



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Reutilización de los residuos del labrado de neumáticos para
caminerías de parques**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autor:

RAFAEL ENRIQUE ARÍZAGA BRAVO

Director:

CÉSAR VINICIO ARÉVALO VÉLEZ

CUENCA, ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien me brindó la perseverancia para permitirme llegar a estas instancias; a mi papá Rafael, que con su gran fortaleza y natural empuje me da el arranque para salir adelante cada día; a mi mamá Mirian, que con su incalculable amor, entrega y sacrificio, me enseña a valorar cada momento de mi vida; a mis hermanos Carlos y Daniela, que en todo este proceso se han convertido en elementos indispensables; a mi familia y amigos.

Este resultado obtenido y el trabajo de todos estos años se los dedico a ustedes, infinitas gracias.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis amigos, compañeros, maestros y en general al personal de la Escuela de Ingeniería Civil y de la Facultad de Ciencia y Tecnología, que en todo este trayecto se han convertido en parte fundamental de este logro.

De manera particular al Ing. Cesar Arévalo Vélez, Director de Tesis, quien con sus evidentes conocimientos y apoyo constante contribuyó con el éxito de este trabajo.

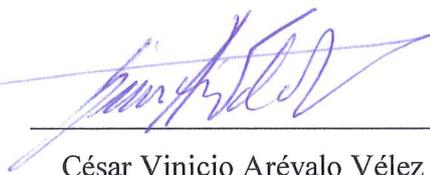
Muchas gracias a todos ustedes.

**REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DEL LABRADO DE NEUMÁTICOS
PARA CAMINERÍAS DE PARQUES**

RESUMEN

Explorando alternativas para preservar el medio ambiente, se desarrolló este proyecto investigativo y de experimentación; mediante el empleo de la viruta de caucho generada en el proceso de reencauche, con el objeto de cubrir necesidades sociales, tanto recreativas como de esparcimiento. Este trabajo ofrece caminerías de parques que utilice este residuo, con la intención de conseguir un material que cumpla con las características físicas y mecánicas necesarias. En la indagación se determinó que los materiales adecuados son el hormigón hidráulico, con una sustitución del 5% en peso del material en reemplazo del árido fino, y el asfalto, con una sustitución del 1% en peso de viruta fina obtenida al tamizarla en una malla de 1mm en reemplazo de arena de río, que con sus características peculiares cumplen diversas funciones y usos en una sección vial no vehicular.

Palabras Clave: medio ambiente, viruta de caucho, reencauche, caminerías, características físicas y mecánicas.



César Vinicio Arévalo Vélez

Director de Tesis



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Rafael Enrique Arízaga Bravo

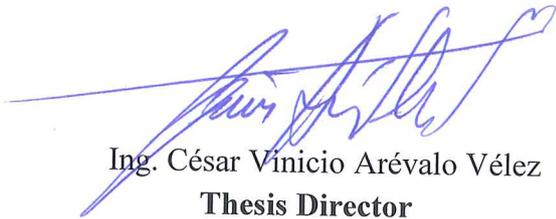
Autor

REUSE OF SCRAP TIRE WASTE FOR PARK WALKWAYS

ABSTRACT

This investigative and experimental project was developed through exploring alternatives to preserve the environment by using crumb rubber generated in the tire retreading process. The objective was to meet both recreational and entertainment social needs. This work proposes park walkways using this waste, with the intention of obtaining a material that meets the necessary physical and mechanical characteristics. This investigation determined that the suitable materials are hydraulic concrete with a substitution of 5% weight of the material in place of fine aggregate; and asphalt with a substitution of 1% weight of fine-grade crumbs obtained by sieving in a 1mm mesh to replace river sand. These materials fulfill diverse functions and uses in a non-vehicular road section due to their unique characteristics

Keywords: Environment, Crumb Rubber, Retreading, Walkways, Physical And Mechanical Characteristics.



Ing. César Vinicio Arévalo Vélez
Thesis Director



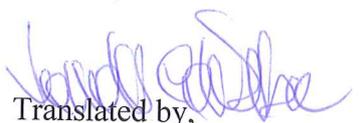
Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director



Rafael Enrique Arízaga Bravo
Author



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDOS	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Alcance.....	4
1.4 Objetivo general	5
1.5 Objetivos específicos	5
CAPÍTULO 2: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	
2.1 Materiales aglomerantes y conglomerantes	6
2.1.1 Introducción	6
2.1.2 Clasificación de los aglomerantes y conglomerantes.....	7
2.1.3 Conclusión y decisión de los aglomerantes y conglomerantes seleccionados	16
2.2 Tránsito peatonal en un parque	18
2.2.1 La capacidad.....	18

2.2.2 Niveles de servicio	18
2.2.3 Recopilación de datos	21
2.3 Cantidad de viruta de neumáticos	28

CAPÍTULO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 Introducción	30
3.2 Ensayos en hormigón hidráulico	33
3.2.1 Ensayos y requerimientos previos.....	33
3.2.2 Ensayos de hormigón hidráulico en laboratorio	39
3.3 Ensayos en asfalto	42
3.3.1 Confección de briquetas	43
3.3.2 Ensayo Marshall.....	48
3.3.3 Ensayo de tracción indirecta o prueba brasileña	49
3.4 Resultados de laboratorio e interpretación	51
3.4.1 Resultado de laboratorio de los ensayos en hormigón hidráulico.....	51
3.4.2 Resultados de laboratorio de los ensayos en asfalto	62

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PEATONAL O CAMINERÍA

4.1 Antecedentes del diseño	71
4.2 Diseño directo o matemático riguroso	72
4.2.1 Suelo de fundación.....	75
4.2.2 Análisis de tráfico y cargas	76
4.2.3 Fundamentos de los materiales que conforman la infraestructura	77
4.2.4 Diseño de las diferentes infraestructuras peatonales.....	79
4.3 Especificaciones técnicas particulares	90

4.4 Equipos y personal técnico mínimos requeridos..... 106

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Presupuesto referencial del proyecto 108

5.2 Resultados de los distintos presupuestos referenciales para el proyecto 114

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 116

BIBLIOGRAFÍA..... 123

ANEXOS 125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Formato para el conteo peatonal.....	22
Tabla 2-2: Ubicación geográfica del lugar del conteo peatonal.....	24
Tabla 2-3: Resumen del conteo peatonal	26
Tabla 2-4: Resumen de la hora pico determinada en campo	27
Tabla 2-5: Conteo peatonal de la hora pico agrupada en intervalos de 15 minutos...	27
Tabla 3-1: Dosificación del hormigón hidráulico a emplear determinado en laboratorio	38
Tabla 3-2: Valores de pesos volumétricos de la viruta de caucho, arena y ripio.....	39
Tabla 3-3: Estimación de la resistencia del hormigón en distintas edades	40
Tabla 3-4: Dosificación manejada por la Asfaltar E.P.....	43
Tabla 3-5: Nomenclatura a usarse para los distintos hormigones realizados en laboratorio	54
Tabla 3-6: Resumen del ensayo de laboratorio de la arena.....	55
Tabla 3-7: Resumen del ensayo de laboratorio del ripio.....	56
Tabla 3-8: Ensayos de laboratorio en hormigón hidráulico para compresión simple	57
Tabla 3-9: Ensayos de laboratorio en hormigón hidráulico para tracción indirecta ..	59
Tabla 3-10: Ensayos de laboratorio en hormigón hidráulico para flexión.....	60
Tabla 3-11: Proceso de tamizado de la viruta de caucho	65
Tabla 3-12: Pesos volumétricos de la viruta de caucho normal y tamizada	67
Tabla 3-13: Nomenclatura a usarse para ensayos en asfalto realizados en laboratorio	68
Tabla 3-14: Resumen del ensayo Marshall	68
Tabla 3-15: Ensayo de tracción indirecta.....	70
Tabla 4-1: Valores de CBR solicitados por la EMAC E.P.	76
Tabla 4-2: Porcentajes en peso que pasan a través de los tamices de malla cuadrada de lo establecido por el MTOP y el control de calidad en laboratorio de la Minera Rookaazul Cía. Ltda.....	78
Tabla 4-3: Valores de límite líquido e índice de plasticidad del material de base clase 2 de la Minera Rookaazul Cía. Ltda.....	78
Tabla 4-4: Resumen de los datos a ingresar en el programa Depav para los diferentes tipos de subrasantes.....	80
Tabla 4-5: Características de las capas del pavimento asfáltico para CBR de 2%	81

Tabla 4-6: Características de las capas del pavimento asfáltico para CBR de 2.5% .	82
Tabla 4-7: Características de la estructura del pavimento asfáltico para CBR de 3.5%	84
Tabla 4-8: Características de las capas del pavimento asfáltico para CBR de 4.5% .	85
Tabla 4-9: Características de las capas del pavimento asfáltico para CBR de 6%	87
Tabla 4-10: Características de las capas de la estructura del pavimento asfáltico para CBR de 7%.....	88
Tabla 4-11: Resumen del diseño de las caminerías para distintos valores de CBR...	90
Tabla 4-12: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada una base granular clase 2.....	95
Tabla 4-13: Normas que se debe cumplir en función del tipo de tráfico	103
Tabla 4-14: Granulometría de materiales granulares a ocuparse en mezclas asfálticas	103
Tabla 4-15: Equipo mínimo requerido para la construcción de la infraestructura peatonal	106
Tabla 5-1: Consideraciones para el análisis económico de una infraestructura peatonal de pavimento flexible	108
Tabla 5-2: Presupuesto referencial con asfalto para 15 m ² (caminera de 10m de largo, 1.50m de ancho, 10cm de base clase 2 y carpeta asfáltica de 1in)	110
Tabla 5-3: Presupuesto referencial con asfalto para 1 m ² (caminera de 1m de largo, 1m de ancho, 10cm de base clase 2 y carpeta asfáltica de 1in)	111
Tabla 5-4: Consideraciones para el análisis económico de una infraestructura peatonal de lastre estabilizado.....	112
Tabla 5-5: Presupuesto referencial con lastre estabilizado para 15 m ² (caminera de 10m de largo, 1.50m de ancho, 13cm de mejoramiento y 9cm de lastre estabilizado)	113
Tabla 5-6: Presupuesto referencial con lastre estabilizado para 1 m ² (caminera de 1m de largo, 1m de ancho, 13cm de mejoramiento y 9cm de lastre estabilizado).....	114
Tabla 5-7: Tabla resumen de los presupuestos para 1m ² de infraestructura con pavimento flexible (asfalto) y con lastre estabilizado.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Ubicación física del lugar del conteo peatonal.....	24
Figura 2-2: Localización del conteo peatonal en el “Parque de la Madre”	25
Figura 2-3: Sección transversal de la caminería del “Parque de la Madre”	25
Figura 3-1: PLASTIMAD	30
Figura 3-2: Proceso de operación de PLASTIMAD	31
Figura 3-3: Poste de sección rectangular con dosificación de 80% de plástico ABS y 20% de material de neumáticos.....	32
Figura 3-4: Diferentes tipos de volúmenes en un árido	34
Figura 3-5: Tamices de separación entre gravas, arenas, limos y arcillas	36
Figura 3-6: Equipo para determinar el valor por rotura de compresión en un cilindro de hormigón	41
Figura 3-7: Ilustración del ensayo de resistencia a la flexión para viguetas de hormigón	41
Figura 3-8: Compactador automático para confección de briquetas.....	44
Figura 3-9: Martillo de compactación.....	44
Figura 3-10: Horno.....	45
Figura 3-11: Termómetro blindado	45
Figura 3-12: Base, molde y collarín.....	46
Figura 3-13: Cuchara, bandeja metálica y espátula	46
Figura 3-14: Equipo usado para realizar el ensayo Marshall en asfaltos	49
Figura 3-15: a) Configuración de la carga b) Rotura del ensayo a tracción indirecta	50
Figura 3-16: Nomenclatura	52
Figura 3-17: Resultados del ensayo de resistencia a compresión	52
Figura 3-18: Resultados del ensayo de resistencia a tracción indirecta.....	53
Figura 3-19: Curva granulométrica de la arena que se va a emplear en el hormigón hidráulico.....	55
Figura 3-20: Curva granulométrica del ripio que se va a emplear en el hormigón hidráulico.....	56
Figura 3-21: Ensayos de laboratorio llevados a cabo en hormigón	61
Figura 3-22: Material (viruta de caucho) sin tamizar.....	65
Figura 3-23: Proceso de tamizado de la viruta de caucho.....	66
Figura 3-24: Viruta de caucho obtenida por tamizado.....	66

Figura 3-25: Viruta de caucho que no pasa por la malla de aluminio.....	67
Figura 3-26: Ensayos de laboratorio llevados a cabo en asfalto	70
Figura 4-1: Infraestructura de caminerías de parque actual	71
Figura 4-2: Infraestructura de caminerías de parques propuesto	72
Figura 4-3: Esfuerzo vertical en el punto A causado por una carga puntual en la superficie	73
Figura 4-4: Incremento en la presión debajo del área circular flexible cargada uniformemente	74
Figura 4-5: Programa Depav para Diseño estructural de pavimentos.....	75
Figura 4-6: Alcances y requisitos para el uso adecuado del Depav	75
Figura 4-7: Curva granulométrica comparado con los rangos establecidos como norma de la base clase 2 de la Minera Rookaazul Cía. Ltda.....	79
Figura 4-8: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 2%	81
Figura 4-9: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 2%	82
Figura 4-10: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 2.5%	83
Figura 4-11: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 2.5%	83
Figura 4-12: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 3.5%	84
Figura 4-13: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 3.5%	85
Figura 4-14: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 4.5%	86
Figura 4-15: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 4.5%	86
Figura 4-16: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 6%	87
Figura 4-17: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 6%	88
Figura 4-18: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 7%	89
Figura 4-19: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 7%	89
Figura 5-1: Consideraciones para el análisis económico de una infraestructura peatonal de pavimento flexible (materiales)	109
Figura 5-2: Consideraciones para el análisis económico de una infraestructura peatonal de pavimento flexible (espesores)	109

Figura 5-3: Consideraciones en que la EMAC EP recurre para el análisis económico de una infraestructura peatonal de pavimento lastre estabilizado 112

Arízaga Bravo Rafael Enrique
Trabajo de Graduación
Ing. Arévalo Vélez César Vinicio
Octubre, 2015

“REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DEL LABRADO DE NEUMÁTICOS PARA CAMINERÍAS DE PARQUES”

INTRODUCCIÓN

Al referirse al término contaminación ambiental y todo lo que abarca esta expresión, se debe meditar acerca de los factores que intervienen como origen de este problema que desencadena en una complicación mundial, el progreso tecnológico y la expansión demográfica como uno de los causantes con más relevancia; esto implica a que diversos sectores de la sociedad como la Empresa Pública de Aseo de Cuenca EMAC E.P. inquiera en alternativas para evitar la degradación creciente de la naturaleza. En este caso el factor preponderante es evitar que los residuos que genera el labrado de neumáticos o también conocido como reencauche tengan como finalidad de su ciclo de vida el relleno sanitario ubicado en Pichacay, en la parroquia Santa Ana, debido al considerable volumen que se genera diariamente en las empresas que brindan este servicio automotriz; por ello se busca conjuntamente con el departamento de Áreas Verdes de esta empresa buscar una infraestructura vial que sea adecuada para una caminería de parque.

El presente trabajo ofrece una sucesión de aglomerantes y conglomerantes (materiales ligantes) usados en el sector de la construcción, que pueden ser usados conjuntamente con la viruta de caucho obtenida en el proceso de reencauche, y el análisis de cada uno de ellos para determinar los materiales que por sus características físicas y mecánicas presenten una alternativa para la etapa de experimentación; brinda también los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio en los distintos materiales y la interpretación de los mismos mediante

tablas, gráficas y conclusiones, basadas en conocimientos técnicos de varios autores; posteriormente se entregan los diseños de las deferentes infraestructuras, que dependen del suelo de fundación, con todos los parámetros que un proyecto de esta naturaleza demanda; seguido de las especificaciones técnicas respectivas y finalmente un análisis económico que considera los rubros necesarios para tener un presupuesto referencial.

Debido a que no se cuenta con el suficiente conocimiento en relación a la viruta de caucho, como material aplicado en la construcción, se hará uso de documentos científicos y trabajos de graduación realizadas en distintas partes del mundo para los materiales aglomerantes o conglomerantes seleccionados, como fuente de consulta y apoyo, para así poder conocer de mejor manera su comportamiento físico-mecánico trabajando simultáneamente. Se contará con la comprobación y validación de la información obtenida con la ayuda de un laboratorio certificado del país.

Por último, se presenta las recomendaciones y conclusiones que el proceso investigativo y de experimentación manifiestan; a más de las sugerencias necesarias para poder realizar el proceso constructivo, con la finalidad de no generar inconvenientes o complicaciones en las caminerías de parques.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Al hablar del sector industrial, en la actualidad, se puede decir que genera un creciente impacto en las sociedades y en su entorno; pudiendo aseverar que su aumento es exponencial. Este conflicto se ve justificado principalmente a través de la generación de los residuos provocados, que son el producto de sus procesos de operación, producción y otros.

Los desechos son provocados por diversas empresas pertenecientes a distintos sectores industriales, generalmente, tienen como disposición final la naturaleza: rellenos sanitarios, escombreras, botaderos a cielo abierto, fuentes hídricas, entre otros. Por esta razón, es necesario buscar soluciones y adecuados usos de estos materiales; como es el caso de este trabajo que está enfocado en la construcción.

Es importante recalcar la notoria conciencia ambiental y ecológica de ciertas empresas en sus procesos de labrado de la banda de rodadura, comúnmente conocido como reencauche, que tiene como objetivo encontrar medios y métodos para liberar de la naturaleza sus desechos. Así es que con el apoyo de la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca EMAC E.P. se buscará conglomerar o aglomerar la viruta de neumáticos con diversos materiales de construcción, para solucionar otras necesidades de la sociedad como caminerías de parques, y prevenir todos los impactos ambientales que genera este residuo.

1.2 Justificación

Se debe considerar que el presente trabajo, al ser un proyecto que aún no se ha realizado con este enfoque técnico, no se cuenta con información estrechamente relevante acerca de la viruta de neumáticos, obtenido por el proceso del labrado de la

capa de rodadura de las llantas; pero se debe tomar en cuenta que evidentemente existe suficiente información acerca de estudios de neumáticos (donde se considera toda la estructura de la llanta) y sus repercusiones producidas al medio ambiente; lo que ayuda a la realización de una adecuada investigación sobre los aglomerantes y conglomerantes que se puedan usar en conjunto con el material.

Debido a la alta generación de este material, lo que se busca es evitar que culmine su ciclo de vida en la naturaleza, ya que hasta el momento es considerado un desecho más que residuo; es preciso explicar que residuo es un material que puede ser nuevamente utilizado, transformándose en materia prima y generando beneficios económicos y ambientales, mientras un desecho es algo que ya no tiene valor en lo absoluto. Con esta explicación se proyecta que con una adecuada indagación y experimentación se consiga beneficios ambientales, optimización de recursos y finalmente la obtención de una infraestructura peatonal con la viruta de caucho.

