad deberá mantenerse el medidor de flujo firmemente en posición sobre la barra - guía; libérese cuando comience a decrecer la carga y se anotará la lectura. Este será el valor del "flujo" para la muestra, expresado en 0.25 mm (1/100"). Por ejemplo, si la muestra se deformó 3.8 mm (0.15") el valor del flujo será de 15. Este valor expresa 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, deberá realizarse en un período no mayor de 30 segundos.

6. INFORME

- Tipo de muestra ensayada (muestra de Laboratorio o núcleo tomado de un pavimento).
- Valor promedio de la máxima carga en Newtons (lbf) de por lo menos tres especímenes, corregido cuando se requiera.
- Valor promedio del flujo, en 0.25 mm (0.01") de tres especímenes.
- Temperatura de ensayo.

7. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

AASHTO - T 245

ASTM - D 1559

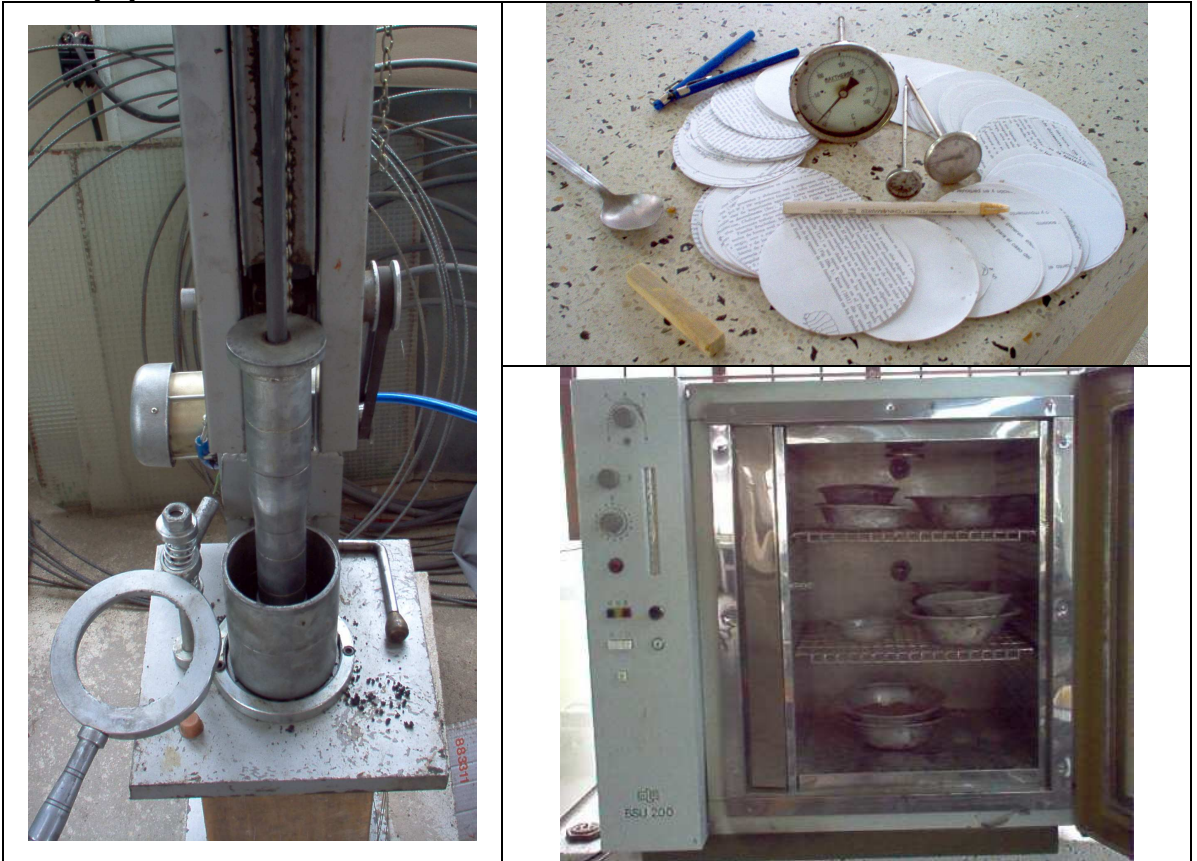
NLT - 159

PARTE 2

DESCRIPCION FOTOGRAFICA

1. ELABORACION DE BRIQUETAS DE ENSAYO

1.1 Equipos e Instrumentos



1.2 Materiales



1.3 Briquetas





1.4 Ensayos de Estabilidad y Flujo





ANEXO 4
PRUEBAS DE SUSCEPTIBILIDAD TERMICA
DEL ASFALTO

Los ensayos fueron realizados en los laboratorios de Materiales, Suelos y Pavimentos de la Universidad del Cauca.

Las muestras llevadas para el ensayo de susceptibilidad térmica, fueron acondicionadas así:

Muestra	Característica
1	Asfalto original de Barrancabermeja (AB)
2	AB, adicionando 0.5% de desechos plásticos
3	AB, adicionando 1.0% de desechos plásticos

Todos los porcentajes de adición de desechos plásticos fueron incorporados a partir de los porcentajes en peso de un ensayo Marshall.

Las muestras fueron llevadas en recipientes metálicos esterilizados, con el fin de evitar la contaminación de la muestra, además el asfalto destinado a la prueba, se extrajo de la mitad del recipiente, evitando aún más que la muestra estuviese contaminada.



La muestra extraída es llevada al horno a una temperatura de 135 °C, durante un período de 15 minutos.

El Reómetro empleado fue de marca Brookfield, modelo DV-III, **PROGRAMABLE RHEOMETER. THERMOSEL**, su operación consiste básicamente en una aguja que gira dentro de una cápsula que contiene a la muestra de asfalto, a través de la resistencia que presenta la muestra de asfalto a diferentes temperaturas, contra el movimiento de giro de la aguja, el reómetro indica valores de esfuerzo cortante en (dinas/cm^2), velocidad de

deformación en (seg^{-1}) y finalmente los valores de viscosidad en centiPoises, valores que se pueden corroborar por medio de la expresión:

$$\text{Viscosidad} = \frac{\text{Esfuerzo Cortante}}{\text{Velocidad de deformación}}$$



Como se muestra en las figuras, la aguja es la que se introduce y gira dentro de la muestra de asfalto. El equipo esta dotado de un conjunto de agujas de diferentes diámetros, su grosor es directamente proporcional al tamaño de la muestra a emplear, para los ensayos de las tres muestras se empleó la aguja #27, para la que fue necesaria una muestra de material de 10.5 gramos ($\pm 0.0001 \text{ g}$), cabe destacar la precisión en el pesaje de la muestra.



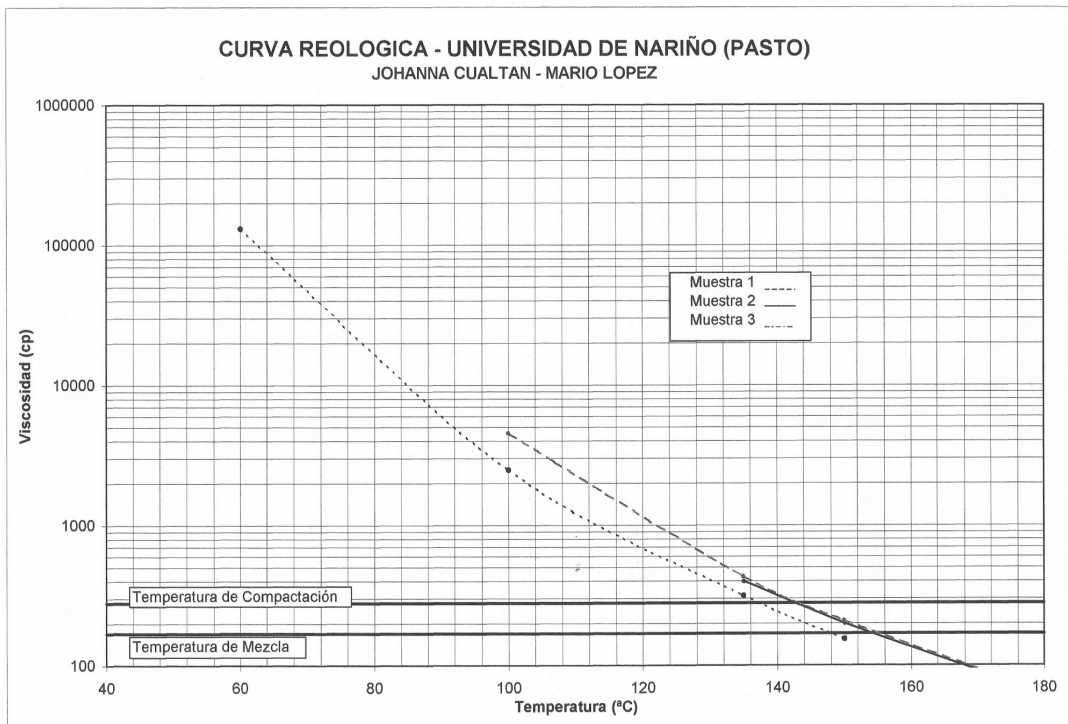
A continuación se presenta un análisis de los datos del segundo punto de la muestra número dos.

- Muestra: M 2
- RPM (Revoluciones por minuto): 250
- Torque (%): El torque esta dado en función de la temperatura, para una temperatura relativamente baja dentro del ensayo (60 a 100°C), se emplea un torque alto, alrededor del 90 %, valor que es descendente a medida que aumenta la temperatura en el transcurso del ensayo. En este caso el valor del torque fue de: 20.1 %.
- Esfuerzo Cortante: 171 dinas/cm²
- Velocidad de Deformación: 85 seg⁻¹
- Tiempo: se determina dependiendo de la temperatura, teniendo en cuenta que cuanto mayor sea esta, más rápido se homogeniza la muestra, es por esto que a temperaturas bajas se deja la muestra durante un período mayor. En este caso el tiempo fue de 10 minutos.
- Temperatura: definida dependiendo de las características del ensayo, según el grado de susceptibilidad térmica del asfalto, y de la cantidad de puntos para realizar la curva reológica. En este caso la temperatura fue de 150°C.
- Viscosidad: valor dado por la expresión descrita anteriormente, para los datos en estudio se tiene:

$$Viscosidad = \frac{171 \text{ dinas/cm}^2}{85 \text{ seg}^{-1}} = 2.011 \text{ Poises} * 100 = 201 \text{ cP}$$

El reómetro se controla con las revoluciones por minuto (RPM), esta se modifica según el porcentaje del torque que se desea lograr. El torque debe ser mayor al 10% según el fabricante.





Geotecnólogo JOHANNA CUALTAN

ANEXO 5

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO INV E-707

A =	Peso del picnómetro (con tapón):	95.8 g
B =	Peso del picnómetro con agua:	355.7 g
C =	Peso del picnómetro parcialmente lleno con asfalto:	269.7 g
D =	Peso del picnómetro con asfalto y con agua:	353.9 g

$$\text{PesoEspecífico} = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)} = 0.99 \text{ g/cm}^3$$

luego,

$$\text{Peso Unitario} = \text{Peso Específico} \cdot W_t = 0.99 \text{ g/cm}^3$$

dónde: W_t = Peso unitario del agua a la temperatura deseada

Temperatura de Ensayo		Peso Unitario del Agua	
°C	°F	g/cm ³	lb/gal
15.6	60	0.9990	8.337
25	77	0.9971	8.321

ANEXO 6
ENSAYO DE GRANULOMETRIA
INV E-213

PROYECTO : TESIS: "ASFALTOS MODIFICADOS"

FECHA: NOVIEMBRE 2004

DESCRIPCION MATERIAL: AGREGADOS PARA MDC-2

MUESTRA No. : 1

FUENTE DEL MATERIAL : CANTERA LA VEGA (Torobajo, Pasto)

CARACTERISTICAS AGREGADOS		Especificación INV-2002
EQUIVALENTE DE ARENA	61	50% Mínimo
MATERIA ORGANICA	0	18% Máximo (MgSO ₄)
I. LAJAS Y AGUJAS	2.1	30% Máximo

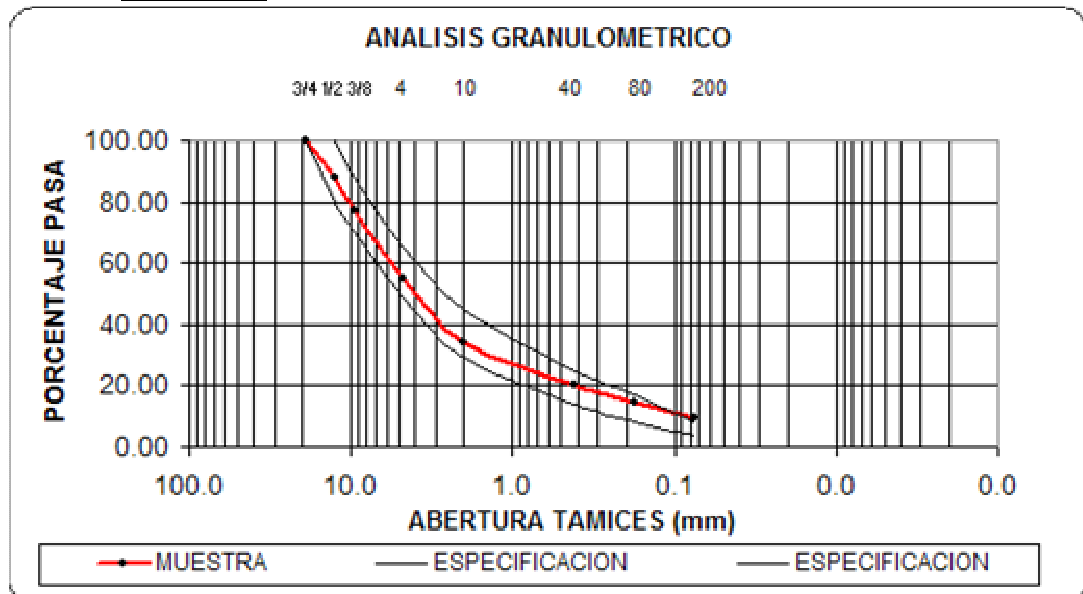
PESO DE MUESTRA ANTES DE LAVADO 3196.0 g

PESO DE MUESTRA DESPUES DE LAVADO 2909.5 g

Diferencia: 286.5 g

GRANULOMETRIA AGREGADOS

TAMIZ No.	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE PASA	ESPECIFICACION INV-2002		TOLERANCIAS	
3/4	0.0	0	19.0	100.00	100			
1/2	383.1	12.0	12.7	88.01	80.0	100.0	+/- 4%	
3/8	341.0	10.7	9.51	77.34	70.0	88.0	+/- 4%	
No4	715.4	22.4	4.75	54.96	49.0	65.0	+/- 4%	
No.10	665.0	20.8	2.0	34.15	29.0	45.0	+/- 4%	
No.40	448.9	14.0	0.42	20.11	14.0	25.0	+/- 3%	
No.80	170.4	5.3	0.177	14.77	8.0	17.0	+/- 3%	
No.200	166.6	5.2	0.074	9.56	4.0	8.0	+/- 3%	
PASA200	19.1	0.6		8.96			+/-1%	
	3196.0	Peso de la muestra sin lavar						



ANEXO 7

PESOS ESPECIFICOS DE LOS AGREGADOS MINERALES

PESO ESPECIFICO **GRAVILLA** (*Pasante Tamiz # 3/4 y Retenido en Tamiz # 4*)

Peso de Recipiente: 144 g

Peso de Recipiente Sumergido: 1074.4 g

PESO MUESTRA SECA (g)	PESO MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (g)	PESO MUESTRA SUMERGIDA (g)	PESO ESPECIFICO APARENTE (g/cm ³)	PESO ESPECIFICO NOMINAL (g/cm ³)	PORCENTAJE DE ABSORCION (%)
2386	2446.7	2508.8	2.58	2.78	44.21

PESO ESPECIFICO **ARENA GRUESA** (*Pasante Tamiz # 4 y Retenido en Tamiz # 80*)

PESO DE RECIPIENTE (g)	PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (g)	PESO RECIPIENTE + AGUA (g)	PESO RECIPIENTE + AGUA + MUESTRA (g)	PESO ESPECIFICO NOMINAL (g/cm ³)
885.80	1908.80	2021.10	2681.40	2.82

PESO ESPECIFICO **ARENA FINA** (*Pasante Tamiz # 80 y Retenido en Tamiz # 200*)

PESO DE RECIPIENTE (g)	PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (g)	PESO RECIPIENTE + AGUA (g)	PESO RECIPIENTE + AGUA + MUESTRA (g)	PESO ESPECIFICO NOMINAL (g/cm ³)
885.80	1648.90	2021.10	2514.20	2.83

PESO ESPECIFICO **LLENANTE MINERAL** (*Pasante Tamiz # 200*)

PESO DE RECIPIENTE (g)	PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (g)	PESO RECIPIENTE + AGUA (g)	PESO RECIPIENTE + AGUA + MUESTRA (g)	PESO ESPECIFICO NOMINAL (g/cm ³)
885.80	1141.2	2021.10	2187.1	2.86

**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO PROMEDIO
DE LOS AGREGADOS**

PESOS ESPECIFICOS

GRAVILLA (<i>Pasa 3/4, retenido # 4</i>)	=	2.78 gr/cm ³
ARENA GRUESA (<i>Pasa # 4, retenido # 80</i>)	=	2.82 gr/cm ³
ARENA FINA (<i>Pasa # 80, retenido # 200</i>)	=	2.83 gr/cm ³
LLENANTE MINERAL (<i>Pasa # 200</i>)	=	2.86 gr/cm ³

PORCENTAJES EN PESO DE CADA TAMAÑO DE AGREGADOS

GRAVILLA (<i>Pasa 3/4, retenido # 4</i>)	=	45.04 %
ARENA GRUESA (<i>Pasa # 4, retenido # 80</i>)	=	40.2 %
ARENA FINA (<i>Pasa # 80, retenido # 200</i>)	=	5.2 %
LLENANTE MINERAL (<i>Pasa # 200</i>)	=	9.56 %

$$G_{agr} = \frac{100}{\frac{\%_{gravilla}}{G_{gravilla}} + \frac{\%_{arena\ gruesa}}{G_{arena\ gruesa}} + \frac{\%_{arena\ fina}}{G_{arena\ fina}} + \frac{\%_{llenante}}{G_{llenante}}} = 2.804 \text{ gr/cm}^3$$

ANEXO 8

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA INV E-133

Proyecto: Tesis "Asfalto Modificado con desechos plásticos"

Descripción del material: Agregados para MDC-2

Fuente del Material: Cantera La Vega, Briceño, Pasto

Localización del Muestreo: Laboratorio TRAE Ltda.

Muestra #	1	2	3
Lectura del Nivel de Arcilla	147	147	147
Lectura del Nivel de Arena	89	90	90
EQUIVALENTE DE ARENA %	60.5	61.2	61.2

Valor Promedio del equivalente de Arena: **61 %**

Requerimiento, Especificación INV **50% Valor mínimo**
Artículo 400 de 2002

ANEXO 9

ENSAYO DE DETERMINACION DE PARTICULAS FRACTURADAS MECANICAMENTE INV E-227

Proyecto: Tesis "Asfalto Modificado con desechos plásticos"

Descripción del material: Agregados para MDC-2

Fuente del Material: Cantera La Vega, Briceño, Pasto

Localización del Muestreo: Laboratorio TRAE Ltda.

FRACCION	PESO FRACCION (g)	PESO DE PARTICULAS FRACTURADAS (g)	PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS (%)	PORCENTAJE RETENIDO GRANULOMETRIA ORIGINAL (%)	PORCENTAJE CORREGIDO DE PARTICULAS FRACTURADAS (%)
1 - 3/4	-	-	-	-	-
3/4 - 1/2	1000	803.7	98.1	37.3	36.5913
1/2 - 3/8	1000	982.3	98.23	28.6	28.09378
3/8 - No. 4	1000	896.7	89.67	30	26.901

Porcentaje de partículas fracturadas en la muestra:

91.6 %

Requerimiento, Especificación INV

Artículo 400 de 2002

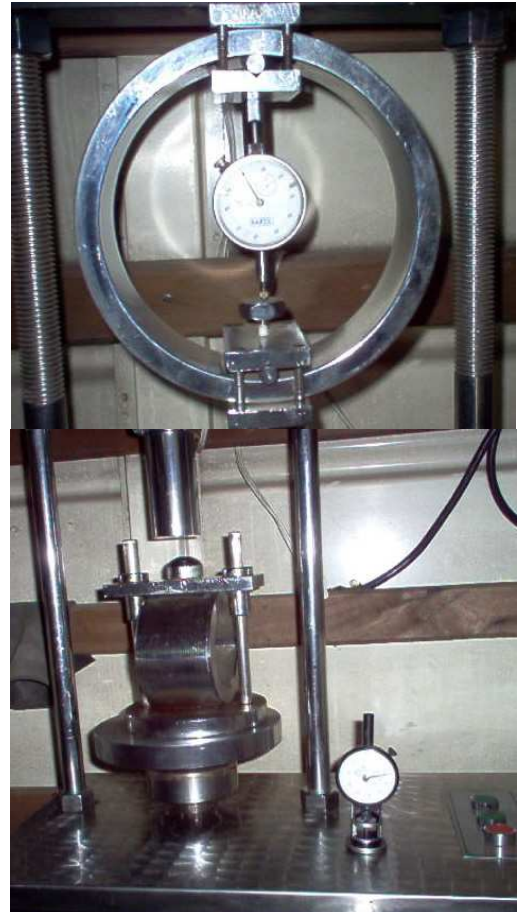
75% MINIMO

ANEXO 10 INFORME DE CALIBRACION DE LA PRENSA MARSHALL

La prensa empleada para ejecutar las pruebas de estabilidad y flujo de las briquetas compactadas, posee las siguientes características:

- Máquina de doble finalidad para ensayos Marshall y CBR.
- Capacidad de 30 kN para ensayos Marshall y 50 kN para el CBR.
- Velocidades de plato de 50.8 mm/min, 1 mm/min y 1.27 mm/min.

La máquina está diseñada para hacer ensayos Marshall de estabilidad según las normas BS 594 y ASTM D1559. El bastidor de carga comprende un conjunto rígido de dos columnas y tiene un botón de cambio que selecciona rápidamente las velocidades de plato para los ensayos Marshall (50.8 mm/min).



ANEXO 11
ENSAYO DE RICE
DETERMINACION DEL PESO ESPECÍFICO MAXIMO MEDIDO

El peso específico máximo medido, se realiza sobre la muestra asfáltica sin compactar, es decir, exenta de los vacíos con aire que se puedan generar durante el proceso de compactación mecánica. El método más común para encontrar este valor, fue desarrollado por James Rice. Su valor es necesario para conocer el porcentaje de asfalto absorbido por los agregados minerales y el volumen real de los vacíos con aire que tendrá la muestra asfáltica cuando se haya compactado.

El equipo necesario para el ensayo es:

- Balanza, precisión 0.1g, capacidad 3000g.
- Erlenmeyer, capacidad mínima 1000 cm³, resistente al vacío parcial.
- Bomba de vacío.
- Baño de agua con termostato.
- Embudo, tapones de caucho, franelas.

Muestra para el ensayo: una vez ensayadas las briquetas, se procede a desmoronar una de cada porcentaje de contenido plástico (la que no fue parafinada), con cuidado de no perder alguna de sus partículas. Se almacena y se marca para determinar el peso específico de la mezcla. El tamaño de la muestra se da de acuerdo a la siguiente tabla:

Tamaño de la muestra para la determinación del peso específico

Tamaño máximo del agregado (pg)	Tamaño mínimo de la muestra de ensayo (g)
1	2500
$\frac{3}{4}$	2000
$\frac{1}{2}$	1500
$\frac{3}{8}$	1000
Tamiz # 4	500

Para el caso particular de la presente investigación, el tamaño máximo del agregado mineral fue de $\frac{3}{8}$ ", por tanto con el contenido de una briketa fue suficiente para realizar con certeza cada ensayo.

Procedimiento de ensayo: luego de realizar el ensayo de estabilidad y flujo en la prensa Marshall, y cuando la briketa aún mantiene la temperatura de 60°C, se desmenuza completamente dejándola con tamaños siempre inferiores a $\frac{1}{4}$ " para los grumos de material fino, luego se deja que la muestra alcance la temperatura ambiente y se seque, esta se guarda en una bolsa plástica y se marca con su respectivo número de briketa.

Cada briketa desmenuzada es introducida en el erlenmeyer con la ayuda de un embudo, se lleva a la balanza y se pesa, luego se adiciona agua a 25°C de forma que cubra a la muestra dentro del erlenmeyer. Una vez logrado esto, se expone el contenido del frasco al vacío

parcial producido por la bomba. El frasco se debe agitar con el fin de ayudar a eliminar las burbujas durante el proceso que aproximadamente tarda quince (15) minutos. Luego se llena el recipiente con agua y se lleva a un baño hasta alcanzar una temperatura de 25°C y se pesa el conjunto. El peso específico se obtiene mediante la expresión:

$$G_{mm} = \frac{W_s}{W_s - (W_{mfa} - W_{fa})}$$

Siendo: G_{mm} = Peso Específico Máximo Medido
 W_s = Peso de la muestra seca
 W_{fa} = Peso del frasco lleno con agua
 W_{mfa} = Peso de la muestra con agua y frasco

A continuación se presenta el cálculo del (G_{mm}) para la muestra del ensayo Marshall con plásticos # 3, porcentaje de plásticos 0.25% y briqueta # 1, los datos para el presente ensayo fueron:

- Peso del frasco (W_f): 885.4 g
- Peso del frasco + agua a 25°C (W_{fa}): 2020 g
- Peso de la muestra seca + frasco (W_{sf}): 1947.2 g
- Peso de la muestra seca ($W_s = W_{sf} - W_f$): 1061.8 g
- Peso de la muestra + frasco + agua a 25°C (W_{mfa}) 2650.0 g

$$G_{mm} = \frac{1061.8}{1061.8 - (2650.0 - 2020.0)} = 2.46 \text{ g/cm}^3$$

De manera similar se procedió a calcular cada uno de los datos de los demás ensayos.



ANEXO 12

ENSAYOS MARSHALL 2 y 3

**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO
DE LIGANTE EN LA MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL**

**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 2**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 490.0 g

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	5.00 %
--	---------------

Briq #	PESO (g)				Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	sss	sum+c	sum					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1151.2	1159.9	1133.7	643.7	6.31	6.31	6.29	6.30	171.0	971.3	11
2	1181.1	1191.3	1141.8	651.8	6.47	6.50	6.51	6.49	157.0	891.9	10
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1166.2	1175.6	1137.8	647.8	6.41	6.42	6.42	6.42	162.0	920.3	10

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	5.50 %
--	---------------

1	1200.8	1236.0	1175.2	685.2	6.49	6.52	6.52	6.51	174.0	988.3	10
2	1208.3	1240.1	1176.5	686.5	6.74	6.78	6.79	6.77	179.0	1016.6	12
3	1204.1	1234.9	1180.1	690.1	6.84	6.80	6.80	6.81	203.0	1152.5	11
4	1199.9	1220.0	1167.3	677.3	6.78	6.75	6.74	6.76	169.0	959.9	11

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	6.00 %
--	---------------

1	1200.0	1229.8	1187.2	697.2	6.79	6.82	6.82	6.81	201.0	1141.2	14
2	1202.2	1234.3	1189.2	699.2	6.68	6.65	6.67	6.67	199.0	1129.8	14
3	1210.3	1242.1	1194.3	704.3	6.59	6.57	6.53	6.56	215.0	1220.4	13
4	1197.8	1212.6	1192.1	702.1	6.74	6.74	6.73	6.74	210.0	1192.1	12

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	6.50 %
--	---------------

1	1200.3	1257.2	1198.0	708.0	6.54	6.59	6.47	6.53	190.0	1078.9	15
2	1200.9	1265.8	1198.9	708.9	6.60	6.58	6.54	6.57	197.0	1118.5	15
3	1191.2	1263.8	1199.5	709.5	6.71	6.80	6.69	6.73	189.0	1073.2	14
4	1198.8	1221.1	1201.9	711.9	6.59	6.63	6.63	6.62	201.0	1141.2	14

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	7.00 %
--	---------------

1	1191.1	1270.0	1199.9	709.9	6.78	6.79	6.84	6.80	152.0	863.6	16
2	1195.2	1260.8	1201.7	711.7	6.74	6.68	6.69	6.70	154.0	874.9	16
3	1188.7	1259.9	1200.2	710.2	6.84	6.84	6.78	6.82	109.0	619.8	15
4	1190.3	1269.4	1198.9	708.9	6.70	6.71	6.72	6.71	154.0	874.9	16

(sss): Peso de la briqueta saturada con superficie seca
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 2**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	3	2020	1964.7	2651.2	2.41
0.25	2	2020	1983.5	2658.7	2.39
0.50	4	2020	1980.1	2655.4	2.38
0.75	1	2020	1990.4	2658.1	2.37
1.00	3	2020	1978.3	2647.3	2.35

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 2**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

Contenido de asfalto %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL		Vacios en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo		
							seco	sum	sss	*BULK*	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO			CON AIRE EFECTIVO	
5.00	1	6.30	971.3	1.00	971.3	11	1151.2	643.7	1159.9	2.23								
	2	6.49	891.9	0.96	856.3	10	1181.1	651.8	1191.3	2.19								
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
	4	6.42	920.3	0.96	883.5	10	1166.2	647.8	1175.6	2.21								
	Promedio	6.40				903.7	10				2.21	2.569	2.41	0.17	74.9	8.3	16.9	25.1
5.50	1	6.51	988.3	0.96	948.7	10	1200.8	685.2	1236.0	2.18								
	2	6.77	1017	0.90	914.9	12	1208.3	686.5	1240.1	2.18								
	3	6.81	-	-	-	11	1204.1	690.1	1234.9	2.21								
	4	6.76	959.9	0.91	873.5	11	1199.9	677.3	1220.0	2.21								
	Promedio	6.71				912.4	11				2.20	2.547	2.39	0.17	74.0	8.1	17.9	26.0
6.00	1	6.81	1141	0.89	1015.6	14	1200.0	697.2	1229.8	2.25								
	2	6.67	1130	0.93	1050.8	14	1202.2	699.2	1234.3	2.25								
	3	6.56	1220	0.96	1171.6	13	1210.3	704.3	1242.1	2.25								
	4	6.74	1192	0.91	1084.8	12	1197.8	702.1	1212.6	2.35								
	Promedio	6.69				1080.7	13				2.27	2.526	2.38	0.18	76.2	4.6	19.2	23.8
6.50	1	6.53	1079	0.96	1035.7	15	1200.3	708.0	1257.2	2.19								
	2	6.57	1119	0.95	1062.6	15	1200.9	708.9	1265.8	2.16								
	3	6.73	1073	0.91	976.6	14	1191.2	709.5	1263.8	2.15								
	4	6.62	1141	0.94	1072.7	14	1198.8	711.9	1221.1	2.35								
	Promedio	6.61				1036.9	15				2.21	2.506	2.37	0.18	73.7	6.6	19.7	26.3
7.00	1	6.80	863.6	0.90	777.2	16	1191.1	709.9	1270.0	2.13								
	2	6.70	874.9	0.92	804.9	16	1195.2	711.7	1260.8	2.18								
	3	6.92	619.8	0.89	551.6	15	1188.7	710.2	1259.9	2.16								
	4	6.71	874.9	0.92	804.9	16	1190.3	708.9	1269.4	2.12								
	Promedio	6.76				734.7	16				2.15	2.485	2.35	0.18	71.2	8.5	20.3	28.8

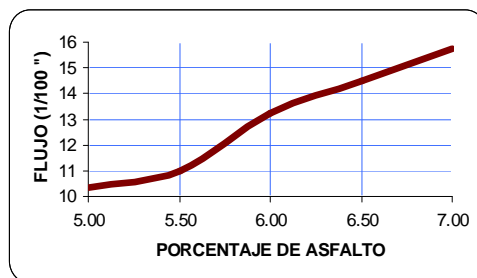
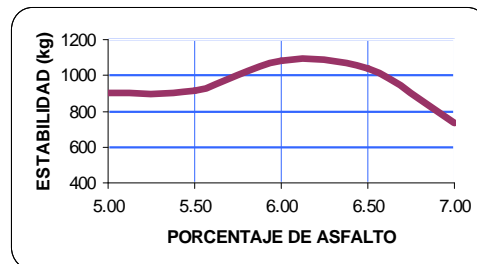
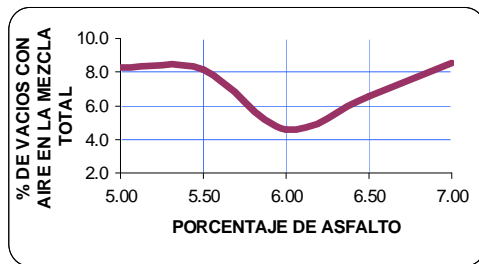
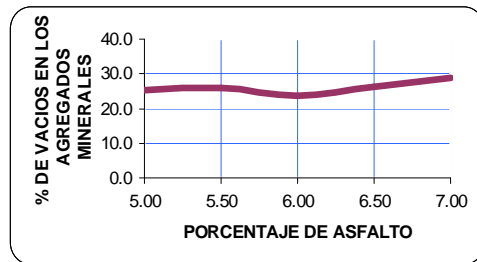
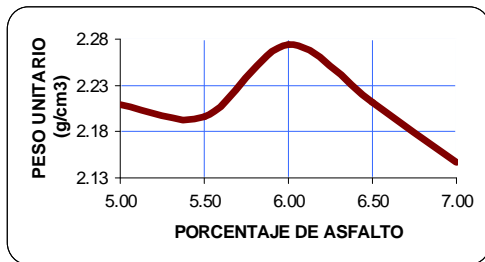
(bq): Briqueta.
(h): Altura

Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748
ENSAYO # 2

Proyecto: Tesis "Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos"



CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO: **6.1 %**

**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 3**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 489.6 g

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	5.00 %
--	---------------

Briq #	PESO (g)				Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	sss	sum+c	sum					Estabilidad	Carga	Flujo
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1145.2	1151.1	1126.8	637.2	6.50	6.53	6.53	6.52	161.0	914.6	9
3	1199.8	1205.7	1151.2	661.6	6.38	6.38	6.42	6.39	155.0	880.6	10
4	1172.5	1178.4	1139.0	649.4	6.39	6.47	6.39	6.42	162.0	920.3	11

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	5.50 %
--	---------------

1	1203.1	1241.1	1178.2	688.6	6.49	6.45	6.50	6.48	221.0	1254.4	10
2	1202.5	1238.4	1177.9	688.3	6.77	6.80	6.79	6.79	170.0	965.6	11
3	1210.0	1276.3	1181.2	691.6	6.90	6.85	6.86	6.87	172.0	976.9	11
4	1205.2	1251.9	1179.1	689.5	6.77	6.59	6.75	6.70	165.0	937.3	11

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	6.00 %
--	---------------

1	1201.6	1268.2	1200.2	710.6	6.54	6.49	6.50	6.51	200.0	1135.5	13
2	1200.1	1212.1	1203.1	713.5	6.59	6.65	6.67	6.64	198.0	1124.2	14
3	1199.7	1266.5	1199.5	709.9	6.56	6.60	6.55	6.57	204.0	1158.2	13
4	1200.5	1248.9	1200.9	711.3	6.77	6.71	6.73	6.74	201.0	1141.2	11

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	6.50 %
--	---------------

1	1201.1	1266.2	1200.0	710.4	6.48	6.57	6.55	6.53	201.0	1141.2	14
2	1200.5	1514.8	1200.1	710.5	6.62	6.60	6.63	6.62	222.0	1260.0	16
3	1203.0	1169.2	1199.6	710.0	6.54	6.50	6.49	6.51	210.0	1192.1	15
4	1201.5	1316.7	1199.9	710.3	6.60	6.67	6.63	6.63	205.0	1163.8	15

PORCENTAJE DE ASFLATO EN LA MEZCLA:	7.00 %
--	---------------

1	1192.1	1167.5	1199.0	709.4	6.84	6.81	6.77	6.81	166.0	942.9	15
2	1197.2	1266.9	1201.8	712.2	6.70	6.70	6.70	6.70	156.0	886.3	17
3	1194.7	1217.2	1200.4	710.8	6.71	6.75	6.69	6.72	148.0	840.9	16
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(sss): Peso de la briqueta saturada con superficie seca

(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.