1.3 Alcance

El alcance de este trabajo es inicialmente obtener la información necesaria sobre aglomerantes y materiales usados en la construcción, que por sus características puedan ser empleadas con la viruta de caucho. Dentro de este punto, también es importante recopilar datos referentes a la cantidad de peatones que transitan en un parque y cuál es la generación del material en un periodo de tiempo determinado en las empresas que estén involucradas en este sector industrial.

Además del proceso de indagación lo que se busca a través de la realización de pruebas de laboratorio, de los materiales seleccionados, es realizar los ensayos respectivos con la incorporación de viruta de caucho. La información obtenida aquí permitirá tomar en consideración una o varias opciones que por sus características y propiedades puedan ser implementadas en una caminería de parque.

Finalmente, se obtienen los diseños de las infraestructuras necesarias con el material seleccionado, en donde se considerarán todos los parámetros necesarios; además de contar con un presupuesto referencial en donde consten los rubros imprescindibles

para realizar la obra, el análisis de precios unitarios y las especificaciones técnicas correspondientes.

1.4 Objetivo general

El propósito más relevante de este trabajo es determinar mediante investigación y ensayos de laboratorio, que aglomerante o conglomerante es el más adecuado para trabajar de manera conjunta con la viruta de neumáticos y así poder ser capaz de resistir las demandas generadas por el tránsito peatonal y agentes externos como el intemperismo, especialmente las que provoca la infiltración de agua en la infraestructura, debido a sus consecuencias agresivas y destructivas que genera.

1.5 Objetivos específicos

- Reducir la cantidad de la viruta de neumáticos en el relleno sanitario de Pichacay.
- Obtener una infraestructura vial peatonal adecuada, con respecto al funcionamiento.
- Obtener una infraestructura vial peatonal adecuada, con respecto a lo estético.
- Obtener una infraestructura vial peatonal adecuada, con respecto a lo económico.

CAPÍTULO 2

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

2.1 Materiales aglomerantes y conglomerantes

2.1.1 Introducción

De acuerdo al libro de (CRESPO, 2010), los aglomerantes y conglomerantes son materiales que tienen como característica primordial poder adherirse, pegarse y unirse a otros materiales; como es el caso de los pétreos entre los que tenemos: grava, arena, ripio, materiales cerámicos, entre otros, para construir variados elementos como morteros, hormigones y demás, que después de endurecer pasan a obtener un estado sólido.

Para conocer las diferencias de estos dos materiales se debe contrastar las definiciones que el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua distingue, el aglomerante: “Dicho de un material: Capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por efectos de tipo exclusivamente físico. Son materiales aglomerantes el betún, el barro, la cola, etc.”; y a pesar de ello, se define al conglomerante como: “Dicho de un material: Capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa, que originan nuevos compuestos”.

Los aglomerantes son aquellos materiales que mediante un proceso físico de secado, evaporación o disolvente, produce un endurecimiento que aglutina a los elementos y une cohesionando a los mismos, pero su composición química permanece inalterable. Mientras tanto, los conglomerantes realizan su proceso de unión mediante procedimientos químicos, donde producen variaciones químicas y sus reacciones son hidratadas y modificadas; además sus características no son sólo químicas, sino también físicas.

Si se procede a mezclar un material aglomerante o conglomerante con agua se pueden evidenciar dos fenómenos:

- El producto en los materiales es el aumento de la viscosidad para proceder con el fraguado, que es un proceso en el cual se transforma de un estado semilíquido o plástico hasta llegar a un sólido.
- Una vez fraguado el material consigue resistencia, dependiendo de las características del material, que demora un período de tiempo en lograr su mayor valor de resistencia. Algunas veces es necesario curar la mezcla, es decir, mantener el material húmedo con el objetivo de evitar pérdida de humedad o evaporación temprana.

Dentro del proceso de hidratación inicial, se considera que el agua debe ser la apropiada para la mezcla. En otras palabras, considerar los parámetros establecidos para este fin, ejemplos: exponente de hidrógeno con un pH mayor a 5, sustancias disueltas mayor o igual a 15 g/l, contenido de sulfatos menor o igual a 1 g/l (excepto los cementos resistentes a los sulfatos, pudiendo ser menor o igual a 5 g/l), no contener hidratos de carbono y las sustancias orgánicas solubles en éter menor o igual a 15 g/l.

2.1.2 Clasificación de los aglomerantes y conglomerantes

Se dividen en 4 grupos, comenta (CRESPO, 2010), que varían de acuerdo al tipo de endurecimiento que presentan cada uno: los aéreos son materiales que se solidifican en contacto con el aire; seguido por el más común en la construcción tradicional que son los hidráulicos que presentan esta propiedad en contacto con el agua; los hidrocarbonados están constituidos por hidrocarburos más o menos viscosos que se consolidan por enfriamiento o evaporación de sus disolventes y finalmente las resinas que endurecen por enfriamiento, calor, presión o reacción entre dos componentes.

2.1.2.1 Aéreos

Como se señaló anteriormente, los aglomerantes y conglomerantes aéreos son materiales que efectúan su proceso de endurecimiento a través del contacto con el aire, es decir, mayoritariamente en la intemperie. Éstos son muy utilizados en la construcción, pero particularmente los más usados son el yeso y la cal, que presentan la característica de endurecimiento como producto de la deshidratación de sus compuestos químicos.

Yeso

Es el producto de la deshidratación parcial o completa de la piedra de yeso. Cuando el calor actúa en esta piedra se desprende una y media molécula de agua. Este material dentro de la construcción tiene varias aplicaciones, las principales están presentes en tabiques, bóvedas, moldes, enlucidos, entre otros y presenta las siguientes características:

- Fraguado y endurecimiento muy rápido
- Poca adherencia con piedra y madera
- Oxida el hierro y acero
- Buen aislante de acústico y de fuego
- Únicamente para interiores
- No tiene capacidad resistente

Cal aérea

Para lograr conseguir este material de construcción las rocas calizas son sometidas a calor y por esta razón genera su descomposición. Sus aplicaciones son muy variadas en distintas industrias como en pintura de muros, aglomerar materiales pétreos, enlucidos, fachadas, para proceso de producción de sémola de maíz, refrigeración de motores o aislante térmico, entre otros. Este material presenta las siguientes características:

- Fraguado y endurecimiento lento
- Absorbe mucha humedad y se deteriora
- Únicamente para interiores

2.1.2.2 Hidráulicos

Son empleados generalmente en mampostería (instalación de cerámicos), dentro de los más usados están: cemento, cemento de albañilería y cal hidráulica. Los aglomerantes y conglomerantes con características hidráulicas tienen más resistencia mecánica pero menor adherencia que los aéreos; por ello se deben tener en cuenta algunas consideraciones al momento de emplearse como: el lugar de aplicación, temperatura, humedad, entre otros aspectos.

Muy independiente de su capacidad hidráulica está la necesidad o no de aire en la mezcla para fraguar, por ello es necesario también considerarlos de acuerdo a su capacidad de presentar un menor o mayor grado de trabajabilidad. El grado de trabajabilidad o la capacidad de una mezcla de ser maniobrada, está relacionada con la propiedad de una mezcla fresca para permitir al operario extenderla con facilidad sobre una superficie constructiva, a la vez que resiste el peso de ellos durante la colocación y facilita su alineamiento.

Los cementos (cemento normal, cemento de albañilería) son más resistentes en estado endurecido, pero menos trabajables en estado fresco, en comparación con las cales debido a su poca capacidad de retención de agua. La cal y el yeso tienen mayor capacidad de retención de agua, por lo tanto son más trabajables que los cementos. Acondicionando los materiales de acuerdo a su resistencia mecánica se puede obtener que el menos resistente es la cal aérea, seguido por el yeso, la cal hidráulica y el cemento de albañilería, mientras que el más resistente de todos es el cemento normal Portland.

También podemos presentar una clasificación de los aglomerantes en base a su resistencia, de mayor a menor, en el siguiente orden: cemento normal, cemento de albañilería, cal hidráulica, cal aérea, yeso. Con relación a su velocidad de fragüe su

clasificación de mayor a menor, es la siguiente: yeso, cemento, cemento de albañilería, cal hidráulica y por último la cal aérea.

2.1.2.3 Hidrocarbonados

Están constituidos por hidrocarburos más o menos viscosos que se endurecen por enfriamiento o evaporación de sus disolventes, dice (CRESPO, 2010) en su libro. Entre los más usados en la construcción están el alquitrán y el asfalto. De estos dos el asfalto es el que tiene mayor notabilidad, puesto que se utiliza en todos los países de manera muy habitual, pero es necesario conocer las características y propiedades de estos dos materiales.

Alquitrán

Dentro de sus características se puede apreciar que es un producto negro y viscoso, es obtenido por condensación de los gases desprendidos en la destilación seca en vasija cerrada de las materias hidrocarbonadas de la hulla y la madera principalmente. Tiene diversas aplicaciones en el campo de la construcción, por ello se puede decir de este material que:

- Se utiliza en el sellado de juntas en carreteras
- Protección del hierro y madera
- Puede aplicar en forma de pintura
- Impermeabilizante de paredes
- Es la base de la fabricación de colorantes, perfumes, resinas sintéticas y explosivos

Asfalto

Es un material que tiene propiedades adhesivas y mecánicas, considerable estabilidad química, impermeabilidad al agua, larga vida y relativo bajo costo. Son factores que comparados con otros materiales son decisivos en la aplicación en diversos casos constructivos. El asfalto al ser un material termoplástico puede convertirse en fluido suministrándole calor, hecho que constituye una gran ventaja para su manejo y

facilidad de aplicación; pero su mayor inconveniente se encuentra en su fluencia a temperaturas moderadas.

Otra de las ventajas que presenta el material es su carácter inerte, es decir, no suele tener ningún efecto químico sobre el material al cual se aplica. Está compuesto por carbono e hidrógeno, además de poder contener oxígeno, azufre, nitrógeno y algunos otros como vanadio y níquel. Las propiedades adhesivas de los asfaltos se encuentran en función del contenido de asfaltenos y resinas.

Asfalto natural

Proceden de yacimientos naturales, en forma de lagos como el de Trinidad en Los Ángeles-California. Son asfaltos impurificados con arcilla, agua y gases, por lo que es necesario un proceso de refinación. Los crudos de petróleo se dividen fundamentalmente en crudos parafínicos y asfálticos. Los parafínicos no contienen asfalto, por lo que no se puede aprovechar directamente, es decir, se necesitan procesos para mejorar las propiedades de este material.

Asfaltos obtenidos por destilación artificial

El petróleo crudo se hace circular a gran presión y velocidad por una tubería ubicada en el interior de un horno que alcanza temperaturas elevadas. Una vez caliente se le introduce en una torre de destilación en la que se separa en sus distintos componentes que se clasifican, de abajo hacia arriba en orden de densidad decreciente, de tal forma que por la parte superior de la torre se extrae gasolina, entre otros, quedando en la parte inferior un residuo asfáltico. Las características de este asfalto es de tipo SC (curado lento). Si repetimos estos ciclos de destilación, se va concentrando este residuo por liberación de los aceites de alto punto de ebullición dando lugar a los SC de distintos grados.

- **Cemento asfáltico**

Mediante un proceso de destilación donde se eleva la temperatura y se aumenta la cantidad de vacío es posible eliminar gran parte de los aceites pesados, donde la

consecuencia es un asfalto sólido a temperatura ambiente. Los cementos asfálticos se designan por la palabra asfalto seguida de dos cifras que son los límites mínimo y máximo de penetración fijados por las especificaciones a usar en un proyecto de construcción. Los materiales asfálticos de curado rápido, medio y lento se designan por las letras RC, MC y SC respectivamente seguidas de un número que va de 0-5, el cual indica el aumento de la consistencia a medida que se incrementa el grado.

- **Asfaltos diluidos o cut back**

Los materiales asfálticos de curado rápido, medio y lento se designan por las letras RC, MC y SC respectivamente seguidas de un número que va de 0-5, el cual indica el aumento de la consistencia a medida que se incrementa el grado. Los asfaltos diluidos son llamados así porque son hechos mezclando el cemento asfáltico con una cantidad específica de disolvente, el cual se evapora rápidamente después de ser usado, quedando solamente el cemento asfáltico.

El grado de los asfaltos diluidos viene determinado por la cantidad de disolvente, por ejemplo: un RC-0 debe tener un 45% de disolvente y 55% de cemento asfáltico. Mientras que el RC-5 es aproximadamente 15% disolvente y 85% de cemento asfáltico.

La viscosidad está influenciada por el porcentaje de disolvente, por lo tanto el RC-0 será el de menor viscosidad y el RC-5 el de mayor. Los asfaltos diluidos se emplean en: mezclas aplicadas en frío, tratamientos superficiales, tratamientos de sellado, impregnación, riego anti polvo, tratamiento de suelo, relleno de grietas, entre otros.

- **Emulsiones asfálticas**

Se utilizan por sus múltiples ventajas que ofrecen sobre los asfaltos naturales, los cementos asfálticos y los asfaltos diluidos. Con ellas se dispone de un aglomerante manejable en frío, debido a su baja viscosidad, de fácil transporte y que proporciona, después de la ruptura (separación de ambas fases de agua y asfalto), una mayor adherencia sobre los áridos húmedos, con los que evita un secado previo.

Se puede definir a la emulsión como una mezcla íntima entre dos líquidos inmiscibles (que no se mezclan) en la que uno de ellos está dispersando en el otro, en forma de gotas diminutas visibles solo ante el microscopio. El líquido dispersado se llama fase interna o dispersa y al dispersante fase externa o continua. Como ejemplo de emulsión podemos citar además de las asfálticas la leche y las cremas de belleza.

Como agente emulsificante, si agitamos asfalto fundido y agua se logra una emulsión, pero al cesar la agitación ocurre la separación de ambas fases. De igual manera sucede cuando tratamos de mezclar agua con aceite, donde se observa una zona de separación bastante notoria llamada interface que producida por fuerzas o tensiones en dicha superficie provoca la separación. Es lógico pensar que si estas fuerzas son disminuidas se facilitaría la mezcla, esto es precisamente el papel del agente emulsificante que es el encargado de disminuir la tensión interfacial, facilitando la formación de la emulsión. Las emulsiones se usan principalmente en:

- Sellados de aglomeraos y tratamientos superficiales
- Regenerar pavimentos envejecidos, impermeabilizando y cerrando las fisuras
- Dar rugosidad a superficies desgastadas y deslizantes
- Estabilizador de suelos
- Dar protección a maderas
- Dar protección a estructuras metálicas, específicamente a los efectos de la corrosión
- En cimentación de hormigón (como capa protectora)
- Aislantes de techos

- **Asfaltos oxidados o soplados**

Una característica del asfalto obtenido por la destilación del petróleo es la de fluencia en frío. Esta propiedad consiste en que si dejamos sobre una superficie plana un paralelepípedo de asfalto durante un cierto período de tiempo, a temperatura ambiente, al cabo de un tiempo más o menos largo, el trozo de asfalto original de forma regular, se habrá deformado, fluyendo sobre la superficie como un líquido, aunque a una velocidad mucho más lenta.

Con la oxidación este inconveniente de la fluencia en frío se elimina, siendo su dureza superior al asfalto obtenido por destilación del petróleo. Su fabricación consiste en someter el residuo de asfalto a elevadas temperaturas y haciendo pasar a través de una corriente de aire. Se usa comúnmente en mezclas para pavimentos, de acuerdo a su característica de tener una consistencia firme a la temperatura se usa también en techos, cajas de acumuladores, revestimientos interiores y pinturas impermeables. También son muy usados como relleno de grietas, juntas en los pavimentos rígidos en los que se han formado cavidades interiores.

Cuando a los asfaltos oxidados se les aplica catalizadores (aceleradores de las reacciones de oxidación), aumenta su elasticidad en tal magnitud que se tornan parecidos a la goma y son muy usados en recubrimientos de canales, siendo su peor característica la baja ductilidad. Tiene además ciertas ventajas como mejor resistencia al envejecido, posee menor susceptibilidad térmica y no presenta fluencia en frío.

Propiedades de los materiales asfálticos

- **Consistencia:** varía entre dos extremos, desde un líquido muy fluido semejante al agua, para más denso (Cut back grado O) hasta un sólido parecido al lacre (cemento asfáltico soplado).
- **Durabilidad:** es la resistencia al intemperismo o envejecimiento, por ello el pavimento asfáltico debe permanecer en estado plástico. Cuando el asfalto está sometido al intemperismo en una película fina, eventualmente pierde mucha plasticidad, se vuelve rígido a causa de cambios físicos y químicos. El intemperismo en un pavimento asfáltico, causado por el endurecimiento progresivo del mismo, provoca la aparición de grietas finas; a medida que progresa este endurecimiento, las grietas se amplían, con lo cual existe la posibilidad de que penetre el agua superficial por ellas, causando el reblandecimiento de la base y al fallar esta produce la destrucción acelerada del pavimento. El intemperismo en los pavimentos asfálticos es causado principalmente oxidación-volatilización. Otros factores que contribuyen a su deterioro son los rayos solares, el endurecimiento por envejecimiento y la posibilidad de filtración del agua.

- **Velocidad de curado:** si películas delgadas de nafta, kerosene y aceites lubricantes ligeros respectivamente son pintadas sobre una superficie lisa, la evaporación se llevará a cabo en el siguiente orden, la nafta se evapora primero, después el kerosene y por último los aceites lubricantes, esto mismo ocurre con los asfaltos diluidos porque los disolventes empleados en su disolución son nafta, kerosene y aceites lubricantes respectivamente. Lo que realmente ocurre, es que si colocamos una película fina de RC sobre una superficie y lo dejamos evaporar, ocurrirá que a medida que avance la evaporación se irá transformando en un RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5 y finalmente en cemento asfáltico. Este proceso de evaporación y de continua pérdida de fluidos constituye el curado, es decir, es el aumento continuo de la consistencia de un asfalto diluido producto de la evaporación progresiva del disolvente. El tiempo requerido para que un asfalto diluido adquiera la consistencia para su función como aglomerante es una propiedad importante de este material. Por ello los factores que afectan el tiempo de curado son la volatilidad o velocidad de evaporación del disolvente, la cantidad de disolvente contenido en un asfalto diluido y la penetración de la base asfáltica. Los factores externos que intervienen, en cambio son la temperatura, el área de la superficie expuesta, la velocidad del viento pasando por la superficie; donde a mayor temperatura, mayor relación área superficial respecto al volumen y mayor velocidad del viento pasando por la superficie menor será el tiempo de curado.
- **Resistencia a la acción del agua:** la durabilidad de un pavimento depende en gran medida de la capacidad del asfalto para adherirse a los áridos en presencia de agua. Bajo determinadas condiciones se observan a veces, en algunos tipos de mezclas, pérdidas de adherencia entre los áridos y el asfalto y deterioro del pavimento poco después de la construcción y esto ha ocurrido cuando se han utilizado mezclas en frío en que se usaron asfaltos diluidos con árido hidrofílicos. En estas condiciones pueden mejorarse la adherencia utilizando determinados aditivos. En cambio no se considera necesario el empleo de aditivos de adhesividad en la fabricación de hormigón asfáltico mezclado y colocado en caliente, en el que los áridos secan perfectamente antes de la mezcla.