(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.

(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.

El valor de la carga está dado en Kilogramos.

El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 3**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Específico Máximo Medido g/cm ³
0.00	3	2020	1957.9	2648.3	2.41
0.25	2	2020	2009.5	2674.3	2.39
0.50	4	2020	1985.3	2658.1	2.38
0.75	1	2020	2016.8	2674.1	2.37
1.00	3	2020	1955.2	2634.3	2.35

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 3**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

Contenido de asfalto %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO			ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacios en Agregados	% de Asfalto Efectivo
							seco	sum	sss	*BULK*	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO		AGREGADO	VACIOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO		
5.00	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	6.52	914.6	0.96	878.0	9	1145.2	637.2	1151.1	2.23								
	3	6.39	880.6	1.00	880.6	10	1199.8	661.6	1205.7	2.21								
	4	6.42	920.3	1.00	920.3	11	1172.5	649.4	1178.4	2.22								
Promedio	6.44			893.0	10				2.22	2.569	2.41	0.17	75.1	8.2	16.7	24.9	4.84	
5.50	1	6.48	1254	-	-	10	1203.1	688.6	1241.1	2.18								
	2	6.79	965.6	0.90	869.0	11	1202.5	688.3	1238.4	2.19								
	3	6.87	976.9	0.88	859.7	11	1210.0	691.6	1276.3	2.07								
	4	6.70	937.3	0.92	862.3	11	1205.2	689.5	1251.9	2.14								
Promedio	6.71			863.7	11				2.14	2.547	2.39	0.17	72.3	10.4	17.3	27.7	5.34	
6.00	1	6.51	1136	0.96	1090.1	13	1201.6	710.6	1268.2	2.15								
	2	6.64	1124	0.94	1056.7	14	1200.1	713.5	1212.1	2.41								
	3	6.57	1158	0.95	1100.2	13	1199.7	709.9	1266.5	2.16								
	4	6.74	1141	0.91	1038.5	11	1200.5	711.3	1248.9	2.23								
Promedio	6.61			1071.4	13				2.24	2.526	2.38	0.18	75.0	6.1	18.9	25.0	5.83	
6.50	1	6.53	1141	0.96	1095.5	14	1201.1	710.4	1266.2	2.16								
	2	6.62	1260	0.94	1184.4	16	1200.5	710.5	1514.8	1.49								
	3	6.51	1192	0.96	1144.4	15	1203.0	710.0	1169.2	2.62								
	4	6.63	1164	0.94	1094.0	15	1201.5	710.3	1316.7	1.98								
Promedio	6.57			1129.6	15				2.06	2.506	2.37	0.18	68.8	12.9	18.2	31.2	6.33	
7.00	1	6.81	942.9	0.89	839.2	15	1192.1	709.4	1167.5	2.80								
	2	6.70	886.3	0.92	815.4	17	1197.2	712.2	1266.9	2.16								
	3	6.72	840.9	0.92	773.7	16	1194.7	710.8	1217.2	2.36								
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
Promedio	6.74			809.4	16				2.37	2.485	2.35	0.18	78.7	-1.0	22.3	21.3	6.83	

(bq): Briqueta.

(h): Altura

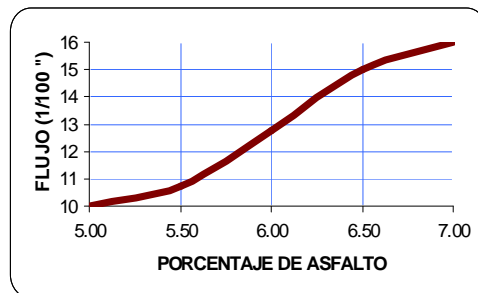
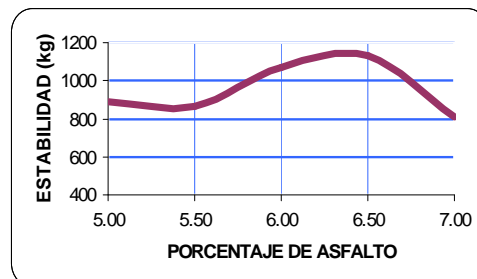
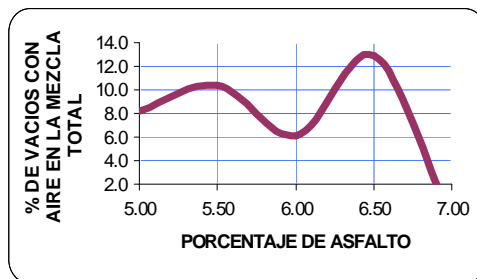
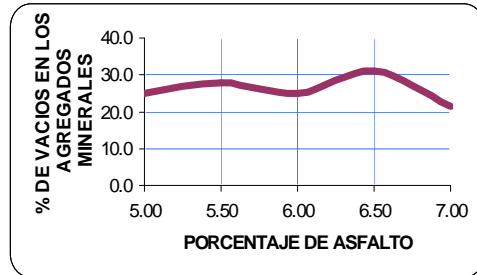
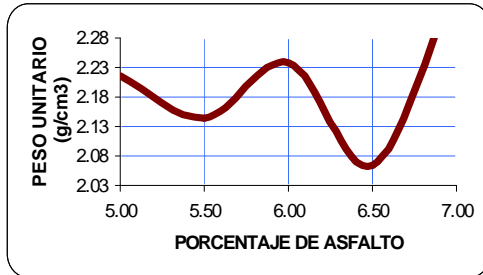
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO # 3

Proyecto: Tesis "Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos"



ANEXO 13

ENSAYOS MARSHALL 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10

**MUESTRA PATRON PARA DETERMINAR EL NUMERO DE
REPETICIONES DEL ENSAYO MARSHALL**

DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 1

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 489.8 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:	0.00 %
--	---------------

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1194.5	-	-	-	-	6.61	6.64	6.65	6.63	201.0	1141.0	12
2	1198.8	1212.3	1147.3	657.5	13.5	6.60	6.62	6.63	6.62	195.0	1107.1	12
3	1203.9	1216.9	1127.3	637.5	13.0	6.52	6.52	6.55	6.53	204.0	1158.0	13
4	1194.6	1213.5	1146.9	657.1	18.9	6.62	6.62	6.58	6.61	127.0	721.8	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:	0.25 %
--	---------------

1	1188.5	1199.0	1142.2	652.4	10.5	6.72	6.69	6.70	6.70	196.0	1112.7	11
2	1201.1	-	-	-	-	6.75	6.75	6.77	6.76	184.0	1044.8	11
3	1207.0	1215.6	1145.8	656.0	8.6	6.80	6.75	6.74	6.76	200.0	1135.4	12
4	1201.2	1207.0	1140.5	650.7	5.8	6.81	6.80	6.80	6.80	175.0	993.8	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:	0.50 %
--	---------------

1	1206.4	1220.3	1139.4	649.6	13.9	6.84	6.84	6.81	6.83	157.0	891.9	11
2	1199.8	-	-	-	-	6.91	6.90	6.88	6.90	162.0	920.2	11
3	1200.1	1213.3	1125.8	636.0	13.2	6.82	6.82	6.78	6.81	172.0	976.9	10
4	1203.7	1216.9	1124.1	634.3	13.2	6.84	6.86	6.86	6.85	160.0	908.9	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:	0.75 %
--	---------------

1	1208.2	1221.4	1136.2	646.4	13.2	7.02	7.01	6.98	7.00	201.0	1141.0	11
2	1204.0	-	-	-	-	6.99	6.99	6.96	6.98	204.0	1158.0	10
3	1200.0	1220.8	1119.8	630.0	20.8	7.00	7.02	6.98	7.00	200.0	1135.4	11
4	1200.4	1211.9	1127.9	638.1	11.5	6.95	6.94	6.95	6.95	189.0	1073.1	9

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:	1.00 %
--	---------------

1	1198.2	1206.4	1115.3	625.5	8.2	7.20	7.18	7.15	7.18	124.0	704.8	12
2	1199.6	-	-	-	-	7.13	7.11	7.14	7.13	154.0	874.9	11
3	1204.4	1215.5	1112.0	622.2	11.1	7.28	7.24	7.23	7.25	126.0	716.2	12
4	1197.2	1208.9	1109.2	619.4	11.7	7.11	7.14	7.12	7.12	142.0	806.9	12

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL (con Plásticos) # 1**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	1	2020	1912.1	2630.1	2.46
0.25	2	2020	1894.3	2620.4	2.47
0.50	2	2020	1900.2	2622.3	2.46
0.75	2	2020	1850.2	2590.6	2.45
1.00	2	2020	1860.0	2599.6	2.47

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO (con Plástico) # 1**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacios en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.63	1141	0.94	1072.6	12	1194.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.62	1107	0.94	1040.7	12	1198.8	657.5	1212.3	2.22	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	6.53	1158	0.96	1111.7	13	1203.9	637.5	1216.9	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.61	721.8	-	-	12	1194.6	657.1	1213.5	2.23	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.60				1075.0	12				2.19	2.518	2.46	0.92	73.4	11.0	15.6	26.6	5.34
0.25	1	6.70	1113	0.92	1023.7	11	1188.5	652.4	1199.0	2.22	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.76	1045	0.91	950.8	11	1201.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	6.76	1135	0.91	1033.2	12	1207.0	656.0	1215.6	2.19	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.80	993.8	0.90	894.5	12	1201.2	650.7	1207.0	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.76				975.5	12				2.20	2.518	2.47	0.82	73.6	10.9	15.5	26.4	5.17
0.50	1	6.83	991.9	0.89	793.8	11	1206.4	649.6	1220.3	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.90	920.2	0.88	809.8	11	1199.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	6.81	976.9	0.89	869.4	10	1200.1	636.0	1213.3	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.85	908.9	0.89	808.9	11	1203.7	634.3	1216.9	2.12	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.85				820.5	11				2.14	2.519	2.46	1.01	71.6	12.9	15.4	28.4	4.75
0.75	1	7.00	1141	0.86	981.3	11	1208.2	646.4	1221.4	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.98	1158	0.86	995.9	10	1204.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	7.00	1135	0.86	976.4	11	1200.0	630.0	1220.8	2.11	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.95	1073	0.87	933.6	9	1200.4	638.1	1211.9	2.14	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.98				971.8	10				2.14	2.519	2.45	1.23	71.5	12.7	15.8	28.5	4.29
1.00	1	7.18	704.8	0.82	578.0	12	1198.2	625.5	1206.4	2.10	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.13	874.9	0.83	726.2	11	1199.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	7.25	716.2	0.81	580.1	12	1204.4	622.2	1215.5	2.07	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.12	806.9	0.83	669.7	12	1197.2	619.4	1208.9	2.08	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.17				638.5	12				2.08	2.519	2.47	0.88	69.6	15.6	14.7	30.4	4.37

(bq): Briqueta.
(h): Altura

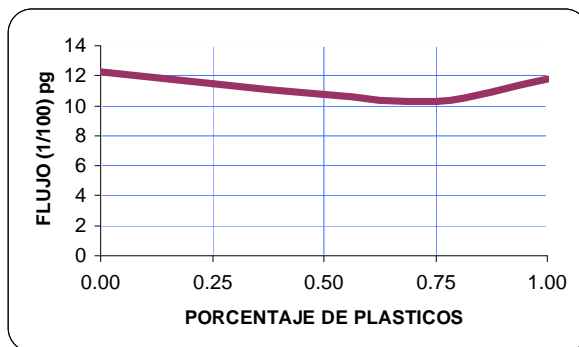
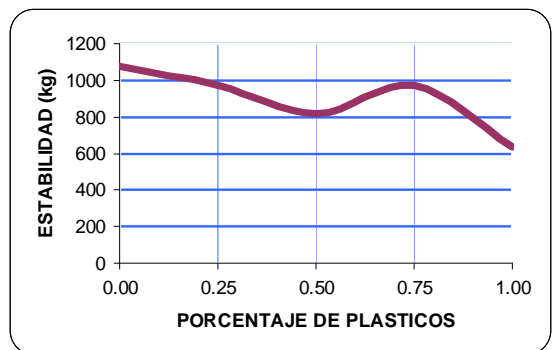
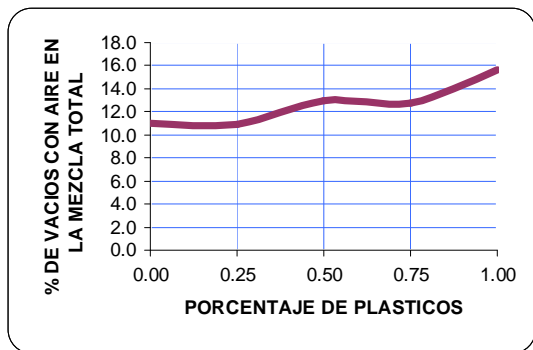
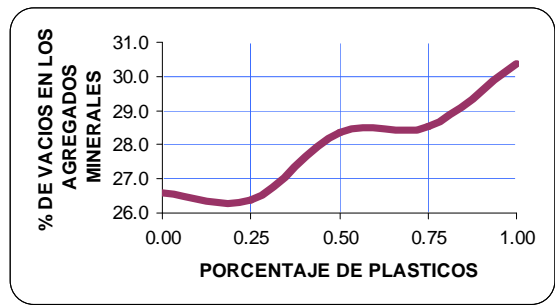
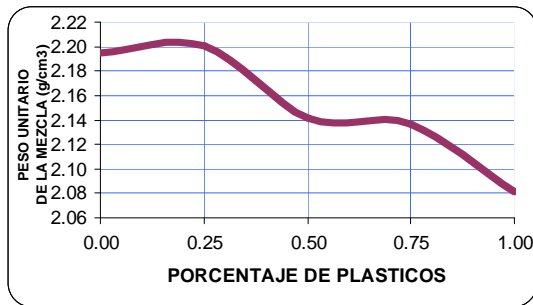
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 1

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 2

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 494.1 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:											0.00 %	
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1198.8	1212.3	1147.2	653.1	13.5	6.61	6.62	6.61	6.61	195.0	1107.1	12
2	1203.8	1217.4	1127.3	633.2	13.6	6.70	6.68	6.68	6.69	187.0	1061.8	12
3	1203.7	1213.5	1144.1	650.0	9.8	6.58	6.57	6.60	6.58	201.0	1141.0	14
4	1205.9	-	-	-	-	6.55	6.54	6.52	6.54	216.0	1225.9	13

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:											0.25 %	
1	1206.4	1217.1	1145.6	651.5	10.7	6.69	6.72	6.70	6.70	187.0	1061.8	12
2	1204.1	1216.2	1131.9	637.8	12.1	6.74	6.77	6.74	6.75	184.0	1044.8	12
3	1203.1	1208.8	1132.6	638.5	5.7	6.71	6.71	6.71	6.71	192.0	1090.1	11
4	1200.0	-	-	-	-	6.72	6.79	6.82	6.78	198.0	1124.1	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:											0.50 %	
1	1199.8	-	-	-	-	6.84	6.80	6.84	6.83	174.0	988.2	11
2	1205.3	1217.2	1140.2	646.1	11.9	6.79	6.75	6.78	6.77	174.0	988.2	11
3	1209.2	1218.3	1139.8	645.7	9.1	6.95	6.88	6.84	6.89	165.0	937.2	9
4	1201.3	1214.8	1134.9	640.8	13.5	6.91	6.92	6.89	6.91	159.0	903.2	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:											0.75 %	
1	1200.1	1211.1	1123.9	629.8	11.0	7.00	6.94	6.95	6.96	198.0	1124.1	13
2	1191.2	1215.1	1136.0	641.9	23.9	7.02	7.02	7.03	7.02	187.0	1061.8	11
3	1199.3	-	-	-	-	6.85	6.84	6.90	6.86	199.0	1129.7	10
4	1203.2	1217.5	1123.5	629.4	14.3	6.90	6.89	6.89	6.89	204.0	1158.0	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:											1.00 %	
1	1198.8	1213.4	1109.8	615.7	14.6	6.89	6.92	6.92	6.91	147.0	835.2	12
2	1202.2	-	-	-	-	6.99	7.00	7.00	7.00	154.0	874.9	12
3	1207.2	1214.8	1119.8	625.7	7.6	7.10	7.05	7.03	7.06	162.0	920.2	13
4	1200.0	1220.3	1114.7	620.6	20.3	7.20	7.14	7.11	7.15	158.0	897.5	12

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL (con Plásticos) # 2**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	4	2020	1889.3	2611.4	2.43
0.25	4	2020	1932.4	2643.8	2.47
0.50	1	2020	1885.3	2612.5	2.45
0.75	3	2020	1874.5	2605.8	2.45
1.00	2	2020	1881.2	2612.0	2.47

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO (con Plástico) # 2**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacios en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.61	1107	0.94	1040.7	12	1198.8	653.1	1212.3	2.20	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.69	1062	0.93	987.5	12	1203.8	633.2	1217.4	2.12	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.58	1141	0.95	1084.0	14	1203.7	650.0	1213.5	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.54	1226	0.96	1176.9	13	1205.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Promedio	6.61				1072.2	13				2.17	2.518	2.43	1.47	72.4	11.0	16.5	27.6
0.25	1	6.70	1062	0.92	976.8	12	1206.4	651.5	1217.1	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.75	1045	0.91	950.8	12	1204.1	637.8	1216.2	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.71	1090	0.92	1002.9	11	1203.1	638.5	1208.8	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.78	1124	0.90	1011.7	11	1200.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Promedio	6.74				985.5	12				2.15	2.518	2.47	0.75	71.8	13.2	15.0	28.2
0.50	1	6.83	988.2	0.89	879.5	11	1199.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.77	988.2	0.90	889.4	11	1205.3	646.1	1217.2	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.89	937.2	0.88	824.7	9	1209.2	645.7	1216.3	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.91	903.2	0.88	794.8	-	1201.3	640.8	1214.8	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
	Promedio	6.85				847.1	10				2.15	2.519	2.45	1.11	72.0	12.3	15.7	28.0
0.75	1	6.96	1124	0.86	966.7	13	1200.1	629.8	1211.1	2.11	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.02	1062	0.85	902.5	11	1191.2	641.9	1215.1	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.86	1130	0.89	1005.4	10	1199.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.89	1158	0.88	1019.0	11	1203.2	629.4	1217.5	2.10	-	-	-	-	-	-	-	
	Promedio	6.94				973.4	11				2.13	2.519	2.45	1.14	71.3	13.1	15.6	28.7
1.00	1	6.91	835.2	0.88	735.0	12	1198.8	615.7	1213.4	2.06	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.00	874.9	0.86	752.4	12	1202.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.06	920.2	0.85	782.2	13	1207.2	625.7	1214.8	2.08	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.15	897.5	0.83	745.0	12	1200.0	620.6	1220.3	2.08	-	-	-	-	-	-	-	
	Promedio	7.03				753.6	12				2.07	2.519	2.47	0.90	69.4	15.9	14.7	30.6

(bq): Briqueta.
(h): Altura

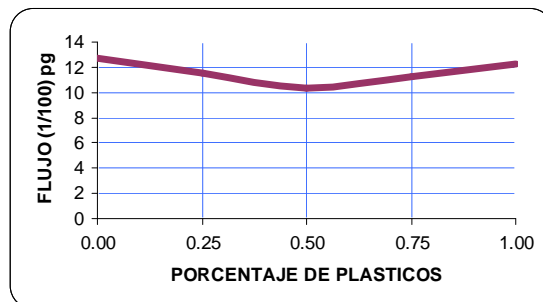
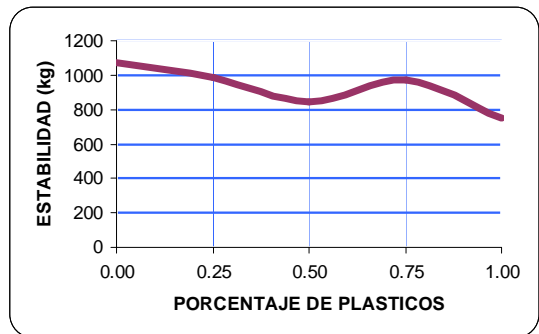
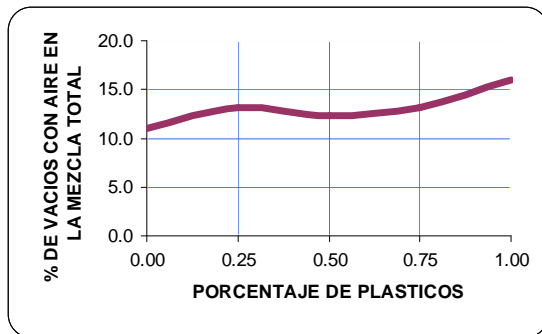
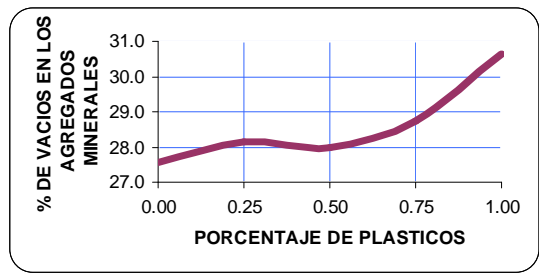
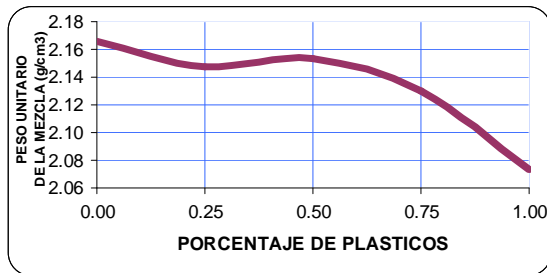
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 2

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 3

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 489.6 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.00 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1199.3	1203.7	1136.2	646.6	4.4	6.71	6.70	6.68	6.70	199.0	1129.7	12	
2	1207.9	1210.6	1156.2	666.6	2.7	6.62	6.63	6.60	6.62	187.0	1061.8	12	
3	1199.8	-	-	-	-	6.58	6.58	6.55	6.57	210.0	1192.0	13	
4	1204.6	1216.0	1135.7	646.1	11.4	6.66	6.62	6.60	6.63	221.0	1254.2	12	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.25 %		
1	2	3	4	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
				seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1201.8	-	-	-	-	6.72	6.71	6.69	6.71	198.0	1124.1	12			
2	1208.3	1223.8	1149.4	659.8	15.5	6.74	6.73	6.74	6.74	187.0	1061.8	12			
3	1207.3	1217.3	1147.6	658.0	10.0	6.71	6.80	6.84	6.78	174.0	988.2	13			
4	1202.9	1205.7	1149.1	659.5	2.8	6.74	6.75	6.70	6.73	189.0	1073.1	12			

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.50 %		
1	2	3	4	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
				seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1202.0	-	-	-	-	6.75	6.74	6.76	6.75	202.0	1146.7	11			
2	1203.6	1209.9	1132.1	642.5	6.3	6.81	6.81	6.88	6.83	146.0	829.5	12			
3	1211.0	1226.3	1120.1	630.5	15.3	6.90	6.92	6.89	6.90	165.0	937.2	11			
4	1205.3	1216.4	1134.2	644.6	11.1	6.92	6.93	6.93	6.93	172.0	976.9	11			

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.75 %		
1	2	3	4	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
				seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1209.8	1218.6	1142.9	653.3	8.8	6.89	6.92	6.91	6.91	198.0	1124.1	11			
2	1207.3	-	-	-	-	6.91	6.95	6.99	6.95	210.0	1192.0	11			
3	1206.8	1222.0	1130.1	640.5	15.2	7.10	7.02	7.06	7.06	203.0	1152.4	11			
4	1191.2	1213.8	1134.2	644.6	22.6	6.81	6.84	6.90	6.85	187.0	1061.8	12			

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													1.00 %		
1	2	3	4	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
				seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1196.4	1210.3	1129.8	640.2	13.9	7.21	7.28	7.34	7.28	165.0	937.2	13			
2	1202.4	1217.9	1114.3	624.7	15.5	7.12	7.13	7.15	7.13	147.0	835.2	12			
3	1206.4	1214.9	1124.1	634.5	8.5	7.21	7.14	7.12	7.16	184.0	1044.8	11			
4	1198.6	-	-	-	-	7.05	7.08	7.12	7.08	172.0	976.9	12			

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL (con Plásticos) # 3**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	3	2020	1895.3	2617.2	2.45
0.25	1	2020	1947.2	2650.0	2.46
0.50	1	2020	1897.3	2620.3	2.46
0.75	2	2020	1912.3	2630.8	2.47
1.00	4	2020	1901.3	2624.7	2.47

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO (con Plástico) # 3**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacios en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.70	1130	0.92	1039.3	12	1199.3	646.6	1203.7	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.62	1062	0.94	998.1	12	1207.9	666.6	1210.6	2.23	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.57	1192	0.95	1132.4	13	1199.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.63	1254	0.94	1178.9	12	1204.6	646.1	1216.0	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.63				1087.2	12				2.19	2.518	2.45	1.23	73.2	10.6	16.2	26.8	5.05
0.25	1	6.71	1124	0.92	1034.1	12	1201.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.74	1062	0.91	966.2	12	1208.3	659.8	1223.8	2.21	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.78	988.2	0.90	889.4	13	1207.3	658.0	1217.3	2.20	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.73	1073	0.91	976.5	12	1202.9	659.5	1205.7	2.21	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.74				966.6	12				2.21	2.518	2.46	1.01	73.9	10.2	15.9	26.1	5.00
0.50	1	6.75	1147	-	-	11	1202.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.83	829.5	0.89	738.3	12	1203.6	642.5	1209.9	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.90	937.2	0.88	824.7	11	1211.0	630.5	1226.3	2.09	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.93	976.9	0.87	849.9	11	1205.3	644.6	1216.4	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.85				804.3	11				2.13	2.519	2.46	1.04	71.3	13.3	15.4	28.7	4.72
0.75	1	6.91	1124	0.88	989.2	11	1209.8	653.3	1218.6	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.95	1192	0.87	1037.0	11	1207.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.06	1152	0.85	979.5	11	1206.8	640.5	1222.0	2.14	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.85	1062	0.89	945.0	12	1191.2	644.6	1213.8	2.19	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.94				987.7	11				2.17	2.519	2.47	0.87	72.5	12.1	15.3	27.5	4.63
1.00	1	7.28	937.2	0.81	759.1	13	1196.4	640.2	1210.3	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.13	835.2	0.83	693.2	12	1202.4	624.7	1217.9	2.09	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.16	1045	0.83	867.2	11	1206.4	634.5	1214.9	2.11	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.08	976.9	0.84	820.6	12	1198.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.16				785.0	12				2.12	2.519	2.47	0.82	70.9	14.2	14.9	29.1	4.42

(bq): Briqueta.
(h): Altura

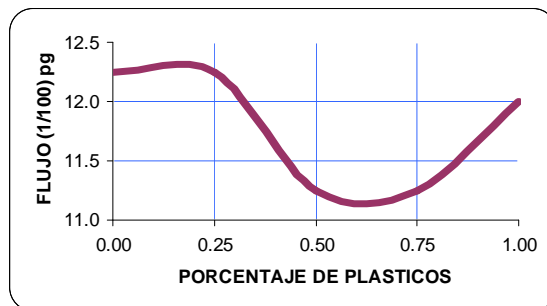
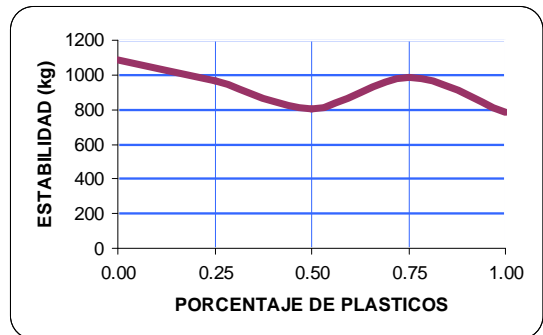
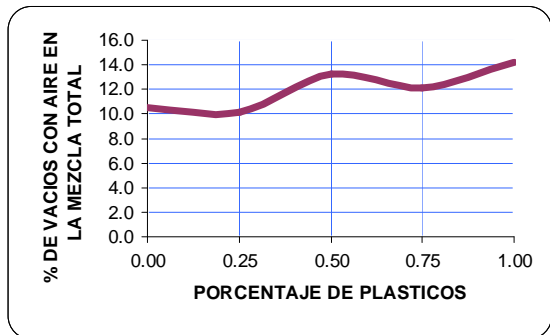
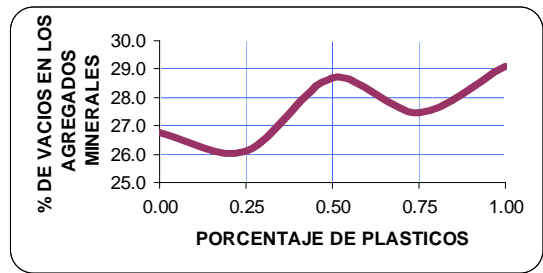
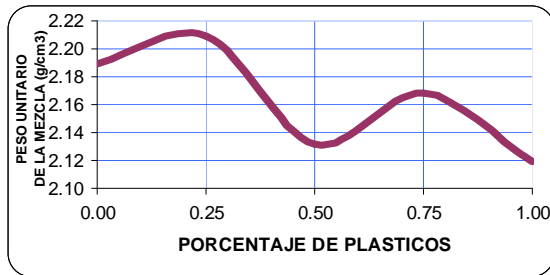
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 3

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 4

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 498.1 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1196.4	1215.3	1135.3	637.2	18.9	6.55	6.54	6.50	6.53	199.0	1129.7	13
2	1201.9	-	-	-	-	6.78	6.71	6.69	6.73	210.0	1192.0	14
3	1201.7	1213.8	1149.8	651.7	12.1	6.74	6.68	6.62	6.68	231.0	1310.7	13
4	1196.3	1214.2	1148.3	650.2	17.9	6.64	6.63	6.60	6.62	200.0	1135.4	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1203.1	-	-	-	-	6.74	6.74	6.75	6.74	200.0	1135.4	11
2	1199.8	1218.9	1131.8	633.7	19.1	6.81	6.82	6.76	6.80	195.0	1107.1	11
3	1202.4	1215.7	1148.2	650.1	13.3	6.74	6.70	6.71	6.72	179.0	1016.5	12
4	1204.3	1216.4	1141.2	643.1	12.1	6.71	6.70	6.68	6.70	186.0	1056.1	13

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1204.1	1218.2	1137.3	639.2	14.1	6.85	6.85	6.85	6.85	154.0	874.9	11
2	1202.3	1215.2	1141.7	643.6	12.9	6.84	6.89	6.89	6.87	147.0	835.2	10
3	1198.6	-	-	-	-	6.74	6.72	6.79	6.75	168.0	954.2	11
4	1203.5	1218.2	1136.8	638.7	14.7	6.92	6.85	6.84	6.87	170.0	965.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1200.6	1218.9	1129.2	631.1	18.3	6.99	7.00	7.00	7.00	224.0	1271.1	12
2	1203.4	1216.8	1134.9	636.8	13.4	6.94	6.92	6.99	6.95	198.0	1124.1	11
3	1195.6	1208.1	1128.1	630.0	12.5	7.03	7.02	7.00	7.02	210.0	1192.0	13
4	1201.7	-	-	-	-	7.04	6.98	7.01	7.01	142.0	806.9	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1201.2	1213.0	1124.1	626.0	11.8	7.15	7.02	7.08	7.08	162.0	920.2	12
2	1203.3	-	-	-	-	6.99	7.00	7.02	7.00	174.0	988.2	12
3	1199.7	1214.1	1118.2	620.1	14.4	7.03	7.04	7.03	7.03	154.0	874.9	13
4	1198.7	1214.1	1109.8	611.7	15.4	6.95	6.98	6.99	6.97	100.0	568.7	12

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL (con Plásticos) # 4**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	2	2020	1899.0	2621.8	2.46
0.25	1	2020	1928.3	2640.0	2.47
0.50	3	2020	1954.2	2652.3	2.45
0.75	4	2020	1908.8	2630.4	2.48
1.00	2	2020	1904.3	2621.3	2.44

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO (con Plástico) # 4**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.53	1130	0.96	1084.5	13	1196.4	637.2	1215.3	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.73	1192	0.91	1084.7	14	1201.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.68	1311	0.93	1219.0	13	1201.7	651.7	1213.8	2.19	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.62	1135	0.94	1067.3	12	1196.3	650.2	1214.2	2.20	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.64			1113.9	13				2.18	2.518	2.46	0.97	72.9	11.5	15.6	27.1	5.29
0.25	1	6.74	1135	0.91	1033.2	11	1203.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.80	1107	0.90	996.4	11	1199.8	633.7	1218.9	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.72	1016	0.92	935.2	12	1202.4	650.1	1215.7	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.70	1056	0.92	971.6	13	1204.3	643.1	1216.4	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.74			984.1	12				2.15	2.518	2.47	0.89	72.0	12.7	15.3	28.0	5.11
0.50	1	6.85	874.9	0.89	778.6	11	1204.1	639.2	1218.2	2.14	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.87	835.2	0.88	735.0	10	1202.3	643.6	1215.2	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.75	954.2	0.91	868.3	11	1198.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.87	965.5	0.88	849.7	11	1203.5	638.7	1218.2	2.14	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.84			807.9	11				2.14	2.519	2.45	1.21	71.7	12.4	15.8	28.3	4.56
0.75	1	7.00	1271	-	-	12	1200.6	631.1	1218.9	2.12	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.95	1124	0.87	977.9	11	1203.4	636.8	1216.8	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.02	1192	0.85	1013.2	13	1195.6	630.0	1208.1	2.12	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.01	806.9	-	-	12	1201.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.99			995.5	12				2.12	2.519	2.48	0.70	71.0	14.4	14.6	29.0	4.79
1.00	1	7.08	920.2	0.84	773.0	12	1201.2	626.0	1213.0	2.09	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.00	988.2	0.86	849.8	12	1203.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.03	874.9	0.85	743.7	13	1199.7	620.1	1214.1	2.08	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.97	568.7	-	-	12	1198.7	611.7	1214.1	2.05	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		7.02			788.8	12				2.07	2.519	2.44	1.36	69.3	15.1	15.6	30.7	3.91