2.1.2.4 Resinas

Clasificación

Las resinas presentan una clasificación de acuerdo a su procedencia, se dividen en naturales o de origen vegetal, artificial o producto de una modificación química de aceites grasos y finalmente las sintéticas o procedente de reacciones químicas controladas, a partir de cuerpos perfectamente definidos y que en sí mismo no tiene carácter de resinas. En su libro (CRESPO, 2010) menciona los siguientes usos:

Las resinas sintéticas son las más utilizadas, pero en general tienen distintos usos como aditivos al cemento en hormigones: acetato, cloruro propionato de polivinilo, acrilatos, glicoles etilénicos emulsiones de betún, cauchos, epoxídicas, entre otros; sin aglomerantes hidráulicos: en este caso la totalidad del aglomerante está constituido por resinas y sin adición de áridos: epoxídicas, poliésteres, poliuretanos, furánicos, fenólicas, aminoplásticas.

- Diferentes encolados (hormigón con hormigón, acero con hormigón, cerámica con hormigón, entre otros)
- Colmataciones de grietas y juntas
- Impermeabilizantes
- Inyecciones (en hormigón, suelos, entre otros)
- Reparaciones de obras y reanudaciones de hormigonados
- Revestimientos de suelos y pinturas
- Empotramiento y anclajes
- Las resinas más usadas son el cloruro de polivinilo, acetato de polivinilo, las epoxídicas y los poliésteres. (CRESPO, 2010)

2.1.3 Conclusión y decisión de los aglomerantes y conglomerantes seleccionados

Después de haber clasificado y definido cada uno de los materiales aglomerantes y conglomerantes, se puede hacer énfasis en decir que no todos los materiales descritos son adecuados para ser usados en una caminería de parque, debido a las propiedades

físicas y mecánicas que presentan cada uno de ellos y los usos diferentes al propósito buscado que tienen en el campo de la construcción.

A continuación se mencionan los materiales que no son objeto de estudio de este trabajo y los motivos de no ser tomados en consideración:

Dentro de los aéreos existe el yeso y la cal que presentan propiedades que no interesan para este estudio, por ser únicamente para interiores, no tener capacidad resistente, absorber cuantiosa humedad y su evidente deterioro; dentro de los hidráulicos no se considerará el cemento de albañilería debido a que es usada mayormente para mampostería y por su composición de cal, arena y cemento no garantiza los requerimientos esperados. Dentro de los hidrocarbonados no es adecuado el uso directo del alquitrán, ya que es una sustancia líquida y viscosa. Tampoco es prudente la aplicación del cemento asfáltico directamente debido a que es usado como un pegamento, impermeabilizante o mezclado con agua para imprimación de sustratos. No se puede hacer uso de asfalto diluido directamente debido a su consistencia fluida que sirve generalmente para curado. Las emulsiones asfálticas no son una solución, ya que sirven para sellados y tratamientos superficiales, para cerrar fisuras, impermeabilizar y dar rugosidad a una superficie. Los asfaltos soplados no son considerados debido a que presentan baja ductilidad y sus usos más comunes son en techos, cajas de acumuladores, revestimientos interiores, pinturas impermeables, relleno de grietas y juntas en los pavimentos rígidos en los que se han formado cavidades interiores. Las resinas de igual forma no se convierten en un medio, debido a sus características, ya que sirven básicamente para colmataciones de grietas y juntas, impermeabilizantes, inyecciones, reparaciones de obras, revestimientos de suelos y pinturas.

En conclusión, los materiales que son objeto de estudio y ensayos de laboratorio son el cemento hidráulico, ya que presenta una resistencia mecánica apropiada, y los asfaltos que tienen propiedades adhesivas y mecánicas, gran estabilidad química, impermeabilidad al agua, larga vida y relativo bajo costo.

2.2 Tránsito peatonal en un parque

Para efectos de conocer el comportamiento del tránsito peatonal que tiene un parque, en este caso de la ciudad de Cuenca, se optó por considerar uno de los más transcurridos en esta localidad, por ello, se decidió realizar los estudios correspondientes en el “Parque de la Madre”, ubicada en la Av. 12 de Abril y Federico Malo.

Según una inspección visual previa en el lugar, se estableció que la sección con mayor flujo peatonal, y por tanto el emplazamiento que dará el dato más desfavorable para efectos de diseño de una estructura vial, es la caminería que se encuentra ubicada de manera paralela a la calle Federico Malo. Para continuar con la recopilación de la información es necesario conocer ciertos parámetros determinados por el Highway Capacity Manual, (Transportation Research Board, 2000):

2.2.1 La capacidad

La capacidad peatonal se utiliza para valorar el nivel de servicio que ofrece una estructura peatonal, de acuerdo con los flujos existentes y proyectados. Es decir, con varios procedimientos lograr evaluar la calidad de tránsito que tiene una determinada vía o infraestructura enfocada al uso peatonal en la actualidad y el comportamiento que presenta con respecto al futuro.

2.2.2 Niveles de servicio

El nivel de servicio es el parámetro que se usa para apreciar la calidad de circulación en una estructura peatonal, a la vez que mide la eficacia de servicio que aprecia el usuario en un instante que hace uso de la estructura. En los diversos niveles de servicio se hace uso de letras que clasifican la calidad de servicio de cada vía, en el capítulo 18 del (Transportation Research Board, 2000), se considera una metodología que estudia los flujos peatonales, donde contiene información de tipo metodológica para deducir los niveles de servicio con que cuenta una estructura peatonal. El HCM cataloga el nivel de servicio, con las letras A, B, C, D, E y F, siendo la calificación A

el indicador de la mejor calidad o "flujo libre" y la calificación de F la peor o "sin flujo o flujo inestable".

Criterios para los niveles de servicio en vías peatonales

A continuación, se muestran los criterios de nivel de servicio peatonales establecidos en (Transportation Research Board, 2000). Cabe recalcar que a continuación se ocupa la terminología peatón/minuto/metro, lo que se refiere a la intensidad unitaria existente en un lugar de análisis, es decir, es el resultado de dividir la cantidad de personas que pasan en determinado tiempo para el ancho neto de la estructura vial en donde se procede a realizar el conteo peatonal.

Nivel de servicio A

Tiene un espacio peatonal $> 5.6\text{m}$ y un flujo ≤ 16 peatones/min/m. Provoca que los usuarios se mueven en condiciones ideales sin interferencias debido a otros peatones. Estos caminan en la trayectoria que desean, sin verse obligados a modificarla por la presencia de otros peatones. Las velocidades de marcha son elegidas libremente y los conflictos entre personas son poco probables.

Nivel de servicio B

Tiene un espacio peatonal $> 3.7 \leq 5.6\text{m}$ y un flujo ≤ 23 peatones/min/m. Provoca que los usuarios se mueven en condiciones ideales sin interferencias debido a otros peatones. Las velocidades de marcha son elegidas libremente y los conflictos entre peatones son improbables.

Nivel de servicio C

Tiene un espacio peatonal $> 2.2 \leq 3.7\text{ m}$ y un flujo ≤ 33 peatones/min/m. Provoca que el espacio sea suficiente para velocidades de marcha normales y para sobrepasos sobre otros peatones en la dirección principal. El movimiento en dirección contraria o la realización de cruces, pueden causar pequeños conflictos, lo que hace que las velocidades y flujos sean un poco menores.

Nivel de servicio D

Tiene un espacio peatonal $>1.4 \leq 2.2$ m y un flujo ≤ 49 peatones/min/m. La libertad de elegir la velocidad de marcha individual o realizar sobrepasos, están restringidos. Los movimientos en la dirección secundaria o en cruce, presentan una alta probabilidad de conflictos, requiriendo frecuentes cambios de posición y velocidad. Este nivel de servicio indica una circulación razonablemente fluida, pero la fricción e interacción entre los peatones es muy probable.

Nivel de servicio E

Tiene un espacio peatonal $>0.75 \leq 1.4$ m y un flujo ≤ 75 peatones/min/m. Prácticamente todos los peatones verán restringida su velocidad normal de marcha, lo que les exigirá con frecuencia modificar y ajustar su paso. En su nivel más bajo, el movimiento hacia adelante es posible solamente arrastrando los pies. El espacio no es suficiente para hacer sobrepasos sobre los peatones más lentos. Los movimientos en la dirección secundaria o la realización de cruces son posibles, pero con dificultad extrema.

Nivel de servicio F

Tiene un espacio peatonal ≤ 0.75 m. Todas las velocidades de marcha están totalmente restringidas y el movimiento hacia adelante se realiza solamente arrastrando los pies. Hay un contacto frecuente e inevitable con otros peatones. Los movimientos en la dirección secundaria o la realización de cruces son virtualmente imposibles de realizar. (Transportation Research Board, 2000)

Formulación para determinar el nivel de servicio

Según el libro (Transportation Research Board, 2000), el nivel de servicio depende de algunos factores:

- I: intensidad por anchura unitaria media: es la intensidad peatonal media por unidad de anchura efectiva expresada en peatones por minuto por metro.
- Qp15: flujo máximo de peatones en un periodo de 15 minutos.
- AE: anchura efectiva: es el ancho de la sección total multiplicado por un factor de obstáculos.

$$I = \frac{Qp15}{AE \times 15}$$

2.2.3 Recopilación de datos

Formulario para conteo del tráfico peatonal

Con el objetivo principal de determinar la cantidad de personas que transitan por la sección determinada del “Parque de la Madre” y con el fin de poder diseñar una estructura vial de tráfico ligero que pueda soportar las cargas generadas, se procede a la obtención de un esquema que servirá para en campo realizar los conteos y cálculos respectivos.

Para el presente formulario se puede notar que en su contenido se encuentra el género, pudiendo ser hombre o mujer y por otro lado se subdivide en dos grupos adultos y niños, en el caso de los niños se los puede considerar con esta distinción hasta personas de hasta 12 años. Con la finalidad de cumplir con parámetros establecidos en el HCM, para este formulario se consideró periodos de tiempo de 15 minutos. Para ello se concluyó que se realizará el conteo de manera continua de 5 horas, a partir de las 15:00 p.m. hasta 20:00 p.m.; finalmente, permitirá conocer la máxima hora de flujo peatonal.

Tabla 2-1: Formato para el conteo peatonal

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil				
Universidad del Azuay				
Conteo peatonal "Parque de la madre"				
Ciudad:				Fecha:
Intervalo de tiempo	Adultos		Niños	Observaciones
	Hombre	Mujer		
15:00 - 15:15				
15:15 - 15:30				
15:30 - 15:45				
15:45 - 16:00				
16:00 - 16:15				
16:15 - 16:30				
16:30 - 16:45				
16:45 - 17:00				
17:00 - 17:15				
17:15 - 17:30				
17:30 - 17:45				
17:45 - 18:00				
18:00 - 18:15				
18:15 - 18:30				
18:30 - 18:45				
18:45 - 19:00				
19:00 - 19:15				
19:15 - 19:30				
19:30 - 19:45				
19:45 - 20:00				
TOTAL				

Fuente: Autor

Selección de la sección peatonal

Para poder determinar el lugar que brindará mayor relevancia se basó en función de los siguientes parámetros:

- El lugar determinado, por lo menos debe presentar condiciones óptimas, ser transitable, no tener demasiados obstáculos, es decir, la existencia de una buena visibilidad, entre otros. Que no genere demoras, ni incomodidades en los usuarios por la presencia de obstáculos como vendedores informales, mendigos, entre otros.
- Se encuentra en un lugar con una alta demanda peatonal, debido a que se encuentra colindante con el estacionamiento ubicado en el mismo parque y a la vez sirve para que los peatones se dirijan a sectores comerciales, recreativos, bancarios, instituciones públicas, entre otros. Lugares que por su evidente importancia captan la presencia de personas, quienes mayoritariamente se desplazan por la caminería en estudio. (GUILLÉN, 2014)

Ubicación

Para efectos de conocer el lugar escogido se determinará ciertos parámetros, la ubicación de la sección de la caminería del “Parque de la Madre” se encuentra de manera paralela a la calle Federico Malo, ya que de esta manera se puede asegurar que lo establecido en criterios de selección se cumpla de manera eficiente; a más de que mediante una inspección previa de todo el sitio, esta caminería presenta un tránsito peatonal visiblemente alto con respecto a otras caminerías del parque en estudio.

Ubicación

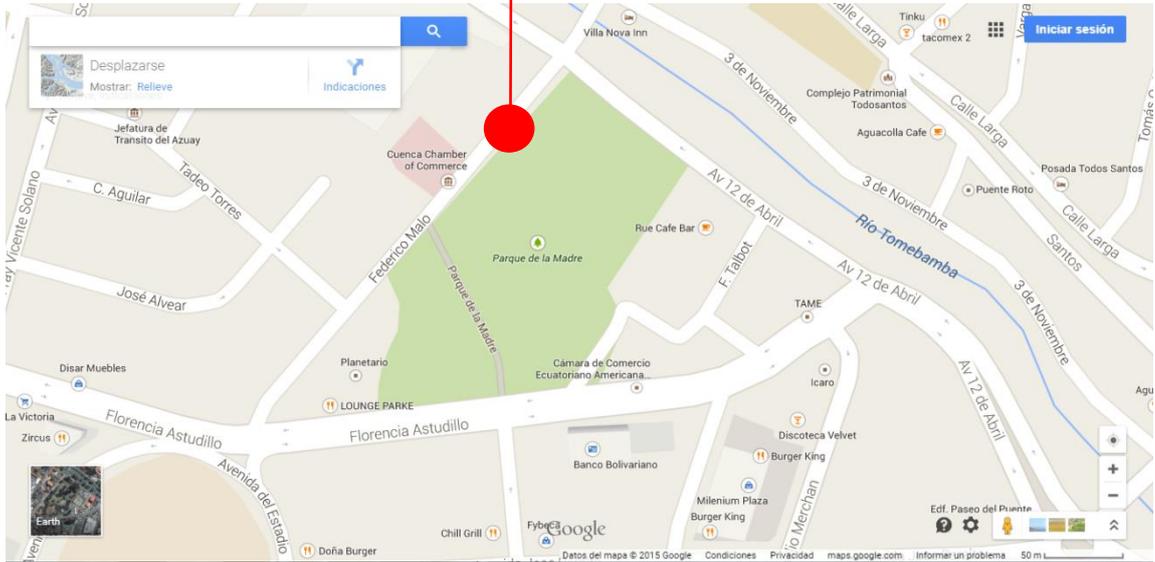


Figura 2-1: Ubicación física del lugar del conteo peatonal

Fuente: Google Maps

Tabla 2-2: Ubicación geográfica del lugar del conteo peatonal

Dirección: Av. 12 de Abril y Federico Malo		
Coordenadas:	Latitud	Longitud
	2°54'14,84'' S	79°00'14,12'' O
Elevación:	2522 m	

Fuente: Autor

Al mismo tiempo, para poder visualizar el lugar seleccionado de mejor manera se añade a continuación imágenes del sitio, donde consta la localización exacta del conteo peatonal y la sección transversal de la caminería en estudio. Con ello se puede evidenciar que se trata de una caminería amplia y que no presenta ningún tipo de obstáculos que puedan afectar a los usuarios.



Figura 2-2: Localización del conteo peatonal en el “Parque de la Madre”

Fuente: Autor

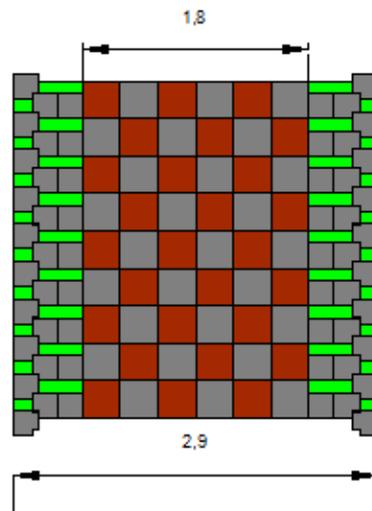


Figura 2-3: Sección transversal de la caminería del “Parque de la Madre”

Fuente: Autor

Obtención de datos en campo

Para el análisis del comportamiento peatonal, se procedió a realizarlo el día 06 de marzo de 2015, en un periodo de tiempo de 5 horas continuas, a partir de las 16:00 pm hasta las 20:00 pm. Para ello, es necesario considerar la importancia de conocer el flujo peatonal existente, con esa finalidad y para efectos de determinar el número total de peatones y la hora de máximo flujo peatonal, se ha realizado el conteo en intervalos de 15 minutos a lo largo de las 5 horas mencionadas. Como datos generales, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 2-3: Resumen del conteo peatonal

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil				
Universidad del Azuay				
Conteo peatonal "Parque de la madre"				
Ciudad:			Fecha:	
Intervalo de tiempo	Adultos		Niños	Total
	Hombre	Mujer		
15:00 - 15:15	54	63	20	137
15:15 - 15:30	82	79	15	176
15:30 - 15:45	77	81	23	181
15:45 - 16:00	91	93	15	199
16:00 - 16:15	98	74	26	198
16:15 - 16:30	95	80	9	184
16:30 - 16:45	79	79	17	175
16:45 - 17:00	112	120	14	246
17:00 - 17:15	102	94	11	207
17:15 - 17:30	87	109	14	210
17:30 - 17:45	82	80	6	168
17:45 - 18:00	78	75	16	169
18:00 - 18:15	111	101	6	218
18:15 - 18:30	117	113	19	249
18:30 - 18:45	116	116	7	239
18:45 - 19:00	109	87	16	212
19:00 - 19:15	80	53	6	139
19:15 - 19:30	101	85	14	200
19:30 - 19:45	65	65	13	143
19:45 - 20:00	89	63	9	161
TOTAL	1825	1710	276	3811

Fuente: Autor

Como antecedentes derivados en la hora pico, con mayor flujo peatonal, podemos ver la siguiente tabla:

Tabla 2-4: Resumen de la hora pico determinada en campo

Total de peatones	Hora pico	Mayor flujo peatonal horario	Peatones en hora pico			
			Descripción	Adultos		Niños
				Hombres	Mujeres	
3811	18:00 - 19:00	918	Cantidad	453	417	48
			Porcentaje	49.35	45.42	5.23

Fuente: Autor

Lo que indica la tabla es que la hora pico registrada en el conteo peatonal en campo, de 5 horas continuas, es de 18:00 pm a 19:00 pm., donde se evidencia que el tránsito de personas adultas tanto de hombres como mujeres es casi homogéneo, es decir un 49.35% frente a un 45.42%; pero, se puede indicar que el tránsito de niños, de ambos géneros, es prácticamente despreciable frente a las personas adultas con apenas un 5.23%. Dentro de la hora pico, se registró que el período de 15 minutos con mayor flujo peatonal es el de 18:15 pm a 18:30 pm, pudiendo evidenciarse en la siguiente tabla:

Tabla 2-5: Conteo peatonal de la hora pico agrupada en intervalos de 15 minutos

Intervalo	Cantidad total	Cantidad desglosada		
		Hombres	Mujeres	Niños
18:00 - 18:15	218	111	101	6
18:15 - 18:30	249	117	113	19
18:30 - 18:45	239	116	116	7
18:45 - 19:00	212	109	87	16

Fuente: Autor

Nivel de servicio de la caminería

El nivel de servicio determina si el espacio de la caminería en estudio es apto para la capacidad peatonal demandada por las personas que ocupan esta infraestructura peatonal. Para la obtención de los valores se hará uso de las fórmulas expuestas anteriormente, aquí se incorporaran los datos obtenidos en el conteo realizado en campo:

$Q_{p15} = 249$, flujo máximo de peatones en un periodo de 15 minutos

Ancho de la vereda = 2.90 m

Factor de obstáculos: debido a que la caminería no presenta obstáculos = 1

AE = ancho efectivo = $2.90 \times 1 = 2,90$ m

Aplicando la ecuación planteada, queda:

$$I = \frac{249}{2,90 \times 15} = 13.91 \text{ peat}/\text{min}/\text{m}$$

Por lo tanto, la Intensidad por anchura unitaria media es de 13.91 peatón/min/m, pertenece a un nivel de servicio C, el espacio peatonal es mayor a 2.2 m y mucho menor a 3.7 m; a más de tener un flujo peatonal menor a 33 peatones/min/m. Por lo que se puede considerar que el espacio es suficiente para velocidades de marcha normales y para sobrepasos sobre otros peatones en la dirección principal. El movimiento en dirección contraria o la realización de cruces, pueden causar pequeños conflictos, lo que hace que las velocidades y flujos sean un poco menores.