(bq): Briqueta.
(h): Altura

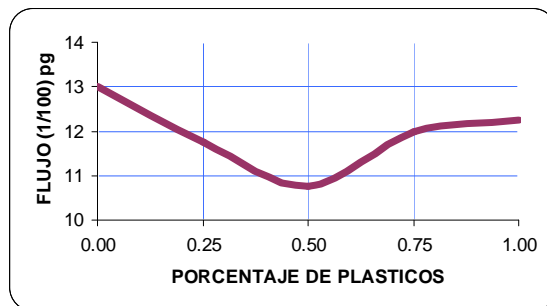
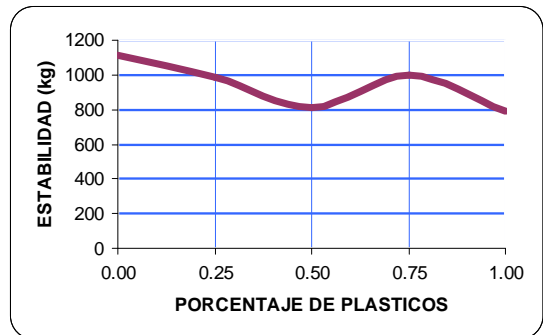
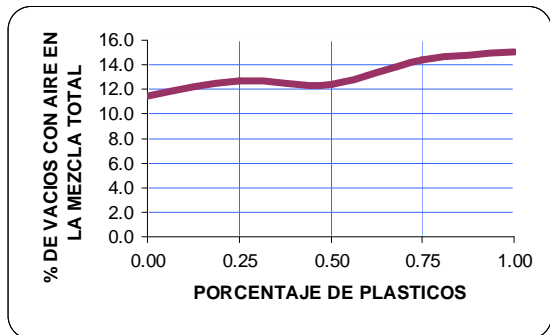
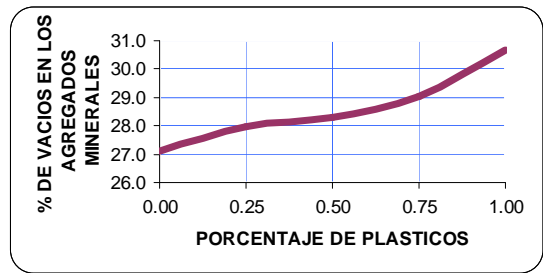
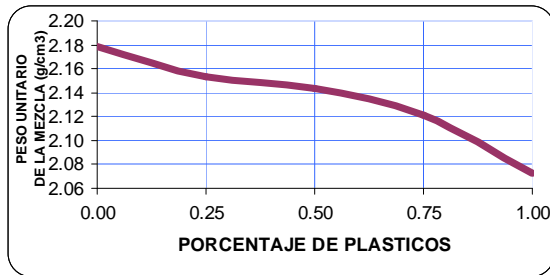
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 4

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 5

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 488.7 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.00 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1194.6	1213.7	1147.1	658.4	19.1	6.68	6.64	6.60	6.64	198.0	1124.1	12	
2	1201.4	1212.9	1146.1	657.4	11.5	6.48	6.50	6.50	6.49	193.0	1095.8	14	
3	1201.1	-	-	-	-	6.52	6.55	6.54	6.54	201.0	1141.0	12	
4	1198.9	1211.0	1146.9	658.2	12.1	6.60	6.61	6.57	6.59	224.0	1271.1	12	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.25 %
1	1201.8	1215.2	1144.1	655.4	13.4	6.74	6.75	6.77	6.75	201.0	1141.0	12	
2	1189.7	1201.1	1141.0	652.3	11.4	6.74	6.78	6.82	6.78	198.0	1124.1	11	
3	1201.1	1212.0	1137.4	648.7	10.9	6.91	6.84	6.84	6.86	184.0	1044.8	11	
4	1200.7	-	-	-	-	6.69	6.69	6.71	6.70	204.0	1158.0	12	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.50 %
1	1199.2	-	-	-	-	6.84	6.82	6.79	6.82	181.0	1027.8	12	
2	1206.2	1124.1	1139.8	651.1	-82.1	6.70	6.74	6.81	6.75	172.0	976.9	10	
3	1201.5	1217.1	1130.0	641.3	15.6	6.84	6.87	6.90	6.87	175.0	993.8	11	
4	1201.8	1212.9	1132.1	643.4	11.1	6.93	6.84	6.85	6.87	164.0	931.5	11	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.75 %
1	1201.1	-	-	-	-	7.00	6.99	6.95	6.98	210.0	1192.0	11	
2	1202.3	1212.8	1119.2	630.5	10.5	6.99	6.98	6.97	6.98	198.0	1124.1	11	
3	1201.1	1218.3	1124.1	635.4	17.2	7.01	6.94	6.87	6.94	201.0	1141.0	12	
4	1197.1	1211.1	1126.7	638.0	14.0	6.95	6.94	7.00	6.96	208.0	1180.6	11	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													1.00 %
1	1204.9	-	-	-	-	6.95	6.98	6.99	6.97	184.0	1044.8	12	
2	1203.4	1217.6	1098.9	610.2	14.2	7.13	7.11	7.05	7.10	167.0	948.5	13	
3	1198.6	1217.2	1111.6	622.9	18.6	7.12	7.14	7.20	7.15	174.0	988.2	11	
4	1201.3	1211.8	1120.1	631.4	10.5	7.21	7.11	7.07	7.13	159.0	903.2	12	

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL (con Plásticos) # 5**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	3	2020	1954.6	2658.9	2.48
0.25	4	2020	1900.2	2624.7	2.47
0.50	1	2020	1927.1	2638.5	2.46
0.75	1	2020	1940.3	2645.2	2.45
1.00	1	2020	1886.9	2614.0	2.46

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO (con Plástico) # 5**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacios en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	'BULK'	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.64	1124	0.94	1056.6	12	1194.6	658.4	1213.7	2.24								
	2	6.49	1096	0.96	1051.9	14	1201.4	657.4	1212.9	2.21								
Asfalto:	3	6.54	1141	0.96	1095.4	12	1201.1	-	-	-								
	4	6.59	1271	0.95	1207.6	12	1198.9	658.2	1211.0	2.22								
Promedio		6.57			1102.9	13				2.22	2.518	2.48	0.57	74.4	10.5	15.1	25.6	5.67
0.25	1	6.75	1141	0.91	1038.3	12	1201.8	655.4	1215.2	2.21								
	2	6.78	1124	0.90	1011.7	11	1189.7	652.3	1201.1	2.22								
Asfalto:	3	6.86	1045	0.89	929.9	11	1201.1	648.7	1212.0	2.18								
	4	6.70	1158	0.92	1065.4	12	1200.7	-	-	-								
Promedio		6.77			1011.3	12				2.20	2.518	2.47	0.74	73.6	11.0	15.3	26.4	5.25
0.50	1	6.82	1028	0.89	914.8	12	1199.2	-	-	-								
	2	6.75	976.9	0.91	888.9	10	1206.2	651.1	1124.1	2.14								
Asfalto:	3	6.87	993.8	0.88	874.6	11	1201.5	641.3	1217.1	2.15								
	4	6.87	931.5	0.88	819.8	11	1201.8	643.4	1212.9	2.16								
Promedio		6.83			874.5	11				2.15	2.519	2.46	0.98	71.9	12.7	15.4	28.1	4.77
0.75	1	6.98	1192	0.86	1025.1	11	1201.1	-	-	-								
	2	6.98	1124	0.86	966.7	11	1202.3	630.5	1212.8	2.11								
Asfalto:	3	6.94	1141	0.87	992.7	12	1201.1	635.4	1218.3	2.13								
	4	6.96	1181	0.86	1015.4	11	1197.1	638.0	1211.1	2.15								
Promedio		6.97			1000.0	11				2.13	2.519	2.45	1.10	71.2	13.3	15.5	28.8	4.41
1.00	1	6.97	1045	0.86	898.5	12	1204.9	-	-	-								
	2	7.10	948.5	0.84	796.8	13	1203.4	610.2	1217.6	2.03								
Asfalto:	3	7.15	988.2	0.83	820.2	11	1198.6	622.9	1217.2	2.09								
	4	7.13	903.2	0.83	749.7	12	1201.3	631.4	1211.8	2.11								
Promedio		7.09			816.3	12				2.08	2.519	2.46	1.05	69.5	15.4	15.0	30.5	4.21

(bq): Briqueta.
(h): Altura

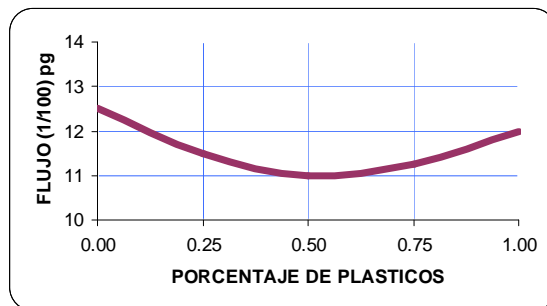
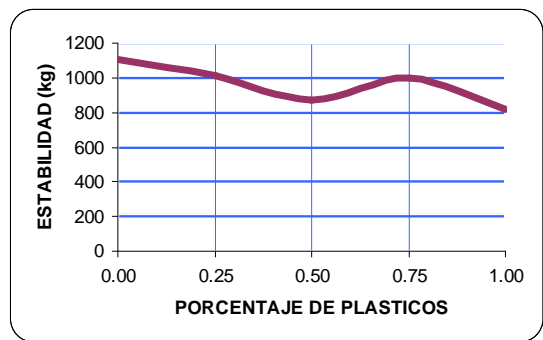
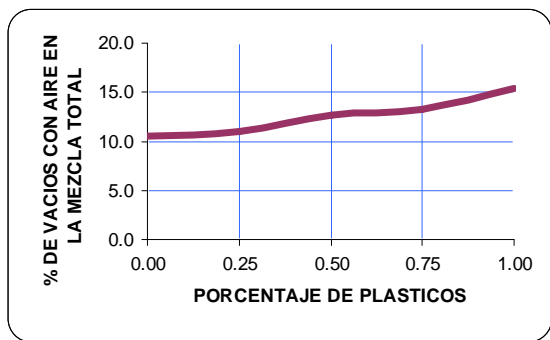
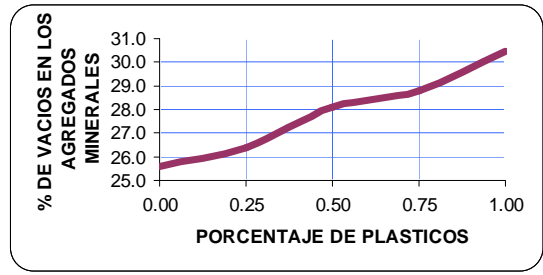
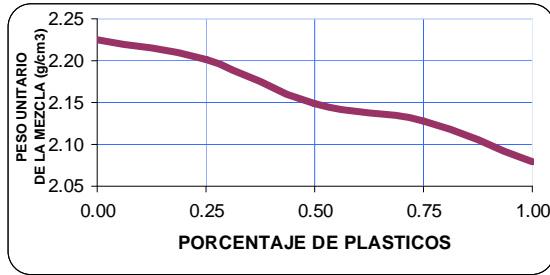
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 5

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 6

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 498.7 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.00 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1196.2	1205.9	1147.2	648.5	9.7	6.61	6.62	6.60	6.61	120.0	682.1	13	
2	1198.2	1211.8	1152.8	654.1	13.6	6.71	6.70	6.65	6.69	220.0	1248.5	10	
3	1195.2	1208.2	1122.4	623.7	13.0	6.49	6.47	6.44	6.47	206.0	1169.3	14	
4	1199.2	-	-	-	-	6.55	6.52	6.53	6.53	141.0	801.2	12	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.25 %
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1209.2	1221.1	1145.8	647.1	11.9	6.69	6.71	6.72	6.71	125.0	710.5	10	
2	1203.8	1222.1	1127.0	628.3	18.3	6.80	6.82	6.78	6.80	212.0	1203.3	12	
3	1201.1	-	-	-	-	6.61	6.74	6.72	6.69	157.0	891.9	12	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.50 %
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1202.4	1215.2	1120.1	621.4	12.8	6.82	6.83	6.80	6.82	207.0	1175.0	11	
2	1198.1	1209.6	1129.4	630.7	11.5	6.84	6.84	6.87	6.85	128.0	727.5	12	
3	1199.3	-	-	-	-	6.89	6.87	6.88	6.88	109.0	619.7	11	
4	1198.8	1210.7	1123.5	624.8	11.9	6.79	6.75	6.75	6.76	121.0	687.8	11	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.75 %
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1201.4	-	-	-	-	6.90	6.95	6.87	6.91	130.0	738.8	10	
2	1208.4	1221.6	1236.4	737.7	13.2	6.84	6.82	6.83	6.83	124.0	704.8	11	
3	1206.4	1220.9	1131.6	632.9	14.5	6.84	6.88	6.81	6.84	132.0	750.2	11	
4	1200.6	1214.3	1224.9	726.2	13.7	6.80	6.91	6.90	6.87	134.0	761.5	11	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													1.00 %
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1198.1	-	-	-	-	6.99	6.92	6.88	6.93	111.0	631.1	11	
2	1195.7	1209.9	1107.2	608.5	14.2	6.84	6.83	6.81	6.83	175.0	993.8	12	
3	1205.1	1221.3	1117.1	618.4	16.2	7.00	6.95	6.94	6.96	93.0	528.9	12	
4	1208.8	1223.1	1121.6	622.9	14.3	6.92	6.98	6.95	6.95	134.0	761.5	12	

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
 (sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
 (sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
 (h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
 El valor de la carga está dado en Kilogramos.
 El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL (con Plásticos) # 6**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	4	2020	1901.7	2618.2	2.43
0.25	3	2020	1910.3	2630.8	2.48
0.50	3	2020	1895.3	2620.5	2.47
0.75	1	2020	1882.7	2610.5	2.45
1.00	1	2020	1890.1	2618.3	2.47

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO (con Plástico) # 6**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.61	682.1	0.90	613.9	13	1196.2	648.5	1205.9	2.19								
	2	6.69	1249	0.92	1148.6	10	1198.2	654.1	1211.8	2.21								
	3	6.47	1169	0.93	1087.5	14	1195.2	623.7	1208.2	2.10								
	4	6.53	801.2	0.90	721.1	12	1199.2	-	-	-								
	Promedio	6.57				892.8	12				2.16	2.518	2.43	1.52	72.4	11.0	16.6	27.6
0.25	1	6.71	710.5	0.88	625.2	10	1209.2	647.1	1221.1	2.16								
	2	6.80	1203	0.91	1095.0	12	1203.9	628.3	1222.1	2.10								
	3	6.69	891.9	0.93	829.5	12	1201.1	-	-	-								
	4	5.95	-	-	-	-	-	-	-	-								
	Promedio	6.73				849.9	11				2.13	2.518	2.48	0.73	71.2	14.0	14.8	28.8
0.50	1	6.82	1175	0.89	1045.7	11	1202.4	621.4	1215.2	2.07								
	2	6.85	727.5	0.85	618.4	12	1198.1	630.7	1209.6	2.12								
	3	6.88	619.7	0.84	520.6	11	1199.3	-	-	-								
	4	6.76	687.8	0.86	591.5	11	1198.8	624.8	1210.7	2.09								
	Promedio	6.83				694.1	11				2.09	2.519	2.47	0.89	70.1	15.1	14.8	29.9
0.75	1	6.91	738.8	0.84	620.6	10	1201.4	-	-	-								
	2	6.83	704.8	0.84	592.0	11	1208.4	737.7	1221.6	2.58								
	3	6.84	750.2	0.82	615.2	11	1206.4	632.9	1220.9	2.11								
	4	6.87	761.5	0.85	647.3	11	1200.6	726.2	1214.3	2.54								
	Promedio	6.86				618.8	11				2.41	2.519	2.45	1.15	80.5	1.8	17.7	19.5
1.00	1	6.93	631.1	0.81	511.2	11	1198.1	-	-	-								
	2	6.83	993.8	0.83	824.9	12	1195.7	608.5	1209.9	2.04								
	3	6.96	528.9	0.78	412.6	12	1205.1	616.4	1221.3	2.06								
	4	6.95	761.5	0.83	632.1	12	1208.8	622.9	1223.1	2.07								
	Promedio	6.92				595.2	12				2.06	2.519	2.47	0.79	68.8	16.8	14.4	31.2

(bq): Briqueta.
(h): Altura

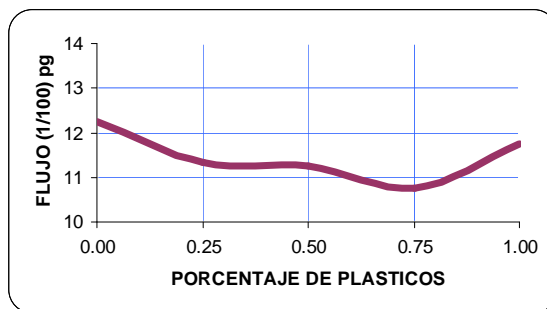
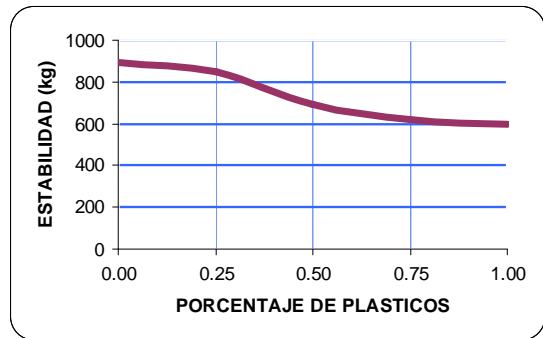
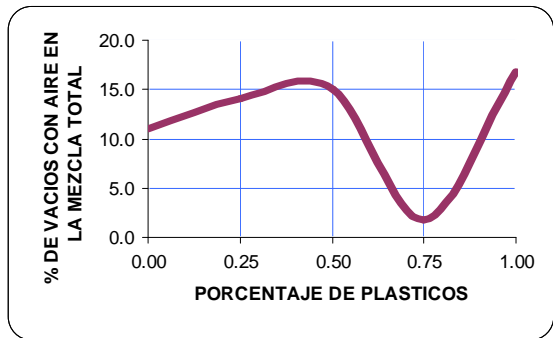
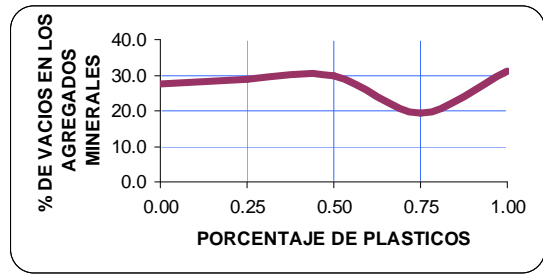
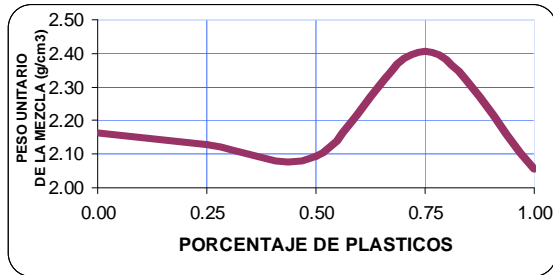
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 6

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 7

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 490.4 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.00 %	
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas				
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo		
1	1203.8	1218.0	1127.2	636.8	14.2	6.60	6.57	6.57	6.58	201.0	1141.0	12		
2	1195.6	1206.2	1149.8	659.4	10.6	6.58	6.60	6.62	6.60	234.0	1327.7	11		
3	1202.2	1214.3	1153.8	663.4	12.1	6.55	6.52	6.51	6.53	127.0	721.8	14		
4	1200.1	-	-	-	-	6.60	6.63	6.67	6.63	192.0	1090.1	12		

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.25 %	
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas				
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo		
1	1207.1	1219.3	1141.2	650.8	12.2	6.77	6.74	6.71	6.74	184.0	1044.8	12		
2	1202.4	1224.1	1147.2	656.8	21.7	6.77	6.80	6.82	6.80	169.0	959.9	11		
3	1208.3	1217.9	1143.0	652.6	9.6	6.75	6.71	6.79	6.75	174.0	988.2	12		
4	1201.0	-	-	-	-	6.81	6.77	6.81	6.80	194.0	1101.4	10		

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.50 %	
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas				
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo		
1	1199.2	1211.1	1118.5	628.1	11.9	6.80	6.79	6.74	6.78	174.0	988.2	10		
2	1198.9	1211.0	1123.7	633.3	12.1	6.92	6.99	6.90	6.94	181.0	1027.8	11		
3	1199.3	-	-	-	-	6.89	6.84	6.93	6.89	154.0	874.9	10		
4	1196.2	1213.1	1124.5	634.1	16.9	6.92	6.92	6.90	6.91	180.0	1022.2	10		

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.75 %	
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas				
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo		
1	1198.3	-	-	-	-	7.00	6.99	7.00	7.00	200.0	1135.4	11		
2	1205.6	1218.2	1117.2	626.8	12.6	6.92	6.93	6.90	6.92	197.0	1118.4	12		
3	1206.3	1221.0	1130.8	640.4	14.7	6.84	6.86	6.79	6.83	203.0	1152.4	11		
4	1208.2	1219.1	1145.9	655.5	10.9	6.78	6.84	7.00	6.87	210.0	1192.0	11		

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													1.00 %	
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas				
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo		
1	1201.3	-	-	-	-	7.00	6.89	7.02	6.97	159.0	903.2	12		
2	1200.1	1221.4	1114.1	623.7	21.3	7.10	7.21	7.08	7.13	112.0	636.8	12		
3	1206.4	1220.1	1113.8	623.4	13.7	6.99	6.99	7.00	6.99	134.0	761.5	11		
4	1205.8	1219.3	1099.9	609.5	13.5	7.12	6.99	7.03	7.05	147.0	835.2	12		

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL (con Plásticos) # 7**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	4	2020	1904.2	2622.7	2.45
0.25	4	2020	1911.4	2631.2	2.47
0.50	3	2020	1940.5	2645.8	2.46
0.75	1	2020	1990.5	2675.8	2.46
1.00	1	2020	1901.3	2626.1	2.48

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO (con Plástico) # 7**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.58	1141	0.95	1084.0	12	1203.8	636.8	1218.0	2.13								
	2	6.60	1328	0.95	1261.3	11	1195.6	659.4	1206.2	2.23								
Asfalto:	3	6.53	721.8	-	-	14	1202.2	663.4	1214.3	2.24								
	4	6.63	1090	0.94	1024.7	12	1200.1	-	-	-								
Promedio		6.59			1123.3	12				2.20	2.518	2.45	1.20	73.6	10.1	16.3	26.4	5.07
0.25	1	6.74	1045	0.91	950.8	12	1207.1	650.8	1219.3	2.18								
	2	6.80	959.9	0.90	863.9	11	1202.4	656.8	1224.1	2.21								
Asfalto:	3	6.75	988.2	0.91	899.2	12	1206.3	652.6	1217.9	2.18								
	4	6.80	1101	0.90	991.3	10	1201.0	-	-	-								
Promedio		6.77			926.3	11				2.19	2.518	2.47	0.76	73.2	11.5	15.3	26.8	5.24
0.50	1	6.78	988.2	0.90	889.4	10	1199.2	628.1	1211.1	2.10								
	2	6.94	1028	0.87	894.2	11	1198.9	633.3	1211.0	2.12								
Asfalto:	3	6.89	874.9	0.88	769.9	10	1199.3	-	-	-								
	4	6.91	1022	0.88	899.5	10	1196.2	634.1	1213.1	2.14								
Promedio		6.88			863.2	10				2.12	2.519	2.46	1.05	71.0	13.7	15.4	29.0	4.71
0.75	1	7.00	1135	0.86	976.4	11	1198.3	-	-	-								
	2	6.92	1118	0.87	973.0	12	1205.6	626.8	1218.2	2.09								
Asfalto:	3	6.83	1152	0.89	1025.6	11	1206.3	640.4	1221.0	2.14								
	4	6.87	1192	0.88	1048.9	11	1208.2	655.5	1219.1	2.19								
Promedio		6.90			1006.0	11				2.14	2.519	2.46	1.01	71.5	13.0	15.4	28.5	4.49
1.00	1	6.97	903.2	0.86	776.8	12	1201.3	-	-	-								
	2	7.13	636.8	-	-	11	1200.1	623.7	1221.4	2.09								
Asfalto:	3	6.99	761.5	0.86	654.9	11	1206.4	623.4	1220.1	2.07								
	4	7.05	835.2	0.85	709.9	12	1205.8	609.5	1219.3	2.03								
Promedio		7.04			713.9	12				2.06	2.519	2.48	0.68	69.1	16.7	14.2	30.9	4.56

(bq): Briqueta.
(h): Altura

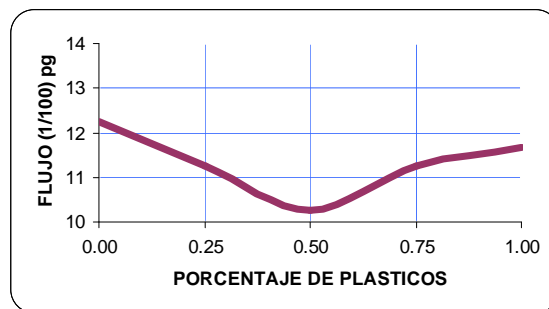
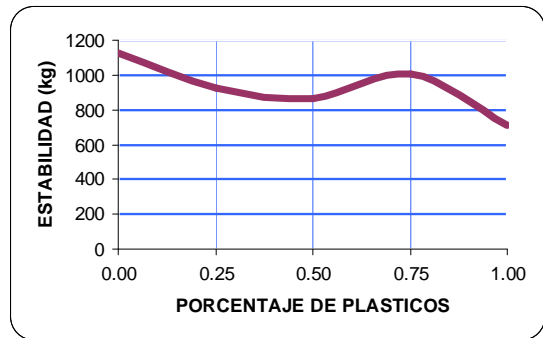
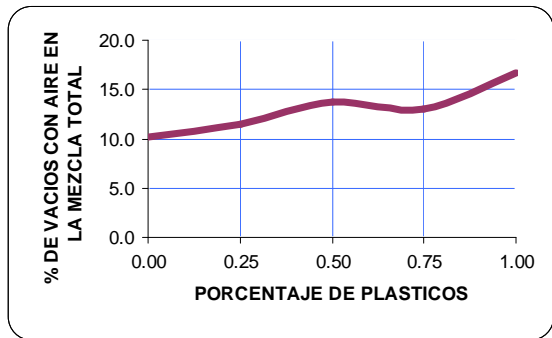
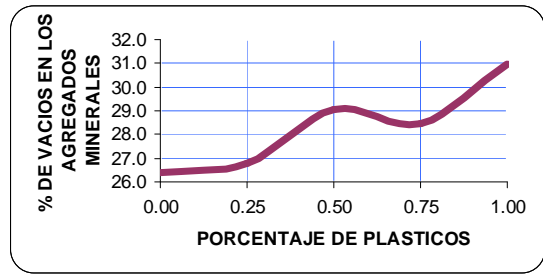
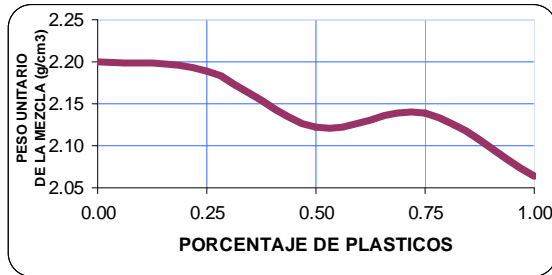
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 7

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 9

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 489.8 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.00 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1202.1	-	-	-	-	6.47	6.49	6.50	6.49	189.0	1073.1	13	
2	1204.6	1218.9	1149.2	659.4	14.3	6.58	6.60	6.62	6.60	192.0	1090.1	12	
3	1208.1	1219.2	1152.2	662.4	11.1	6.66	6.62	6.64	6.64	200.0	1135.4	12	
4	1204.9	1218.2	1151.6	661.8	13.3	6.70	6.68	6.62	6.67	-	-	-	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.25 %
1	1201.5	1213.8	1125.3	635.5	12.3	6.74	6.72	6.71	6.72	198.0	1124.1	12	
2	1206.3	1215.9	1138.6	648.8	9.6	6.70	6.69	6.65	6.68	194.0	1101.4	11	
3	1202.1	-	-	-	-	6.70	6.71	6.70	6.70	210.0	1192.0	11	
4	1205.1	1216.2	1138.2	648.4	11.1	6.80	6.75	6.74	6.76	184.0	1044.8	11	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.50 %
1	1205.8	1216.1	1137.0	647.2	10.3	6.79	6.75	6.74	6.76	171.0	971.2	11	
2	1209.5	1217.3	1140.1	650.3	7.8	6.90	6.84	6.90	6.88	176.0	999.5	10	
3	1204.8	1214.0	1135.2	645.4	9.2	6.91	6.91	6.89	6.90	183.0	1039.1	9	
4	1201.5	-	-	-	-	6.85	6.81	6.79	6.82	169.0	959.9	10	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.75 %
1	1199.8	1210.1	1109.9	620.1	10.3	6.99	7.00	6.92	6.97	210.0	1192.0	11	
2	1201.3	-	-	-	-	7.02	7.03	6.99	7.01	201.0	1141.0	12	
3	1205.2	1218.3	1100.0	610.2	13.1	7.00	6.99	6.94	6.98	196.0	1112.7	12	
4	1199.7	1213.0	1112.3	622.5	13.3	6.90	6.89	6.84	6.88	221.0	1254.2	11	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													1.00 %
1	1198.1	-	-	-	-	6.99	7.00	7.00	7.00	167.0	948.5	13	
2	1204.2	1217.3	1111.5	621.7	13.1	7.02	7.04	7.06	7.04	174.0	988.2	12	
3	1198.5	1217.3	1111.5	621.7	18.8	7.00	7.00	6.98	6.99	183.0	1039.1	11	
4	1192.0	1217.3	1111.5	621.7	25.3	7.12	7.11	7.11	7.11	157.0	891.9	11	

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL (con Plásticos) # 9**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	1	2020	1912.4	2633.2	2.48
0.25	3	2020	1884.1	2612.1	2.46
0.50	4	2020	1990.2	2675.5	2.46
0.75	2	2020	1875.9	2605.8	2.45
1.00	1	2020	1920.3	2631.8	2.45

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO (con Plástico) # 9**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.49	1073	0.97	1040.9	13	1202.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.60	1090	0.95	1035.6	12	1204.6	659.4	1218.9	2.22	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.64	1135	0.94	1067.3	12	1208.1	662.4	1219.2	2.22	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.67	-	-	-	-	1204.9	661.8	1218.2	2.22	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.60			1047.9	12				2.22	2.518	2.48	0.62	74.3	10.6	15.2	25.7	5.62
0.25	1	6.72	1124	0.92	1034.1	12	1201.5	635.5	1213.8	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.68	1101	0.93	1024.3	11	1206.3	648.8	1215.9	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.70	1192	0.92	1096.6	11	1202.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.76	1045	0.91	950.8	11	1205.1	648.4	1216.2	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.72			1026.5	11				2.16	2.518	2.46	1.06	72.1	12.3	15.6	27.9	4.95
0.50	1	6.76	971.2	0.91	883.8	11	1205.8	647.2	1216.1	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.88	999.5	0.88	879.6	10	1209.5	650.3	1217.3	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.90	1039	0.88	914.4	9	1204.8	645.4	1214.0	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.82	959.9	0.89	854.3	10	1201.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.84			883.0	10				2.16	2.519	2.46	1.03	72.3	12.1	15.6	27.7	4.73
0.75	1	6.97	1192	0.86	1025.1	11	1199.8	620.1	1210.1	2.07	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.04	1141	0.86	981.3	12	1201.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.98	1113	0.86	957.0	12	1205.2	610.2	1218.3	2.03	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.88	1254	0.88	1103.7	11	1199.7	622.5	1213.0	2.08	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.96			1016.8	12				2.06	2.519	2.45	1.23	69.0	15.7	15.3	31.0	4.29
1.00	1	7.00	948.5	0.86	815.7	13	1198.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.04	988.2	0.85	840.0	12	1204.2	621.7	1217.3	2.07	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.99	1039	0.86	893.7	11	1198.5	621.7	1217.3	2.09	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.11	891.9	0.83	740.3	11	1192.0	621.7	1217.3	2.10	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		7.04			822.4	12				2.09	2.519	2.45	1.25	69.8	14.7	15.5	30.2	4.02

(bq): Briqueta.
(h): Altura

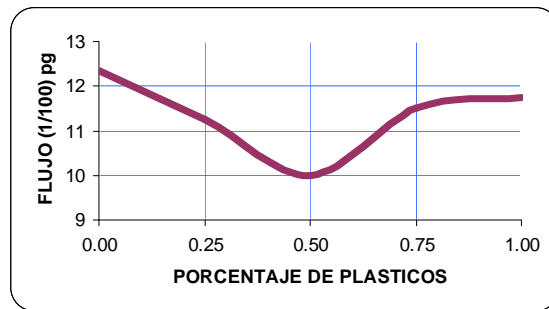
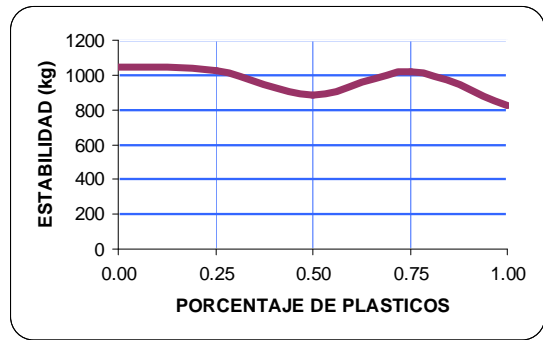
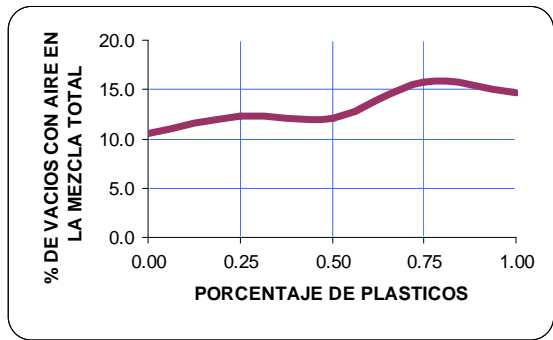
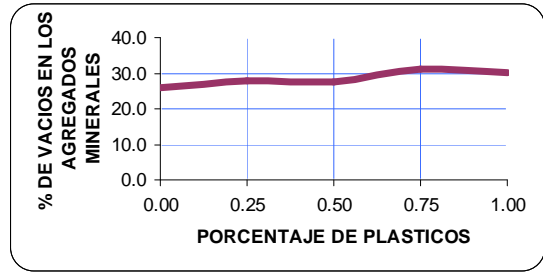
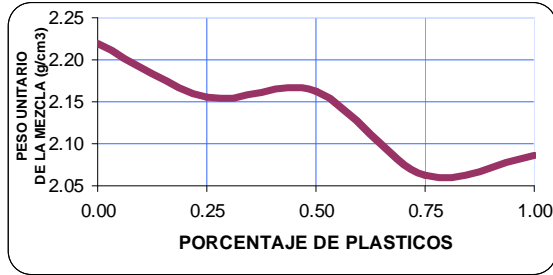
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 9