2.3 Cantidad de viruta de neumáticos

Para la determinación de la cantidad de la viruta de neumáticos, objeto de estudio, se obtiene los datos necesarios y el material gracias a la empresa Isollanta Cía. Ltda., que se dedica al reencauche en frío en la ciudad de Cuenca. A través de su Gerente General, Ing. Arturo Paredes, se conoce que la generación diaria del material es de acerca de 400 kg en esta organización, lo que significa que semanalmente se tendría alrededor de 2 ton de material y anualmente se llegaría a los sobrepasar las 100 ton

de este residuo. Es necesario resaltar que, para efectos de estudio y análisis de este trabajo se considera únicamente la información proporcionada por esta empresa, pero, es necesario hacer énfasis en que a través de la página oficial del Ministerio de Industrias y Productividad del Ecuador (Ministerio de Industrias y Productividad, 2015), las empresas reencauchadoras que cumplen con los procesos de reencauche establecidos en la NTE INEN 2582 en la ciudad de Cuenca, son:

- Durallanta
- Isollanta Cía. Ltda.
- Renovallanta S.A.
- Reencauche y Servicios Rencaplus Cía. Ltda.
- Maxxicaucho S.A.
- Reencauchadora Andina S.A.
- Rencavi
- Llanresa del Ecuador

CAPÍTULO 3

ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 Introducción

Antes de empezar con los respectivos ensayos de laboratorio, que consta de un análisis en donde se incluya a la viruta de neumático en la dosificación para hormigón hidráulico y las pruebas que corresponden al material incluido en una mezcla asfáltica, se realizó en primera instancia la fundición del material exclusivamente mediante un proceso de extrusión, que a través de la colaboración de la empresa Plastimad que se dedica con este procedimiento a elaborar productos similares a la madera como postes para cercas y tablonés, con diversos materiales plásticos, especialmente el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).



Figura 3-1: PLASTIMAD

Fuente: Autor

Según el diccionario de la Real Academia Española de la lengua distingue, extrusión: “Acción y efecto de extrudir.” y extrudir: “Dar forma a una masa metálica, plástica,

etc., haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta.”. Es por ello, que esta empresa inicia su proceso con la trituración del material plástico, luego es colocado en el lugar de almacenamiento de la máquina, posteriormente se somete al material a temperaturas de entre 140°C y 160°C para lograr fundir el material y que por medio de una abertura de salida el material entra a un proceso de encofrado, en este caso para postes macizos, más adelante es enfriado en una piscina metálica y en determinado tiempo desencofrada para apilar el producto final.



Figura 3-2: Proceso de operación de PLASTIMAD

Fuente: Autor

Con este método se probó el material, inicialmente se confeccionó un poste con una dosificación del 80% de plástico ABS y un 20% del caucho de neumáticos, en donde se pretendía saber si el caucho puede ser fundido con este procedimiento y no provocará inconvenientes en las máquinas; lo que se evidenció es que la maquinaria presenta un poco de dificultades, que se comprobaba con los ruidos anormales y la cantidad de humo que el motor emanaba, pero se pudo obtener un poste de sección cuadrada al final, presentando un terminado superficial con ciertas imperfecciones en lugares puntuales.



Figura 3-3: Poste de sección rectangular con dosificación de 80% de plástico ABS y 20% de material de neumáticos

Fuente: Autor

De acuerdo a la experiencia del propietario de la empresa, Ing. Alex Cordero, se asumió el posible riesgo de colocar una dosificación en su totalidad del material de caucho para analizar el resultado y así poder evaluar el material obtenido, por lo que se procedió a realizar la fundición del material mediante extrusión, dando como resultado un accidente laboral en uno de los colaboradores, provocada por las altas temperaturas que este material alcanza y su complicación de mantener al material en un molde sin que sus partículas presenten notable excitación, a más de que la maquinaria nuevamente presento problemas, evidenciadas por los fuertes ruidos que estos generan. Lo que hace que se excluya este procedimiento para ser aplicado en caminerías de parques.

3.2 Ensayos en hormigón hidráulico

3.2.1 Ensayos y requerimientos previos

3.2.1.1 Ensayos de los agregados

Mediante los distintos ensayos que se pueden realizar a los materiales pétreos, se pretende que el mismo conjuntamente con el conglomerante o aglomerante que presente las características y comportamiento más adecuado frente a las sollicitaciones y condiciones generadas en una caminería de parque que estará sometido a muy variados usos dependiendo del lugar, es decir, peatones, marchistas, personas que realizan bailo terapia, ciclistas, entre otros. Para los ensayos de los agregados en el laboratorio se rigió a través de las normas AASHTO T-11 T-27 y ASTM D422-63.

Dentro de la norma ASTM D422-63 existe el ensayo de granulometría a través de tamices, para poder caracterizar de manera física un material y se emplea para establecer las proporciones de los tamaños de grano y su práctica se ejecuta agrupando las muestras en rangos de tamaños. En su libro (CRESPO, 2010) menciona que se consideran mallas con aberturas conocidas. La muestra pasa por estos elementos que son organizados de forma descendente desde el de mayor hasta el que tiene menor abertura, de modo que la masa de suelo retenida en un tamiz sea de tamaño de grano mayor que la masa retenida en el tamiz siguiente. Los tamices son hechos de malla de alambre de acero con aberturas de forma rectangular.

Arena

Peso específico

Puede ser densidad aparente, densidad real y densidad absoluta. La densidad en sí es equivalente a la relación de la masa del material con el volumen:

$$p = \frac{m}{V}$$

El peso específico es igual pero con el peso en vez de con la masa:

$$PE = \frac{P}{V}$$

Para hallar los tres tipos de densidades la masa a considerar es siempre la misma. Lo que cambia es el volumen:

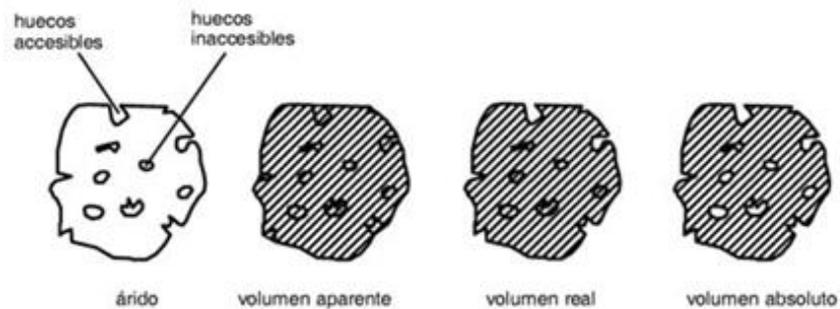


Figura 3-4: Diferentes tipos de volúmenes en un árido

Fuente: (CRESPO, 2010)

$$PAP = \frac{m}{VAP}$$

$$PRE = \frac{m}{VRE}$$

$$PAB = \frac{m}{VAB}$$

$$PAP < PRE < PAB$$

Donde:

- VAP: volumen aparente = volumen del grano + volumen de huecos accesibles + volumen de huecos inaccesibles
- VRE: volumen real = volumen del grano + volumen de huecos inaccesibles
= VAP – volumen de huecos accesibles
- VAB: volumen absoluto = volumen del grano = VAP – volumen de huecos accesibles – volumen de huecos inaccesibles

$$VAP > VRE > VAB$$

Dentro de los ensayos de laboratorio se determina que la arena presenta como peso específico seco de 2.45, peso específico SSS de 2.54, peso específico aparente de 2.68 y peso volumétrico suelto de 1484.73 kg/m³

Porcentaje de absorción

$$Ab(\%) = \frac{P_{sat} - P_{seco}}{P_{seco}} * 100$$

- P_{sat} : peso saturado o peso de los granos cuando están saturados de agua, es decir, cuando han absorbido la máxima cantidad de agua y el agua ocupa todos los poros.
- P_{seco} : peso de los granos cuando están secos, sin agua.

Dentro de los ensayos de laboratorio se determina que la arena presenta un porcentaje de absorción del 3.48 %.

Porcentaje de humedad

$$Hum(\%) = \frac{P_{hum} - P_{seco}}{P_{seco}} * 100$$

- P_{hum} : peso húmedo o peso de los granos cuando están con algo de agua, es decir, cuando han absorbido algo de agua pero sin llegar a saturarse.
- P_{seco} : peso de los granos cuando están secos, sin agua.

Módulo de finura

El módulo de finura genera una idea del grosor o finura del agregado usado; este módulo se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados de los tamices y dividiendo para 100. Si se presentaran variaciones considerables en la granulometría de la arena, se generan consecuencias notables en la demanda de agua y trabajabilidad del concreto.

Dentro de los ensayos de laboratorio se determina que la arena presenta un módulo de finura de 3.49%.

Curva granulométrica

Se establecen los tamaños de los granos que forman la muestra de un suelo. Cuando están determinados, se clasifican y ordenan de mayor a menor. Dice (CRESPO, 2010) que la granulometría se determina colocando la muestra de granos sobre unos tamices, colocados verticalmente de forma tal que el tamiz superior tiene una rejilla con cuadrículas de tamaño mayor que la que está por debajo. El material que sea mayor que el tamaño de las cuadrículas de la rejilla se quedará en la misma mientras que el que sea de menor tamaño caerá a la rejilla inferior y se quedará o volverá a caer según su tamaño. Al final se determina el porcentaje (%) que pasa a través de cada tamiz o el % que se acumula.

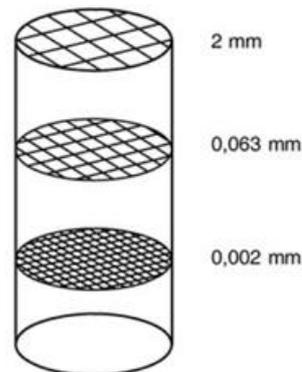


Figura 3-5: Tamices de separación entre gravas, arenas, limos y arcillas

Fuente: (CRESPO, 2010)

Ripio

Peso específico

Al igual que en el caso de la arena, el procedimiento es el mismo en el árido grueso, por lo que mediante el ensayo de laboratorio de análisis granulométrico del material se evidencia que los diversos pesos específicos, como el seco que es de 2.55, el SSS de 2.57, el aparente de 2.61 y un peso volumétrico suelto de 1311.88 kg/m³. Estos valores de acuerdo al ensayo de laboratorio generado con las normativas ASTM.

Porcentaje de absorción

De la misma manera como fue determinado en la arena o árido fino, el procedimiento es idéntico en el árido grueso o ripio, por lo que, mediante el ensayo de laboratorio se evidencia que el material en estudio presenta un porcentaje de absorción de 0.81 %.

Tamaño máximo

Es el tamaño máximo del agregado grueso que es un tamaño menor que aquél a través del cual se requiere que pase el 100% del material. Por ejemplo si el tamaño máximo de agregado requerido es de 1", el 100% deberá pasar el tamiz 1½" y casi en su totalidad (entre 90-100%) el tamiz de 1". En este caso, mediante los ensayos de laboratorio se determina que el tamaño máximo es de ¾".

Peso unitario compactado seco

Se trata de la relación del peso de una determinada cantidad de material y el volumen ocupado por el mismo, considerando como volumen al que ocupan las partículas del agregado y sus correspondientes espacios ínter granulares. De igual manera sirve para establecer el porcentaje de vacíos existente en el árido.

El recipiente se debe colmar en tres capas, a un tercio de la altura del recipiente. Se compacta mediante golpes en diferentes posiciones, desde una altura de 5 centímetros, se deja caer el recipiente por su propio peso alternándose las caídas en dos de sus bordes, siendo el número de ellas de 25 por cada lado hasta completar 50 golpes por capa. Al finalizar el compactado se enrasa el recipiente y se determina el peso del material más el recipiente.

$$PUCS \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{(Peso\ mat\ compactado + Peso\ recipiente) - Peso\ recipiente}{Volumen\ del\ recipiente}$$

El peso unitario compactado seco del material, que mediante los ensayos de laboratorio de análisis granulométrico, es de 1506.73 kg/m³.

Curva granulométrica

De igual forma que en el caso de la arena o árido fino, el procedimiento para obtener la curva granulométrica, es el mismo en el ripio o árido grueso, es decir, la granulometría se determina colocando la muestra de granos sobre unas rejillas o tamices o cribas. (CRESPO, 2010)

3.2.1.2 Dosificación del hormigón hidráulico

Para la dosificación del hormigón hidráulico y su posterior confección en laboratorio se consideraron los materiales granulares pétreos que presentan las características expuestas anteriormente; también es necesario recalcar que para el procedimiento fue considerando el método del American Concrete Institute en el proceso. A continuación se muestra la tabla donde constan las consideraciones realizadas y finalmente el diseño para 1 m³ y para un saco de cemento Portland de 50 kg:

Tabla 3-1: Dosificación del hormigón hidráulico a emplear determinado en laboratorio

Dosificación del hormigón hidráulico	
fc _r	287 kg/cm ²
Asentamiento	8 ± 2 cm
W/C	0.53
Grava	55%
Arena	45%
Para un metro cúbico	
Agua (lt)	200
Cemento (kg)	377
Grava (kg)	921.61
Arena (kg)	756.81
Para un saco de cemento	
Agua (lt)	27
Cemento (kg)	50
Grava (parihuelas 30x30x30 cm)	4
Arena (parihuelas 30x30x30 cm)	3

Fuente: Autor

Es importante en este punto conocer que el peso volumétrico suelto que presenta la viruta de caucho tal y como es entregado por la empresa Isollanta Cía. Ltda. en comparación con los valores que tienen los agregados pétreos:

Tabla 3-2: Valores de pesos volumétricos de la viruta de caucho, arena y ripio

Valores de pesos volumétricos sueltos	
Viruta de caucho	375 kg/m ³
Arena	1484.73 kg/m ³
Ripio	1311.88 kg/m ³

Fuente: Autor

3.2.2 Ensayos de hormigón hidráulico en laboratorio

Según el libro de (SCANFERLA, 2009), el hormigón hidráulico presenta básicamente dos estados, uno líquido y otro sólido. En donde, las mezclas que logran el estado de endurecimiento corresponden a una etapa de su ciclo, la que comienza en el momento en que éste ha alcanzado un grado de hidratación como para que la pasta de cemento sea ya apto para mantener unidos entre si los agregados. Esto se pone en evidencia por la resistencia que ofrece un elemento de hormigón al cambio de forma por acción de una sollicitación mecánica (caso del ensayo de compresión). La resistencia mecánica es la más conocida de las propiedades de la mezcla endurecida. El hormigón luego del periodo de fraguado, comienza a dar resistencia hasta endurecerse por completo a los 28 días, aunque a partir de aquí continúa alcanzando mayor resistencia, de manera muy pequeña, y en periodos de tiempo muy largos.

3.2.2.1 Ensayo de resistencia a la rotura por compresión

(SCANFERLA, 2009), comenta que en este ensayo se necesita de probetas de forma cilíndrica de esbeltez igual a 2 (altura de la probeta / diámetro de la base). Se las fabrican embebiendo y compactando el hormigón dentro del molde. Este procedimiento es válido solo para hormigones de 3cm o más de asentamiento; para mezclas más secas la compactación deberá realizarse por vibración.

Para el curado las probetas se mantienen en los moldes durante un periodo de 24 horas; en ese tiempo no deben sufrir vibraciones, sacudidas, ni golpes; se debe proteger la cara superior y mantenerlas en un ambiente sin inclemencias climáticas. Posteriormente se procede a desmoldar y seguidamente se dispone la probeta para su mantenimiento hasta el momento de ensayo. Durante este periodo, 7, 14 o 28 días, deben mantenerse condiciones de temperatura y humedad; y en cuanto a la temperatura en los 21°C, con una tolerancia en más o menos de 3°C para la obra y de 1°C para el laboratorio.

Ejecución del ensayo de rotura por compresión

Es necesario contar con prensas de capacidad entre 100 y 150 ton; dice (SCANFERLA, 2009), que se mide la deformación de la probeta al aplicársele cargas cada vez mayores. En algunas prensas hidráulicas debe disponerse una tabla de conversión, que permita calcular la carga aplicada. La velocidad de aplicación de la carga sobre la probeta tiene influencia importante en el resultado del ensayo; en efecto las cargas excesivamente rápidas, al no dar tiempo a la deformación de todas las partículas de la probeta, dan como consecuencia una carga de rotura artificialmente elevada; en cambio la carga demasiado lenta provoca el efecto contrario. El ritmo de la velocidad debe conservarse entre 250 y 600 kg por segundo para probetas de 15 cm de diámetro.

Para la evaluación de la resistencia, la influencia de la edad, está ligada fundamentalmente al tipo de cemento y la edad del hormigón. Si se deseara estimar la resistencia a otra edad diferente a la ensayada, se debería utilizar correlaciones específicas para cada cemento:

Tabla 3-3: Estimación de la resistencia del hormigón en distintas edades

Tipo de cemento	Resistencia relativa					
		7 días	14 días	28 días	3 meses	1 año
Normal	0.7	0.88	1	1.12	1.18	1.2
De alta resistencia inicial	0.8	0.92	1	1.1	1.15	1.15
De endurecimiento lento		0.7	1	1.4	1.6	1.7

Fuente: (SCANFERLA, 2009)



Figura 3-6: Equipo para determinar el valor por rotura de compresión en un cilindro de hormigón

Fuente: (SCANFERLA, 2009)

3.2.2.2 Ensayo de resistencia a la flexión

Ilustra (SCANFERLA, 2009) que se efectúa sobre vigas de sección transversal cuadrada de 15 cm de lado y 53 cm de largo. La colocación del hormigón se realiza en 2 capas de igual altura y para la compactación se emplea la misma varilla que para las probetas de compresión. La cantidad de golpes por capa es de 1 por cada 15 cm² de sección horizontal. Se efectúa colocando la viga sobre dos apoyos distanciados 45cm entre si y 4 cm de los extremos. Las cargas se aplican en los tercios de la distancia entre apoyos (quedan 15 cm entre si y a la misma distancia de los apoyos).

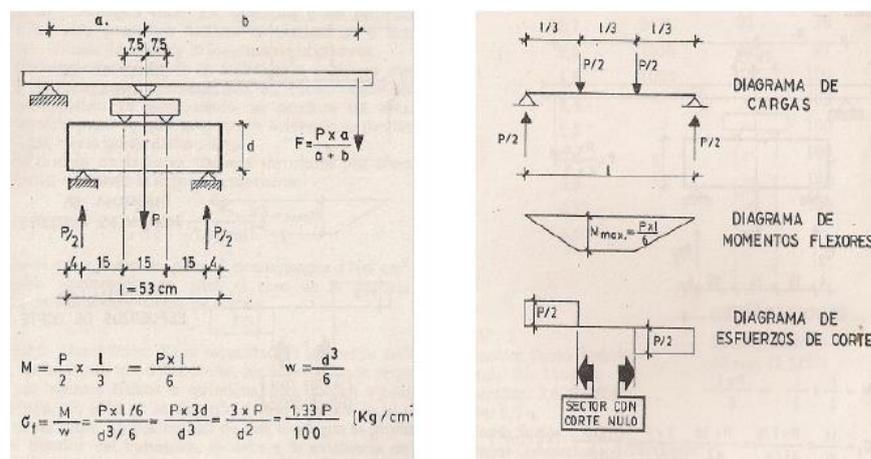


Figura 3-7: Ilustración del ensayo de resistencia a la flexión para viguetas de hormigón

Fuente: (SCANFERLA, 2009)

3.2.2.3 Ensayo de tracción por compresión

Explica (SCANFERLA, 2009) que fue desarrollado por el ingeniero brasileño Lobo Carneiro. Consiste en aplicar una carga de compresión a una probeta cilíndrica, colocada en la prensa con su eje longitudinal en dirección horizontal. A fin de distribuir uniformemente la carga, se interponen entre los cabezales de la probeta, pequeños listones de madera de 4 mm de espesor, 25 mm de ancho y la longitud de la probeta.

El resultado de la sollicitación a que es sometida la probeta, se demuestra que en coincidencia con el plano diametral, se produce un esfuerzo de tracción pura, lo que se pone en evidencia al producirse la rotura, a lo largo de dicho plano. El cálculo de la carga unitaria de rotura por tracción se efectúa aplicando la siguiente ecuación, se debe destacar que el valor de 706 cm² es para probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura:

$$\delta t \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{2P}{\pi d l} = \frac{P}{706 cm^2}$$

3.3 Ensayos en asfalto

Para los ensayos en asfalto es necesario aclarar que el material que se requiere para la confección de las briquetas fue comprado en la empresa Asfaltar E.P. de la prefectura de la Provincia del Azuay y a la vez se ocupó la dosificación que esta empresa maneja en su comercialización, con el objetivo de tener referencias ya planteadas y que sirvan para contrastar las modificaciones que se van a realizar en su composición; cabe señalar que la empresa hace uso de un aditivo llamado Zycotherm, dentro de la página virtual (OPTIMASOIL, 2015) se expone que es un organosilano (compuesto con silicio) reactivo a temperatura ambiente, soluble en agua y betún e hidrolíticamente estable, que permite bajar la temperatura de fabricación y compactación del asfalto al tiempo que mantiene las propiedades (resistencia, sensibilidad al agua, deformación) y añade resistencia a la sal. El organosilano produce una micelización (proceso mecánico que genera partículas microscópicas de aceite o nutrientes liposolubles) de los asfaltenos, disminuyendo la

tensión interfacial y mejorando la trabajabilidad. Los fabricantes de este aditivo garantizan las siguientes ventajas:

- Temperatura de la mezcla baja en un 15-30°C en función de los acontecimientos, la temperatura ambiente y velocidad del viento.
- Reduce la temperatura de mezclado y compactación.
- Mejora sustancialmente la resistencia a la sal frente a las tecnologías de mezcla en caliente.
- Soluciona la degradación y agotamiento rápido de los pavimentos.

Tabla 3-4: Dosificación manejada por la Asfaltar E.P.

Dosificación para asfalto (Para 1m³)	
Material	Cantidad
AC-20 (lt)	64
Material pétreo de 3/4 de pulgada (m ³)	0.26
Material pétreo de 3/8 de pulgada (m ³)	0.16
Polvo de trituración (m ³)	0.42
Arena de río (m ³)	0.16

Fuente: Autor

3.3.1 Confección de briquetas

Equipos

En el Trabajo de Grado de (MOROCHO, 2014) menciona que como mínimo se requiere de los siguientes equipos:

- Compactador automático: está formado de un anillo que sirve de soporte para sujetar el molde, tiene una base de madera en el cual descansa una placa metálica de acero y un martillo de compactación que se mueve por la acción de un sistema mecánico acoplado a un motor.



Figura 3-8: Compactador automático para confección de briquetas

Fuente: (MOROCHO, 2014)

- Martillo de compactación, conformado por un mazo de acero 4.5 kg, el mismo que golpea una pieza circular que se coloca sobre el molde, la cara circular es de $3\frac{7}{8}$ pulg (8 cm) y la altura de caída es de 18 pulg (45.7 cm).



Figura 3-9: Martillo de compactación

Fuente: (MOROCHO, 2014)

- Horno, sirve básicamente para calentar los materiales o mantener la temperatura óptima de la mezcla (aproximadamente 135 °C).



Figura 3-10: Horno

Fuente: (MOROCHO, 2014)

- Termómetro blindado, sirve para obtener las lecturas de temperatura de la mezcla.



Figura 3-11: Termómetro blindado

Fuente: (MOROCHO, 2014)

- Balanzas, con aproximación a 0.1 gramo y si es de 5 kg con una aproximación a 1 gramo.

- Molde de Compactación, tiene un diámetro inferior a 4" y una altura de 3". Conformado de una base, molde encofrado y collar de extensión o collarín.



Figura 3-12: Base, molde y collarín

Fuente: (MOROCHO, 2014)

- Herramientas menores, cuchara, espátulas, bandejas metálicas, guantes.



Figura 3-13: Cuchara, bandeja metálica y espátula

Fuente: (MOROCHO, 2014)

Procedimientos de trabajo

Expone (MOROCHO, 2014) lo siguiente:

- Cuando se tiene la temperatura deseada, se moldea de la briqueta. Retirando la base, el molde y el collarín son calentados en el horno a una temperatura de 135°C.
- Se coloca sobre el pedestal del compactador, la base, el molde y el collarín, se ingresa el molde para evitar que la muestra se pegue, con una cuchara se procede a rellenar emparejando la muestra con una espátula, unas 10 veces alrededor y 15 en el centro para que el agregado grueso se distribuya por el molde.
- Se instala el soporte y se compacta, se aplica 75, 50 y 35 golpes de energía de compactación por cara, con el martillo compactador, en este caso al ser tráfico liviano son 50 golpes. Terminada la compactación se procede al desmonte y se expone el molde a temperatura ambiente.
- Se ubica el molde en un recipiente con agua fría, para mantener sus dimensiones y evitar su deformación.
- Se realiza la identificación y etiquetado de la muestra para evitar confusión y la errónea interpretación de resultados.

Medición de estabilidad y fluencia

Para determinarlo, (MOROCHO, 2014) presenta lo siguiente:

- Se calientan las briquetas en un baño de agua, con temperatura de 60 °C.
- Se remueve las muestras del baño, se secan y colocan en el equipo Marshall, el mismo que consiste en un dispositivo que se aplica bajo una carga sobre la probeta, y de unos medidores de carga y de deformaciones (fluencia).
- Este equipo aplicará una carga sobre la probeta, con una velocidad constante de 51 mm/min, hasta que la muestra llegue a fallar.
- Se registran los datos de la falla como el valor de estabilidad Marshall y la lectura que arroje el medidor de deformación, se la registra como fluencia.

3.3.2 Ensayo Marshall

Expone (FLORES, 2014), que el concepto del método de diseño de mezclas bituminosas fue desarrollado por Bruce Marshall en el Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi, en Estados Unidos. Este ensayo surgió de una investigación que realizó el cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1943 en la búsqueda de un método de diseño y control de pistas de aeropuertos durante la Segunda Guerra Mundial. Se resolvió acoger el Método Marshall debido en parte a que utilizaba un equipo de fácil manejo, portátil y que podía aplicarse rápidamente en obra.

Es un ensayo mecánico que consiste en romper probetas cilíndricas de 101,6 mm de diámetro por 63,5 mm de altura y compactadas mediante un martillo de peso y altura de caída normalizados. Posteriormente se calientan a una temperatura de 60°C y se rompen en la prensa Marshall mediante la aplicación de una carga vertical a través de una mordaza y una velocidad de deformación constante de 50,8 mm/min para determinar su estabilidad y deformación. Es importante saber que este ensayo es uno de los más conocidos y utilizados tanto para la dosificación de mezclas bituminosas como para su control en planta mediante la verificación de los parámetros de diseño de las muestras tomadas.

Es desde hace mucho tiempo el procedimiento más usado en mezclas asfálticas en caliente en el mundo. Esta técnica finalmente fue normalizada como ASTM D 1559, “Resistencia a la fluencia plástica de mezclas bituminosas usando el aparato de Marshall”. Una ventaja muy importante del método es que el equipamiento requerido no es caro y es de fácil manejo, por lo que, se presta para operaciones de control de calidad a distancia. Pudiendo concluir que el método Marshall ha sobrevivido más allá de su utilidad como moderno método de diseño de mezclas asfálticas. Los dos datos más importantes del diseño de mezclas del Método Marshall son: prueba de estabilidad-flujo de las muestras compactadas.

Procedimiento

- **Peso específico total:** se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad y vacíos.
- **Estabilidad y fluencia:** la estabilidad está dirigida a medir la resistencia a la deformación de la mezcla, mientras la fluencia mide la deformación, bajo carga, que ocurre en la mezcla. Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de estabilidad Marshall son consideradas demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio, en cambio, las que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas pudiendo deformarse fácilmente.
- **Densidad y vacíos:** se realiza una vez que concluyen los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos.
- **Vacíos:** se calcula a partir de los pesos específicos del asfalto y el agregado de la mezcla, con un margen apropiado para tener en cuenta la cantidad de asfalto absorbido por el agregado o directamente mediante un ensayo normalizado efectuado sobre la muestra de mezcla sin compactar. (FLORES, 2014)

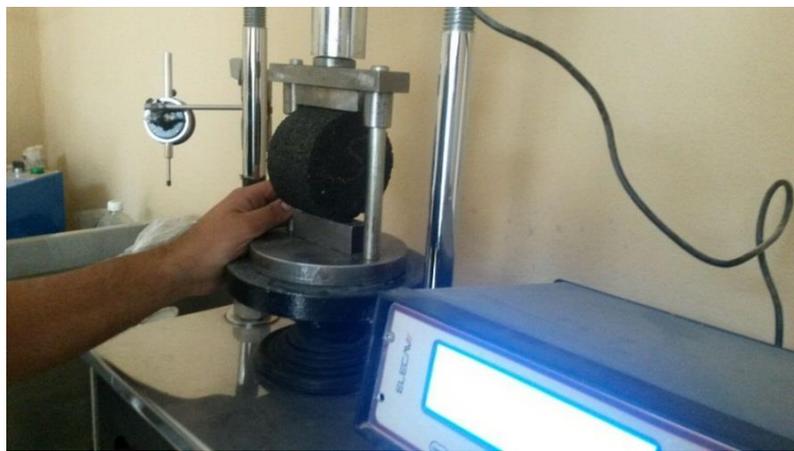


Figura 3-14: Equipo usado para realizar el ensayo Marshall en asfaltos

Fuente: Autor

3.3.3 Ensayo de tracción indirecta o prueba brasileña

Afirma (GARROTE, 2006) , que es un ensayo simple que permite representar la respuesta de un pavimento flexible para obtener la carga máxima que soporta una

mezcla antes de romper. En la actualidad es considerablemente usado para medir la resistencia a tracción de las mezclas bituminosas, además es un procedimiento muy simple de resistencia a compresión diametral o también conocido como ensayo brasileño.

Descripción del ensayo

Explica (GARROTE, 2006) que consiste en someter a compresión diametral una probeta cilíndrica, igual a la definida en el ensayo Marshall, aplicando una carga de manera uniforme a lo largo de dos líneas hasta alcanzar la rotura. Esta variación de carga provoca un esfuerzo de tracción relativamente uniforme en todo el diámetro del plano de carga vertical, y esta tracción es la que agota la probeta y desencadena la rotura.

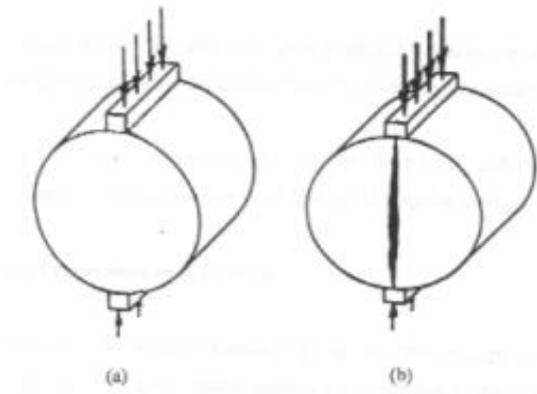


Figura 3-15: a) Configuración de la carga b) Rotura del ensayo a tracción indirecta
Fuente: (GARROTE, 2006)

Para cargarla se requiere de un dispositivo de sujeción para que materialice el plano de carga. Se usan placas de apoyo curvo, con radio de curvatura igual al nominal de la probeta para que la distribución de tensiones no se altere elocuentemente y para que los cálculos del módulo de elasticidad y la relación de Poisson se faciliten manteniendo constante el ancho de carga. De acuerdo a la norma la velocidad de desplazamiento del sistema durante la carga será uniforme e igual a 50,8 mm/min, igual a la empleada por la prensa en el ensayo Marshall.

La simplicidad del método es una cualidad valorada por ser rápido, fiable y económico. El Departamento de carreteras del Estado de Texas en Estados Unidos, impulsó unos estudios dirigidos por Tomas Kennedy de la Universidad de Austin en los cuales presentó las principales ventajas del ensayo:

- Es un ensayo sencillo, ya que muestra similitud con el ensayo Marshall.
- La rotura no se ve afectada por las condiciones de la superficie de la probeta.
- La rotura se inicia en una región relativamente uniforme de tensiones de tracción.
- El coeficiente de variación de los resultados del ensayo es relativamente bajo comparado con otros métodos.
- El ensayo puede utilizarse bajo carga estática o dinámica.

3.4 Resultados de laboratorio e interpretación

3.4.1 Resultado de laboratorio de los ensayos en hormigón hidráulico

Es necesario recalcar que para la realización de las diferentes pruebas en hormigón hidráulico se consideró la investigación “Realización de ensayos de laboratorio de hormigón con caucho procedente de neumáticos fuera de uso” realizada en España, en el año 2009, por Marilda Barra, Francesc Jordana, Verónica Royano y Enric Vázquez en la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (BARRA, Jordana, Royano, & Vázquez, 2009) como guía y fundamento para las consideraciones asumidas en los ensayos.

Los autores (BARRA, Jordana, Royano, & Vázquez, 2009), comentan en su trabajo que desde hace poco más de dos décadas se está investigando la viabilidad del hormigón de cemento portland con adición de caucho. Lamentablemente varios autores afirman mediante ensayos de laboratorio que las mezclas de hormigón con caucho presentan una disminución de la resistencia a compresión, sin embargo, tienen un mayor potencial para deformarse plásticamente antes de la ruptura. Para obtener hormigones de resistencias aceptables, recomiendan que la fracción de caucho incorporada en la mezcla no exceda el 20 % del volumen total de los áridos. Los autores ocupan las siguientes nomenclaturas y obtienen los siguientes resultados:

Código	Designación
HS/C	Hormigón sin caucho (referencia).
H5%-NFU-F	Hormigón con el 5% del peso de la arena sustituido por caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).
H10%-NFU-F	Hormigón con el 10% del peso de la arena sustituido por caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).
H15%-NFU-F	Hormigón con el 15% del peso de la arena sustituido por caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).
H5%-NFU-G	Hormigón con el 5% del peso de la grava sustituido por caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).
H10%-NFU-G	Hormigón con el 10% del peso de la grava sustituido por caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).
H15%-NFU-G	Hormigón con el 15% del peso de la grava sustituido por caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).

Figura 3-16: Nomenclatura

Fuente: (BARRA, Jordana, Royano, & Vázquez, 2009)

Tipo de hormigón	Probeta A (N/mm ²)	Probeta B (N/mm ²)	Probeta C (N/mm ²)	Resistencia media (f_{cm}) (N/mm ²)	Valor relativo (%)
HS/C	40	40	39	40	100,0
H5%-NFU-F	31	33	31	32	80,0
H10%-NFU-F	25	27	27	26	65,0
H15%-NFU-F	27	27	25	26	65,0
H5%-NFU-G	28	29	25 ⁽¹⁾	29	72,5
H10%-NFU-G	24	23	19 ⁽¹⁾	24	60,0
H15%-NFU-G	25	24	27	25	62,5

Figura 3-17: Resultados del ensayo de resistencia a compresión

Fuente: (BARRA, Jordana, Royano, & Vázquez, 2009)

Evidentemente el que presenta la menor disminución de la resistencia a la compresión es hormigón con el 5% del peso de la arena sustituido por caucho procedente de neumáticos fuera de uso, con un 20% de disminución. Por ello, para efectos de comparación en laboratorio se confeccionó, para efectos estadísticos, 3 cilindros sin viruta de caucho y con la sustitución en peso del arena en un 3%, 5% y 7%, 3 cilindros complementarios para cada uno.

Con respecto a los ensayos de tracción indirecta en el hormigón hidráulico, con las diferentes sustituciones de caucho, los autores también realizaron este ensayo y afirman que el hormigón demuestra un comportamiento positivo frente a esfuerzos de tracción. Para obtener el comportamiento a solicitaciones de tracción, habitualmente se prefiere utilizar ensayos alternativos que admiten acercarse a su valor real. En este proyecto se ha decidido utilizar el ensayo de resistencia a tracción indirecta, ya que es un método muy sencillo y práctico. Al igual que en el ensayo de compresión se realizó 3 cilindros sin viruta de caucho y con la sustitución en peso de arena en un 3%, 5% y 7%, 3 cilindros más para cada variante. Los resultados obtenidos por los autores son:

Tipo de hormigón	Probeta A (N/mm ²)	Probeta B (N/mm ²)	Resistencia a tracción indirecta (f_{ct}) (N/mm ²)	Resistencia a tracción pura (f_{ci}) (N/mm ²)
HS/C	2,34	2,65	2,50	2,78
H5%-NFU-F	2,65	2,50	2,57	2,86
H10%-NFU-F	2,50	2,34	2,42	2,69
H15%-NFU-F	2,03	2,50	2,26	2,51
H5%-NFU-G	2,34	2,81	2,57	2,86
H10%-NFU-G	2,25	2,34	2,29	2,54
H15%-NFU-G	2,18	2,18	2,18	2,42

Figura 3-18: Resultados del ensayo de resistencia a tracción indirecta

Fuente: (BARRA, Jordana, Royano, & Vázquez, 2009)

Nuevamente es incuestionable que el que presenta el mayor aumento de la resistencia a la tracción es el hormigón con el 5% del peso de la arena y otro caso de grava sustituido por caucho procedente de neumáticos fuera de uso, con un 2.8% de aumento. Por ello, para instrumento de comparación en laboratorio se confeccionó, para efectos estadísticos, 3 cilindros sin viruta de caucho y con la sustitución en peso del arena en un 3%, 5% y 7%, 3 cilindros más para cada variante.