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL (con Plásticos) # 10

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 496.9 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1198.8	-	-	-	-	6.60	6.62	6.57	6.60	199.0	1129.7	12
2	1197.1	1213.8	1147.2	650.3	16.7	6.62	6.62	6.62	6.62	201.0	1141.0	13
3	1200.9	1213.5	1156.0	659.1	12.6	6.63	6.58	6.57	6.59	221.0	1254.2	12
4	1204.4	1214.9	1150.1	653.2	10.5	6.47	6.50	6.52	6.50	213.0	1208.9	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1200.1	-	-	-	-	6.69	6.67	6.68	6.68	184.0	1044.8	12
2	1211.2	1224.3	1148.2	651.3	13.1	6.81	6.82	6.80	6.81	194.0	1101.4	11
3	1199.8	1219.4	1131.2	634.3	19.6	6.75	6.74	6.80	6.76	210.0	1192.0	10
4	1204.2	1219.2	1144.1	647.2	15.0	6.74	6.79	6.78	6.77	179.0	1016.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1200.1	1217.3	1128.3	631.4	17.2	6.82	6.84	6.82	6.83	171.0	971.2	9
2	1203.5	1221.8	1124.9	628.0	18.3	6.81	6.80	6.80	6.80	148.0	840.9	9
3	1199.6	-	-	-	-	6.79	6.81	6.84	6.81	164.0	931.5	10
4	1201.3	1218.6	1131.9	635.0	17.3	6.90	6.89	6.87	6.89	163.0	925.9	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1205.2	1219.8	1130.2	633.3	14.6	6.85	6.84	6.89	6.86	201.0	1141.0	11
2	1202.7	1220.4	1118.6	621.7	17.7	7.01	7.03	6.99	7.01	221.0	1254.2	10
3	1203.4	1217.9	1123.5	626.6	14.5	6.99	6.95	6.90	6.95	203.0	1152.4	10
4	1201.1	-	-	-	-	7.02	6.98	6.94	6.98	198.0	1124.1	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1204.3	1218.3	1112.0	615.1	14.0	6.99	7.03	7.02	7.01	147.0	835.2	11
2	1194.8	1209.8	1107.2	610.3	15.0	7.15	7.12	7.12	7.13	162.0	920.2	12
3	1199.6	-	-	-	-	7.13	7.11	7.12	7.12	163.0	925.9	11
4	1198.2	1212.9	1110.0	613.1	14.7	7.02	7.03	6.99	7.01	152.0	863.6	11

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL (con Plásticos) # 10**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	1	2020	1998.3	2674.0	2.43
0.25	1	2020	1974.3	2670.1	2.48
0.50	3	2020	1860.4	2600.1	2.47
0.75	4	2020	1935.6	2644.0	2.46
1.00	3	2020	1914.6	2634.0	2.48

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO (con Plástico) # 10**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA LA VEGA - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.60	1130	0.95	1073.2	12	1198.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.62	1141	0.94	1072.6	13	1197.1	650.3	1213.8	2.20	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	6.59	1254	0.95	1191.5	12	1200.9	659.1	1213.5	2.22	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.50	1209	0.96	1160.6	12	1204.4	653.2	1214.9	2.19	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.58				1124.5	12				2.20	2.518	2.43	1.62	73.7	9.2	17.1	26.3	4.68
0.25	1	6.68	1045	0.93	971.7	12	1200.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.81	1101	0.89	980.3	11	1211.2	651.3	1224.3	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	6.76	1192	0.91	1084.7	10	1199.8	634.3	1219.4	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.77	1016	0.90	914.8	11	1204.2	647.2	1219.2	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.76				987.9	11				2.16	2.518	2.48	0.62	72.1	13.1	14.8	27.9	5.37
0.50	1	6.83	971.2	0.89	864.4	9	1200.1	631.4	1217.3	2.12	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.80	840.9	0.90	756.8	9	1203.5	628.0	1221.8	2.10	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	6.81	931.5	0.89	829.1	10	1199.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.89	925.9	0.88	814.8	11	1201.3	635.0	1218.6	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.83				816.2	10				2.11	2.519	2.47	0.85	70.7	14.3	14.9	29.3	4.90
0.75	1	6.86	1141	0.89	1015.5	11	1205.2	633.3	1219.8	2.11	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.01	1254	0.86	1078.6	10	1202.7	621.7	1220.4	2.08	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	6.95	1152	0.87	1002.5	10	1203.4	626.6	1217.9	2.09	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.98	1124	0.86	966.7	10	1201.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.95				1015.8	10				2.09	2.519	2.46	0.94	70.1	15.0	14.9	29.9	4.57
1.00	1	7.01	835.2	0.86	718.3	11	1204.3	615.1	1218.3	2.05	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.13	920.2	0.83	763.8	12	1194.8	610.3	1209.8	2.05	-	-	-	-	-	-	-	
Asfalto:	3	7.12	925.9	0.83	768.5	11	1199.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.01	863.6	0.86	742.7	11	1198.2	613.1	1212.9	2.05	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.07				748.3	11				2.05	2.519	2.48	0.68	68.6	17.3	14.1	31.4	4.56

(bq): Briqueta.
(h): Altura

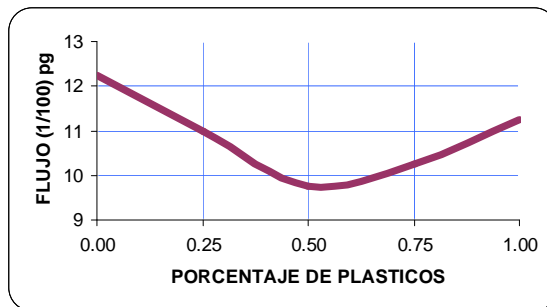
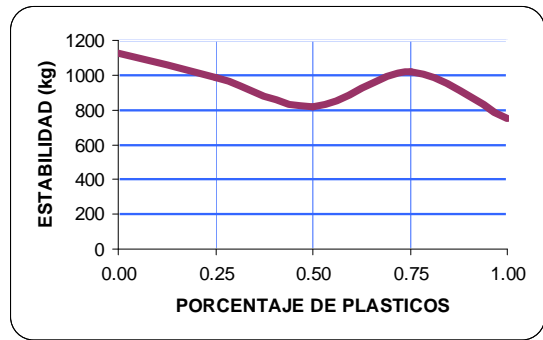
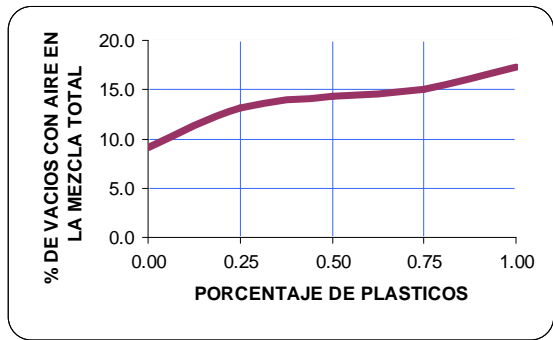
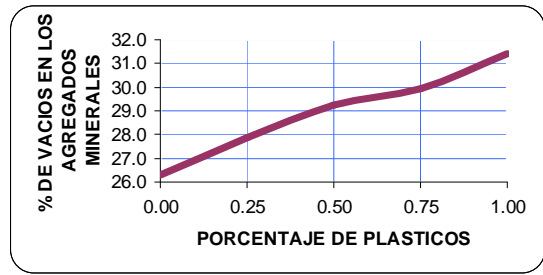
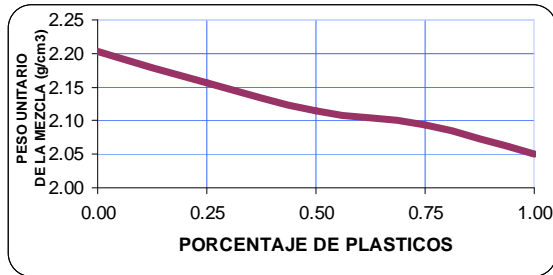
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 10

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



ANEXO 14

ENSAYOS MARSHALL CON DESECHOS PLASTICOS
11 al 30

**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 11**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 491.2 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1191.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.58	6.60	6.60	6.59	216.0	1225.9	13
2	1198.7	1212.2	1147.3	656.1	13.5	6.80	6.78	6.76	6.78	142.0	806.9	13
3	1197.2	1212.1	1148.3	657.1	14.9	6.80	6.80	6.79	6.80	204.0	1158.0	10
4	1198.1	1212.6	1147.2	656.0	14.5	6.79	6.78	6.78	6.78	197.0	1118.4	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1201.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.73	6.74	6.72	6.73	225.0	1276.8	10
2	1202.7	1220.8	1141.2	650.0	18.1	7.02	7.02	7.01	7.02	169.0	959.9	10
3	1202.7	1217.3	1152.9	661.7	14.6	6.80	6.80	6.80	6.80	174.0	988.2	11
4	1202.5	1214.8	1145.8	654.6	12.3	6.90	6.97	6.90	6.92	182.0	1033.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1198.7	1212.5	1142.5	651.3	13.8	6.83	6.82	6.81	6.82	183.0	1039.1	11
2	1201.7	1216.8	1145.7	654.5	15.1	6.87	6.88	6.83	6.86	154.0	874.9	10
3	1201.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.91	6.94	6.91	6.92	225.0	1276.8	11
4	1200.0	1211.7	1143.2	652.0	11.7	6.90	6.85	6.84	6.86	188.0	1067.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1203.0	1218.3	1137.6	646.4	15.3	6.99	7.02	6.97	6.99	201.0	1141.0	10
2	1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.01	7.02	7.00	7.01	199.0	1129.7	10
3	1198.4	1212.7	1130.9	639.7	14.3	6.99	7.00	6.98	6.99	223.0	1265.5	9
4	1200.4	1215.9	1135.2	644.0	15.5	7.00	7.01	6.98	7.00	197.0	1118.4	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1184.3	1210.7	1114.7	623.5	26.4	7.12	7.15	7.13	7.13	148.0	840.9	11
2	1187.5	1217.5	1123.5	632.3	30.0	7.15	7.11	7.13	7.13	151.0	857.9	11
3	1192.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.02	7.05	7.02	7.03	162.0	920.2	11
4	1190.1	1217.9	1124.4	633.2	27.8	7.18	7.11	7.14	7.14	163.0	925.9	11

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 11**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	1	2020	1985.8	2676.4	2.48
0.25	1	2020	1921.3	2637.1	2.47
0.50	3	2020	1919.5	2637.8	2.48
0.75	2	2020	1852.3	2594.8	2.47
1.00	3	2020	1903.2	2621.0	2.44

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 11**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.59	1226	0.95	1164.6063	13	1191.1	0.0	0.0	-								
	2	6.78	806.9	-	-	13	1198.7	656.1	1212.2	2.22								
	3	6.80	1158	0.90	1042.209	10	1197.2	657.1	1212.1	2.22								
	4	6.78	1118	0.90	1006.5565	12	1198.1	656.0	1212.6	2.22								
Promedio	6.74				1071.12	12	2.22				2.518	2.48	0.68	74.2	10.5	15.3	25.8	5.57
0.25	1	6.73	1277	0.91	1161.8924	10	1201.4	0.0	0.0	-								
	2	7.02	959.9	0.95	815.88346	10	1202.7	650.0	1220.8	2.18								
	3	6.80	988.2	0.90	889.36334	11	1202.7	661.7	1217.3	2.23								
	4	6.92	1033	0.87	899.13024	11	1202.5	654.6	1214.8	2.20								
Promedio	6.87			941.57	11	2.20				2.518	2.47	0.76	73.8	10.9	15.4	26.2	5.24	
0.50	1	6.82	1039	0.89	924.83907	11	1198.7	651.3	1212.5	2.20								
	2	6.86	874.9	0.89	778.64634	10	1201.7	654.5	1216.8	2.20								
	3	6.92	1277	0.87	1110.8202	11	1201.7	0.0	0.0	-								
	4	6.86	1067	0.89	950.03278	11	1200.0	652.0	1211.7	2.19								
Promedio	6.87			941.08	11	2.20				2.519	2.48	0.59	73.5	11.5	15.0	26.5	5.14	
0.75	1	6.99	1141	0.86	981.2889	10	1203.0	646.4	1218.3	2.17								
	2	7.01	1130	0.86	971.55506	10	1200.0	0.0	0.0	-								
	3	6.99	1265	0.86	1088.3249	9	1198.4	639.7	1212.7	2.15								
	4	7.00	1118	0.86	961.82068	10	1200.4	644.0	1215.9	2.16								
Promedio	7.00			1000.75	10	2.16				2.519	2.47	0.90	72.3	12.4	15.3	27.7	4.60	
1.00	1	7.13	840.9	0.83	697.93197	11	1184.3	623.5	1210.7	2.12								
	2	7.13	857.9	0.83	712.04323	11	1187.5	632.3	1217.5	2.15								
	3	7.03	920.2	0.85	782.17872	11	1192.4	0.0	0.0	-								
	4	7.14	925.9	0.83	768.47657	11	1190.1	633.2	1217.9	2.15								
Promedio	7.11			740.16	11	2.14				2.519	2.44	1.32	71.6	12.3	16.1	28.4	3.95	

(bq): Briqueta.
(h): Altura

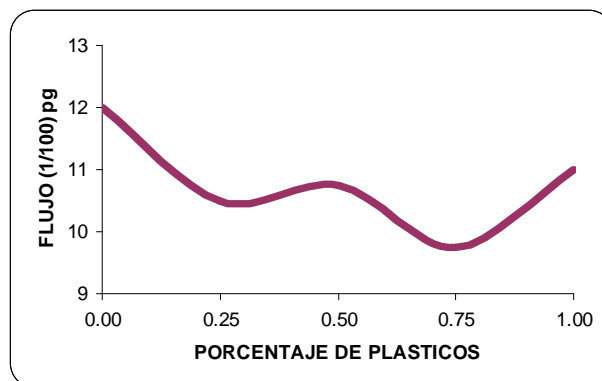
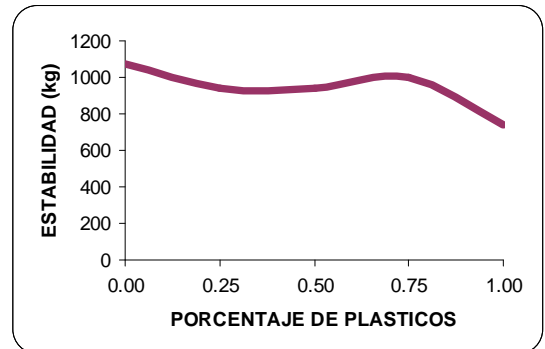
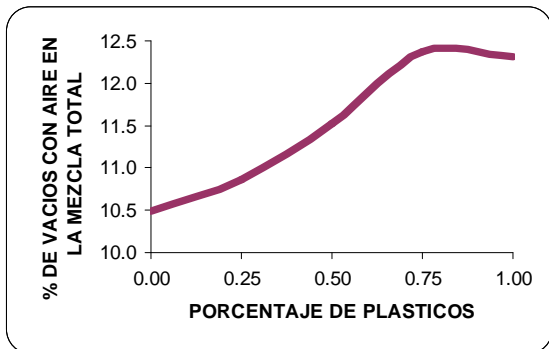
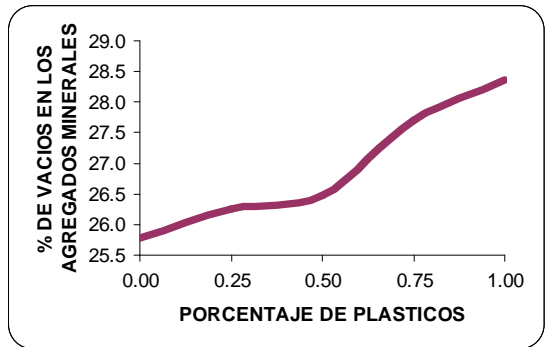
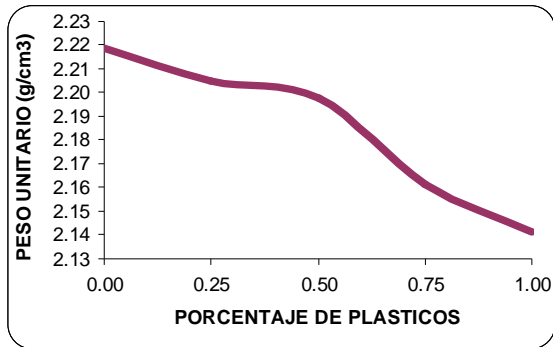
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malogaron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 11

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 12**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 491.2 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1191.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.58	6.60	6.60	6.59	216.0	1225.9	13
2	1198.7	1212.2	1147.3	656.1	13.5	6.80	6.78	6.76	6.78	210.0	1192.0	13
3	1197.2	1212.1	1148.3	657.1	14.9	6.80	6.80	6.79	6.80	198.0	1124.1	10
4	1198.1	1212.6	1147.2	656.0	14.5	6.79	6.78	6.78	6.78	188.0	1067.5	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %												
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1201.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.73	6.74	6.72	6.73	225.0	1276.8	12
2	1202.7	1220.8	1141.2	650.0	18.1	7.02	7.02	7.01	7.02	171.0	971.2	11
3	1202.7	1217.3	1152.9	661.7	14.6	6.80	6.80	6.80	6.80	182.0	1033.5	11
4	1202.5	1214.8	1145.8	654.6	12.3	6.90	6.97	6.90	6.92	179.0	1016.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %												
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1198.7	1212.5	1142.5	651.3	13.8	6.83	6.82	6.81	6.82	183.0	1039.1	11
2	1201.7	1216.8	1145.7	654.5	15.1	6.87	6.88	6.83	6.86	162.0	920.2	10
3	1201.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.91	6.94	6.91	6.92	157.0	891.9	15
4	1200.0	1211.7	1143.2	652.0	11.7	6.90	6.85	6.84	6.86	171.0	971.2	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %												
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1203.0	1218.3	1137.6	646.4	15.3	6.99	7.02	6.97	6.99	201.0	1141.0	10
2	1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.01	7.02	7.00	7.01	220.0	1248.5	10
3	1198.4	1212.7	1130.9	639.7	14.3	6.99	7.00	6.98	6.99	210.0	1192.0	9
4	1200.4	1215.9	1135.2	644.0	15.5	7.00	7.01	6.98	7.00	203.0	1152.4	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %												
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1184.3	1210.7	1114.7	623.5	26.4	7.12	7.15	7.13	7.13	159.0	903.2	11
2	1187.5	1217.5	1123.5	632.3	30.0	7.15	7.11	7.13	7.13	178.0	1010.8	12
3	1192.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.02	7.05	7.02	7.03	157.0	891.9	12
4	1190.1	1217.9	1124.4	633.2	27.8	7.18	7.11	7.14	7.14	159.0	903.2	13

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 12**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	1	2020	1985.8	2676.4	2.48
0.25	1	2020	1921.3	2637.1	2.47
0.50	3	2020	1919.5	2637.8	2.48
0.75	2	2020	1852.3	2594.8	2.47
1.00	3	2020	1903.2	2621.0	2.44

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 12**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

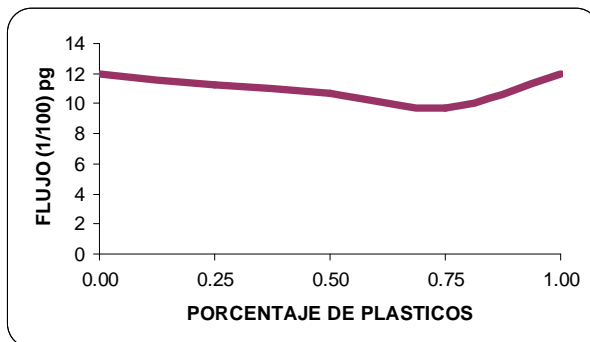
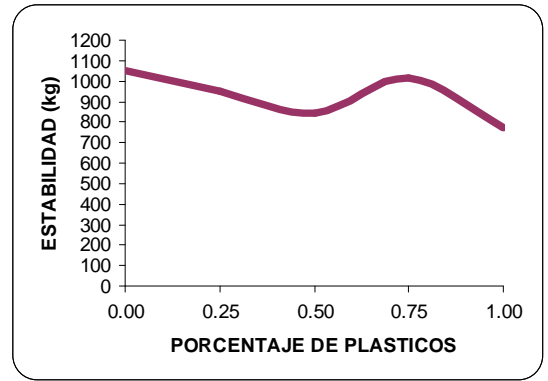
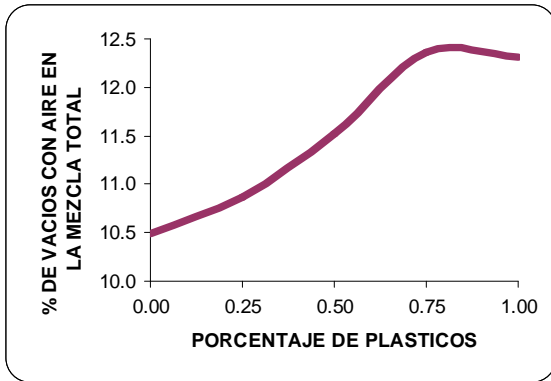
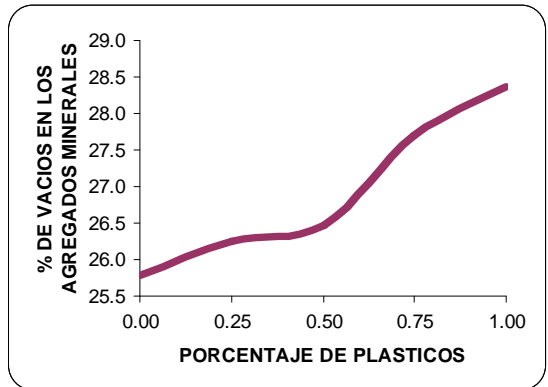
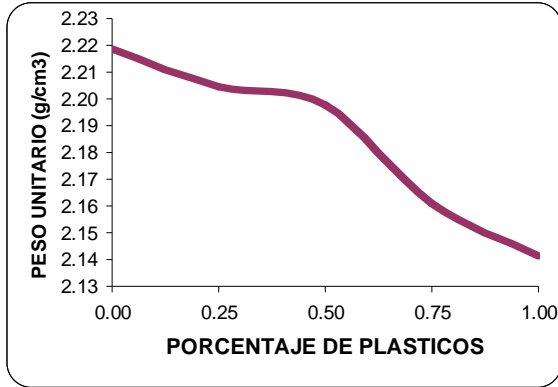
Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.59	1226	0.95	1164.6063	13	1191.1	0.0	0.0	-								
	2	6.78	1192	0.90	1072.7627	13	1198.7	656.1	1212.2	2.22								
	3	6.80	1124	0.90	1011.6502	10	1197.2	657.1	1212.1	2.22								
	4	6.78	1067	0.90	960.7073	12	1198.1	656.0	1212.6	2.22								
Promedio	6.74				1052.43	12				2.22	2.518	2.48	0.68	74.2	10.5	15.3	25.8	5.57
0.25	1	6.73	1277	0.91	1161.8924	12	1201.4	0.0	0.0	-								
	2	7.02	971.2	0.85	825.51219	11	1202.7	650.0	1220.8	2.18								
	3	6.80	1033	0.90	930.13473	11	1202.7	661.7	1217.3	2.23								
	4	6.92	1016	0.87	884.35164	11	1202.5	654.6	1214.8	2.20								
Promedio	6.87				950.47	11				2.20	2.518	2.47	0.76	73.8	10.9	15.4	26.2	5.24
0.50	1	6.82	1039	0.89	924.83907	11	1198.7	651.3	1212.5	2.20								
	2	6.86	920.2	0.89	818.98713	10	1201.7	654.5	1216.8	2.20								
	3	6.92	891.9	0.87	775.93754	-	1201.7	0.0	0.0	-								
	4	6.86	971.2	0.89	864.35982	11	1200.0	652.0	1211.7	2.19								
Promedio	6.87				846.03	11				2.20	2.519	2.48	0.59	73.5	11.5	15.0	26.5	5.14
0.75	1	6.99	1141	0.86	981.2889	10	1203.0	646.4	1218.3	2.17								
	2	7.01	1249	0.86	1073.733	10	1200.0	0.0	0.0	-								
	3	6.99	1192	0.86	1025.0944	9	1198.4	639.7	1212.7	2.15								
	4	7.00	1152	0.86	991.02219	10	1200.4	644.0	1215.9	2.16								
Promedio	7.00				1017.78	10				2.16	2.519	2.47	0.90	72.3	12.4	15.3	27.7	4.60
1.00	1	7.13	903.2	0.83	749.66754	11	1184.3	623.5	1210.7	2.12								
	2	7.13	1011	0.83	838.99183	12	1187.5	632.3	1217.5	2.15								
	3	7.03	891.9	0.85	758.09989	12	1192.4	0.0	0.0	-								
	4	7.14	903.2	0.83	749.66754	13	1190.4	633.2	1217.9	2.15								
Promedio	7.11				774.11	12				2.14	2.519	2.44	1.32	71.6	12.3	16.1	28.4	3.95

(bq): Briqueta.
(h): Altura

Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL
INV E-748
ENSAYO (con Plásticos) # 12

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de deschos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 13**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 491.2 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:										0.00 %		
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------	--	--

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1205.2	1215.9	1132.9	641.7	10.7	7.08	7.13	7.08	7.10	201.0	1195.3	13
2	1203.9	1217.5	1127.3	636.1	13.6	7.15	7.12	7.15	7.14	210.0	1248.7	12
3	1203.4	1219.1	1129.4	638.2	15.7	7.14	7.14	7.13	7.14	224.0	1331.6	13
4	1203.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.02	7.08	7.10	7.07	220.0	1307.9	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:										0.25 %		
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------	--	--

1	1204.8	1216.0	1132.9	641.7	11.2	7.11	7.11	7.12	7.11	201.0	1195.3	12
2	1207.2	1220.0	1132.2	641.0	12.8	7.15	7.18	7.12	7.15	199.0	1183.4	11
3	1192.0	1203.4	1120.0	628.8	11.4	7.09	7.10	7.08	7.09	211.0	1254.6	11
4	1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.10	7.11	7.12	7.11	225.0	1337.6	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:										0.50 %		
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------	--	--

1	1202.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.32	7.26	7.21	7.26	196.0	1165.7	9
2	1197.8	1207.0	1103.9	612.7	9.2	7.21	7.26	7.30	7.26	167.0	993.6	12
3	1203.9	1214.5	1125.0	633.8	10.6	7.11	7.18	7.16	7.15	174.0	1035.2	11
4	1193.6	1204.5	1108.2	617.0	10.9	7.27	7.28	7.23	7.26	189.0	1124.1	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:										0.75 %		
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------	--	--

1	1196.4	1208.1	1107.1	615.9	11.7	7.20	7.20	7.21	7.20	221.0	1313.9	10
2	1202.6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.30	7.26	7.25	7.27	227.0	1349.4	9
3	1199.1	1209.5	1115.4	624.2	10.4	7.12	7.20	7.14	7.15	196.0	1165.7	10
4	1200.3	1211.1	1116.7	625.5	10.8	7.13	7.16	7.16	7.15	194.0	1153.8	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:										1.00 %		
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------	--	--

1	1191.0	1202.9	1102.5	611.3	11.9	7.28	7.25	7.23	7.25	201.0	1195.3	12
2	1192.1	1213.5	1101.0	609.8	21.4	7.46	7.39	7.42	7.42	199.0	1183.4	13
3	1196.5	1208.0	1108.3	617.1	11.5	7.20	7.18	7.22	7.20	176.0	1047.0	11
4	1193.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.35	7.25	7.21	7.27	204.0	1213.1	14

- (s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
 (sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
 (sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
 (h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
 El valor de la carga está dado en Kilogramos.
 El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 13**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	4	2020	1912.4	2633.2	2.48
0.25	4	2020	1957.4	2642.6	2.39
0.50	2	2020	1982.9	2661	2.40
0.75	2	2020	1900	2617.8	2.43
1.00	3	2020	1898	2621.0	2.46

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 13**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICENO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			"BULK"	PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacios en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo
							seco	parafinado agua	aire		MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO		AGREGADO	VACIOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO		
0.00	1	7.10	1195	0.84	1004.055	13	1206.2	641.7	1215.9	2.14	-	0.62	71.4	14.0	14.6	28.6	5.62	
	2	7.14	1249	0.83	1036.3866	12	1203.9	636.1	1217.5	2.13								
	3	7.14	1332	0.83	1105.2525	13	1203.4	638.2	1219.1	2.14								
	4	7.07	1308	0.84	1098.6585	12	1203.1	0.0	0.0	-								
Promedio		7.11			1061.09	13				2.13	2.518	2.48						
0.25	1	7.11	1195	0.83	992.10199	12	1204.8	641.7	1216.0	2.14	-	2.35	71.4	10.5	18.1	28.6	3.74	
	2	7.15	1183	0.83	982.25951	11	1207.2	641.0	1220.0	2.14								
	3	7.09	1255	0.84	1053.8523	11	1192.0	628.8	1203.4	2.12								
	4	7.11	1338	0.83	1110.1705	11	1200.0	0.0	0.0	-								
Promedio		7.12			1034.60	11				2.13	2.518	2.39						
0.50	1	7.26	1166	0.81	944.18166	9	1202.0	0.0	0.0	-	2.01	69.6	13.5	16.9	30.4	3.80		
	2	7.26	993.6	0.81	804.83573	12	1197.8	612.7	1207.0	2.05								
	3	7.15	1035	0.83	859.18404	11	1203.9	633.8	1214.5	2.12								
	4	7.26	1124	0.81	910.55631	10	1193.6	617.0	1204.5	2.07								
Promedio		7.23			879.69	11				2.08	2.519	2.40						
0.75	1	7.20	1314	0.82	1077.3592	10	1196.4	615.9	1208.1	2.07	1.46	69.7	14.4	15.9	30.3	4.07		
	2	7.27	1349	0.81	1093.018	9	1202.6	0.0	0.0	-								
	3	7.15	1166	0.83	967.49479	10	1199.1	624.2	1209.5	2.09								
	4	7.15	1154	0.83	957.65099	11	1200.3	625.5	1211.1	2.09								
Promedio		7.19			1023.88	10				2.08	2.519	2.43						
1.00	1	7.25	1195	0.81	968.19592	12	1191.0	611.3	1202.9	2.06	1.00	69.0	16.2	14.8	31.0	4.25		
	2	7.42	1183	0.79	934.9217	13	1192.1	609.8	1213.5	2.06								
	3	7.20	1047	0.82	858.56282	11	1196.5	617.1	1208.0	2.07								
	4	7.27	1213	0.81	982.60292	14	1193.1	0.0	0.0	-								
Promedio		7.29			936.07	13				2.06	2.519	2.46						

(bq): Briqueta.
(h): Altura

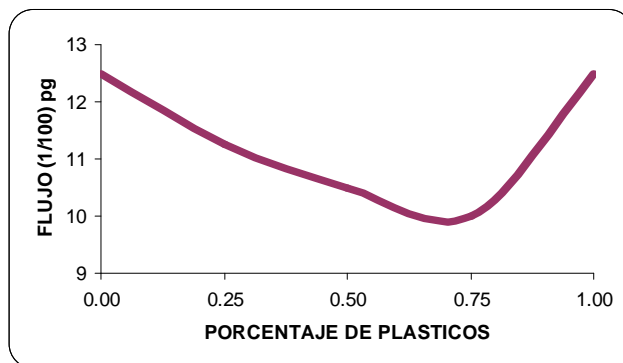
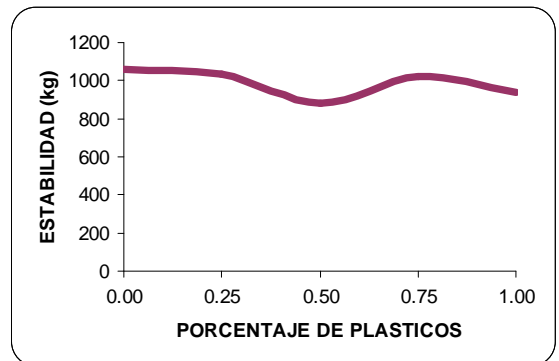
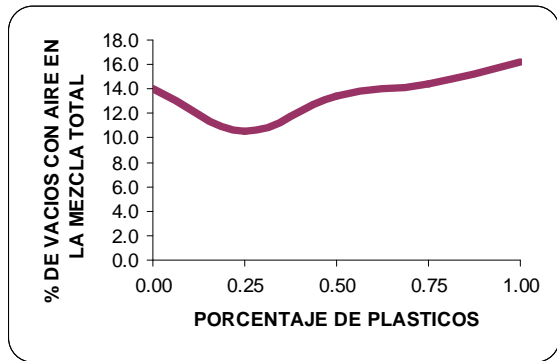
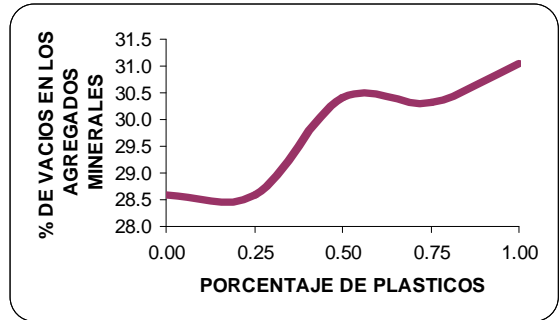
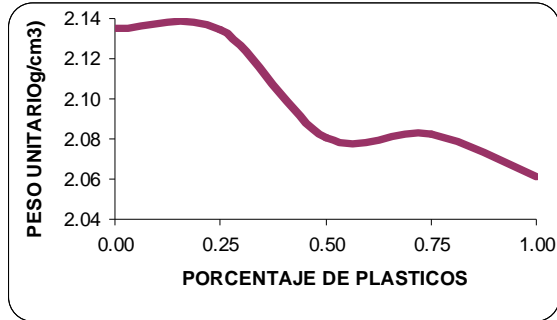
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malogaron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 13

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 14**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 492.7 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1208.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.58	6.60	6.60	6.59	207.0	1175.0	13
2	1197.2	1209.5	1167.3	674.6	12.3	6.65	6.64	6.63	6.64	199.0	982.5	12
3	1193.3	1210.1	1153.6	660.9	16.8	6.71	6.78	6.78	6.76	221.0	857.8	12
4	1198.1	1212.6	1147.2	654.5	14.5	6.82	6.82	6.82	6.82	111.0	631.0	17