Se puede afirmar que la incorporación de caucho no disminuye la resistencia a tracción del hormigón. La razón es que el caucho es un material cuantiosamente más dúctil que el árido y en pequeñas cantidades logra perfeccionar las características del

hormigón hidráulico, sin perjudicar la adherencia entre el caucho y la pasta de cemento.

Para los ensayos de flexión en el hormigón hidráulico con las diferentes sustituciones de caucho, los autores no realizaron esta prueba; pero para el caso de una infraestructura peatonal es de relevancia conocer su comportamiento. Por ello, en laboratorio se confeccionó 6 viguetas sin viruta de caucho y 6 adicionales, para cada variable, con la sustitución en peso del agregado fino (arena) en un 3%, 5% y 7%.

La nomenclatura a usarse para los diferentes ensayos realizados en laboratorio con hormigón hidráulico será la siguiente:

Tabla 3-5: Nomenclatura a usarse para los distintos hormigones realizados en laboratorio

Tipo de hormigón	
Simbología	Designación
HHC	Convencional de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$
HH3%	Con sustitución de viruta de caucho en el peso del arena en un 3% del hormigón convencional
HH5%	Con sustitución de viruta de caucho en el peso del arena en un 5% del hormigón convencional
HH7%	Con sustitución de viruta de caucho en el peso del arena en un 7% del hormigón convencional

Fuente: Autor

Agregados pétreos

Debido a que para la dosificación del hormigón hidráulico se necesitó de estos datos con antelación, en los puntos que corresponden a los ensayos de laboratorio de los agregados fino y grueso, se citó los valores obtenidos en laboratorio, por ello, a continuación y para efectos de mejor visualización se colocarán los resultados de la arena y el ripio ocupados para la dosificación y posteriormente para los ensayos mencionados.

Tabla 3-6: Resumen del ensayo de laboratorio de la arena

Arena				
Tamiz		Peso retenido parcial (g)	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
Pulgada	mm			
1 1/2"	38.100	-	-	100
3/4"	19.050	-	-	100
3/8"	9.535	-	-	100
N°4	4.750	100	5	95
<N°4	4.750	100	95	95
N°8	2.375	420.7	21	73.9
N°16	1.188	642	53.1	41.8
N°30	0.600	400.8	73.2	21.8
N°50	0.350	335	89.9	5.1
N°100	0.150	69.6	93.4	1.6
<N°100	0.150	31.5	95	-
Peso específico seco				2.54
Peso específico SSS				2.54
Peso específico aparente				2.68
Grava (%)				5.02
Arena (%)				93.40
Finos (%)				1.58
Peso volumétrico suelto (kg/m ³)				1,484.73
Módulo de finura				3.36
% de absorción (%)				3.49

Fuente: Autor

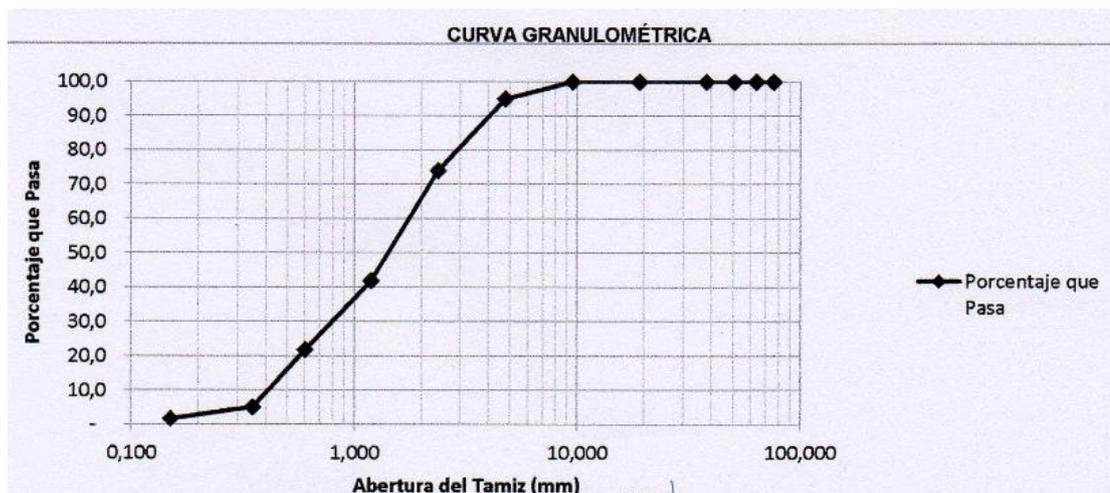


Figura 3-19: Curva granulométrica de la arena que se va a emplear en el hormigón hidráulico

Fuente: Autor

Tabla 3-7: Resumen del ensayo de laboratorio del ripio

Ripio				
Tamiz		Peso retenido parcial (g)	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
Pulgada	mm			
1 1/2"	38.100	-	-	100
3/4"	19.050	545	545	72.9
3/8"	9.535	1179	1724	13.8
N°4	4.750	264	1988	0.6
<N°4	4.750	1988	12	0.6
N°8	2.375	-	-	-
N°16	1.188	-	-	-
N°30	0.600	-	-	-
N°50	0.350	-	-	-
N°100	0.150	-	-	-
<N°100	0.150	-	-	-
Peso específico seco				2.55
Peso específico SSS				2.57
Peso específico aparente				2.61
% de absorción (%)				0.81
Tamaño máximo nominal (pulgada)				3/4
Peso volumétrico suelto promedio (kg/m ³)				1,311.88
Peso volumétrico varillado promedio (kg/m ³)				1,506.73

Fuente: Autor

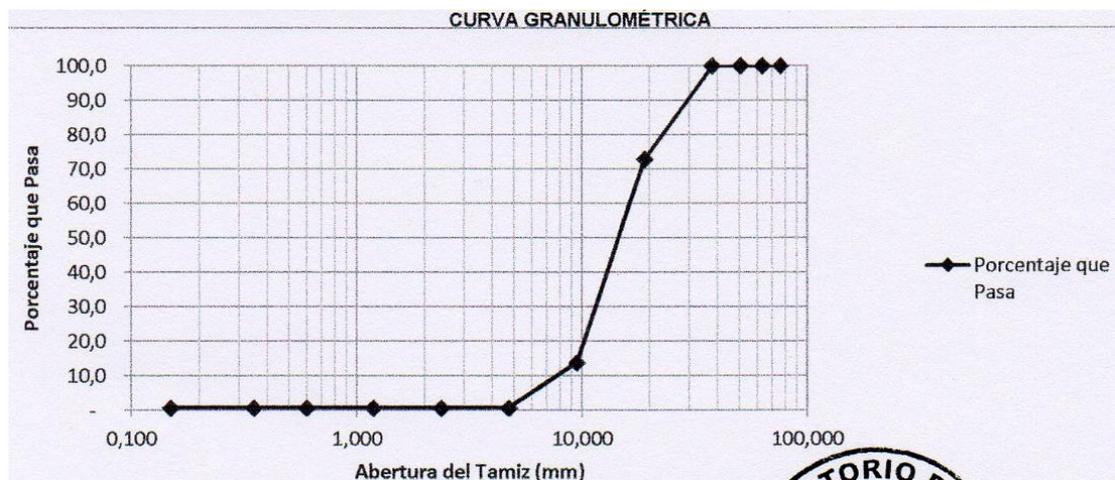


Figura 3-20: Curva granulométrica del ripio que se va a emplear en el hormigón hidráulico

Fuente: Autor

3.4.1.2 Resistencia a la rotura por compresión

Tabla 3-8: Ensayos de laboratorio en hormigón hidráulico para compresión simple

Ensayo de rotura a la compresión en hormigón					
Tipo de hormigón	Muestra 1 (kgf/cm ²)	Muestra 2 (kgf/cm ²)	Muestra 3 (kgf/cm ²)	Resistencia media f'cm (kgf/cm ²)	Valor relativo (%)
HHC	237.63	241.52	247.49	242.21	100.00
HH3%	194.59	186.93	190	190.51	78.65
HH5%	183.68	179.88	206.44(*)	181.78	75.05
HH7%	123.52	123.87	124.08	123.82	51.12

Fuente: Autor

Es relevante recalcar que el valor marcado con el símbolo (*) al lado derecho del número, no fue considerado para calcular la media aritmética de los tres valores presentados de las muestras; debido a que su variación excede en un 10% respecto a las otros. Se puede asumir que esta diferenciación se origina por un posible error de vertido y compactación de la muestra.

Ahora bien, es notorio que los datos que presentan los valores de resistencia compresión, con las distintas variaciones en el porcentaje de sustitución de la viruta de caucho en reemplazo de la arena, reducen su capacidad resistente de una manera considerable y no proporcional, es decir, el hormigón que no tiene un contenido de viruta de caucho al de 3% de sustitución varía en un 21.35%; agregándole un 2% de viruta de caucho adicional (5%) desaprovecha 25.95% de la resistencia del hormigón convencional; y finalmente añadiendo un 7% reduce en un 48.88% de la resistencia a compresión de un hormigón convencional.

Se puede notar claramente que si se requiere hacer uso de un hormigón con esa modificación, sustitución del agregado fino con viruta de caucho, ninguno desempeña con la característica de ser un hormigón estructural. Ello puede ser

debido a varias circunstancias como: el caucho tiene una absorción inferior a la del árido o por el comportamiento evidentemente diferente de dos materiales (agregado pétreo y viruta de caucho) y a la vez forzados a estar adheridos y trabajar conjuntamente. El caucho sometido a determinadas cargas tiende a deformarse por sus propiedades elásticas, pero sin embargo, el hormigón exclusivamente no reacciona de igual manera. Lo que produce tensiones internas dentro del hormigón que genera la aparición de fisuras alrededor del caucho, debilitando al elemento frente a sollicitaciones de compresión.

Si se compara los valores obtenidos en este trabajo y los presentados en (BARRA, Jordana, Royano, & Vázquez, 2009), se puede notar que el porcentaje de sustitución del 5% de viruta de caucho en reemplazo del agregado fino para los dos trabajos son diferentes: en el trabajo citado presenta una disminución del 20% de la resistencia a compresión del hormigón convencional sin modificación, mientras que los ensayos de laboratorio de éste presentan una disminución del 24.95%. Esto puede ser ocasionado por varias razones: una que la granulometría de las virutas de caucho usadas sean diferentes o por la composición de los dos residuos no son semejantes, es decir, el material usado en este proyecto carece de encordado de acero y fibra textil (que se encuentra en la composición de toda la llanta incluyendo la carcasa), material que si es usado por los autores del trabajo citado.

3.4.1.3 Tracción por compresión diametral

Tabla 3-9: Ensayos de laboratorio en hormigón hidráulico para tracción indirecta

Ensayo de tracción por compresión diametral o tracción indirecta en hormigón					
Tipo de hormigón	Muestra 1 (kgf/cm ²)	Muestra 2 (kgf/cm ²)	Muestra 3 (kgf/cm ²)	Resistencia a tracción indirecta (kgf/cm ²)	Valor relativo (%)
HHC	21.04	21.07	17.55(*)	21.06	100.00
HH3%	15.46	14	15.06	14.84	70.47
HH5%	20.56	20.94	17.48(*)	20.75	98.53
HH7%	11.80	12.07	12.08	11.98	56.88

Fuente: Autor

De la misma forma que para los valores de los ensayos de compresión simple marcados con el símbolo (*), al lado derecho del número, no fueron considerados para calcular la media aritmética de los tres valores presentados de las muestras; debido a que su variación excede en un 10% respecto a las otros. Se puede asumir que esta diferenciación se origina por un posible error de vertido y compactación de la muestra.

En este ensayo es evidente que la sustitución de caucho en un 5 % del volumen del árido fino no aumenta la resistencia a tracción del hormigón, como en el caso del trabajo citado anteriormente, pero es el que mejores características presenta; debido a que pierde apenas un 1.27% de la resistencia a tracción del hormigón convencional. Esto puede ser debido a que el caucho es un material más dúctil que el árido, puede mejorar las propiedades elásticas del hormigón sin perjudicar la adherencia entre el caucho y la pasta de cemento. Otra razón para que la diferencia de los resultados obtenidos en el trabajo de (BARRA, Jordana, Royano, & Vázquez, 2009) es que el material usado en éste carece de encordado de acero y fibra textil, lo que no genera un aporte a la tracción del material en conjunto.

La pérdida de resistencia a tracción, tiene un comportamiento menos radical que en el de compresión, ya que la disminución para el caso de las probetas con una sustitución de arena en 5%; una razón del porqué de este comportamiento sería que el grano fino tiene una mejor adherencia con la pasta, por su geometría esférica, obteniendo un recubrimiento de casi la totalidad de superficie con la pasta.

(BARRA, Jordana, Royano, & Vázquez, 2009) , confirman que en el resultado visual de este ensayo la viruta de caucho trabaja como una fibra de unión, facilitando la deformación del hormigón antes de la separación. Las probetas que contenían viruta de caucho, en contraste con las que poseían solamente material pétreo común, no se rompieron al fraccionar en dos partes, en su defecto solamente se despegaron de la pasta de cemento.

3.4.1.4 Resistencia a la rotura por flexión

Tabla 3-10: Ensayos de laboratorio en hormigón hidráulico para flexión

Ensayo de rotura a la flexión en hormigón								
Tipo de hormigón	Probeta 1 (kgf/cm ²)	Probeta 2 (kgf/cm ²)	Probeta 3 (kgf/cm ²)	Probeta 4 (kgf/cm ²)	Probeta 5 (kgf/cm ²)	Probeta 6 (kgf/cm ²)	Resistencia a flexión (kgf/cm ²)	Valor relativo (%)
HHC	Por ser un hormigón estructural convencional de 240 kg/cm ² se considera entre 10-20% de la resistencia a la compresión						36.00	100.00
HH3%	24.45(*)	25.3(*)	21.92(*)	27.86	26.31	29.18	27.78	77.17
HH5%	32.55	32.67	31.16	30.14	28.8(*)	30.78	31.46	87.39
HH7%	15.88(*)	12.57	12.62	13.85	15.43(*)	17.16(*)	13.01	36.14

Fuente: Autor

Al igual que para los valores de los ensayos de compresión simple y tracción por compresión marcados con el símbolo (*) al lado derecho del número, no fueron considerados para calcular la media aritmética de los seis valores presentados de las muestras; debido a que su variación excede en un 10% respecto a las otros. Se puede

asumir que esta diferenciación se origina por un posible error de vertido y compactación de la muestra.

Para el caso específico de este ensayo, igual que en el caso de tracción por compresión diametral, es evidente que la sustitución de caucho en un 5 % del volumen del árido fino no aumenta la resistencia a flexión del hormigón, pero es el que mejores características presenta; por la razón que pierde un 12.61% de la resistencia a flexión del hormigón convencional. A diferencia de los que tienen una sustitución del 3% y 5% del agregado fino con una disminución del 22.83% y 63.86%, respectivamente. Esto puede ser debido a que por la presencia de la viruta de caucho el material presente características moderadas de ductilidad en contraste con árido y también a que en el ensayo a tracción las partículas de caucho se comportaron de similar manera. Por ello, se puede apreciar que en comparación con el valor de tracción por compresión diametral proyectan valores relativamente bajos de disminución con respecto al hormigón convencional.



Figura 3-21: Ensayos de laboratorio llevados a cabo en hormigón

Fuente: Autor

3.4.2 Resultados de laboratorio de los ensayos en asfalto

Cabe señalar que para la realización de las diferentes pruebas en asfalto se consideró la investigación “Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos” realizada en Colombia, en el año 2005, por Ricardo Angulo y José Duarte en la Universidad Industrial de Santander, como guía y fundamento para las consideraciones asumidas en los ensayos.

Los autores (ANGULO & Duarte, 2005) afirman que la modificación de asfalto es una técnica utilizada para el aprovechamiento en la pavimentación de vías. Los objetivos que buscan son contar con ligantes más viscosos a temperaturas elevadas para disminuir las deformaciones permanentes (ahuellamiento) de la capa de rodamiento, aumentando la rigidez, por otro lado reducir el fisuramiento por efecto térmico a bajas temperaturas y por fatiga, aumentando su elasticidad.

A la vez (ANGULO & Duarte, 2005) comentan que el caucho de llanta se ha convertido en un elemento útil y económico en la elaboración de mezclas asfálticas gracias al creciente aumento de llantas desechadas. Todos los autores de los diferentes trabajos citados en éste, coinciden en afirmar que mientras menor sea el tamaño máximo de los granos de caucho que se manejen para mejorar las mezclas asfálticas o en su defecto para la modificación del ligante, serán mejores los resultados a obtener. El caucho de llanta posee valiosos componentes que pueden contribuir al buen desempeño del asfalto. Algunos de estos son:

- Negro de humo: este elemento tiene una acción contra el desgaste de las llantas al contacto con la superficie, permitiendo aumentar de manera radical la duración de la llanta. También es considerado como un antioxidante, este componente reduce el desgaste de la llanta al incrementar la durabilidad del caucho. En la mezcla asfáltica, en pruebas realizadas, ha confirmado aumentar las propiedades de refuerzo del ligante y ayudar a disminuir el envejecimiento.
- Antioxidantes: retardan el deterioro del caucho natural causado por la oxidación. Algunas de las sustancias usadas son los estabilizadores del caucho sintético, principalmente de los polímeros de butadieno, en el momento de la preparación; el caucho contiene más del 20% de este compuesto.

- Aminas: son adicionadas durante el proceso de vulcanizado y están estrechamente relacionadas con los de anti adherencia. Las aminas aromáticas evitan el endurecimiento progresivo del caucho, el aumento de su fragilidad y la pérdida de la elasticidad.
- Aceites aromáticos: estos son similares a los agentes rejuvenecedores los cuales prolongan la vida del asfalto-caucho.

Es de mucha importancia conocer que la incorporación de la viruta de caucho en mezclas asfálticas no es reciente. En muchos países como: Estados Unidos, Argentina, Brasil, España, incluso Ecuador, entre otros, han incorporado este tipo de pavimentos para lograr conservación y construcción de pavimentos. En Chile, el estudio de las mezclas asfalto-caucho se ha venido investigando desde el año 1999.

En Ecuador también se da importancia a este proceso, en la página electrónica oficial del Ministerio de Obras Públicas del Ecuador (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2015) se puede ver que el país está emprendiendo con estas iniciativas de conservación ambiental y mejoramiento de las características del asfalto: el 11 de febrero de 2015, la institución informa en su portal “MTOPE promueve desarrollo en la calidad de asfalto”, donde comenta que inquiere constantemente con su equipo técnico sobre los diferentes materiales y tipos de revestimientos asfálticos con un enfoque ecológico, para garantizar la calidad y seguridad de las carreteras ecuatorianas y asegura también que se encuentran apoyando en el Trabajo de Grado a una de las laboratoristas de la Subsecretaría Zonal 5 en su investigación sobre el uso de polvo de caucho para perfeccionar el desempeño de mezclas asfálticas. Por ello se tiene programado efectuar una prueba en el tramo de carretera Pifo–Papallacta.

De la misma manera, esta institución también informa en el mismo portal el día 01 de abril del 2015 su publicación (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2015) anunciando que la coordinación interinstitucional entre los ministerios de Transporte y Obras Públicas y del Ambiente efectuó la colocación, en calidad de prueba piloto, de mezcla asfáltica modificada con caucho, en la vía Pifo–Papallacta, en el sector El Tambo, generando así un logro para el país, en relación a innovación sostenible del sector de la construcción. La ministra de Transporte y

Obras Públicas, marcó que la prueba inicial fue satisfactoria, pero, es necesario hacer un seguimiento con pruebas reológicas y monitorear parámetros de condición funcional, que establezcan el valor agregado que presenta con respecto a la durabilidad, en paralelo con el asfalto convencional.

Para el caso de este trabajo se empleará un método de modificación de asfaltos que presentan como opción los autores del trabajo (ANGULO & Duarte, 2005), que es el proceso por vía seca, donde, la viruta de caucho es adicionada directamente a la mezcla asfáltica caliente, siendo usualmente mezclado con los agregados antes de adicionar el cemento asfáltico. Este proceso se lleva a cabo cuando se quiere usar caucho como un agregado en la mezcla asfáltica; por lo general, como un sustituto de una pequeña parte del agregado fino, el cual puede estar entre el 1 y 3 % del peso.

Es relevante mencionar que los autores (ANGULO & Duarte, 2005) hacen uso de caucho reciclado de llanta, que es diferente al proceso de reencauche, que en su composición tienen caucho natural y sintético, encordado de acero y fibra textil; mientras la viruta de caucho, material usado en este trabajo, carece casi por completo de estos compuestos.

Para los ensayos de laboratorio se realizó briquetas, en series de 3 unidades para cada prueba, de la siguiente manera: sin viruta de caucho incorporada en su composición y con la sustitución de la viruta de caucho, después de realizar el tamizado (material más fino), en modificaciones del 0.3%, 1%, 3% y 5%.

Para el caso del material fino, que se obtiene en el proceso de reencauche de neumáticos, se determinó que su porcentaje con respecto al total es de 33.8%; este valor es producto de realizar inicialmente el pesaje de un saco entregado por la empresa Isollanta Cía. Ltda., con un peso total de 57.7 lb; posteriormente se tamizó el material con una malla de aluminio de IdealAlambrec de Bekaert, como resultado proporcionó 19.5 lb o 33.8% y un 38.2 lb de caucho grueso que representa un 66.2% del total. El resumen de los resultados obtenidos y el procedimiento de tamizado y pesaje se pueden evidenciar a continuación, conjuntamente con los pesos volumétricos sueltos que presentan la viruta de caucho tal y como es entregado por la

empresa Isollanta Cía. Ltda. y después de ser sometida a un proceso de tamizado, dando como resultado lo siguiente:

Tabla 3-11: Proceso de tamizado de la viruta de caucho

Descripción		Peso (libras)	%
Total (Fino + Grueso)		57.5	100
Viruta de caucho	Fino	19.5	33.8
	Grueso	38.2	66.2

Fuente: Autor



Figura 3-22: Material (viruta de caucho) sin tamizar

Fuente: Autor



Figura 3-23: Proceso de tamizado de la viruta de caucho

Fuente: Autor



Figura 3-24: Viruta de caucho obtenida por tamizado

Fuente: Autor



Figura 3-25: Viruta de caucho que no pasa por la malla de aluminio

Fuente: Autor

También es importante tener en cuenta el peso volumétrico suelto que tiene la viruta de caucho, por ello se menciona el valor que tiene el residuo entregado por Isollanta Cía. Ltda. sin variar sus características y también el que tiene después de ser sometido a un proceso de tamizado, estos valores pueden ser evidenciados a continuación:

Tabla 3-12: Pesos volumétricos de la viruta de caucho normal y tamizada

Valores de pesos volumétricos sueltos de las virutas de caucho	
Viruta de caucho grueso	375 kg/m ³
Viruta de caucho fino (tamizado)	350 kg/m ³

Fuente: Autor

La nomenclatura a usarse para los diferentes ensayos realizados en laboratorio con asfalto será la presentada a continuación:

Tabla 3-13: Nomenclatura a usarse para ensayos en asfalto realizados en laboratorio

Tipo de asfalto	
Simbología	Designación
AC	Asfalto con dosificación de Asfaltar E.P
AM1%	Con sustitución de viruta de caucho en el peso del arena en un 1% del asfalto AC
AM3%	Con sustitución de viruta de caucho en el peso del arena en un 3% del asfalto AC
AM5%	Con sustitución de viruta de caucho en el peso del arena en un 5% del asfalto AC

Fuente: Autor

3.4.2.1 Marshall

Tabla 3-14: Resumen del ensayo Marshall

Tráfico liviano							
	Criterios Marshall		Distintas sustituciones				
	Mínimo	Máximo	AC	AM 0.3%	AM 1%	AM 3%	AM 5%
No. de golpes / cara	50		50	50	50	50	50
Estabilidad (libras)	1000	2400	2019	1753	1660	937	358
Flujo (pulgada/100)	8	18	17	18	20	28	32
% de vacíos en mezcla							
capa de rodadura	3	5	4.64	4.76	10.82	18.73	21.26
capa intermedia	3	8					
capa de base	3	9					

Fuente: Autor

El resultado obtenido para cada serie de briquetas con diferentes sustituciones de viruta de caucho, presenta notable variación una con otra; el valor de estabilidad se orienta a medir la resistencia a la deformación de la mezcla, mientras que la fluencia mide la deformación bajo carga. Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores considerablemente altos de estabilidad, el caso de las briquetas con

sustituciones de 3% y 5% (en peso) de viruta de caucho en reemplazo del arena de río, son consideradas demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio, en este caso esas dos sustituciones son descartadas para ser usadas en una fase constructiva.

Las series de briquetas que encajan perfectamente, dentro de los rangos establecidos como criterios Marshall del Ministerio de Obras Públicas, son las que no tienen contenido de viruta de caucho y la que presenta una sustitución del 0.3% en reemplazo de arena; pero se debe considerar que para este trabajo en particular no es totalmente relevante tomar en cuenta de manera absoluta los criterios establecidos por el método Marshall, ya que a pesar de ser para tráfico liviano sus consideraciones son para un flujo vehicular, que no es el caso de una caminería de parques. Por ello, considerando que el flujo es estrictamente peatonal y la carpeta a usar tiende a ser lo más pequeña posible, la sustitución del 1% (en peso) del agregado fino por viruta de caucho, es la más conveniente; ya que posee un valor de estabilidad bueno, un flujo que se acerca a los parámetros establecidos en el Marshall y su porcentaje de vacíos es manejable con espesores pequeños, debido a que la compactación será tratada de manera apropiada.

Con el porcentaje de vacíos se obtiene un diseño adecuado y una idea previa a lo que será la evaluación de compactación en campo, es decir, es un parámetro muy importante que responde al estado adecuado de la infraestructura, con el valor de 10.82% de porcentaje de vacíos, con la sustitución del 1% (en peso), se puede manejar bien el proceso de compactación en carpetas pequeñas; así se garantizará que la mezcla asfáltica no se oxide en las zonas donde presenta estos vacíos que pueden ser tomados por cualquier sustancia o por agua, debilitando así la capacidad resistente del asfalto y generando fisuras, ojos de pez, baches, entre otros. Por esta razón las briquetas con 3% y 5% de sustitución de viruta de caucho en reemplazo de arena, no son consideradas para posteriores procedimientos.

3.4.2.2 Tracción indirecta o prueba brasileña

Tabla 3-15: Ensayo de tracción indirecta

Resistencia a la tracción indirecta			
Subgrupo condiciones húmedas			
	Mínimo	Máximo	
% de vacíos en mezcla	3	5	4.53
Resultado visual de daño (%)	1	5	1
ST Fuerza a tracción (kp/cm ²)	15.05		
Subgrupo condiciones secas			
% de vacíos en mezcla	3	5	4.56
Resultado visual de daño (%)	1	5	2
ST Fuerza a tracción (kp/cm ²)	17.03		

Fuente: Autor

Los ensayos de laboratorio permite conocer que sucede con las mezclas bituminosas en condiciones secas y húmedas, ya que esta prueba admite reproducir la respuesta de un pavimento flexible y obtener la carga máxima que soporta una mezcla antes de romper, es decir, la fuerza a tracción en condiciones húmedas presenta una disminución del 11.33% con 1.51 Mpa respecto de 1.703 Mpa que presenta en condiciones secas. Esto quiere decir que el asfalto trabaja adecuadamente, en consideración de que se trata de tráfico liviano de uso peatonal.



Figura 3-26: Ensayos de laboratorio llevados a cabo en asfalto

Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PEATONAL O CAMINERÍA

4.1 Antecedentes del diseño

A lo largo del análisis de los materiales seleccionados para ejecutar el proceso de ensayos de laboratorio se llegó a la conclusión que para una caminería de parque de uso peatonal, generalmente el que mejor comportamiento tiene, por su flexibilidad, confort, elasticidad, impermeabilidad y otros factores, es el pavimento de asfalto modificado con caucho, por ello, el diseño de las distintas estructuras estará enfocado a este material, donde la variante principal será el tipo de suelo natural o subrasante.

También es necesario conocer que en la actualidad la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca EMAC EP maneja infraestructuras compuestas por material de mejoramiento y lastre estabilizado, pero lamentablemente no presentan un comportamiento muy adecuado a las necesidades, debido a que periódicamente se necesita realizar mantenimiento por su mal estado y reclamos emitidos por los usuarios. A continuación se presenta la infraestructura actual y la propuesta, que dependerá del suelo natural para determinar sus espesores y por las características de los materiales serán evidentemente menores:

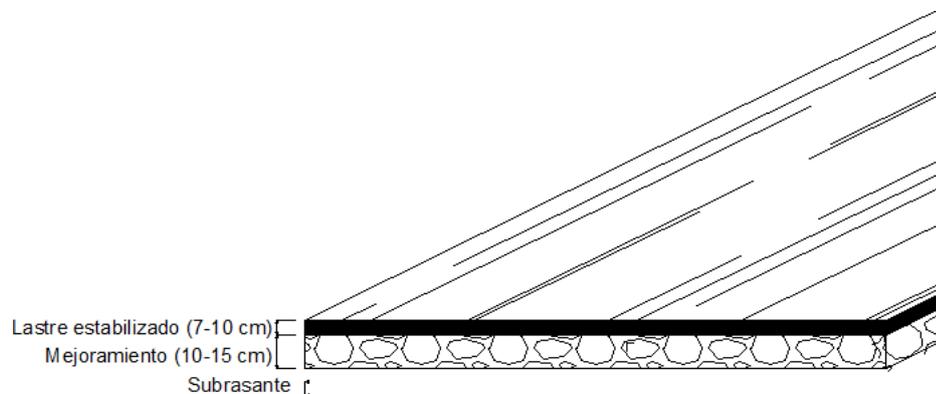


Figura 4-1: Infraestructura de caminerías de parque actual

Fuente: Autor

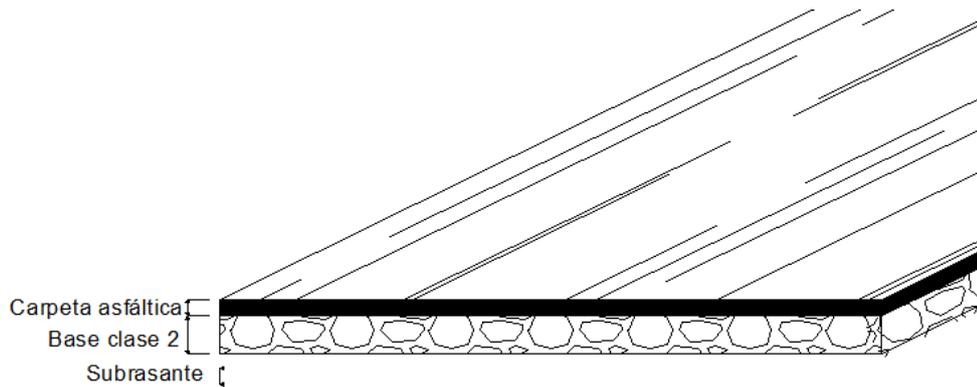


Figura 4-2: Infraestructura de caminerías de parques propuesto

Fuente: Autor

4.2 Diseño directo o matemático riguroso

Para esta etapa, y al no poder ocupar métodos tradicionales de diseño de pavimentos para infraestructura vial como la AASHTO 93, debido a que las cargas peatonales actuantes son elocuentemente pequeñas en relación a las vehiculares, entonces se llegó a la decisión de hacer uso de métodos matemáticos rigurosos o diseño directo; lo que desencadena en el uso de un software de diseño estructural de pavimentos, elaborado en Colombia por la Universidad del Cauca-Instituto de Postgrados en Vías a cargo de los ingenieros Alfonso Margueitio Valencia, Carlos Alberto Benavides y Efraín de J. Solano Fajardo, en el año de 1994.

El Ing. Henry Vergara, especialista en diseño, construcción y conservación de vías, dentro de su artículo “Diseño directo de pavimentos flexibles” y a su vez con el apoyo de otros autores (VERGARA, s.a.), dice que el procedimiento de diseño consiste en escoger una adecuada combinación de espesores de capas y características de materiales (E , μ , h , es decir, módulos elásticos, relación de Poisson y espesor de la capa, respectivamente), para que los esfuerzos y deformaciones (σ_z , ξ_z y ξ_t , es decir, esfuerzo vertical, deformación unitaria vertical en la capa superior de la subrasante causados por las solicitaciones a que se somete la estructura y deformación unitaria por tracción en la fibra inferior de la capa de material asfáltico, respectivamente) permanezcan dentro de los límites admisibles durante la vida útil de la infraestructura deseada.

En términos generales, con las leyes de fatiga de los materiales se puede encontrar las deformaciones, esfuerzos y deflexiones admisibles de los materiales y con la teoría de esfuerzo y deformación en una masa de suelo se encuentran las deformaciones, esfuerzos y deflexiones actuantes en la estructura de pavimento; sin importar los materiales que los componen, sino más bien las características que estas presentan.

Como fundamento de cálculo, el programa Depav hace uso de conceptos y formulaciones establecidas en 1885 por Boussinesq, desarrollando las relaciones matemáticas para determinar los esfuerzos normal y cortante en cualquier punto dentro de medios homogéneos, elásticos e isotrópicos debidos a una carga puntual concentrada ubicada en la superficie. De acuerdo con este análisis, el incremento del esfuerzo vertical en el punto A ocasionado por una carga puntual de magnitud P, establecida por (DAS Braja M., 2011), es la siguiente:

$$\Delta\sigma = \frac{3P}{2\pi z^2 \left[1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{5/2}}$$

Donde:

- P: carga puntual actuante en una superficie
- $r = \sqrt{x^2 + y^2}$
- x, y, z: coordenadas del punto A

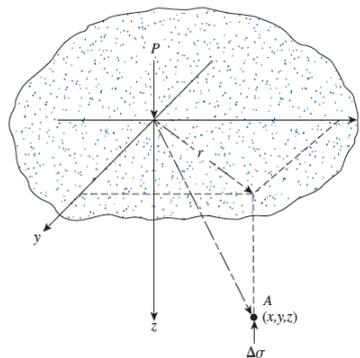


Figura 4-3: Esfuerzo vertical en el punto A causado por una carga puntual en la superficie

Fuente: (DAS Braja M., 2011)

La ecuación de Boussinesq también se puede utilizar para determinar el esfuerzo vertical abajo del centro de un área flexible circularmente cargada. Sea el radio del área cargada $B/2$ y q_0 la carga uniformemente distribuida por área unitaria. Para determinar el incremento del esfuerzo en un punto A, ubicado a una profundidad z , considera un área elemental en el círculo. La carga se puede tomar como una carga puntual y expresarse como $q_0 r$, $d\theta$ y dr . El incremento del esfuerzo en A ocasionado por esta carga se puede determinar con la ecuación anterior y para el incremento total en el esfuerzo ocasionado por toda el área cargada se puede obtener, mediante lo planteado por (DAS Braja M., 2011), integrando la siguiente ecuación:

$$d\sigma = \frac{3q_0 r d\theta dr}{2\pi z^2 [1 + (\frac{r}{z})^2]^{5/2}}$$

O en su defecto:

$$\Delta\sigma = q_0 \left[1 - \frac{1}{[1 + (\frac{B}{2z})^2]^{3/2}} \right]$$

Se pueden efectuar integraciones similares para obtener el incremento del esfuerzo vertical en A', ubicado a una distancia r desde el centro del área cargada a una profundidad z .

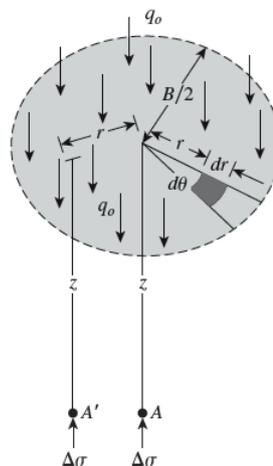


Figura 4-4: Incremento en la presión debajo del área circular flexible cargada uniformemente

Fuente: (DAS Braja M., 2011)



Figura 4-5: Programa Depav para Diseño estructural de pavimentos

Fuente: (Universidad del Cauca, 1994)

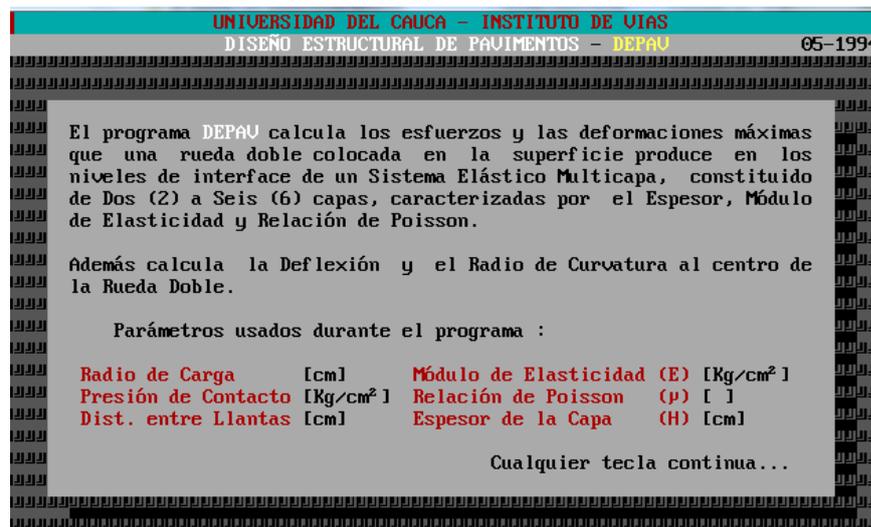


Figura 4-6: Alcances y requisitos para el uso adecuado del Depav

Fuente: (Universidad del Cauca, 1994)

4.2.1 Suelo de fundación

Para la obtención de este parámetro, se procedió a conversar con el personal que conforma el departamento de Áreas Verdes de la EMAC EP y junto con la coordinación del Ing. César Arévalo, Director Técnico (E) de la empresa y Director del presente trabajo, se concluyó en realizar el diseño de varias infraestructuras peatonales, producto de la diversidad de subrasantes de los parques; para ello, la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca entrega una serie de criterios de

suelos a considerar en el diseño, establecidas en laboratorio por esta entidad, de las cuales las más relevantes son la del módulo de elasticidad y el valor del CBR.

$$MR_{subrasante} = \frac{CBR(\%) * 1500}{14.223} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Para garantizar el correcto funcionamiento de la caminería es necesario multiplicar a los valores de MR de la subrasante por un factor de seguridad, para este caso se considerará un valor de 0.8, que disminuya el valor real del suelo de fundación o subrasante en un 20% y así tener la precaución de un adecuado funcionamiento general de la infraestructura peatonal; por lo tanto, los valores para los diferentes CBR que se consideran se guía en lo siguiente:

$$MR_{subrasante} = 0.8 * \frac{CBR(\%) * 1500}{14.223} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Tabla 4-1: Valores de CBR solicitados por la EMAC E.P.