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1206.8	1217.8	1146.0	653.3	11.0	6.91	6.92	6.94	6.92	198.0	693.4	11
2	1189.9	1201.2	1133.2	640.5	11.3	6.87	6.82	6.83	6.84	201.0	659.4	10
3	1208.2	1221.5	1161.8	669.1	13.3	6.79	6.78	6.79	6.79	187.0	925.8	12
4	1207.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.79	6.78	6.79	6.79	209.0	1186.0	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1197.7	1208.7	1139.5	646.8	11.0	6.95	7.00	6.90	6.95	181.0	897.5	11
2	1208.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.94	6.87	6.90	6.90	198.0	1124.0	12
3	1203.9	1214.8	1146.8	654.1	10.9	6.83	6.82	6.85	6.83	174.0	840.8	10
4	1204.5	1215.5	1140.6	647.9	11.0	6.91	6.91	6.92	6.91	178.0	954.2	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1191.4	1204.6	1111.4	618.7	13.2	7.01	7.02	7.07	7.03	218.0	670.7	10
2	1199.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.87	6.90	6.85	6.87	204.0	1156.0	9
3	1191.5	1205.7	1119.9	627.2	14.2	7.01	7.02	6.99	7.01	198.0	784.2	9
4	1202.5	1213.8	1141.9	649.2	11.3	6.91	6.89	6.90	6.90	214.0	914.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1201.8	1214.1	1128.7	636.0	12.3	7.11	7.09	7.09	7.10	154.0	636.7	13
2	1205.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.18	7.12	7.20	7.17	195.0	1107.0	13
3	1200.0	1213.2	1121.2	628.5	13.2	7.22	7.20	7.20	7.21	174.0	665.1	12
4	1212.8	1215.5	1123.2	630.5	2.7	7.20	7.16	7.10	7.15	162.0	920.2	13

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 14**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	1	2020	1840.3	2588	2.47
0.25	4	2020	1948.2	2650.2	2.46
0.50	2	2020	1980	2671.1	2.47
0.75	2	2020	1904.4	2623.5	2.45
1.00	2	2020	1898	2621.0	2.46

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 14**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.59	1175	0.95	1116.25	13	1208.5	0.0	0.0	-								
	2	6.64	982.5	0.94	923.55	12	1197.2	674.6	1209.5	2.30								
Asfalto:	3	6.76	857.8	0.91	780.598	12	1193.3	660.9	1210.1	2.25								
	4	6.82	631	0.89	-	11	1198.1	654.5	1212.6	2.21								
Promedio	6.70				940.13	12				2.25	2.518	2.47	0.86	75.3	8.7	15.9	24.7	5.40
0.25	1	6.92	693.4	0.87	603.258	11	1206.8	653.3	1217.8	2.19								
	2	6.84	659.4	0.89	586.866	10	1189.9	640.5	1201.2	2.17								
Asfalto:	3	6.79	925.8	0.90	833.22	12	1208.2	669.1	1221.5	2.25								
	4	6.79	1186	0.90	1067.4	11	1207.6	0.0	0.0	-								
Promedio	6.83				772.69	11				2.21	2.518	2.46	1.05	73.9	10.1	16.0	26.1	4.96
0.50	1	6.95	897.5	0.87	780.825	11	1197.7	646.8	1208.7	2.18								
	2	6.90	1124	0.88	989.12	12	1208.0	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	6.83	840.8	0.89	748.312	10	1203.9	654.1	1214.8	2.19								
	4	6.91	954.2	0.88	839.696	10	1204.5	647.9	1215.5	2.17								
Promedio	6.90				839.49	11				2.18	2.519	2.47	0.87	73.0	11.6	15.4	27.0	4.88
0.75	1	7.03	670.7	0.84	563.388	10	1191.4	618.7	1204.6	2.09								
	2	6.87	1156	0.88	1017.28	9	1199.9	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	7.01	784.2	0.84	658.728	9	1191.5	627.2	1205.7	2.12								
	4	6.90	914.5	0.88	804.76	11	1202.5	649.2	1213.8	2.18								
Promedio	6.95				761.04	10				2.13	2.519	2.45	1.14	71.2	13.3	15.6	28.8	4.37
1.00	1	7.10	636.7	0.84	534.828	13	1201.8	636.0	1214.1	2.13								
	2	7.17	1107	0.83	918.81	13	1205.0	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	7.21	665.1	0.82	545.382	12	1200.0	628.5	1213.2	2.11								
	4	7.15	920.2	0.83	763.766	13	1212.8	630.5	1215.5	2.08								
Promedio	7.16				690.70	13				2.11	2.519	2.46	1.00	70.5	14.4	15.2	29.5	4.25

(bq): Briqueta.
(h): Altura

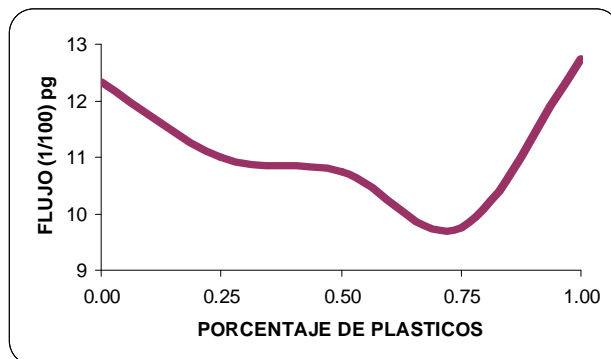
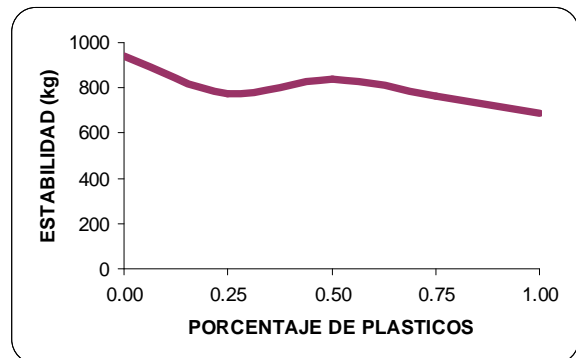
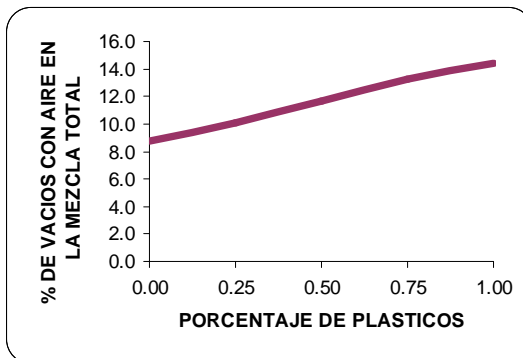
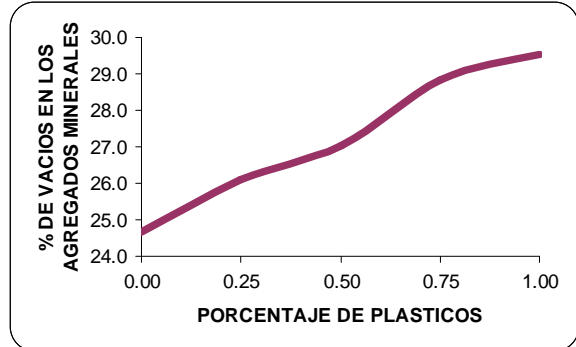
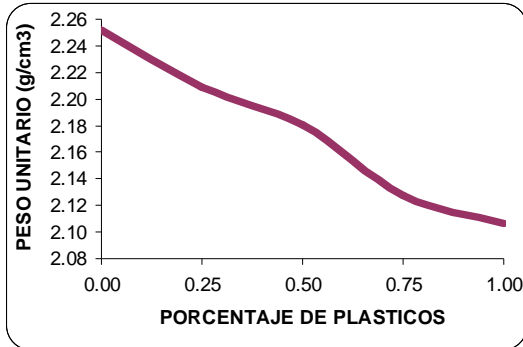
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 14

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 15**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 488.4 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1203.5	1214.7	1149.0	660.6	11.2	6.81	6.82	6.80	6.81	224.0	1271.2	14
2	1201.1	1218.4	1130.9	642.5	17.3	7.08	7.09	7.08	7.08	196.0	1112.8	12
3	1202.2	1221.0	1130.7	642.3	18.8	7.09	7.10	7.11	7.10	198.0	1124.1	13
4	1199.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.01	7.00	7.01	7.01	204.0	1158.1	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1203.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.08	7.06	7.02	7.05	192.0	1090.2	11
2	1204.8	1216.6	1131.0	642.6	11.8	7.10	7.11	7.10	7.10	200.0	1135.4	11
3	1201.2	1211.1	1135.9	647.5	9.9	6.91	6.92	6.91	6.91	187.0	1061.8	12
4	1201.5	1216.5	1125.7	637.3	15.0	7.12	7.15	7.12	7.13	202.0	1146.8	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1203.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.03	7.05	7.07	7.05	191.0	1084.5	10
2	1201.8	1218.1	1134.0	645.6	16.3	7.05	7.10	7.08	7.08	178.0	1010.9	11
3	1202.1	1212.4	1123.6	635.2	10.3	7.15	7.12	7.11	7.13	162.0	920.2	12
4	1201.5	1217.3	1113.5	625.1	15.8	7.29	7.30	7.30	7.30	159.0	903.2	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1205.8	1218.3	1118.4	630.0	12.5	7.19	7.22	7.21	7.21	201.0	1141.1	10
2	1202.3	1213.0	1119.9	631.5	10.7	7.18	7.15	7.12	7.15	210.0	1192.0	9
3	1203.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.10	7.04	7.05	7.06	199.0	1129.8	9
4	1203.1	1215.4	1115.6	627.2	12.3	7.31	7.25	7.30	7.29	218.0	1237.3	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1205.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.31	7.38	7.42	7.37	178.0	1010.9	13
2	1204.9	1219.9	1109.2	620.8	15.0	7.38	7.35	7.44	7.39	187.0	1061.8	12
3	1206.0	1218.8	1111.0	622.6	12.8	7.36	7.35	7.39	7.37	90.0	511.9	19
4	1203.3	1217.9	1098.4	610.0	14.6	7.50	7.39	7.45	7.45	96.0	546.0	14

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 15**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	4	2020	1890.1	2612.3	2.44
0.25	1	2020	1970.2	2665.9	2.47
0.50	1	2020	1876.5	2608.4	2.46
0.75	3	2020	1804.8	2572.3	2.50
1.00	1	2020	1919.2	2630.9	2.44

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 15**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacios en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.81	1271	0.89	1131.4072	14	1203.5	660.6	1214.7	2.22	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.08	1113	0.84	934.75171	12	1201.1	642.5	1218.4	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.10	1124	0.84	944.26163	13	1202.2	642.3	1221.0	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.01	1158	0.86	995.95	12	1199.8	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.00				1001.59	13				2.16	2.518	2.44	1.42	72.1	11.5	16.4	27.9	4.87
0.25	1	7.05	1090	0.85	926.63193	11	1203.1	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.10	1135	0.84	953.77104	11	1204.9	642.6	1216.6	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.91	1062	0.88	934.42476	12	1201.2	647.5	1211.1	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.13	1147	0.83	951.81234	11	1201.5	637.3	1216.5	2.14	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.05			941.66	11					2.15	2.518	2.47	0.79	72.0	12.9	15.1	28.0	5.20
0.50	1	7.05	1084	0.85	921.81967	10	1203.2	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.08	1011	0.84	849.13996	11	1201.8	645.6	1218.1	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.13	920.2	0.83	763.80414	12	1202.1	635.2	1212.4	2.12	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.30	903.2	0.81	731.6306	10	1201.5	625.1	1217.3	2.09	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.14			816.60	11					2.13	2.519	2.46	0.99	71.2	13.5	15.3	28.8	4.77
0.75	1	7.21	1141	0.82	935.70353	10	1205.8	630.0	1218.3	2.10	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.15	1192	0.83	989.39025	9	1202.3	631.5	1213.0	2.11	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.06	1130	0.85	960.31421	9	1203.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.29	1237	0.81	1002.2142	10	1203.1	627.2	1215.4	2.09	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.18			971.91	10					2.10	2.519	2.50	0.24	70.3	16.1	13.6	29.7	5.22
1.00	1	7.37	1011	0.79	798.59591	13	1205.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.39	1062	0.79	838.85859	12	1204.9	620.8	1219.9	2.07	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.37	511.9	0.79	-	14	1206.0	622.6	1218.8	2.07	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.45	546	0.78	-	14	1203.3	610.0	1217.9	2.03	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.39			818.73	13					2.06	2.519	2.44	1.28	68.9	15.8	15.3	31.1	3.99

(bq): Briqueta.
(h): Altura

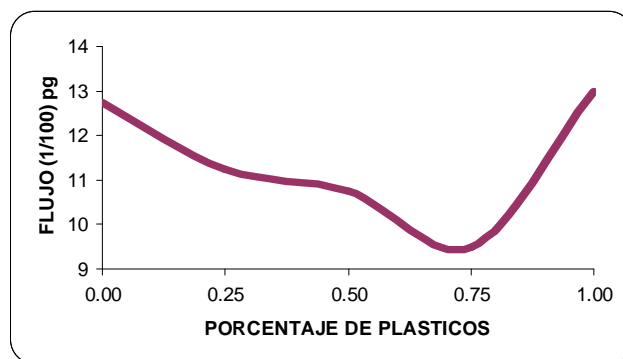
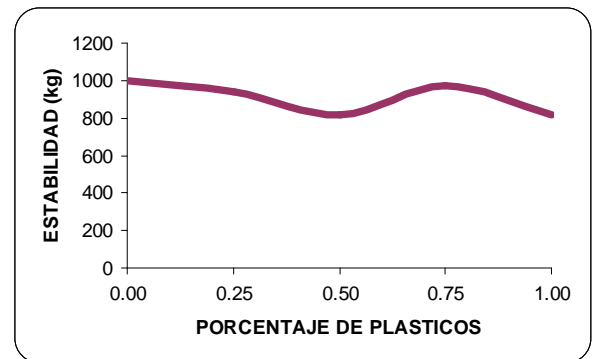
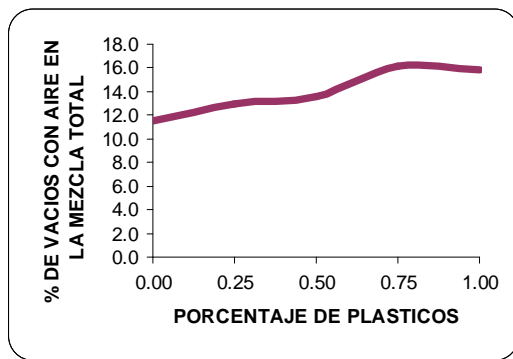
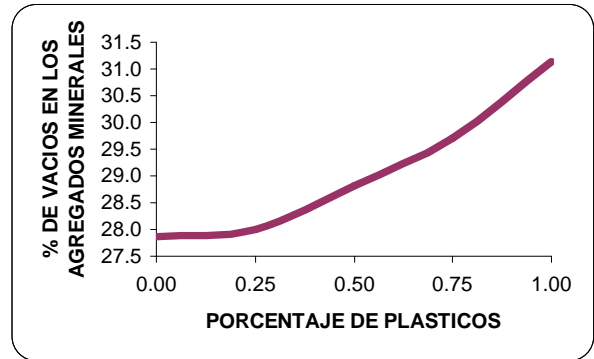
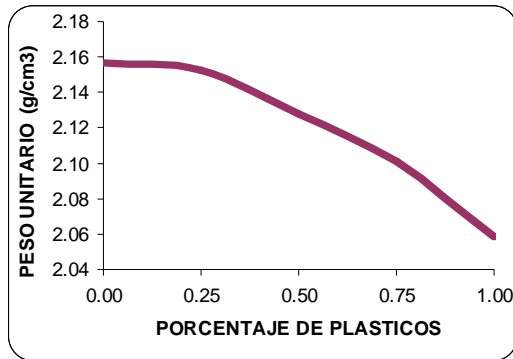
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 15

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 16**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 499.9 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1207.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.78	6.78	6.72	6.76	195.0	1107.1	14
2	1195.5	1206.3	1149.3	649.4	10.8	6.70	6.68	6.70	6.69	207.0	1175.1	11
3	1197.9	1212.1	1156.5	656.6	14.2	6.71	6.72	6.71	6.71	139.0	789.9	11
4	1205.4	1216.5	1139.8	639.9	11.1	6.98	6.94	6.96	6.96	187.0	1061.8	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1205.7	1216.8	1140.5	640.6	11.1	6.98	6.96	6.94	6.96	197.0	1118.5	11
2	1198.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.78	6.72	6.79	6.76	172.0	976.9	12
3	1203.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.88	6.89	6.86	6.88	193.0	1095.8	11
4	1202.3	1214.4	1145.6	645.7	12.1	6.91	6.94	6.89	6.91	198.0	1124.1	13

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1202.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.94	6.93	6.92	6.93	175.0	993.9	11
2	1202.1	1212.9	1136.8	636.9	10.8	7.04	6.92	7.06	7.01	154.0	874.9	13
3	1202.2	1215.1	1142.0	642.1	12.9	6.88	6.83	6.89	6.87	150.0	852.2	12
4	1201.7	1212.4	1136.2	636.3	10.7	6.90	7.00	6.97	6.96	164.0	931.6	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1200.4	1211.9	1128.8	628.9	11.5	7.12	7.03	7.06	7.07	187.0	1061.8	11
2	1202.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.93	6.90	6.89	6.91	194.0	1101.5	10
3	1202.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.93	6.99	7.03	6.98	216.0	1226.0	11
4	1201.1	1212.3	1129.8	629.9	11.2	7.01	6.99	7.00	7.00	196.0	1112.8	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1189.7	1203.0	1117.0	617.1	13.3	7.10	7.04	7.05	7.06	147.0	835.2	12
2	1207.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.10	7.09	7.09	7.09	216.0	1226.0	11
3	1200.0	1215.0	1121.0	621.1	15.0	7.15	7.17	7.17	7.16	137.0	778.6	12
4	1200.8	1216.8	1121.9	622.0	16.0	7.15	7.11	7.17	7.14	139.0	789.9	12

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 16**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	1	2020	1882	2607	2.43
0.25	2	2020	1856	2596.8	2.46
0.50	1	2020	1872	2603.9	2.45
0.75	2	2020	1919	2625	2.41
1.00	2	2020	1921.3	2635.7	2.47

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 16**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.76	1107	0.91	1007.50	14	1207.0	0.0	0.0	-								
	2	6.69	1175	0.93	1092.81	11	1195.5	649.4	1206.3	2.19								
Asfalto:	3	6.71	789.9	0.92	-	11	1197.9	656.6	1212.1	2.22								
6.20	4	6.96	1062	0.86	913.19	12	1205.4	639.9	1216.5	2.14								
Promedio		6.78			1004.50	12				2.18	2.518	2.43	1.48	73.0	10.3	16.7	27.0	4.81
0.25	1	6.96	1118	0.86	961.88	11	1205.7	640.6	1216.8	2.14								
	2	6.76	976.9	0.91	888.98	12	1198.0	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	6.88	1096	0.88	964.32	11	1203.7	0.0	0.0	-								
5.95	4	6.91	1124	0.88	989.23	13	1202.3	645.7	1214.4	2.17								
Promedio		6.88			951.10	12				2.17	2.518	2.46	0.91	72.4	12.1	15.4	27.6	5.09
0.50	1	6.93	993.9	0.87	864.68	11	1202.9	0.0	0.0	-								
	2	7.01	874.9	0.86	752.43	13	1202.1	636.9	1212.9	2.13								
Asfalto:	3	6.87	852.2	0.88	749.98	12	1202.2	642.1	1215.1	2.15								
5.70	4	6.96	931.6	0.86	801.16	12	1201.7	636.3	1212.4	2.13								
Promedio		6.94			792.06	12				2.14	2.519	2.45	1.19	71.5	12.7	15.7	28.5	4.58
0.75	1	7.07	1062	0.84	891.95	11	1200.4	628.9	1211.9	2.11								
	2	6.91	1101	0.88	969.30	10	1202.6	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	6.98	1226	0.86	1054.35	11	1202.7	0.0	0.0	-								
5.45	4	7.00	1113	0.86	957.01	11	1201.1	629.9	1212.3	2.11								
Promedio		6.99			968.15	11				2.11	2.519	2.41	1.87	70.5	12.7	16.9	29.5	3.68
1.00	1	7.06	835.2	0.85	709.95	12	1189.7	617.1	1203.0	2.08								
	2	7.09	1226	0.84	1029.63	11	1207.3	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	7.16	778.6	0.83	646.20	12	1200.9	621.1	1215.0	2.08								
5.20	4	7.14	789.9	0.83	655.61	12	1200.8	622.0	1216.8	2.08								
Promedio		7.12			760.40	12				2.08	2.519	2.47	0.91	69.6	15.6	14.8	30.4	4.33

(bq): Briqueta.
(h): Altura

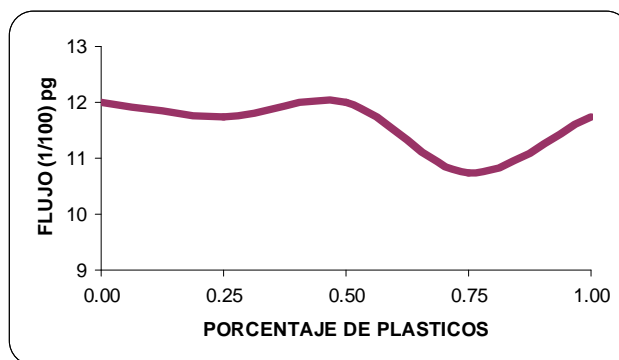
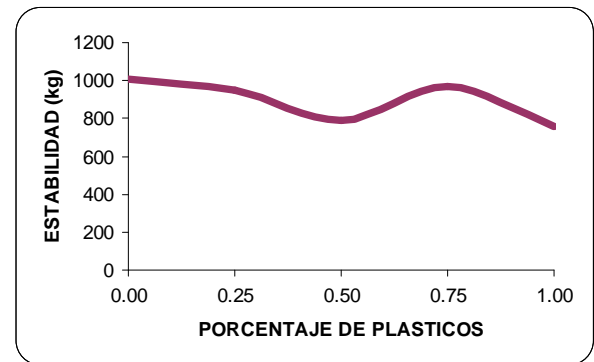
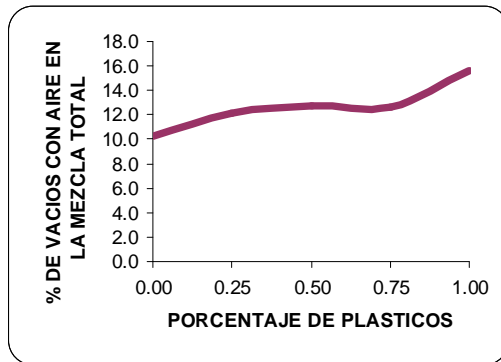
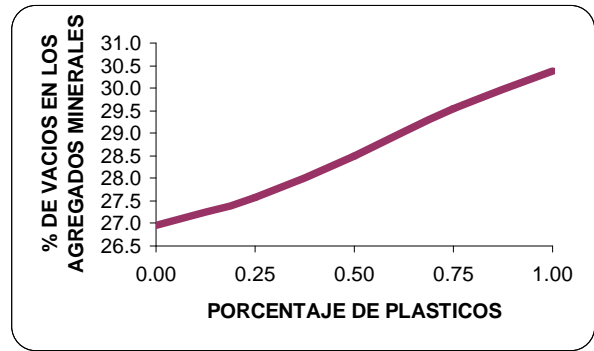
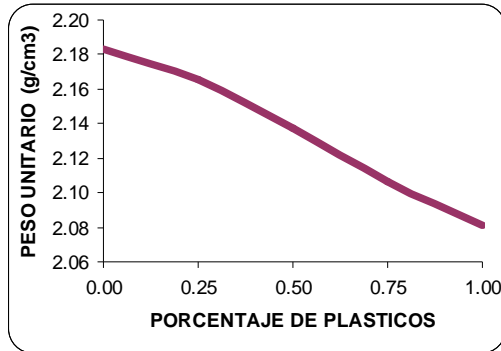
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 16

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 17**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 496.3 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA ME .											0.00 %	
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1206	1219.9	1165.3	669.0	13.9	7.08	7.11	7.09	7.09	197.0	1118.4	12
2	1195	1208.1	1122.7	626.4	13.1	7.01	7.02	7.05	7.03	197.0	1118.4	10
3	1197.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.91	6.92	6.89	6.91	201.0	1141.0	13
4	1200	1214.1	1143.1	646.8	14.1	6.87	6.81	6.80	6.83	210.0	1192.0	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:											0.25 %	
1	1203.9	0.0	0.0	0.0	0.0	7.10	7.10	7.09	7.10	175.0	993.8	12
2	1203.9	1222.6	1126.2	629.9	18.7	7.08	7.07	7.11	7.09	163.0	925.9	12
3	1200.0	1213.6	1133.6	637.3	13.6	7.00	7.00	7.01	7.00	189.0	1073.1	12
4	1209.4	1221.6	1147.9	651.6	12.2	6.81	6.92	7.02	6.92	191.0	1084.4	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:											0.50 %	
1	1202.0	1212.9	1122.2	625.9	10.9	7.09	7.07	7.08	7.08	174.0	988.2	12
2	1203.4	1218.9	1131.4	635.1	15.5	7.00	6.99	7.01	7.00	162.0	920.2	12
3	1201.6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.00	7.01	6.99	7.00	206.0	1169.3	12
4	1196.2	1212.0	1123.6	627.3	15.8	7.11	7.09	7.08	7.09	169.0	959.9	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:											0.75 %	
1	1200.0	1221.0	1119.3	623.0	21.0	7.19	7.17	7.11	7.16	198.0	1124.1	11
2	1196.0	1213.1	1117.5	621.2	17.1	7.09	7.10	7.05	7.08	187.0	1061.8	13
3	1204.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.11	7.15	7.09	7.12	201.0	1141.0	11
4	1202.1	1221.7	1119.9	623.6	19.6	7.15	7.18	7.17	7.17	220.0	1248.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:											1.00 %	
1	1206.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.93	6.92	6.92	6.92	238.0	1350.3	12
2	1209.9	1223.4	1121.7	625.4	13.5	7.14	7.20	7.16	7.17	169.0	959.9	11
3	1201.9	1212.1	1113.7	617.4	10.2	7.18	7.12	7.20	7.17	179.0	1016.5	12
4	1200.0	1211.3	1097.3	601.0	11.3	7.33	7.39	7.39	7.37	178.0	1010.8	11

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 17**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	3	2020	1997.4	2670.1	2.41
0.25	1	2020	1912.7	2626	2.44
0.50	3	2020	1880.2	2612.3	2.47
0.75	3	2020	1852.3	2594.8	2.47
1.00	1	2020	1919.2	2630.9	2.44

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 17**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	7.09	1118	0.84	939.45	12	1206.0	669.0	1219.9	2.25								
	2	7.03	1118	0.85	950.64	10	1195.0	626.4	1208.1	2.11								
	3	6.91	1141	0.88	1004.11	13	1197.9	0.0	0.0	-								
	4	6.83	1192	0.89	1060.84	11	1200.0	646.8	1214.1	2.18								
Promedio	6.96				988.76	12				2.14	2.518	2.41	1.94	71.6	11.1	17.3	28.4	4.38
0.25	1	7.10	983.8	0.84	834.83	12	1203.9	0.0	0.0	-								
	2	7.08	925.9	0.84	777.74	12	1203.9	629.9	1222.6	2.11								
	3	7.00	1073	0.86	922.88	12	1200.0	637.3	1213.6	2.14								
	4	6.92	1084	0.87	943.46	12	1209.4	651.6	1221.6	2.17								
Promedio	7.03				869.73	12				2.14	2.518	2.44	1.38	71.6	12.3	16.2	28.4	4.65
0.50	1	7.08	988.2	0.84	830.07	12	1202.0	625.9	1212.9	2.09								
	2	7.00	920.2	0.86	791.38	12	1203.4	635.1	1218.9	2.12								
	3	7.00	1169	0.86	1005.62	12	1201.6	0.0	0.0	-								
	4	7.09	959.9	0.84	806.28	12	1196.2	627.3	1212.0	2.11								
Promedio	7.04				858.34	12				2.11	2.519	2.47	0.81	70.5	14.7	14.8	29.5	4.94
0.75	1	7.16	1124	0.83	932.97	11	1200.0	623.0	1221.0	2.09								
	2	7.08	1062	0.84	891.90	13	1196.0	621.2	1213.1	2.09								
	3	7.12	1141	0.83	947.06	11	1204.2	0.0	0.0	-								
	4	7.17	1249	0.83	1036.28	11	1202.1	623.6	1221.7	2.09								
Promedio	7.13				952.05	12				2.09	2.519	2.47	0.90	69.8	15.4	14.8	30.2	4.60
1.00	1	6.92	1350	0.87	-	12	1206.4	0.0	0.0	-								
	2	7.17	959.9	0.83	796.69	11	1209.9	625.4	1223.4	2.08								
	3	7.17	1016	0.83	843.69	12	1201.9	617.4	1212.1	2.06								
	4	7.37	1011	0.80	808.67	11	1200.0	601.0	1211.3	2.01								
Promedio	7.16				816.35	12				2.05	2.519	2.44	1.28	68.5	16.2	15.3	31.5	3.99

(bq): Briqueta.
(h): Altura

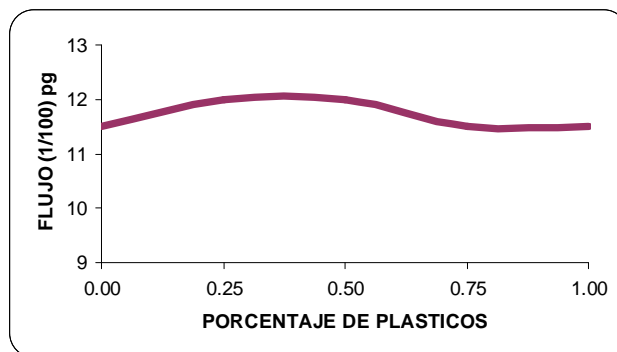
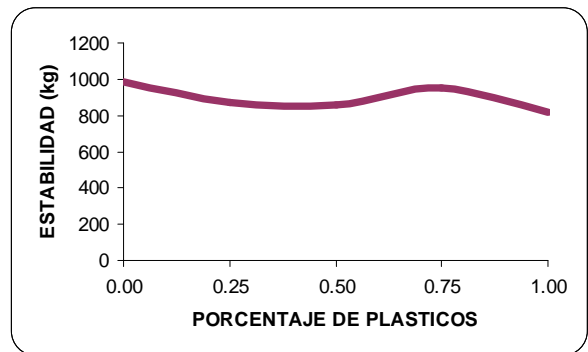
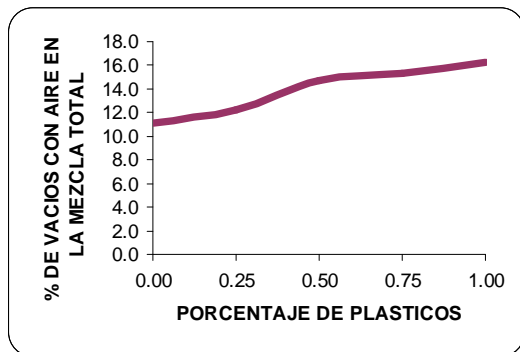
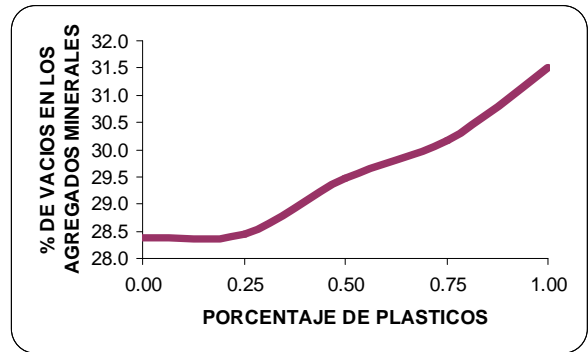
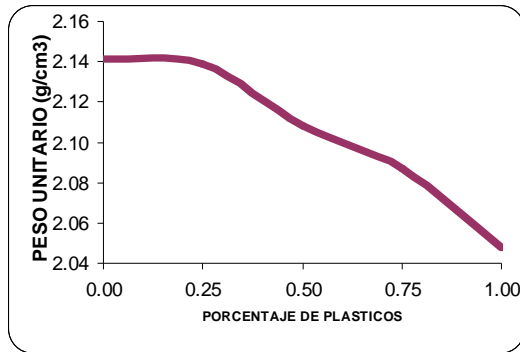
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 17

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 18**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 490.4 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1194.5	1213.5	1147.0	656.6	19.0	6.80	6.80	6.80	6.80	198.0	1124.1	14
2	1201.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.72	6.70	6.70	6.71	220.0	1248.5	10
3	1203	0.0	0.0	0.0	0.0	6.68	6.69	6.69	6.69	206.0	1169.3	15
4	1199.7	1210.8	1148.0	657.6	11.1	6.78	6.81	6.81	6.80	200.0	1135.4	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1202.4	1216.0	1143.4	653.0	13.6	6.89	6.89	6.90	6.89	200.0	1135.4	10
2	1193.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.77	6.75	6.73	6.75	187.0	1061.8	12
3	1186.5	1200.0	1143.3	652.9	13.5	6.67	6.63	6.68	6.66	188.0	1067.5	13
4	1194.5	1209.8	1135.7	645.3	15.3	6.80	6.79	6.84	6.81	195.0	1107.1	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1198.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.82	6.83	6.84	6.83	181.0	1027.8	12
2	1207.4	1225.0	1140.0	649.6	17.6	7.09	7.05	7.04	7.06	196.0	1112.7	11
3	1200.5	1218.7	1129.9	639.5	18.2	7.10	7.10	7.05	7.08	189.0	1073.1	13
4	1201.4	1213.0	1131.7	641.3	11.6	6.98	7.04	7.01	7.01	168.0	954.2	13

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1197.6	1216.0	1131.0	640.6	18.4	7.10	7.11	7.10	7.10	198.0	1124.1	10
2	1197.6	1219.8	1128.5	638.1	22.2	7.10	7.10	7.10	7.10	189.0	1073.1	11
3	1202.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.31	7.32	7.38	7.34	197.0	1118.4	12
4	1198.4	1212.7	1130.9	640.5	14.3	7.10	7.05	7.02	7.06	188.0	1067.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1198.1	1206.7	1115.5	625.1	8.6	7.25	7.34	7.26	7.28	178.0	1010.8	12
2	1204.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.12	7.13	7.13	7.13	157.0	891.9	13
3	1198.5	1217.3	1111.5	621.1	18.8	7.43	7.40	7.42	7.42	168.0	954.2	12
4	1192.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.14	7.10	7.08	7.11	160.0	908.9	11

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 18**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	2	2020	1875.1	2608.4	2.47
0.25	2	2020	1868.0	2611.6	2.51
0.50	1	2020	1802.6	2569.1	2.49
0.75	3	2020	1993.5	2680.0	2.47
1.00	2	2020	1840.0	2589.0	2.48

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 18**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.80	1124	0.90	1011.6502	14	1194.5	656.6	1213.5	2.23	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.71	1249	0.92	1148.6446	10	1201.4	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.69	1169	0.93	1087.474	15	1203.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.80	1135	0.90	1021.837	12	1199.7	657.6	1210.8	2.22	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.75			1067.40	13				2.22	2.518	2.47	0.89	74.2	10.1	15.7	25.8	5.37
0.25	1	6.89	1135	0.88	999.12954	10	1202.4	653.0	1216.0	2.19	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.75	1062	0.91	966.23014	12	1193.2	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.66	1067	0.93	992.73088	13	1186.5	652.9	1200.0	2.23	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.81	1107	0.89	985.29804	12	1194.5	645.3	1209.8	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.78			985.85	12				2.21	2.518	2.51	0.08	73.8	12.2	14.0	26.2	5.87
0.50	1	6.83	1028	0.89	914.7606	12	1198.2	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.06	1113	0.85	945.82592	11	1207.4	649.6	1225.0	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.08	1073	0.84	901.41541	13	1200.5	639.5	1218.7	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.01	954.2	0.86	820.61089	13	1201.4	641.3	1213.0	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		7.00			895.65	12				2.16	2.519	2.49	0.46	72.1	13.4	14.4	27.9	5.27
0.75	1	7.10	1124	0.84	944.20682	10	1197.6	640.6	1216.0	2.16	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.10	1073	0.84	901.41541	11	1197.6	638.1	1219.8	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.34	1118	0.82	917.08483	12	1202.5	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.06	1067	0.85	907.33467	11	1198.4	640.5	1212.7	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		7.15			917.51	11				2.15	2.519	2.47	0.78	72.1	12.9	15.0	27.9	4.71
1.00	1	7.28	1011	0.81	818.77516	12	1198.1	625.1	1206.7	2.09	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.13	891.9	0.83	740.26225	13	1204.2	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.42	954.2	0.78	744.27499	12	1198.5	621.1	1217.3	2.08	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.11	908.9	0.83	754.37	11	1192.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		7.23			764.42	12				2.09	2.519	2.48	0.73	69.9	15.6	14.5	30.1	4.50

(bq): Briqueta.
(h): Altura

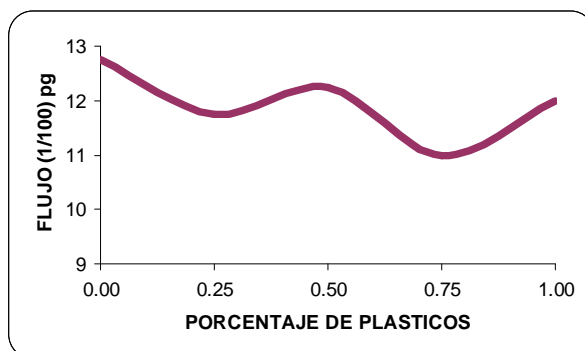
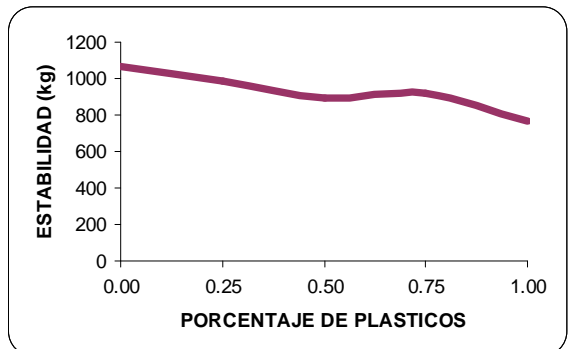
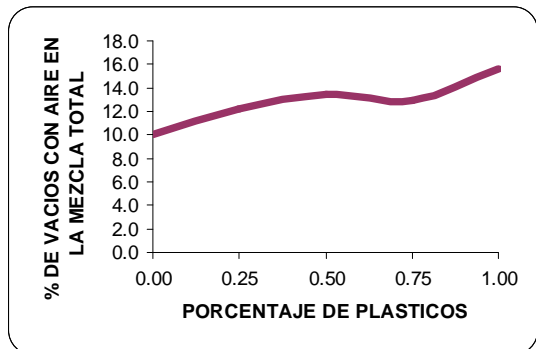
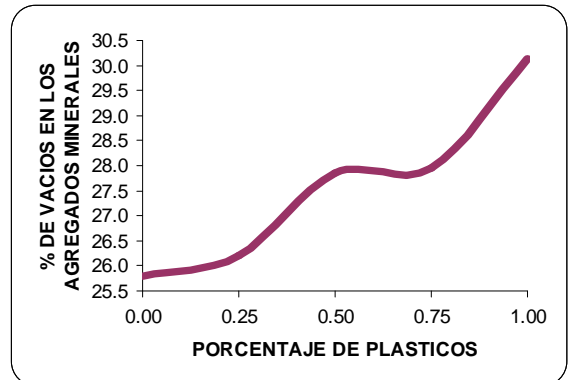
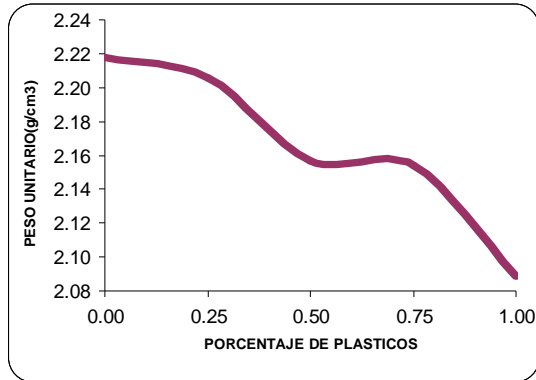
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 18

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 19**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 499.6 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1194.7	1206.8	1127.0	627.4	12.1	7.00	7.00	7.00	7.00	199.0	1129.7	11
2	1201	0.0	0.0	0.0	0.0	6.89	6.88	6.85	6.87	188.0	1067.5	13
3	1206.1	1219.2	1143.0	643.4	13.1	6.92	6.95	7.01	6.96	197.0	1118.4	11
4	1205.1	1218.0	1141.9	642.3	12.9	6.96	6.94	6.96	6.95	200.0	1135.4	13

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1205.2	1217.3	1140.3	640.7	12.1	6.95	6.98	7.06	7.00	189.0	1073.1	12
2	1206.0	1219.8	1146.8	647.2	13.8	6.96	6.94	6.95	6.95	178.0	1010.8	11
3	1205.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.82	6.81	6.82	6.82	184.0	1044.8	11
4	1198.0	1217.1	1130.2	630.6	19.1	7.10	7.11	7.10	7.10	191.0	1084.4	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1197.6	1209.6	1129.9	630.3	12.0	6.99	7.01	7.00	7.00	184.0	1044.8	11
2	1201.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.98	7.00	6.98	6.99	189.0	1073.1	11
3	1202.7	1215.4	1120.0	620.4	12.7	7.03	7.02	7.11	7.05	165.0	937.2	10
4	1200.0	1213.2	1126.0	626.4	13.2	7.08	7.02	7.09	7.06	166.0	942.9	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1197.5	1208.9	1119.9	620.3	11.4	7.12	7.10	7.12	7.11	169.0	959.9	10
2	1203.5	1217.8	1136.2	636.6	14.3	7.00	6.93	7.00	6.98	178.0	1010.8	11
3	1203.6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.00	7.00	7.00	7.00	198.0	1124.1	10
4	1195.5	1207.0	1129.9	630.3	11.5	6.97	6.97	6.98	6.97	181.0	1027.8	9

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1201.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.01	6.97	6.99	6.99	157.0	891.9	9
2	1204.6	1216.7	1116.7	617.1	12.1	7.20	7.18	7.19	7.19	159.0	903.2	10
3	1200.0	1211.9	1122.3	622.7	11.9	7.12	7.12	7.18	7.14	167.0	948.5	9
4	1175.0	1189.0	1098.0	598.4	14.0	7.07	7.09	7.06	7.07	181.0	1027.8	12

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 19**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	2	2020	1895	2617.3	2.45
0.25	2	2020	1868	2611.6	2.51
0.50	1	2020	1802.6	2569.1	2.49
0.75	3	2020	1914.2	2633.2	2.48
1.00	1	2020	2055.8	2723.9	2.51

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 19**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE		
0.00	1	7.00	1130	0.86	971.55506	11	1194.7	627.4	1206.8	2.11							
	2	6.87	1067	0.88	939.35825	13	1201.0	0.0	0.0	-							
	3	6.96	1118	0.86	961.82068	11	1206.1	643.4	1219.2	2.15							
	4	6.95	1135	0.87	987.77579	13	1205.1	642.3	1218.0	2.15							
Promedio	6.95				965.13	12	2.14	2.518	2.45	1.20	71.4	12.8	15.8	28.6	5.08		
0.25	1	7.00	1073	0.86	922.87769	12	1205.2	640.7	1217.3	2.14							
	2	6.95	1011	0.87	879.42517	11	1206.0	647.2	1219.8	2.16							
	3	6.82	1045	0.89	929.87809	11	1205.0	0.0	0.0	-							
	4	7.10	1084	0.84	910.92555	11	1198.0	630.6	1217.1	2.12							
Promedio	6.97				910.78	11	2.14	2.518	2.51	0.08	71.6	14.8	13.6	28.4	5.87		
0.50	1	7.00	1045	0.86	898.53389	11	1197.6	630.3	1209.6	2.12							
	2	6.99	1073	0.86	922.87769	11	1201.7	0.0	0.0	-							
	3	7.05	937.2	0.85	796.62441	10	1202.7	620.4	1215.4	2.07							
	4	7.06	942.9	0.85	801.43937	11	1200.0	626.4	1213.2	2.10							
Promedio	7.03				854.87	11	2.09	2.519	2.49	0.46	70.1	15.9	14.0	29.9	5.27		
0.75	1	7.11	959.9	0.83	796.68621	10	1197.5	620.3	1208.9	2.08							
	2	6.98	1011	0.86	869.31683	11	1203.5	636.6	1217.8	2.13							
	3	7.00	1124	0.86	966.68794	10	1203.6	0.0	0.0	-							
	4	6.97	1028	0.86	883.92597	9	1195.5	630.3	1207.0	2.12							
Promedio	7.02				879.15	10	2.11	2.519	2.48	0.74	70.6	14.8	14.6	29.4	4.75		
1.00	1	6.99	891.9	0.86	767.01871	9	1201.3	0.0	0.0	-							
	2	7.19	903.2	0.82	740.6354	10	1204.6	617.1	1216.7	2.06							
	3	7.14	948.5	0.83	787.28352	9	1200.0	622.7	1211.9	2.08							
	4	7.07	1028	0.84	863.36955	12	1175.0	598.4	1189.0	2.04							
Promedio	7.10				789.58	10	2.06	2.519	2.51	0.17	68.9	17.9	13.2	31.1	5.04		

(bq): Briqueta.
(h): Altura

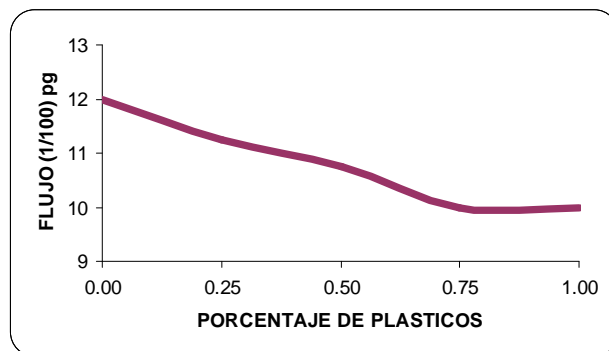
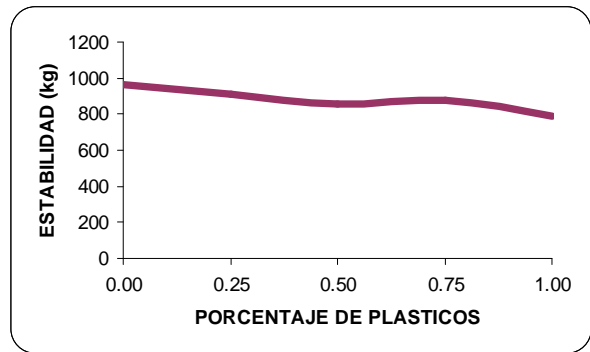
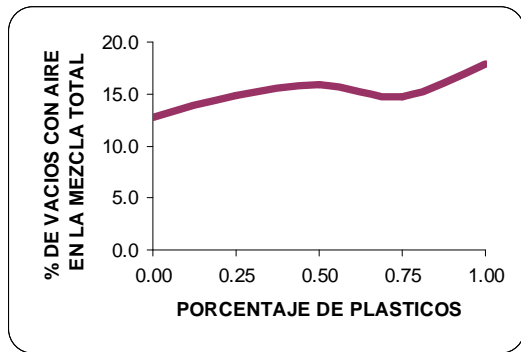
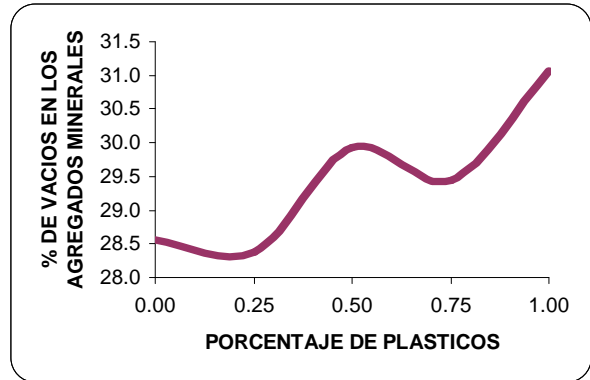
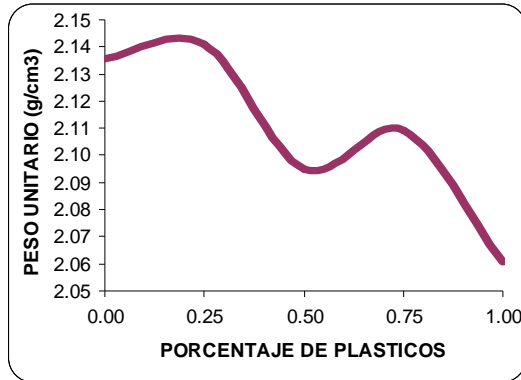
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 19

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 20**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 494.5 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1202.4	1215.3	1150.0	655.5	12.9	6.73	6.73	6.76	6.74	195.0	1107.1	10
2	1203.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.75	6.70	6.69	6.71	200.0	1135.4	12
3	1206.7	1218.4	1150.0	655.5	11.7	6.79	6.82	6.82	6.81	199.0	1129.7	12
4	1204.1	1216.4	1151.8	657.3	12.3	6.72	6.70	6.69	6.70	187.0	1061.8	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1204.8	1214.7	1140.0	645.5	9.9	6.89	6.90	6.88	6.89	187.0	1061.8	12
2	1205.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.72	6.71	6.72	6.72	224.0	1271.1	11
3	1204.2	1214.0	1150.0	655.5	9.8	6.72	6.73	6.72	6.72	167.0	948.5	10
4	1202.5	1214.8	1145.8	651.3	12.3	6.90	6.97	6.90	6.92	174.0	988.2	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1203.2	1214.0	1140.0	645.5	10.8	7.06	7.00	7.02	7.03	161.0	914.5	10
2	1202.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.93	6.95	6.98	6.95	181.0	1027.8	12
3	1209.1	1218.7	1140.0	645.5	9.6	6.95	6.96	6.94	6.95	174.0	988.2	11
4	1202.1	1212.9	1138.4	643.9	10.8	6.99	6.98	7.02	7.00	178.0	1010.8	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1208.5	1219.8	1131.8	637.3	11.3	7.00	6.99	7.00	7.00	179.0	1016.5	10
2	1205.3	1218.6	1130.0	635.5	13.3	7.06	7.01	7.01	7.03	194.0	1101.4	10
3	1207.8	1220.0	1110.0	615.5	12.2	7.38	7.36	7.32	7.35	201.0	1141.0	11
4	1205.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.99	7.00	7.00	7.00	214.0	1214.6	9

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1201.5	1212.0	1115.1	620.6	10.5	7.11	7.06	7.10	7.09	195.0	1107.1	10
2	1200.0	1213.5	1111.0	616.5	13.5	7.32	7.30	7.31	7.31	167.0	948.5	12
3	1204.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.19	7.20	7.17	7.19	194.0	1101.4	13
4	1199.8	1212.8	1109.8	615.3	13.0	7.15	7.09	7.20	7.15	173.0	982.5	12

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 20**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	2	2020	1932.1	2661.8	2.59
0.25	2	2020	1983	2678.7	2.50
0.50	2	2020	1970.8	2662.1	2.45
0.75	4	2020	1900.2	2620	2.45
1.00	3	2020	1900.7	2627.1	2.49

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 20**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.74	1107	0.91	1007.4396	10	1202.4	655.5	1215.3	2.20								
	2	6.71	1135	0.92	1044.5445	12	1203.4	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	6.81	1130	0.89	1005.4465	12	1206.7	655.5	1218.4	2.19								
	4	6.70	1062	0.92	976.84806	12	1204.1	657.3	1216.4	2.21								
Promedio		6.74			1008.57	12				2.20	2.518	2.59	-1.10	73.7	14.8	11.5	26.3	7.23
0.25	1	6.89	1062	0.88	934.3764	12	1204.8	645.5	1214.7	2.16								
	2	6.72	1271	0.92	1169.4576	11	1205.2	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	6.72	948.5	0.92	872.65161	10	1204.2	655.5	1214.0	2.20								
	4	6.92	988.2	0.87	859.7179	11	1202.5	651.3	1214.8	2.19								
Promedio		6.81			959.05	11				2.18	2.518	2.50	0.29	73.0	12.8	14.3	27.0	5.68
0.50	1	7.03	914.5	0.85	777.36322	10	1203.2	645.5	1214.0	2.16								
	2	6.95	1028	0.87	894.20418	12	1202.9	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	6.95	988.2	0.87	859.7179	11	1209.1	645.5	1218.7	2.15								
	4	7.00	1011	0.86	869.31683	10	1202.1	643.9	1212.9	2.16								
Promedio		6.98			850.15	11				2.16	2.519	2.45	1.21	72.1	11.9	15.9	27.9	4.56
0.75	1	7.00	1016	0.86	874.18668	10	1208.5	637.3	1219.8	2.12								
	2	7.03	1101	0.85	936.20392	10	1205.3	635.5	1218.6	2.12								
Asfalto:	3	7.35	1141	0.80	912.82688	11	1207.8	615.5	1220.0	2.04								
	4	7.00	1215	0.86	1044.5455	9	1205.8	0.0	0.0	-								
Promedio		7.09			941.94	10				2.10	2.519	2.45	1.24	70.1	14.4	15.6	29.9	4.27
1.00	1	7.09	1107	0.84	929.94422	10	1201.5	620.6	1212.0	2.07								
	2	7.31	948.5	0.81	768.31283	12	1200.9	616.5	1213.5	2.06								
Asfalto:	3	7.19	1101	0.82	903.16143	13	1204.5	0.0	0.0	-								
	4	7.15	982.5	0.83	815.49001	12	1199.9	615.3	1212.8	2.06								
Promedio		7.18			854.23	12				2.06	2.519	2.49	0.53	69.0	17.0	13.9	31.0	4.69

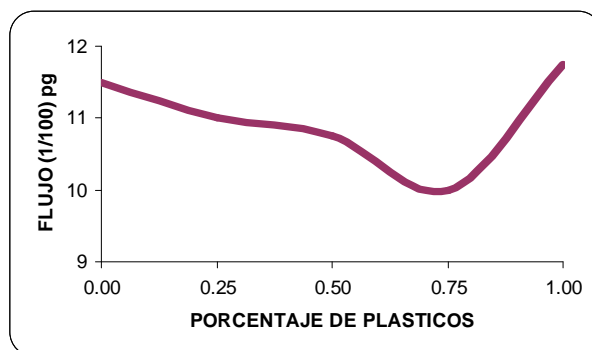
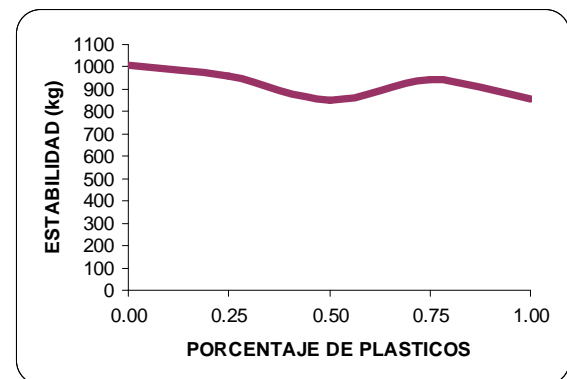
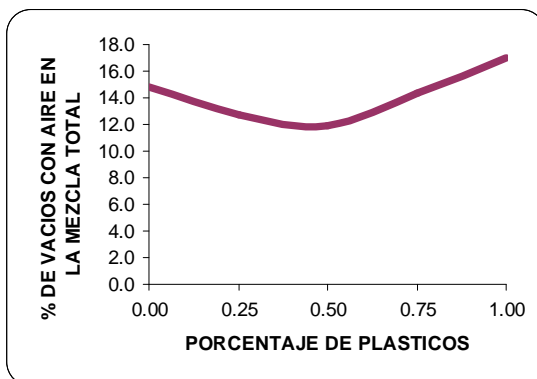
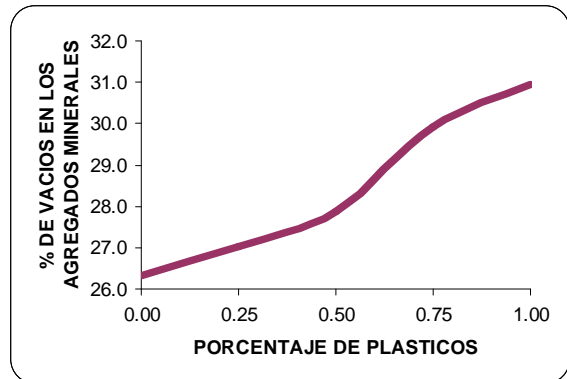
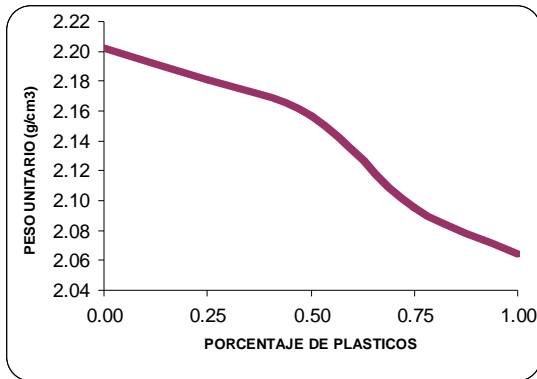
(bq): Briqueta.
(h): Altura

Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 20

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 21**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 489.4 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.00 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1204.7	1218.2	1134.3	644.9	13.5	7.05	7.05	7.04	7.05	213.0	1208.9	10	
2	1194.1	1208.6	1139.0	649.6	14.5	6.85	6.89	6.85	6.86	191.0	1084.4	11	
3	1209.9	1223.4	1149.2	659.8	13.5	6.98	6.95	6.93	6.95	205.0	1163.7	10	
4	1202.6	1217.6	1157.6	668.2	15.0	6.78	6.79	6.76	6.78	187.0	1061.8	12	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.25 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1201.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.95	6.95	6.98	6.96	210.0	1192.0	10	
2	1197.2	1214.4	1125.9	636.5	17.2	7.01	7.00	7.00	7.00	194.0	1101.4	11	
3	1207.3	1221.0	1138.7	649.3	13.7	6.93	6.97	6.92	6.94	188.0	1067.5	11	
4	1197.0	1211.7	1133.3	643.9	14.7	6.90	6.93	6.92	6.92	176.0	999.5	11	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.50 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1204.2	1217.6	1119.5	630.1	13.4	7.11	7.09	7.11	7.10	161.0	914.5	10	
2	1208.3	1218.0	1142.9	653.5	9.7	6.85	6.85	6.85	6.85	174.0	988.2	11	
3	1198.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.91	6.88	6.88	6.89	175.0	993.8	10	
4	1201.2	1215.0	1136.6	647.2	13.8	6.91	6.92	6.90	6.91	168.0	954.2	10	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.75 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1209.1	1219.2	1133.7	644.3	10.1	7.00	6.98	7.00	6.99	191.0	1084.4	11	
2	1204.9	1216.1	1132.5	643.1	11.2	6.98	6.95	7.00	6.98	182.0	1033.5	10	
3	1198.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.99	6.92	6.99	6.97	202.0	1146.7	10	
4	1199.3	1210.9	1118.9	629.5	11.6	7.10	7.09	7.10	7.10	184.0	1044.8	9	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													1.00 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1201.8	1212.6	1122.9	633.5	10.8	7.05	7.05	7.11	7.07	156.0	886.2	9	
2	1202.4	1214.5	1112.7	623.3	12.1	7.18	7.21	7.24	7.21	165.0	937.2	9	
3	1201.1	1212.0	1120.0	630.6	10.9	7.08	7.05	7.05	7.06	182.0	1033.5	10	
4	1204.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.10	7.09	7.09	7.09	216.0	1225.9	9	

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
 (sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
 (sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
 (h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
 El valor de la carga está dado en Kilogramos.
 El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 21**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	4	2020	1840	2589	2.48
0.25	1	2020	1954.3	2652.2	2.45
0.50	3	2020	1998.3	2675.8	2.43
0.75	3	2020	1823.6	2575.2	2.45
1.00	4	2020	1920.3	2631.8	2.45

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 21**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	7.05	1209	0.85	1027.59	10	1204.7	644.9	1218.2	2.16								
	2	6.86	1084	0.89	965.15	11	1194.1	649.6	1208.6	2.20								
Asfalto:	3	6.95	1164	0.87	1012.39	10	1209.9	659.8	1149.2	2.17								
	4	6.78	1062	0.90	955.61	12	1202.6	668.2	1217.6	2.26								
Promedio	6.91				990.19	11				2.20	2.518	2.48	0.72	73.5	11.3	15.3	26.5	5.52
0.25	1	6.86	1192	0.86	1025.08	10	1201.4	0.0	0.0	-								
	2	7.00	1101	0.86	947.22	11	1197.2	636.5	1214.4	2.14								
Asfalto:	3	6.94	1067	0.87	928.68	11	1207.3	649.3	1221.0	2.17								
	4	6.92	999.5	0.87	869.57	11	1197.0	643.9	1211.7	2.17								
Promedio	6.96				942.64	11				2.16	2.518	2.45	1.21	72.3	11.7	16.0	27.7	4.81
0.50	1	7.10	914.5	0.84	768.22	10	1204.2	630.1	1217.6	2.10								
	2	6.85	988.2	0.89	879.48	11	1208.3	653.5	1218.0	2.18								
Asfalto:	3	6.89	993.8	0.88	874.58	10	1198.8	0.0	0.0	-								
	4	6.91	954.2	0.88	839.69	10	1201.2	647.2	1215.0	2.17								
Promedio	6.94				840.49	10				2.15	2.519	2.43	1.46	72.0	11.6	16.4	28.0	4.33
0.75	1	6.99	1084	0.86	932.61	11	1209.1	644.3	1219.2	2.15								
	2	6.98	1033	0.86	888.80	10	1204.9	643.1	1216.1	2.15								
Asfalto:	3	6.97	1147	0.86	986.16	10	1198.1	0.0	0.0	-								
	4	7.10	1045	0.84	877.64	9	1199.3	629.5	1210.9	2.11								
Promedio	7.01				921.30	10				2.13	2.519	2.45	1.19	71.4	12.9	15.7	28.6	4.33
1.00	1	7.07	886.2	0.84	744.42	9	1201.8	633.5	1212.6	2.12								
	2	7.21	937.2	0.82	768.51	9	1202.4	623.3	1214.5	2.08								
Asfalto:	3	7.06	1033	0.85	878.46	10	1201.1	630.6	1212.0	2.11								
	4	7.09	1226	0.84		9	1204.8	0.0	0.0	-								
Promedio	7.11				797.13	9				2.10	2.519	2.45	1.25	70.4	14.0	15.6	29.6	4.02

(bq): Briqueta.
(h): Altura

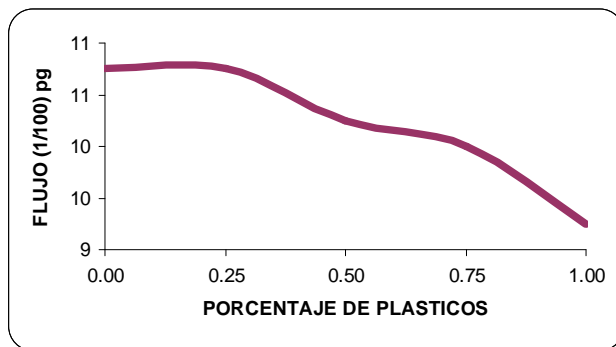
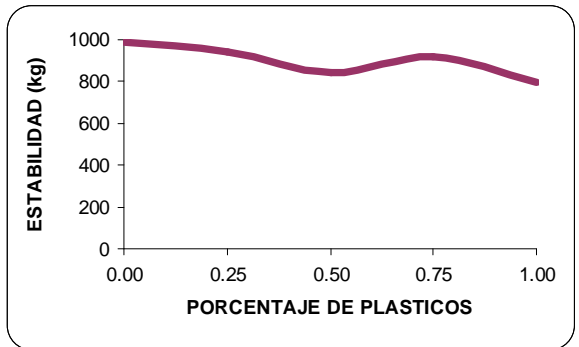
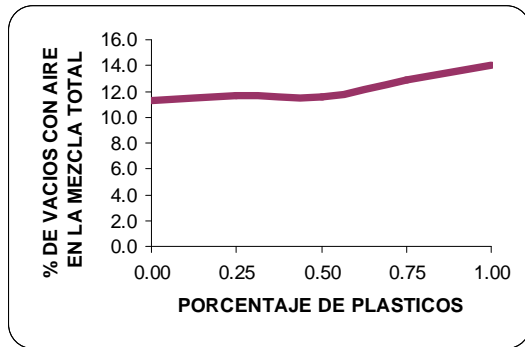
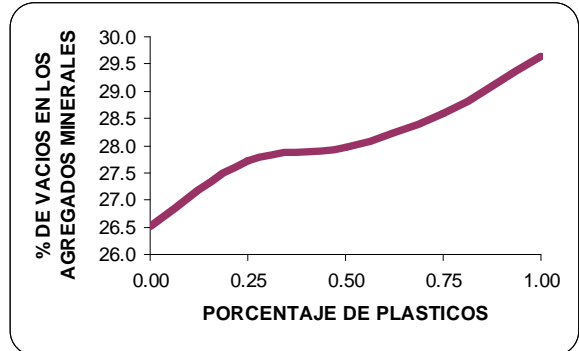
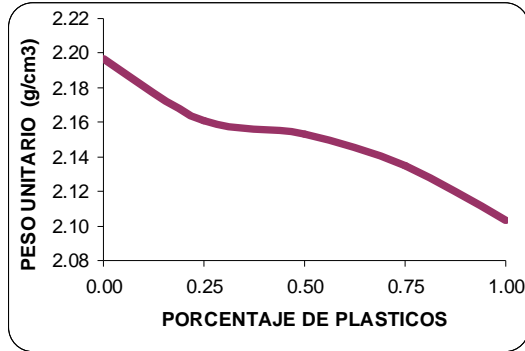
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 21

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 22**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 498.6 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1202.7	1214.3	1153.0	654.4	11.6	6.74	6.69	6.69	6.71	184.0	1044.8	10
2	1209.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.69	6.70	6.69	6.69	258.0	1463.3	9
3	1196.0	1215.0	1133.5	634.9	19.0	6.98	7.01	6.96	6.98	197.0	1118.4	10
4	1203.8	1215.3	1153.8	655.2	11.5	6.74	6.70	6.71	6.72	201.0	1141.0	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1206.9	1221.1	1137.3	638.7	14.2	7.01	7.01	7.00	7.01	181.0	1027.8	11
2	1204.3	1221.5	1140.4	641.8	17.2	7.00	7.07	7.01	7.03	178.0	1010.8	10
3	1204.6	1219.2	1150.0	651.4	14.6	6.82	6.83	6.85	6.83	159.0	903.2	10
4	1205.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.99	6.99	7.02	7.00	164.0	931.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1208.2	1218.9	1138.7	640.1	10.7	6.98	6.93	6.92	6.94	181.0	1027.8	9
2	1203.9	1217.1	1123.9	625.3	13.2	7.13	7.13	7.12	7.13	163.0	925.9	12
3	1198.9	1210.9	1123.4	624.8	12.0	7.06	7.08	7.08	7.07	201.0	1141.0	12
4	1201.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.99	6.99	7.00	6.99	152.0	863.6	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1199.9	1210.7	1124.7	626.1	10.8	7.08	7.06	7.04	7.06	145.0	823.9	9
2	1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.93	6.95	7.00	6.96	212.0	1203.3	10
3	1208.3	1221.5	1136.6	638.0	13.2	7.06	7.06	7.04	7.05	192.0	1090.1	12
4	1203.1	1216.9	1131.2	632.6	13.8	7.06	7.00	7.02	7.03	187.0	1061.8	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1200.0	1213.3	1127.1	628.5	13.3	7.10	7.09	7.11	7.10	171.0	971.2	11
2	1206.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.99	6.99	7.00	6.99	206.0	1169.3	13
3	1199.9	1214.1	1118.5	619.9	14.2	7.25	7.21	7.20	7.22	178.0	1010.8	12
4	1198.2	1214.5	1119.2	620.6	16.3	7.20	7.20	7.21	7.20	191.0	1084.4	11

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 22**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	2	2020	1897.3	2620.1	2.46
0.25	4	2020	1921.1	2632.5	2.45
0.50	4	2020	1990.5	2675.5	2.46
0.75	2	2020	1954.8	2658.2	2.48
1.00	2	2020	1880.4	2613.9	2.48

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 22**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.71	1045	0.92	961.22	10	1202.7	654.4	1214.3	2.20								
	2	6.69	1463	0.93	-	9	1209.3	0.0	0.0	-								
	3	6.98	1118	0.86	961.82	10	1196.0	634.9	1215.0	2.14								
	4	6.72	1141	0.92	1049.75	10	1203.8	655.2	1215.3	2.20								
Promedio	6.78				990.93	10				2.18	2.518	2.46	1.05	72.9	11.3	15.8	27.1	5.22
0.25	1	7.01	1028	0.86	883.93	11	1206.9	638.7	1221.1	2.13								
	2	7.03	1011	0.85	859.21	10	1204.3	641.8	1221.5	2.15								
	3	6.83	903.2	0.89	803.86	10	1204.6	651.4	1219.2	2.18								
	4	7.00	931.5	0.86	801.12	11	1205.7	0.0	0.0	-								
Promedio	6.97				837.03	11				2.15	2.518	2.45	1.22	72.1	12.0	16.0	27.9	4.80
0.50	1	6.94	1028	0.87	894.20	9	1208.2	640.1	1218.9	2.13								
	2	7.13	925.9	0.83	768.48	12	1203.9	625.3	1217.1	2.09								
	3	7.07	1141	0.84	958.47	12	1198.9	624.8	1210.9	2.09								
	4	6.99	863.6	0.86	742.65	11	1201.1	0.0	0.0	-								
Promedio	7.03				840.95	11				2.10	2.519	2.46	1.05	70.4	14.4	15.2	29.6	4.71
0.75	1	7.06	823.9	0.85	-	9	1199.9	626.1	1210.7	2.10								
	2	6.96	1203	0.86	1034.82	10	1200.0	0.0	0.0	-								
	3	7.05	1090	0.85	926.58	12	1208.3	638.0	1221.5	2.12								
	4	7.03	1062	0.85	902.52	10	1203.1	632.6	1216.9	2.11								
Promedio	7.03				954.64	10				2.11	2.519	2.48	0.66	70.6	14.9	14.5	29.4	4.83
1.00	1	7.10	971.2	0.84	815.80028	11	1200.0	628.5	1213.3	2.11								
	2	6.99	1169	0.86	1005.6211	13	1206.7	0.0	0.0	-								
	3	7.22	1011	0.82	828.88349	12	1199.9	619.9	1214.1	2.07								
	4	7.20	1084	0.82	889.23685	11	1198.2	620.6	1214.5	2.08								
Promedio	7.13				884.89	12				2.09	2.519	2.48	0.65	69.8	15.9	14.3	30.2	4.59

(bq): Briqueta.
(h): Altura

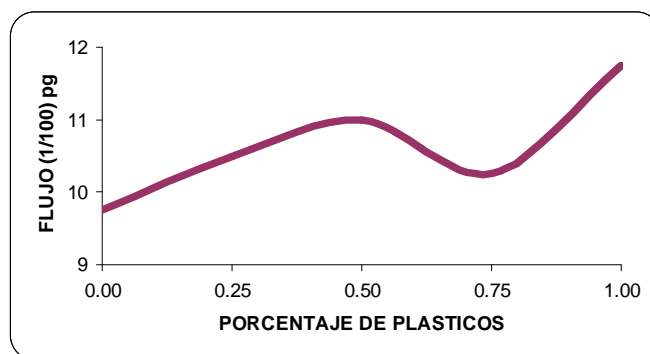
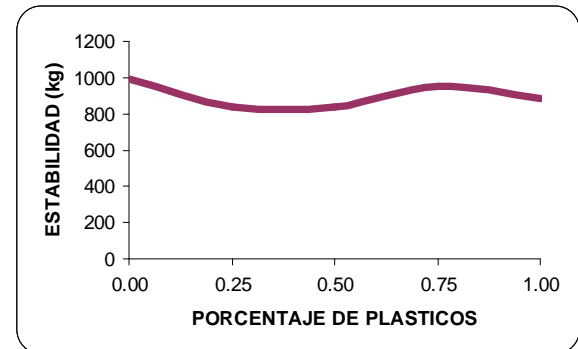
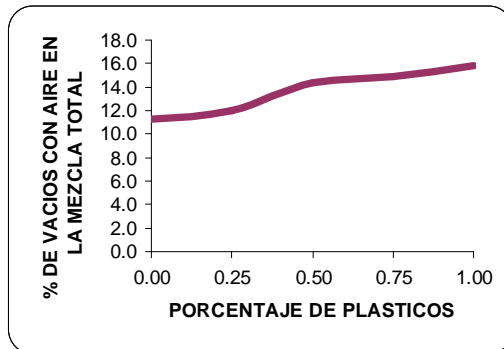
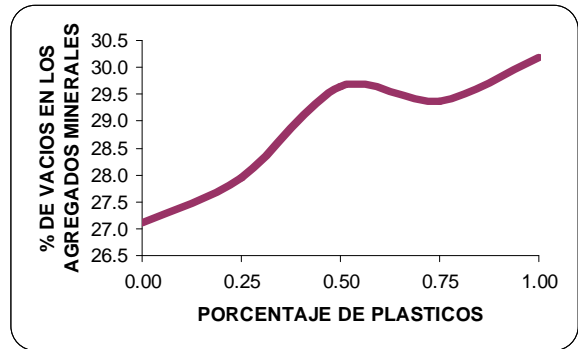
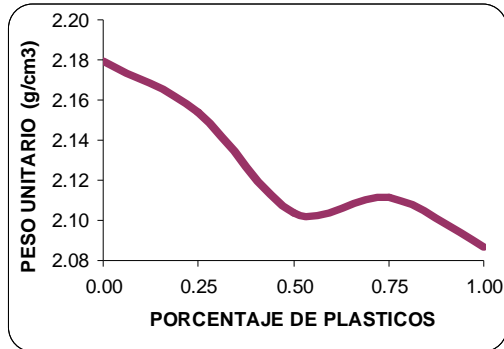
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 22

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 23**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 489.6 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1195.1	1208.5	1149.0	659.4	13.4	6.68	6.69	6.68	6.68	192.0	1090.2	12
2	1202.2	1213.0	1146.0	656.4	10.8	6.80	6.80	6.84	6.81	208.0	1180.7	12
3	1199.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.83	6.87	6.86	6.85	210.0	1192.0	13
4	1200	1212.3	1149.7	660.1	12.3	6.74	6.72	6.73	6.73	195.0	1107.1	14

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1200.0	1214.4	1149.0	659.4	14.4	6.78	6.79	6.78	6.78	196.0	1112.8	12
2	1205.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.10	7.09	7.06	7.08	188.0	1067.5	12
3	1200.0	1218.6	1141.4	651.8	18.6	6.92	6.98	6.98	6.96	178.0	1010.9	11
4	1204.4	1218.4	1152.2	662.6	14.0	6.80	6.80	6.81	6.80	186.0	1056.2	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1194.2	1211.8	1009.9	520.3	17.6	7.19	7.24	7.24	7.22	167.0	948.6	11
2	1199.9	1215.0	1138.7	649.1	15.1	6.89	6.88	6.88	6.88	194.0	1101.5	12
3	1196.1	1213.0	1124.3	634.7	16.9	7.02	7.04	7.07	7.04	184.0	1044.9	10
4	1196.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.93	6.89	6.90	6.91	181.0	1027.9	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1206.8	1221.0	1129.2	639.6	14.2	7.08	7.09	7.09	7.09	215.0	1220.3	10
2	1196.5	1211.4	1128.3	638.7	14.9	6.97	7.00	7.02	7.00	179.0	1016.5	9
3	1190.0	1214.1	1135.9	646.3	24.1	6.98	7.00	6.99	6.99	181.0	1027.9	10
4	1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.00	6.99	7.00	7.00	199.0	1129.8	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1205.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.11	7.16	7.17	7.15	164.0	931.6	11
2	1195.4	1211.3	1115.6	626.0	15.9	7.12	7.11	7.11	7.11	175.0	993.9	10
3	1202.0	1218.1	1114.5	624.9	16.1	7.21	7.19	7.19	7.20	181.0	1027.9	11
4	1203.0	1224.4	1123.7	634.1	21.4	7.30	7.31	7.25	7.29	183.0	1039.2	12

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 23**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	3	2020	1897.0	2621.3	2.47
0.25	2	2020	1900.3	2620.5	2.45
0.50	4	2020	1910.1	2630.2	2.47
0.75	4	2020	1889.9	2615	2.45
1.00	1	2020	1887.3	2618.2	2.48

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 23**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.68	1090	0.93	1013.8444	12	1196.1	659.4	1208.5	2.24								
	2	6.81	1181	0.89	1050.8396	12	1202.2	656.4	1213.0	2.21								
	3	6.85	1192	0.89	1060.9124	13	1199.9	0.0	0.0	-								
	4	6.73	1107	0.91	1007.4963	14	1200.0	660.1	1212.3	2.23								
Promedio	6.77				1033.27	13	2.22				2.518	2.47	0.90	74.4	9.8	15.8	25.6	5.35
0.25	1	6.78	1113	0.90	1001.5197	12	1200.0	659.4	1214.4	2.23								
	2	7.08	1068	0.84	896.70705	12	1205.7	0.0	0.0	-								
	3	6.96	1011	0.86	869.35758	11	1200.0	651.8	1218.6	2.20								
	4	6.80	1056	0.90	950.56568	10	1204.4	662.6	1218.4	2.23								
Promedio	6.91				929.54	11	2.22				2.518	2.45	1.19	74.2	9.4	16.4	25.8	4.83
0.50	1	7.22	948.6	0.82	777.83024	11	1194.2	520.3	1211.8	1.78								
	2	6.88	1101	0.88	969.30041	12	1199.9	649.1	1215.0	2.19								
	3	7.04	1045	0.85	888.13031	10	1196.1	634.7	1213.0	2.14								
	4	6.91	1028	0.88	904.52623	11	1196.1	0.0	0.0	-								
Promedio	7.01				884.95	11	2.03				2.519	2.47	0.80	68.0	17.7	14.2	32.0	4.95
0.75	1	7.09	1220	0.84	1025.0757	10	1206.8	639.6	1221.0	2.13								
	2	7.11	1017	0.86	874.22812	9	1196.5	638.7	1211.4	2.15								
	3	6.99	1028	0.86	883.96881	10	1190.0	646.3	1214.1	2.20								
	4	7.00	1130	0.86	971.61203	10	1200.0	0.0	0.0	-								
Promedio	7.02				938.72	10	2.16				2.519	2.45	1.13	72.3	11.9	15.8	27.7	4.38
1.00	1	7.15	931.6	0.83	773.20925	11	1205.0	0.0	0.0	-								
	2	7.11	993.9	0.83	824.9285	10	1195.4	626.0	1211.3	2.11								
	3	7.20	1028	0.82	842.85399	11	1202.0	624.9	1218.1	2.09								
	4	7.29	1039	0.81	841.74917	12	1203.0	634.1	1224.4	2.12								
Promedio	7.18				820.69	11	2.11				2.519	2.48	0.63	70.5	15.1	14.4	29.5	4.60

(bq): Briqueta.
(h): Altura

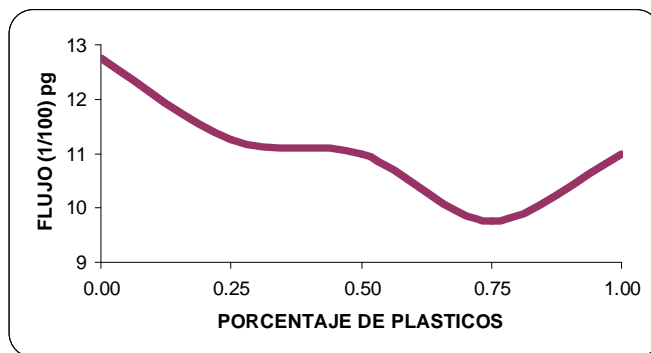
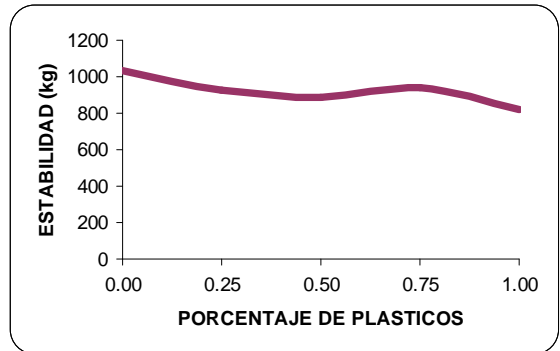
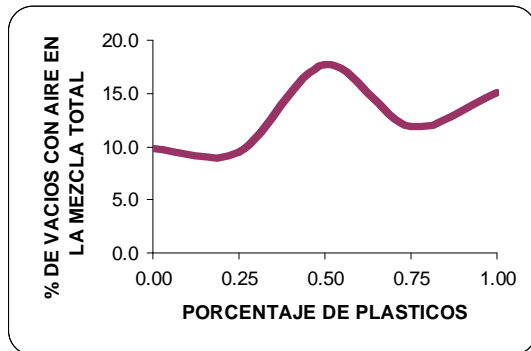
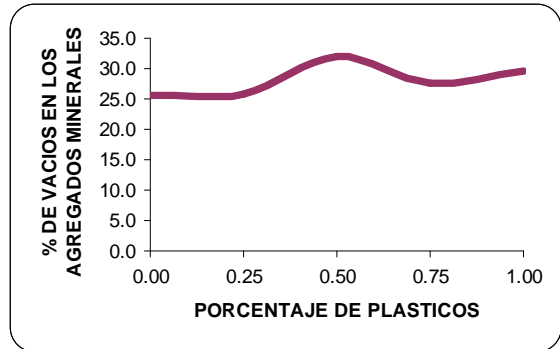
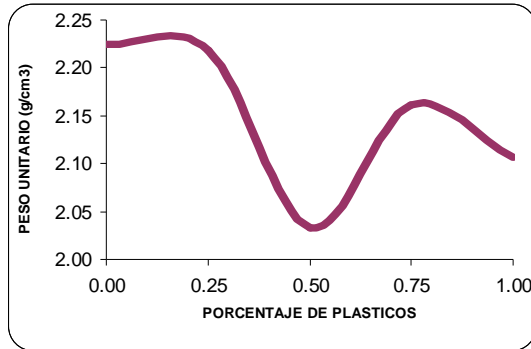
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 23

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 24**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 490.0 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1206.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.83	6.85	6.82	6.83	190.0	1078.8	12
2	1209.9	1224.8	1162.9	672.9	14.9	6.81	6.80	6.80	6.80	192.0	1090.2	12
3	1204.1	1220.0	1143.3	653.3	15.9	7.00	7.01	7.02	7.01	214.0	1214.7	10
4	1204.3	1219.9	1144.1	654.1	15.6	7.01	7.01	7.00	7.01	170.0	965.6	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1207.1	1220.4	1141.0	651.0	13.3	6.98	7.01	7.00	7.00	194.0	1101.5	12
2	1202.7	1220.8	1141.2	651.2	18.1	7.02	7.02	7.01	7.02	194.0	1101.5	10
3	1202.7	1217.3	1152.9	662.9	14.6	6.80	6.80	6.80	6.80	187.0	1061.8	11
4	1202.5	1214.8	1145.8	655.8	12.3	6.90	6.97	6.90	6.92	169.0	959.9	13

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1198.7	1212.5	1142.5	652.5	13.8	6.83	6.82	6.81	6.82	183.0	1039.2	11
2	1201.7	1216.8	1145.7	655.7	15.1	6.87	6.88	6.83	6.86	154.0	874.9	10
3	1201.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.91	6.94	6.91	6.92	225.0	1276.9	11
4	1200.0	1211.7	1143.2	653.2	11.7	6.90	6.85	6.84	6.86	188.0	1067.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1203.0	1218.3	1137.6	647.6	15.3	6.99	7.02	6.97	6.99	195.0	1107.1	10
2	1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.01	7.02	7.00	7.01	195.0	1107.1	11
3	1198.4	1212.7	1130.9	640.9	14.3	6.99	7.00	6.98	6.99	187.0	1061.8	15
4	1200.4	1215.9	1135.2	645.2	15.5	7.00	7.01	6.98	7.00	209.0	1186.4	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1184.3	1210.7	1114.7	624.7	26.4	7.12	7.15	7.13	7.13	189.0	1073.2	11
2	1187.5	1217.5	1123.5	633.5	30.0	7.15	7.11	7.13	7.13	181.0	1027.9	11
3	1192.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.02	7.05	7.02	7.03	187.0	1061.8	11
4	1190.1	1217.9	1124.4	634.4	27.8	7.18	7.11	7.14	7.14	169.0	959.9	11

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 24**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	1	2020	1985.8	2676.4	2.48
0.25	1	2020	1921.3	2637.1	2.47
0.50	3	2020	1919.5	2637.8	2.48
0.75	2	2020	1852.3	2594.8	2.47
1.00	3	2020	1903.2	2621.0	2.44

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 24**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.83	1079	0.95	1024.89	12	1206.3	0.0	0.0	-								
	2	6.80	1090	0.90	981.14	12	1209.9	672.9	1224.8	2.26								
Asfalto:	3	7.01	1215	0.90	1093.20	10	1204.1	653.3	1220.0	2.19								
6.20	4	7.01	965.6	0.90	869.01	11	1204.3	654.1	1219.9	2.20								
Promedio		6.91			992.06	11				2.22	2.518	2.48	0.68	74.1	10.6	15.3	25.9	5.57
0.25	1	7.00	1101	0.91	1002.34	12	1207.1	651.0	1220.4	-								
	2	7.02	1101	0.85	936.26	10	1202.7	651.2	1220.8	2.19								
Asfalto:	3	6.80	1062	0.90	955.66	11	1202.7	662.9	1217.3	2.23								
5.95	4	6.92	959.9	0.87	835.12	13	1202.5	655.8	1214.8	2.21								
Promedio		6.93			932.34	12				2.21	2.518	2.47	0.76	73.9	10.7	15.4	26.1	5.24
0.50	1	6.82	1039	0.89	924.88	11	1198.7	652.5	1212.5	2.20								
	2	6.86	874.9	0.89	778.67	10	1201.7	655.7	1216.8	2.21								
Asfalto:	3	6.92	1277	0.87	1110.90	11	1201.7	0.0	0.0	-								
5.70	4	6.86	1068	0.89	950.08	11	1200.0	653.2	1211.7	2.20								
Promedio		6.87			941.14	11				2.20	2.519	2.48	0.59	73.7	11.3	15.0	26.3	5.14
0.75	1	6.99	1107	0.86	952.14	10	1203.0	647.6	1218.3	2.17								
	2	7.01	1107	0.86	952.14	11	1200.0	0.0	0.0	-								
Asfalto:	3	6.99	1062	0.86	913.19	-	1198.4	640.9	1212.7	2.16								
5.45	4	7.00	1186	0.86	1020.28	11	1200.4	645.2	1215.9	2.17								
Promedio		7.00			959.44	11				2.17	2.519	2.47	0.90	72.4	12.2	15.4	27.6	4.60
1.00	1	7.13	1073	0.83	890.73	11	1184.3	624.7	1210.7	2.13								
	2	7.13	1028	0.83	853.13	11	1187.5	633.5	1217.5	2.16								
Asfalto:	3	7.03	1062	0.85	902.57	11	1192.4	0.0	0.0	-								
5.20	4	7.14	959.9	0.83	796.72	11	1190.1	634.4	1217.9	2.15								
Promedio		7.11			860.79	11				2.15	2.519	2.44	1.32	71.8	12.1	16.1	28.2	3.95

(bq): Briqueta.
(h): Altura

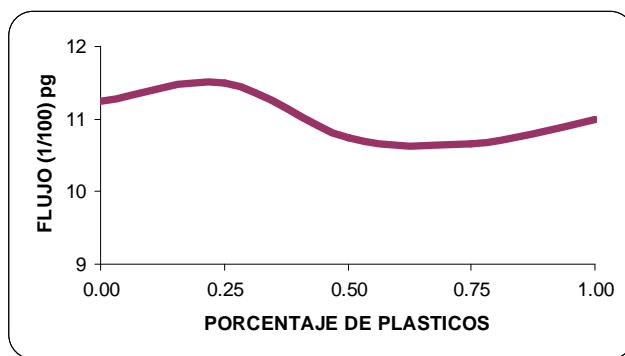
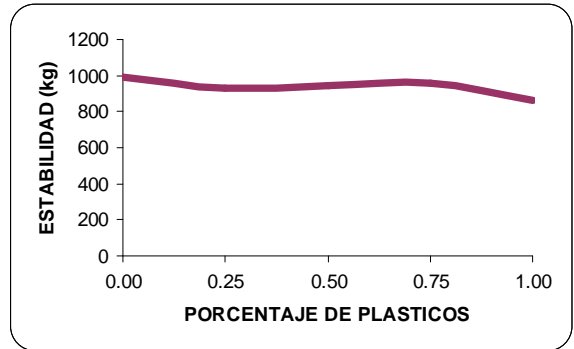
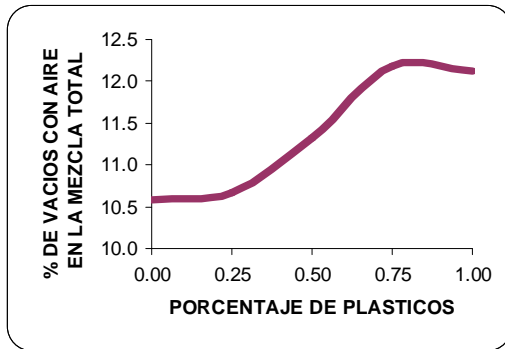
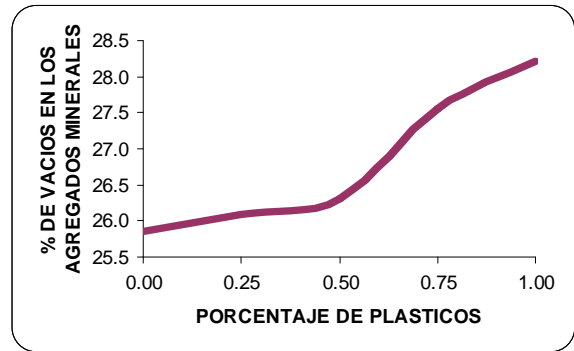
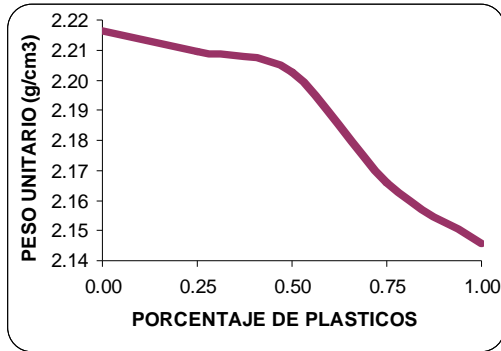
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malogaron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 24

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 25**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 499.6 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1201.5	1214.0	1157.5	657.9	12.5	6.58	6.60	6.60	6.59	195.0	1107.1	12
2	1197.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.65	6.66	6.68	6.66	217.0	1231.6	11
3	1197.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.71	6.70	6.70	6.70	198.0	1124.1	13
4	1196.4	1214.2	1148.5	648.9	17.8	6.82	6.82	6.82	6.82	180.0	1022.2	13

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1212.2	1225.7	1150.0	650.4	13.5	6.92	6.89	6.90	6.90	198.0	1124.1	11
2	1203.2	1220.8	1146.3	646.7	17.6	6.94	6.95	6.94	6.94	203.0	1152.4	12
3	1199.9	1219.2	1132.3	632.7	19.3	7.17	7.17	7.18	7.17	94.0	534.6	17
4	1203.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.90	6.90	6.92	6.91	175.0	993.9	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1200.0	1216.1	1129.8	630.2	16.1	7.06	7.04	7.02	7.04	95.0	540.3	15
2	1201.6	1218.5	1133.5	633.9	16.9	7.02	7.02	7.01	7.02	180.0	1022.2	16
3	1204.5	1222.2	1125.5	625.9	17.7	7.20	7.21	7.21	7.21	106.0	602.7	14
4	1204.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.91	6.95	6.92	6.93	180.0	1022.2	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1202.8	1221.8	1119.3	619.7	19.0	7.21	7.23	7.21	7.22	184.0	1044.9	13
2	1203.1	1217.8	1123.3	623.7	14.7	7.10	7.10	7.08	7.09	190.0	1078.8	12
3	1206.2	1220.9	1131.1	631.5	14.7	7.08	7.08	7.05	7.07	190.0	1078.8	11
4	1201.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.03	7.05	7.02	7.03	176.0	999.6	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1195.4	1210.0	1105.3	605.7	14.6	7.22	7.20	7.21	7.21	158.0	897.6	12
2	1198.9	1213.7	1109.9	610.3	14.8	7.22	7.25	7.25	7.24	174.0	988.2	14
3	1204.6	1218.1	1111.3	611.7	13.5	7.32	7.30	7.30	7.31	177.0	1005.2	13
4	1206.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.90	6.90	6.90	6.90	276.0	1565.2	10

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 25**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	2	2020	1878.9	2603.2	2.42
0.25	4	2020	1866.1	2601.8	2.46
0.50	4	2020	1810.5	2626.8	2.91
0.75	4	2020	1920.5	2635.8	2.47
1.00	4	2020	1931.2	2644.1	2.48

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 25**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.59	1107	0.95	1051.78	12	1201.5	657.9	1214.0	2.22								
	2	6.66	1232	0.93	1145.43	11	1197.2	0.0	0.0	-								
	3	6.70	1124	0.92	1034.19	13	1197.5	0.0	0.0	-								
	4	6.82	1022	0.89	909.76	13	1196.4	648.9	1214.2	2.19								
Promedio	6.70				1035.29	12				2.20	2.518	2.42	1.69	73.7	9.0	17.3	26.3	4.62
0.25	1	6.90	1124	0.88	989.23	11	1212.2	650.4	1225.7	2.16								
	2	6.94	1152	0.87	1002.61	12	1203.2	646.7	1220.8	2.17								
	3	7.17	534.6	0.83	-	-	1199.9	632.7	1219.2	2.12								
	4	6.91	993.9	0.88	874.62	12	1203.5	0.0	0.0	0.90								
Promedio	6.98			955.49	12					1.84	2.518	2.46	1.02	61.5	25.2	13.3	38.5	4.99
0.50	1	7.04	540.3	0.85	-	15	1200.0	630.2	1216.1	2.11								
	2	7.02	1022	0.85	868.88	16	1201.6	633.9	1218.5	2.12								
	3	7.21	602.7	0.82	-	14	1204.5	625.9	1222.2	2.09								
	4	6.93	1022	0.87	889.32	12	1204.5	0.0	0.0	0.90								
Promedio	7.05			879.10	14					1.81	2.519	2.91	-5.61	60.4	37.9	1.7	39.6	10.99
0.75	1	7.22	1045	0.82	856.78	13	1202.8	619.7	1221.8	2.07								
	2	7.09	1079	0.84	906.22	12	1203.1	623.7	1217.8	2.08								
	3	7.07	1079	0.84	906.22	11	1206.2	631.5	1220.9	2.10								
	4	7.03	999.6	0.85	849.62	12	1201.4	0.0	0.0	-								
Promedio	7.10			879.71	12					2.09	2.519	2.47	0.86	69.8	15.5	14.7	30.2	4.64
1.00	1	7.21	897.6	0.82	736.02	12	1195.4	605.7	1210.0	2.03								
	2	7.24	988.2	0.82	810.35	14	1198.9	610.3	1213.7	2.04								
	3	7.31	1005	0.81	814.23	13	1204.6	611.7	1218.1	2.04								
	4	6.90	1565	0.88	-	10	1206.6	0.0	0.0	-								
Promedio	7.16			786.86	12					2.04	2.519	2.48	0.66	68.2	17.8	14.0	31.8	4.58

(bq): Briqueta.
(h): Altura

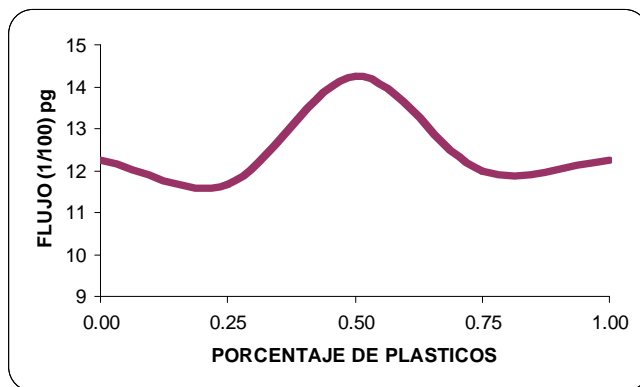
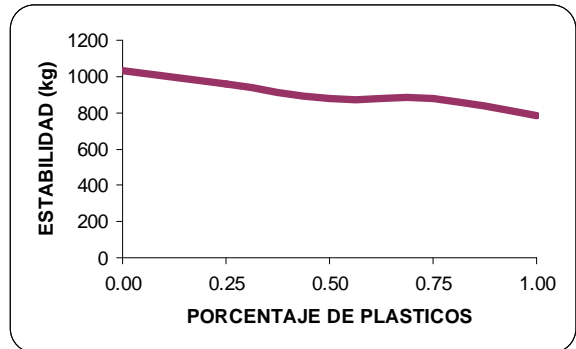
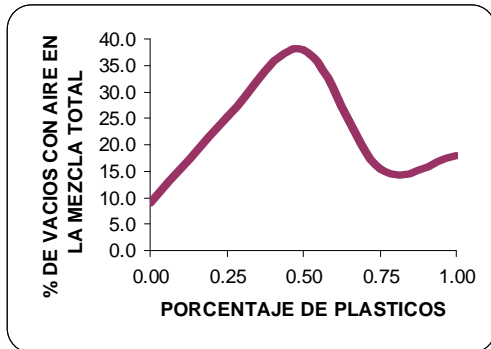
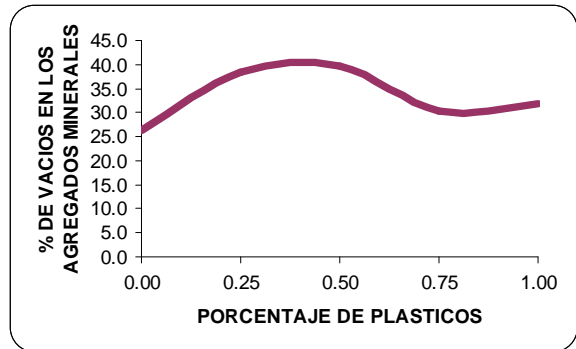
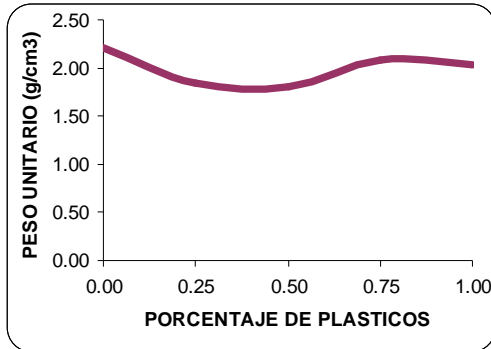
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 25

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 26**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 489.1 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1204.7	1219.2	1150.0	660.9	14.5	6.89	6.87	6.86	6.87	198.0	1124.1	11
2	1204.0	1217.8	1150.6	661.5	13.8	6.90	6.93	6.91	6.91	187.0	1061.8	11
3	1208.5	1219.1	1155.9	666.8	10.6	6.79	6.85	6.79	6.81	189.0	1073.2	12
4	1200.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.80	6.84	6.81	6.82	143.0	812.6	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1201.3	1213.4	1126.9	637.8	12.1	7.01	7.01	7.02	7.01	175.0	993.9	12
2	1206.5	1216.2	1139.9	650.8	9.7	6.87	6.89	6.89	6.88	167.0	948.6	10
3	1206.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.91	6.91	6.91	6.91	157.0	891.9	13
4	1201.9	1214.0	1127.4	638.3	12.1	7.00	6.98	7.01	7.00	170.0	965.6	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1205.0	1215.6	1136.5	647.4	10.6	6.98	6.91	6.97	6.95	181.0	1027.9	14
2	1209.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.94	6.95	6.95	6.95	172.0	976.9	13
3	1205.2	1216.7	1134.7	645.6	11.5	6.95	6.94	6.95	6.95	184.0	1044.9	11
4	1206.1	1215.9	1136.0	646.9	9.8	6.91	6.95	6.98	6.95	167.0	948.6	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1209.9	0.0	0.0	0.0	0.0	7.10	7.00	7.05	7.05	169.0	959.9	11
2	1209.0	1218.8	1146.4	657.3	9.8	7.07	7.01	7.04	7.04	187.0	1061.8	11
3	1206.0	1215.0	1138.3	649.2	9.0	6.92	6.92	6.99	6.94	193.0	1095.8	10
4	1201.5	1212.7	1137.0	647.9	11.2	6.98	7.01	7.01	7.00	170.0	965.6	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1197.0	1208.9	1107.1	618.0	11.9	7.34	7.31	7.31	7.32	156.0	886.2	11
2	1200.0	1215.9	1101.2	612.1	15.9	7.46	7.50	7.45	7.47	102.0	580.0	13
3	1207.0	1219.8	1120.1	631.0	12.8	7.23	7.26	7.23	7.24	169.0	959.9	11
4	1198.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.38	7.30	7.31	7.33	174.0	988.2	12

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
 (sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
 (sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
 (h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
 El valor de la carga está dado en Kilogramos.
 El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 26**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	4	2020	1899.4	2619.9	2.45
0.25	3	2020	1896.2	2620.9	2.47
0.50	2	2020	1880.2	2610.2	2.46
0.75	1	2020	1915.8	2630.5	2.45
1.00	4	2020	1948.2	2651.3	2.46

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 26**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.87	1124	0.88	989.23	11	1204.7	660.9	1219.2	2.22								
	2	6.91	1062	0.88	934.42	11	1204.0	661.5	1217.8	2.23								
	3	6.81	1073	0.89	955.12	12	1208.5	666.8	1219.1	2.24								
	4	6.82	812.6	0.89	-	12	1200.1	0.0	0.0	-								
Promedio	6.85				959.59	12				2.23	2.518	2.45	1.20	74.5	9.0	16.5	25.5	5.08
0.25	1	7.01	983.9	0.86	854.75	12	1201.3	637.8	1213.4	2.14								
	2	6.88	948.6	0.88	834.74	10	1206.5	650.8	1216.2	2.18								
	3	6.91	891.9	0.88	784.88	13	1206.0	0.0	0.0	-								
	4	7.00	965.6	0.86	830.39	12	1201.9	638.3	1214.0	2.14								
Promedio	6.95				826.19	12				2.15	2.518	2.47	0.89	71.9	12.8	15.3	28.1	5.11
0.50	1	6.95	1028	0.87	894.25	14	1205.0	647.4	1215.6	2.17								
	2	6.95	976.9	0.87	849.90	13	1209.6	0.0	0.0	-								
	3	6.95	1045	0.87	909.03	11	1205.2	645.6	1216.7	2.16								
	4	6.95	948.6	0.87	825.26	12	1206.2	646.9	1215.9	2.16								
Promedio	6.95				869.61	13				2.16	2.519	2.46	1.03	72.3	12.1	15.6	27.7	4.73
0.75	1	7.05	959.9	0.85	815.92	11	1209.9	0.0	0.0	-								
	2	7.04	1062	0.85	902.57	11	1209.0	657.3	1218.8	2.20								
	3	6.94	1096	0.87	953.36	10	1206.0	649.2	1215.0	2.17								
	4	7.00	965.6	0.86	830.39	11	1201.5	647.9	1212.7	2.18								
Promedio	7.01				875.56	11				2.18	2.519	2.45	1.11	72.9	11.2	15.9	27.1	4.40
1.00	1	7.32	886.2	0.81	717.86	11	1197.0	618.0	1208.9	2.07								
	2	7.47	580	0.78	-	13	1200.0	612.1	1215.9	2.05								
	3	7.24	959.9	0.82	787.12	11	1207.0	631.0	1219.8	2.10								
	4	7.33	988.2	0.80	790.58	12	1198.8	0.0	0.0	-								
Promedio	7.34				765.19	12				2.07	2.519	2.46	0.95	69.4	15.8	14.8	30.6	4.30

(bq): Briqueta.
(h): Altura

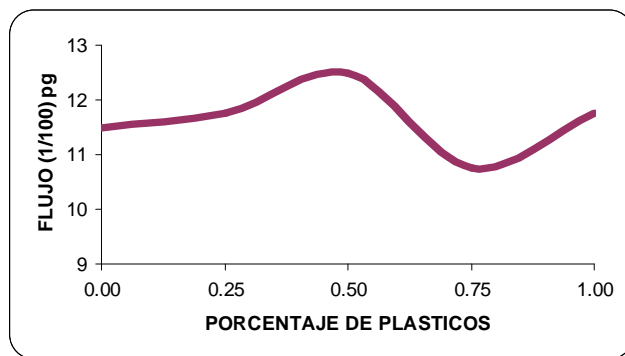
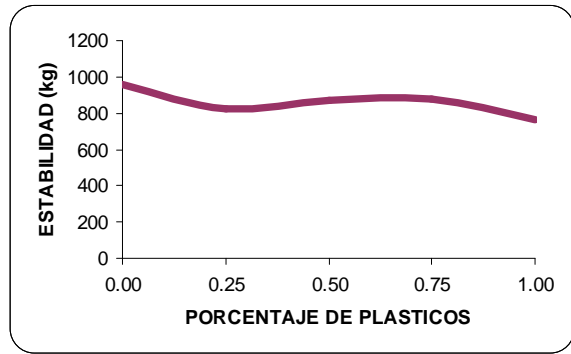
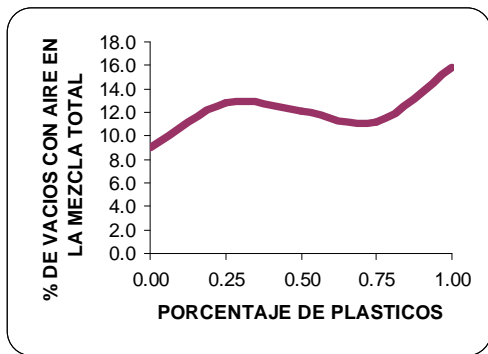
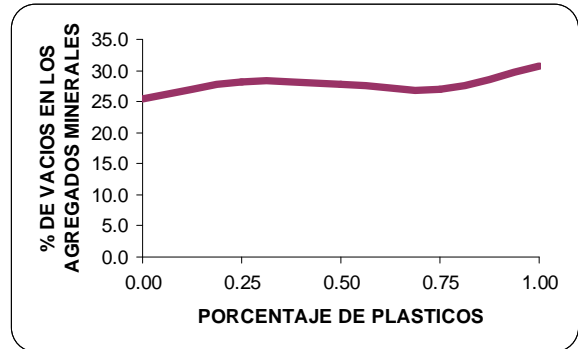
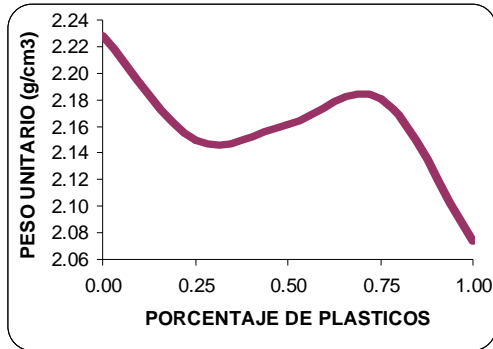
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 26

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 27**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 499.6 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %												
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1206.5	1220.0	1158.4	658.8	13.5	6.78	6.80	6.78	6.79	240.0	1361.6	5
2	1200	0.0	0.0	0.0	0.0	6.76	6.71	6.71	6.73	187.0	1061.8	12
3	1201.1	1215.9	1156.0	656.4	14.8	6.76	6.76	6.76	6.76	180.0	1022.2	14
4	1201.1	1216.7	1148.5	648.9	15.6	6.88	6.90	6.89	6.89	191.0	1084.4	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %												
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1198.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.82	6.82	6.83	6.82	168.0	954.2	10
2	1203.8	1222.8	1151.8	652.2	19.0	6.86	6.85	6.88	6.86	182.0	1033.5	12
3	1202.3	1215.8	1148.5	648.9	13.5	6.82	6.82	6.81	6.82	180.0	1022.2	13
4	1202.3	1224.1	1147.9	648.3	21.8	7.02	7.01	7.03	7.02	174.0	988.2	13

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %												
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1206.3	1226.4	1119.9	620.3	20.1	7.25	7.30	7.26	7.27	89.0	506.2	11
2	1201.0	1216.5	1128.9	629.3	15.5	7.04	7.05	7.10	7.06	159.0	903.2	11
3	1204.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.12	7.12	7.10	7.11	165.0	937.2	11
4	1202.9	1216.0	1134.2	634.6	13.1	7.01	7.00	7.01	7.01	172.0	976.9	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %												
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1199.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.78	6.80	6.80	6.79	283.0	1604.5	10
2	1203.7	1217.3	1137.0	637.4	13.6	7.00	7.01	7.00	7.00	189.0	1073.1	10
3	1200.6	1214.8	1125.0	625.4	14.2	7.12	7.12	7.10	7.11	191.0	1084.4	9
4	1196.1	1221.4	1127.7	628.1	25.3	7.16	7.20	7.19	7.18	211.0	1197.6	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %												
1	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1202.0	1213.9	1120.7	621.1	11.9	7.19	7.24	7.22	7.22	168.0	954.2	11
2	1200.0	1221.7	1113.7	614.1	21.7	7.41	7.40	7.36	7.39	179.0	1016.5	12
3	1205.0	1221.7	1116.0	616.4	16.7	7.31	7.30	7.27	7.29	181.0	1027.8	11
4	1201.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.20	7.20	7.18	7.19	159.0	903.2	14

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
 (sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
 (sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
 (h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
 El valor de la carga está dado en Kilogramos.
 El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 27**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	2	2020	1909.2	2629.1	2.47
0.25	1	2020	1934.5	2645.5	2.48
0.50	3	2020	1890.2	2618.5	2.47
0.75	1	2020	1921	2631.8	2.44
1.00	4	2020	1923.2	2641.8	2.49

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 27**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.79	1362	0.90	-	-	1206.5	658.8	1220.0	2.21	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.73	1062	0.91	966.23	12	1200.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.76	1022	0.91	930.16	14	1201.1	656.4	1215.9	2.21	-	-	-	-	-	-	-	
	4	6.89	1084	0.88	954.30	11	1201.1	648.9	1216.7	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.79			950.23	12				2.20	2.518	2.47	0.84	73.6	10.9	15.5	26.4	5.41
0.25	1	6.82	954.2	0.89	849.24	10	1198.8	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.86	1033	0.89	919.80	12	1203.8	652.2	1222.8	2.19	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.82	1022	0.89	909.72	13	1202.3	648.9	1215.8	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.02	988.2	0.85	839.95	13	1202.3	648.3	1224.1	2.18	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		6.88			879.68	12				2.18	2.518	2.48	0.71	73.0	11.9	15.1	27.0	5.29
0.50	1	7.27	506.2	0.81	-	11	1206.3	620.3	1226.4	2.07	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.06	903.2	0.85	767.73	11	1201.0	629.3	1216.5	2.11	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.11	937.2	0.83	777.88	11	1204.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.01	976.9	0.86	840.09	10	1202.9	634.6	1216.0	2.12	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		7.11			795.24	11				2.10	2.519	2.47	0.78	70.2	15.1	14.7	29.8	4.96
0.75	1	6.79	1605	0.90	-	10	1199.9	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.00	1073	0.86	922.88	10	1203.7	637.4	1217.3	2.13	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.11	1084	0.83	900.08	9	1200.6	625.4	1214.8	2.09	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.18	1198	0.82	982.05	11	1196.1	628.1	1221.4	2.12	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		7.02			935.00	10				2.11	2.519	2.44	1.30	70.7	13.5	15.8	29.3	4.23
1.00	1	7.22	954.2	0.82	782.44	11	1202.0	621.1	1213.9	2.07	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.39	1016	0.79	803.03	12	1200.0	614.1	1221.7	2.06	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.29	1028	0.81	832.53	11	1205.0	616.4	1221.7	2.05	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.19	903.2	0.82	740.64	-	1201.8	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio		7.27			789.66	11				2.06	2.519	2.49	0.41	69.0	17.4	13.7	31.0	4.81

(bq): Briqueta.
(h): Altura

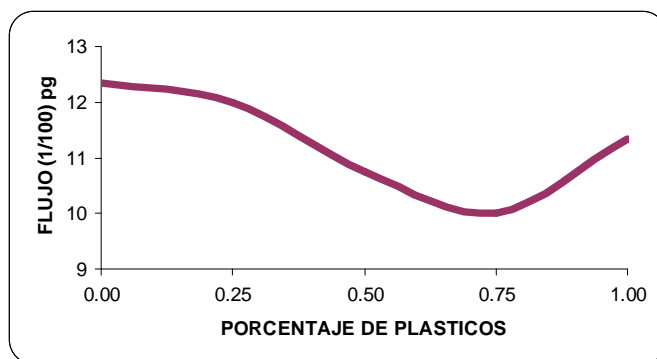
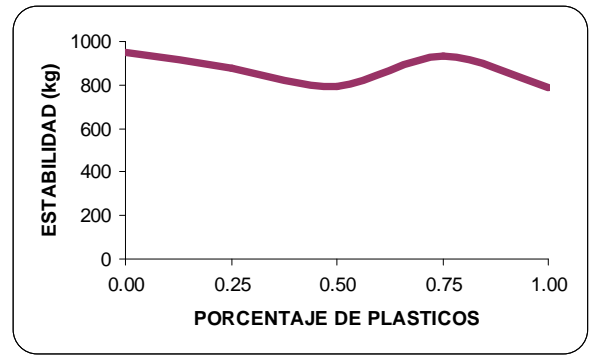
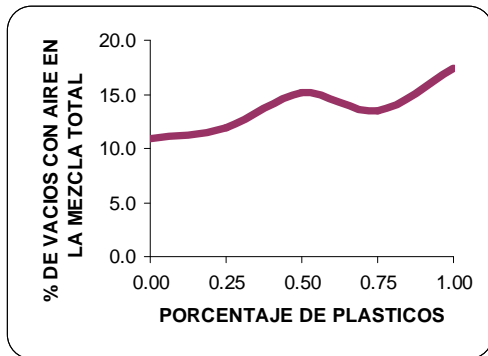
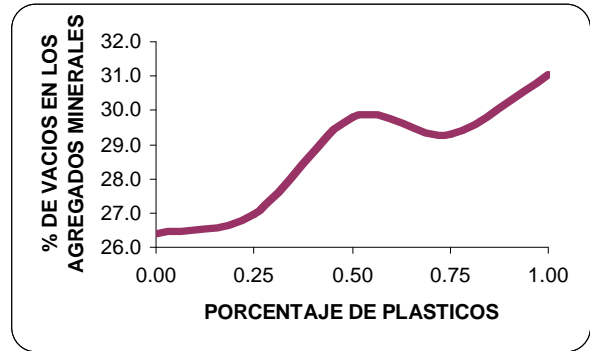
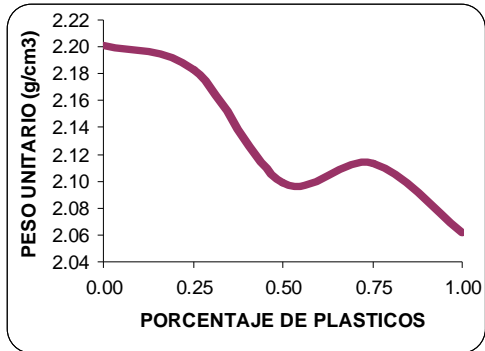
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 27

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 28**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 489.0 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1207.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.80	6.80	6.80	6.80	189.0	1073.1	11
2	1203.3	1217.0	1145.4	656.4	13.7	6.80	6.81	6.88	6.83	201.0	1141.0	12
3	1203.9	1217.6	1146.0	657.0	13.7	6.80	6.80	6.79	6.80	199.0	1129.7	12
4	1204.0	1217.9	1147.1	658.1	13.9	6.80	6.80	6.79	6.80	144.0	818.2	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1208.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.96	6.95	7.00	6.97	176.0	999.5	10
2	1205.6	1218.0	1149.5	660.5	12.4	6.76	6.80	6.78	6.78	189.0	1073.1	13
3	1204.3	1219.1	1148.0	659.0	14.8	7.00	6.99	6.99	6.99	187.0	1061.8	12
4	1203.1	1217.0	1148.3	659.3	13.9	6.74	6.84	6.77	6.78	177.0	1005.2	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1206.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.16	7.14	7.09	7.13	168.0	954.2	12
2	1212.0	1226.7	1120.0	631.0	14.7	7.31	7.24	7.28	7.28	191.0	1084.4	11
3	1206.0	1219.0	1124.7	635.7	13.0	7.11	7.11	7.11	7.11	169.0	959.9	12
4	1204.8	1218.7	1125.0	636.0	13.9	7.20	7.15	7.14	7.16	130.0	738.8	12

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1202.2	1220.0	1116.9	627.9	17.8	7.19	7.21	7.22	7.21	195.0	1107.1	14
2	1205.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.00	7.01	7.01	7.01	223.0	1265.5	11
3	1208.0	1221.5	1126.8	637.8	13.5	7.06	7.18	7.01	7.08	184.0	1044.8	12
4	1204.1	1221.6	1127.0	638.0	17.5	7.01	7.00	7.12	7.04	168.0	954.2	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1204.0	1217.8	1105.3	616.3	13.8	7.29	7.28	7.28	7.28	167.0	948.5	11
2	1206.3	1220.0	1113.7	624.7	13.7	7.20	7.21	7.22	7.21	166.0	942.9	11
3	1202.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.28	7.29	7.31	7.29	194.0	1101.4	11
4	1203.1	1217.0	1110.0	621.0	13.9	7.21	7.28	7.24	7.24	185.0	1050.5	13

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 28**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	1	2020	1904.2	2622.8	2.45
0.25	1	2020	1897.8	2620.9	2.46
0.50	1	2020	1872.3	2605.5	2.46
0.75	2	2020	1924.7	2635.4	2.45
1.00	3	2020	1890.1	2618.3	2.47

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 28**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.80	1073	0.90	965.80	11	1207.4	0.0	0.0	-								
	2	6.83	1141	0.89	1015.52	12	1203.3	656.4	1217.0	2.21								
	3	6.80	1130	0.90	1016.74	10	1203.9	657.0	1217.6	2.21								
	4	6.80	818.2	0.90	-	10	1204.0	658.1	1217.9	2.21								
	Promedio	6.81				999.36	11				2.21	2.518	2.45	1.19	73.9	9.8	16.3	26.1
0.25	1	6.97	999.5	0.86	859.58	10	1208.5	0.0	0.0	-								
	2	6.78	1073	0.90	965.80	13	1205.6	660.5	1218.0	2.22								
	3	6.99	1062	0.86	913.14	12	1204.3	659.0	1219.1	2.22								
	4	6.78	1005	0.90	904.65	11	1203.1	659.3	1217.0	2.22								
	Promedio	6.88			910.79	12					2.22	2.518	2.46	0.99	74.2	9.9	15.9	25.8
0.50	1	7.13	954.2	0.83	791.99	12	1206.5	0.0	0.0	-								
	2	7.28	1084	0.81	878.39	11	1212.0	631.0	1226.7	2.09								
	3	7.11	959.9	0.83	796.69	12	1206.0	635.7	1219.0	2.12								
	4	7.16	738.8	0.83	-	12	1204.8	636.0	1218.7	2.12								
	Promedio	7.17			822.35	12					2.11	2.519	2.46	1.03	70.6	14.1	15.2	29.4
0.75	1	7.21	1107	0.82	907.80	-	1202.2	627.9	1220.0	2.10								
	2	7.01	1265	0.86	-	11	1205.5	0.0	0.0	-								
	3	7.08	1045	0.84	877.64	12	1208.0	637.8	1221.5	2.12								
	4	7.04	954.2	0.85	811.07	10	1204.1	638.0	1221.6	2.13								
	Promedio	7.09			865.50	11					2.12	2.519	2.45	1.15	70.9	13.5	15.5	29.1
1.00	1	7.28	948.5	0.81	768.31	11	1204.0	616.3	1217.8	2.05								
	2	7.21	942.9	0.82	773.15	11	1206.3	624.7	1220.0	2.08								
	3	7.29	1101	0.81	892.15	11	1202.0	0.0	0.0	-								
	4	7.24	1050	0.82	861.98	-	1203.1	621.0	1217.0	2.07								
	Promedio	7.26			823.75	11					2.07	2.519	2.47	0.79	69.2	16.3	14.5	30.8

(bq): Briqueta.
(h): Altura

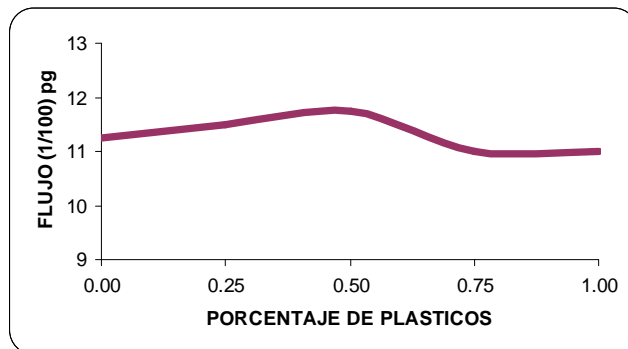
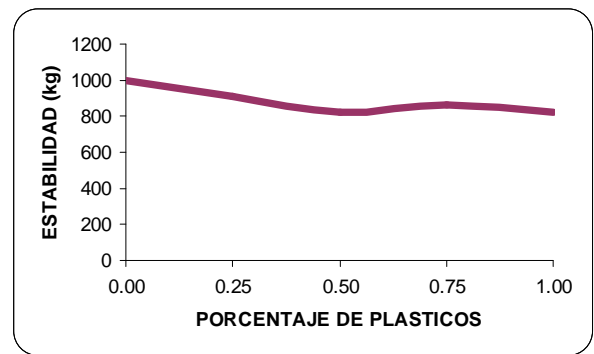
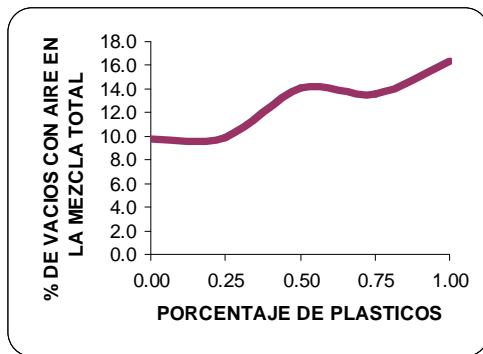
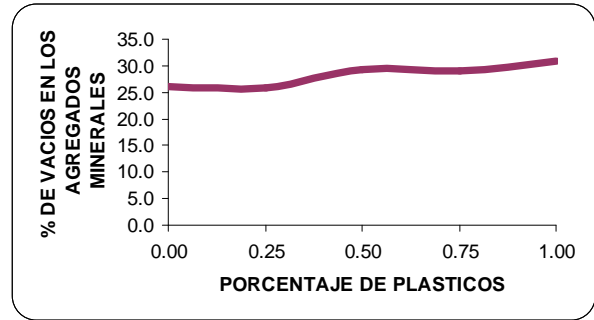
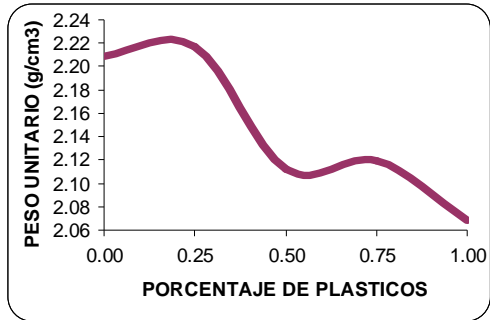
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 28

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 29**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 491.0 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.00 %
Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas			
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1200.0	1214.3	1147.5	656.5	14.3	6.81	6.82	6.87	6.83	209.0	1186.3	11	
2	1208.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.80	6.81	6.83	6.81	195.0	1107.1	11	
3	1204.5	1216.3	1136.3	645.3	11.8	7.00	6.99	7.00	7.00	194.0	1101.4	13	
4	1205.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.72	6.72	6.71	6.72	205.0	1163.7	11	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.25 %
1	1208.4	1224.0	1149.5	658.5	15.6	6.92	6.92	6.91	6.92	189.0	1073.1	14	
2	1207.1	1218.4	1155.7	664.7	11.3	6.81	6.82	6.88	6.84	165.0	937.2	11	
3	1207.2	1217.2	1148.3	657.3	10.0	6.88	6.90	6.88	6.89	150.0	852.2	9	
4	1207.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.03	7.02	7.05	7.03	179.0	1016.5	11	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.50 %
1	1202.5	1213.6	1133.0	642.0	11.1	7.00	7.02	7.00	7.01	189.0	1073.1	11	
2	1206.5	1221.0	1139.5	648.5	14.5	6.93	6.92	6.96	6.94	187.0	1061.8	11	
3	1209.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.91	6.90	6.90	6.90	198.0	1124.1	15	
4	1202.1	1216.6	1137.3	646.3	14.5	7.20	7.19	7.20	7.20	164.0	931.5	12	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													0.75 %
1	1205.1	1217.6	1114.1	623.1	12.5	6.94	7.00	7.00	6.98	198.0	1124.1	11	
2	1205.0	1218.8	1135.0	644.0	13.8	7.00	7.00	7.00	7.00	219.0	1242.9	10	
3	1202.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.93	6.95	6.93	6.94	185.0	1050.5	10	
4	1206.8	1224.1	1121.3	630.3	17.3	7.20	7.20	7.20	7.20	99.0	563.0	10	

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA:													1.00 %
1	1205.7	1219.6	1099.0	608.0	13.9	7.47	7.50	7.47	7.48	189.0	1073.1	15	
2	1203.0	1213.0	1118.7	627.7	10.0	7.18	7.18	7.14	7.17	174.0	988.2	11	
3	1202.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.41	7.47	7.50	7.46	168.0	954.2	12	
4	1204.5	1228.5	1119.9	628.9	24.0	7.38	7.31	7.40	7.36	183.0	1039.1	12	

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
 (sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
 (sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
 (h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
 El valor de la carga está dado en Kilogramos.
 El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 29**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	2	2020	1879.2	2610.4	2.46
0.25	4	2020	1941	2645.9	2.46
0.50	3	2020	1923.7	2633.8	2.45
0.75	3	2020	1997.0	2680.1	2.46
1.00	3	2020	1991.2	2678.3	2.47

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 29**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Corregida	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo	
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO
0.00	1	6.83	1186	0.89	1055.81	11	1200.0	656.5	1214.3	2.21	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.81	1107	0.89	985.30	11	1208.6	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-		
	3	7.00	1101	0.86	947.22	13	1204.5	645.3	1216.3	2.16	-	-	-	-	-	-		
	4	6.72	1164	0.92	1070.58	11	1205.6	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-		
Promedio	6.84				1014.72	12				2.19	2.518	2.46	0.94	73.2	11.2	15.6	26.8	5.32
0.25	1	6.92	1073	0.87	933.61	-	1208.4	658.5	1224.0	2.20	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.84	937.2	0.89	834.11	11	1207.1	664.7	1218.4	2.23	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.89	852.2	0.88	749.95	9	1207.2	657.3	1217.2	2.20	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.03	1016	0.85	864.02	11	1207.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	6.92			845.42	10					2.21	2.518	2.46	1.06	74.0	10.0	16.0	26.0	4.96
0.50	1	7.01	1073	0.86	922.88	11	1202.5	642.0	1213.6	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
	2	6.94	1062	0.87	923.76	11	1206.5	648.5	1221.0	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.90	1124	0.88	989.17	-	1209.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.20	931.5	0.82	763.86	12	1202.1	646.3	1216.6	2.17	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.01			899.92	11					2.16	2.519	2.45	1.26	72.3	11.6	16.1	27.7	4.51
0.75	1	6.98	1124	0.86	966.69	11	1205.1	623.1	1217.6	2.08	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.00	1243	0.86	1068.87	10	1205.0	644.0	1218.8	2.15	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6.94	1050	0.87	913.91	10	1202.5	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.20	563	0.82	-	-	1206.8	630.3	1224.1	2.10	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.03			983.15	10					2.11	2.519	2.46	0.97	70.6	14.3	15.1	29.4	4.53
1.00	1	7.48	1073	0.78	837.03	-	1205.7	608.0	1219.6	2.02	-	-	-	-	-	-	-	
	2	7.17	988.2	0.83	820.19	11	1203.0	627.7	1213.0	2.10	-	-	-	-	-	-	-	
	3	7.46	954.2	0.78	744.27	12	1202.3	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	7.36	1039	0.80	831.32	12	1204.3	628.9	1228.5	2.10	-	-	-	-	-	-	-	
Promedio	7.37			808.20	12					2.07	2.519	2.47	0.81	69.4	16.1	14.5	30.6	4.43

(bq): Briqueta.
(h): Altura

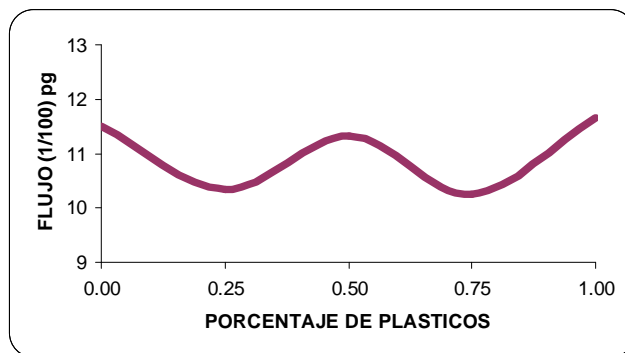
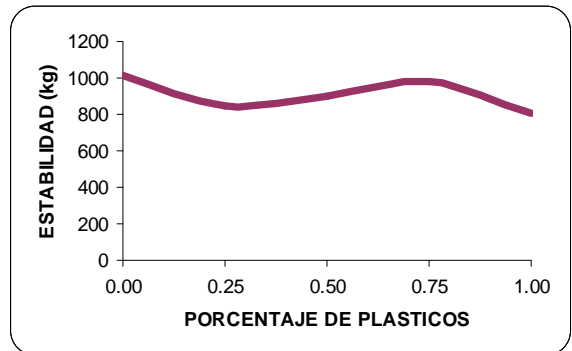
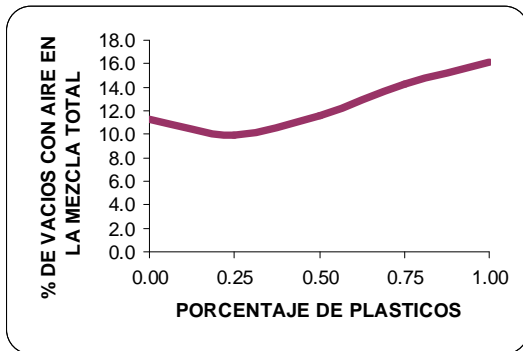
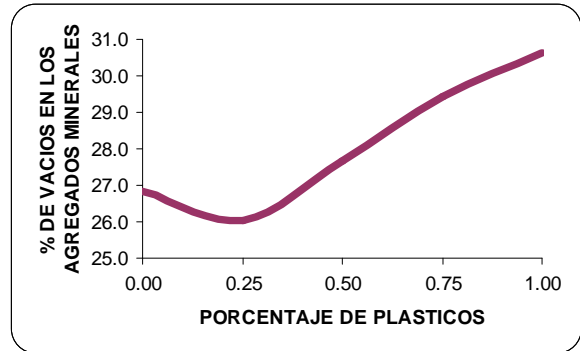
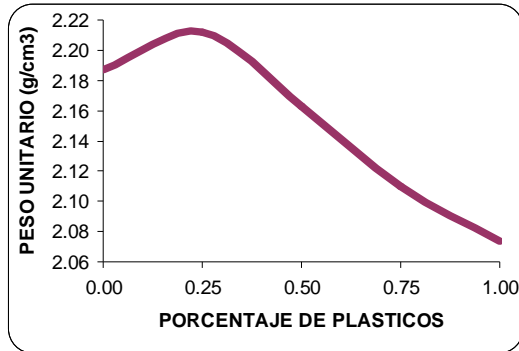
Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 29

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.



**DATOS DE ENTRADA
ENSAYO MARSHALL # 30**

Diámetro de la Briqueta: 10.16 cm
Peso de la canastilla sumergida: 492.9 g

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.00 %

Briq #	PESO (g)					Altura (cm)			h	Lecturas		
	seco	s+pf	sum+c	sum	parafina					Estabilidad	Carga	Flujo
1	1199.4	1215.4	1147.3	654.4	16.0	7.04	7.01	7.00	7.02	195.0	1107.1	11
2	1196.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.72	6.71	6.69	6.71	212.0	1203.3	12
3	1208.3	1222.0	1129.7	636.8	13.7	6.80	6.78	6.78	6.79	190.0	1078.8	11
4	1200.0	1219.4	1135.2	642.3	19.4	6.75	6.75	6.74	6.75	205.0	1163.7	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.25 %

1	1202.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.79	6.79	6.80	6.79	222.0	1259.8	12
2	1207.1	1223.5	1132.0	639.1	16.4	7.12	7.10	7.11	7.11	177.0	1005.2	10
3	1201.3	1214.3	1129.7	636.8	13.0	7.00	7.00	6.99	7.00	185.0	1050.5	10
4	1205.2	1216.1	1135.5	642.6	10.9	7.01	7.01	7.03	7.02	196.0	1112.7	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.50 %

1	1207.7	1222.2	1124.4	631.5	14.5	7.29	7.30	7.34	7.31	186.0	1056.1	13
2	1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.22	7.22	7.22	7.22	164.0	931.5	10
3	1203.0	1215.3	1128.9	636.0	12.3	7.00	6.98	6.99	6.99	159.0	903.2	10
4	1202.3	1213.5	1117.4	624.5	11.2	7.12	7.13	7.13	7.13	170.0	965.5	11

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 0.75 %

1	1203.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.06	7.09	7.07	7.07	194.0	1101.4	9
2	1214.7	1229.1	1133.1	640.2	14.4	7.15	7.09	7.10	7.11	190.0	1078.8	10
3	1202.7	1217.4	1118.2	625.3	14.7	7.19	7.22	7.22	7.21	210.0	1192.0	10
4	1199.9	1230.2	1117.0	624.1	30.3	7.11	7.12	7.12	7.12	185.0	1050.5	10

PORCENTAJE DE PLASTICOS EN LA MEZCLA ASFALTICA: 1.00 %

1	1205.1	1217.5	1131.0	638.1	12.4	7.50	7.22	7.28	7.33	167.0	948.5	10
2	1205.0	1215.8	1137.1	644.2	10.8	7.25	7.32	7.28	7.28	92.0	523.3	11
3	1206.9	0.0	0.0	0.0	0.0	7.30	7.26	7.25	7.27	186.0	1056.1	12
4	1203.2	1214.7	1132.9	640.0	11.5	7.45	7.43	7.42	7.43	185.0	1050.5	14

(s+pf): Peso de la briqueta seca parafinada
(sum+c): Peso de la briqueta y la canastilla sumergidas en agua.
(sum): Peso de la briqueta sumergida en agua.
(h): Valor promedio de la altura de la briqueta.
El valor de la carga está dado en Kilogramos.
El valor del Flujo está dado en centésimas de pulgada.

**ENSAYO DE RICE
PARA LA DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
MARSHALL # 30**

Peso del Frasco: **885.4 g**

Porcentaje	Briqueta #	Peso de Frasco + Agua g	Peso Muestra Seca + Frasco g	Peso Muestra + Agua + Frasco g	Peso Especifico Máximo Medido g/cm ³
0.00	2	2020	1899.0	2621.8	2.46
0.25	1	2020	1906.4	2636.1	2.52
0.50	2	2020	1897.9	2620.8	2.46
0.75	1	2020	1939.0	2643.0	2.45
1.00	3	2020	2004.0	2678.0	2.43

**MEZCLAS BITUMINOSAS POR EL METODO MARSHALL
ENSAYO # 30**

PROYECTO: ANALISIS DE LA INCORPORACION DE POLIMEROS PROVENIENTES DE DESECHOS PLASTICOS DE CONSUMO DOMESTICO EN LA PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: CANTERA SAMUEL PABON - BRICEÑO, PASTO

PESO ESPECIFICO DEL ASFALTO: 0.99 gr/cm³
PESO ESPECIFICO PROMEDIO DE LOS AGREGADOS: 2.80 gr/cm³

PESO ESPECIFICO DEL PLASTICO: 1.01 gr/cm³
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA: 0.90 gr/cm³

Contenido de plástico %	(bq) #	h (cm)	Estab Leida (kg)	Factor de Corrección	Estabilidad Correjada	Flujo	PESO (g)			PESO ESPECIFICO		ASFALTO ABSORBIDO %	% del TOTAL			Vacíos en Agregados Minerales	% de Asfalto Efectivo		
							seco	parafinado agua	aire	"BULK"	MAXIMO TEORICO		MAXIMO MEDIDO	AGREGADO	VACIOS CON AIRE			ASFALTO EFECTIVO	
0.00	1	7.02	1107	0.85	941.01	11	1199.4	654.4	1215.4	2.21	-	-	-	-	-	-	-		
	2	6.71	1203	0.92	1107.01	12	1196.3	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-		
	3	6.79	1079	0.90	970.90	11	1208.3	636.8	1222.0	2.12	-	-	-	-	-	-	-		
	4	6.75	1164	0.91	1058.94	11	1200.0	642.3	1219.4	2.16	-	-	-	-	-	-	-		
Promedio		6.81			1019.47	11				2.16		2.518	2.46	0.97	72.3	12.1	15.5	27.7	5.29
0.25	1	6.79	1260	0.90	1133.85	12	1202.8	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2	7.11	1005	0.83	834.29	10	1207.1	639.1	1223.5	2.13	-	-	-	-	-	-	-		
	3	7.00	1050	0.86	903.40	10	1201.3	636.8	1214.3	2.13	-	-	-	-	-	-	-		
	4	7.02	1113	0.85	945.83	11	1205.2	642.6	1216.1	2.15	-	-	-	-	-	-	-		
Promedio		6.98			954.34	11				2.14		2.518	2.52	-0.06	71.5	15.2	13.3	28.5	6.01
0.50	1	7.31	1056	0.81	855.47	-	1207.7	631.5	1222.2	2.10	-	-	-	-	-	-	-		
	2	7.22	931.5	0.82	763.86	10	1200.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-		
	3	6.99	903.2	0.86	776.76	10	1203.0	636.0	1215.3	2.13	-	-	-	-	-	-	-		
	4	7.13	965.5	0.83	801.39	11	1202.3	624.5	1213.5	2.09	-	-	-	-	-	-	-		
Promedio		7.16			799.37	10				2.10		2.519	2.46	1.02	70.4	14.4	15.2	29.6	4.74
0.75	1	7.07	1101	0.84	925.19	9	1203.3	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2	7.11	1079	0.83	895.38	10	1214.7	640.2	1229.1	2.12	-	-	-	-	-	-	-		
	3	7.21	1192	0.82	977.41	10	1202.7	625.3	1217.4	2.09	-	-	-	-	-	-	-		
	4	7.12	1050	0.83	871.89	10	1199.9	624.1	1230.2	2.10	-	-	-	-	-	-	-		
Promedio		7.13			917.47	10				2.10		2.519	2.45	1.24	70.3	14.1	15.6	29.7	4.28
1.00	1	7.33	948.5	0.80	758.83	10	1205.1	638.1	1217.5	2.13	-	-	-	-	-	-	-		
	2	7.28	523.3	0.81	-	11	1205.0	644.2	1215.8	2.15	-	-	-	-	-	-	-		
	3	7.27	1056	0.81	855.47	12	1206.9	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-		
	4	7.43	1050	0.78	819.37	-	1203.2	640.0	1214.7	2.14	-	-	-	-	-	-	-		
Promedio		7.33			811.22	11				2.14		2.519	2.43	1.56	71.6	11.8	16.5	28.4	3.72

(bq): Briqueta.
(h): Altura

Los valores (-), no son representativos, difieren del promedio o se malograron al momento del ensayo

GRAFICAS DE DISEÑO MARSHALL

INV E-748

ENSAYO (con Plásticos) # 30

Proyecto: Análisis de la incorporación de polímeros provenientes de desechos plásticos de consumo doméstico en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos.