Suelo natural o subrasante		
Valor CBR (%)	Valor MR real (kg/cm ²)	Valor MR a considerar en el diseño (kg/cm ²)
2	210.9	168.7
2.5	263.7	210.9
3.5	369.1	295.3
4.5	474.6	379.7
6	632.8	506.2
7	738.2	590.6

Fuente: Autor

4.2.2 Análisis de tráfico y cargas

El tráfico al cual estará sometido el área de los diferentes proyectos, estará dirigido para el uso peatonal, aunque es necesario considerar también la posibilidad de que al ser un parque, un lugar recreativo y de expansión ciudadana, evidentemente se considere la posibilidad de ingreso de bicicletas y probablemente motocicletas en diversas ocasiones durante la vida útil del proyecto. Otro factor importante a considerar sería que las personas acuden a estos lugares para trotar o correr, lo que

provoca un mayor desgaste que el efecto producido por únicamente caminar. Por estas razones se debe considerar ciertos factores de seguridad en el diseño, que mitiguen o por lo menos disminuyan las consecuencias que se pueden generar por un uso diferente a circular por la infraestructura de manera moderada.

Debido a estas cargas actuantes en la infraestructura hay que considerar un valor de carga viva a la que estará expuesta una caminería, por ello, se toma en cuenta lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el capítulo de Cargas no sísmicas, que contemplan las sobrecargas mínimas para cada ocupación o uso. La norma citada dentro de lo que corresponde al fin de este trabajo, caminerías de parques dice que dentro de sistemas de pisos para circulación para oficinas se estima 2.4 kN/m^2 y considera 4.8 kN/m^2 a corredores de primer piso en unidades educativas, a salones de uso público y corredores en residencias, patios y terrazas peatonales y a graderíos de estadios y coliseos. Pero al ser cargas mínimas, para el caso de una infraestructura peatonal donde se realizan distintas actividades que generan mayor impacto y por ende esfuerzos, deflexiones y desgaste de la estructura, se contemplará una carga viva de 1000 kg/m^2 . En cada m^2 de la infraestructura se puede ubicar a cuatro personas, ya que en el capítulo 2 de este trabajo, se evidencia que la mayor cantidad de personas que circulan son adultas de ambos sexos.

4.2.3 Fundamentos de los materiales que conforman la infraestructura

Para hacer uso del programa DEPAV es necesario establecer ciertos datos de ingreso como los módulos de elasticidad de cada capa en kg/cm^2 , el módulo de Poisson que es adimensional y el espesor de cada capa en cm que dependerá de los dos factores anteriores. Para este trabajo para el suelo de fundación o terreno natural se obtienen sus particularidades a través de la EMAC EP.

Para el estudio del material granular clasificado de base clase 2, se consultó en la Minera Rookaazul Cía. Ltda., dando un módulo de elasticidad de 1896.7 kg/cm^2 , además de los ensayos de laboratorio que esta empresa ha realizado con su material, lo que evidencia que éste cumple con los parámetros establecidos por el MTOP y que también se puede observar en este trabajo en las especificaciones técnicas más adelante.

Lo que la empresa entregó son los siguientes datos de control de calidad de este material, donde es evidente que el porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada, los valores de índice de plasticidad, límite líquido y la curva granulométrica están dentro de los datos establecidos en la norma ecuatoriana:

Tabla 4-2: Porcentajes en peso que pasan a través de los tamices de malla cuadrada de lo establecido por el MTOP y el control de calidad en laboratorio de la Minera Rookaazul Cía. Ltda.

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada (MTOP)	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada (MINA ROOKAAZUL)
1" (25.4 mm.)	100	97
3/4"(19.0 mm.)	70 - 100	89
3/8"(9.5 mm.)	50 - 80	60
Nº 4 (4.76 mm.)	35 - 65	47
Nº 10 (2.00 mm.)	25 - 50	29
Nº 40 (0.425 mm.)	15 - 30	26
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15	9

Fuente: Autor

Tabla 4-3: Valores de límite líquido e índice de plasticidad del material de base clase 2 de la Minera Rookaazul Cía. Ltda.

Valores de laboratorio	Norma MTOP	Material Rookaazul Cía. Ltda.
L.L	25	32.70%
IP	6	5.54%

Fuente: Autor

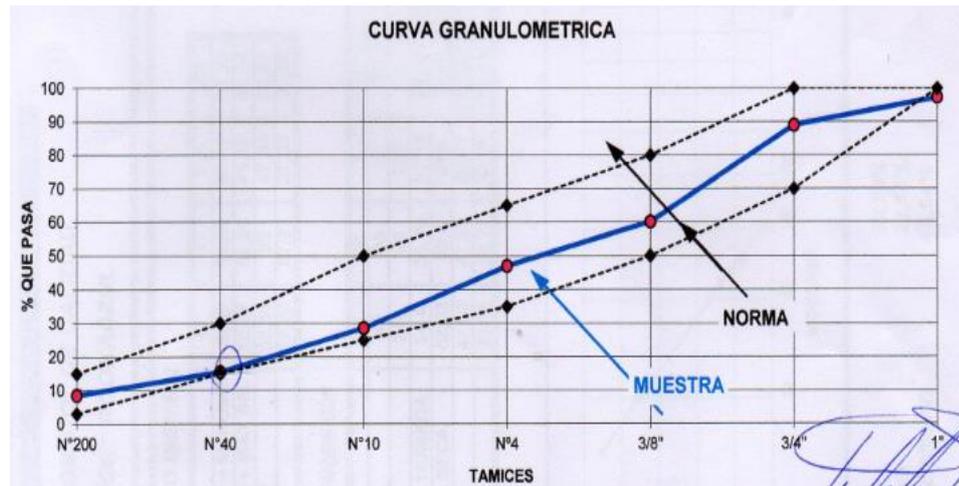


Figura 4-7: Curva granulométrica comparado con los rangos establecidos como norma de la base clase 2 de la Minera Rookaazul Cía. Ltda.

Fuente: Autor

Finalmente, para tener el módulo de elasticidad de la carpeta asfáltica con modificación de caucho, se considerará un valor conservador de 200.000 kg/cm^2 respecto de los asfaltos convencionales que varían desde 320.000 kg/cm^2 , alcanzando valores incluso mayores a 500.000 kg/cm^2 . El valor citado, garantiza la funcionalidad de la infraestructura, ya que es menor al rango indicado para vías vehiculares; sin embargo, este dato no se pudo obtener en laboratorio por los elevados costos y la dificultad de conseguir los equipos requeridos.

4.2.4 Diseño de las diferentes infraestructuras peatonales

Los datos que el programa requiere para su correcto funcionamiento son el radio de carga, que para una persona adulta genera en la superficie de contacto casi en su totalidad son 8cm; la presión de contacto se tiene que considerar el área de los 4 pares de zapatos que intervienen en un m^2 , con un área total de 2016cm^2 (cada par de zapatos ocupa un área de $18\text{cm} \times 28\text{cm}$), y como la carga considerada son $1000\text{kg/m}^2 = 0.1\text{kg/cm}^2$, el valor de presión sería $(2016 \times 0.1) / 10000 = 0.02016 \text{ kg/cm}^2$; finalmente, la distancia entre llantas que toma en cuenta el programa se considera a la separación entre los dos zapatos de una persona, considerándolos que están juntos, centro a centro son 7cm.

Para garantizar el completo funcionamiento de la infraestructura, se considerará un estado de serviciabilidad final de la caminería que no sobrepase una deflexión de 1 cm, que es lo mismo a decir 10 mm. Esto surge a raíz de que se espera que la estructura no se deforme más de este rango para generar un pavimento que genere confort en los usuarios. Por otro lado, es necesario considerar que por efectos constructivos la capa de base granular no debe ser menor a 8 cm.

Tabla 4-4: Resumen de los datos a ingresar en el programa Depav para los diferentes tipos de subrasantes

Programa DEPAV	
Datos generales	
Radio de carga (cm)	8
Presión de contacto (kg/cm ²)	0.0202
Distancia entre llantas (cm)	7
Datos de subrasante	
MR2%	168.7
MR2.5%	210.9
MR3.5%	295.3
MR4.5%	379.7
MR6%	506.2
MR7%	590.6
Datos de base granular clase 2	
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	1896.7
Datos del asfalto modificado con caucho	
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	20000

Fuente: Autor

- Diseño 1

Tabla 4-5: Características de las capas del pavimento asfáltico para CBR de 2%

Capa	E (kg/cm ²)	μ	H (cm)
Carpeta asfáltica	200000	0.35	2.54
Base clase 2	1896.7	0.35	10
Subrasante	168.7	0.45	

Fuente: Autor

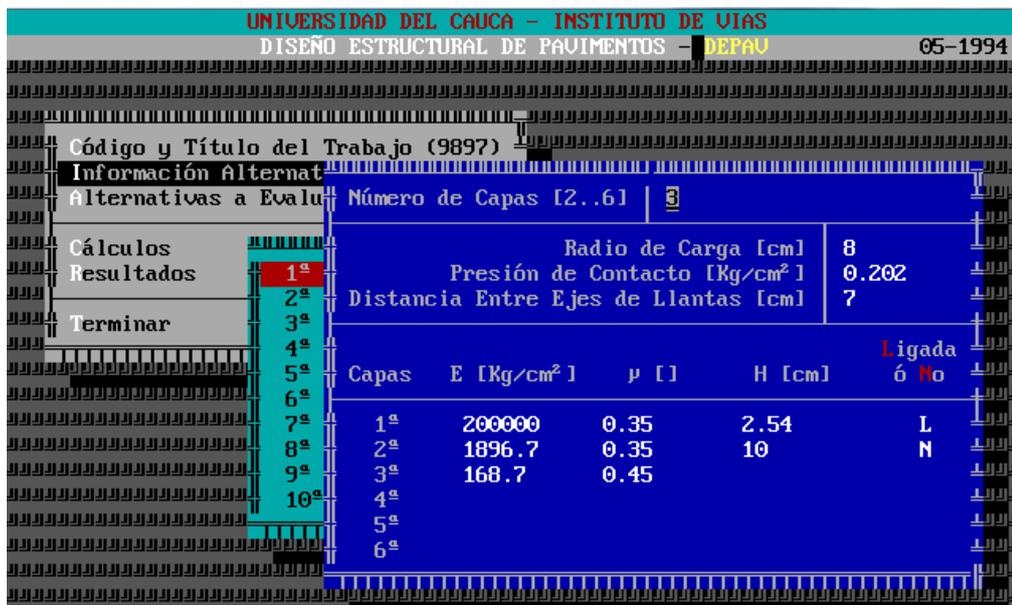


Figura 4-8: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 2%

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - INSTITUTO DE VIAS					
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS - DEPAU					05-1994
Título del Trabajo : DIS CAMINERIAS/ASFALTO MODIF CAUCHO					
Número de Capas : 3			Alternativa : 1		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1ª	0.00	2.1100E-05 C	6.5873E+00 C	-2.0600E-05 C	2.0190E-01 A
	2.54	-1.9400E-05 C	-5.7817E+00 C	2.0600E-05 C	1.3562E-01 C
2ª	2.54	-1.9400E-05 C	1.7335E-02 C	6.4600E-05 C	1.3562E-01 C
	12.54	-6.9700E-05 C	-1.8661E-01 C	8.2600E-05 C	2.7838E-02 C
3ª	12.54	1.2100E-05 C	2.6410E-02 C	2.3900E-05 C	2.7838E-02 C
					No Ligada
Deflexión		= 7.270 mm/100			
Radio de Curvatura		= 604.730 m			

Figura 4-9: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 2%

Fuente: Autor

- Diseño 2

Tabla 4-6: Características de las capas del pavimento asfáltico para CBR de 2.5%

Capa	E (kg/cm ²)	μ	H (cm)
Carpeta asfáltica	200000	0.35	2.54
Base clase 2	1896.7	0.35	8
Subrasante	210.9	0.45	

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - INSTITUTO DE VIAS
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS - DEPAU 05-1994

Código y Título del Trabajo (9897) Información Alternat

Alternativas a Evalu Número de Capas [2..6] | 3

Cálculos Radio de Carga [cm] 8

Resultados Presión de Contacto [Kg/cm²] 0.202

Terminar Distancia Entre Ejes de Llantas [cm] 7

Capas	E [Kg/cm ²]	μ []	H [cm]	Ligada ó No
1 ^a	200000	0.35	2.54	L
2 ^a	1896.7	0.35	8	N
3 ^a	210.9	0.45		
4 ^a				
5 ^a				
6 ^a				

Figura 4-10: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 2.5%

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - INSTITUTO DE VIAS
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS - DEPAU 05-1994

Título del Trabajo : **DIS CAMINERIAS/ASFALTO MODIF CAUCHO**

Número de Capas : 3 Alternativa : 2

Capa N ^o	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1 ^a	0.00	2.2200E-05 C	6.9238E+00 C	-2.1800E-05 C	2.0190E-01 A
	2.54	-2.0600E-05 C	-6.2100E+00 C	2.2000E-05 C	1.2440E-01 C
2 ^a	2.54	-2.0600E-05 C	7.4030E-03 C	6.2400E-05 C	1.2440E-01 C
	10.54	-7.3700E-05 C	-1.9170E-01 C	8.9700E-05 C	3.7423E-02 C
3 ^a	10.54	1.3100E-05 C	3.5588E-02 C	2.5700E-05 C	3.7423E-02 C
					No Ligada

Deflexión = 6.820 mm/100

Radio de Curvatura = 570.410 m

Figura 4-11: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 2.5%

Fuente: Autor

- Diseño 3

Tabla 4-7: Características de la estructura del pavimento asfáltico para CBR de 3.5%

Capa	E (kg/cm ²)	μ	H (cm)
Carpeta asfáltica	200000	0.35	2.54
Base clase 2	1896.7	0.35	8
Subrasante	210.9	0.45	

Fuente: Autor

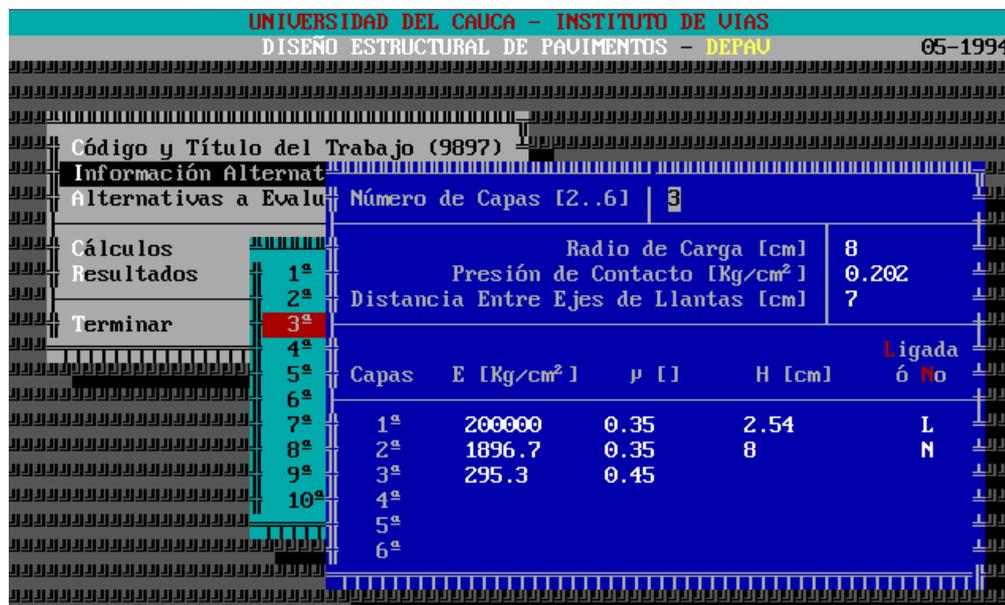


Figura 4-12: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 3.5%

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - INSTITUTO DE VIAS					
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS - DEPAU					05-1994
Título del Trabajo : DIS CAMINERIAS/ASFALTO MODIF CAUCHO					
Número de Capas : 3			Alternativa : 3		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm²)
1ª	0.00	2.0900E-05 C	6.5261E+00 C	-2.0400E-05 C	2.0190E-01 C
	2.54	-1.9800E-05 C	-5.8939E+00 C	2.0900E-05 C	1.2848E-01 C
2ª	2.54	-1.9800E-05 C	1.2644E-02 C	6.2700E-05 C	1.2848E-01 C
	10.54	-6.7500E-05 C	-1.7029E-01 C	8.5600E-05 C	4.5173E-02 C
3ª	10.54	1.1300E-05 C	4.3031E-02 C	2.2200E-05 C	4.5173E-02 C
Deflexión		=	5.510 mm/100		
Radio de Curvatura		=	602.070 m		

Figura 4-13: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 3.5%

Fuente: Autor

- Diseño 4

Tabla 4-8: Características de las capas del pavimento asfáltico para CBR de 4.5%

Capa	E (kg/cm²)	μ	H (cm)
Carpeta asfáltica	200000	0.35	2.54
Base clase 2	1896.7	0.35	8
Subrasante	210.9	0.45	

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - INSTITUTO DE VIAS					
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS - DEPAU					05-1994
Código y Título del Trabajo (9897)					
Información Alternativa					
Alternativas a Evaluar		Número de Capas [2..6] 3			
Cálculos		Radio de Carga [cm]		8	
Resultados		Presión de Contacto [Kg/cm ²]		0.202	
Terminar		Distancia Entre Ejes de Llantas [cm]		7	
1 ^a				Ligada	
2 ^a				ó No	
3 ^a					
4 ^a					
5 ^a					
6 ^a					
7 ^a					
8 ^a					
9 ^a					
10 ^a					
		Capas	E [Kg/cm ²]	μ []	H [cm]
1 ^a		1 ^a	200000	0.35	2.54
2 ^a		2 ^a	1896.7	0.35	8
3 ^a		3 ^a	379.7	0.45	
4 ^a		4 ^a			
5 ^a		5 ^a			
6 ^a		6 ^a			

Figura 4-14: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 4.5%

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - INSTITUTO DE VIAS					
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS - DEPAU					05-1994
Título del Trabajo : DIS CAMINERIAS/ASFALTO MODIF CAUCHO					
Número de Capas : 3			Alternativa : 4		
Capa	Z	Epsilon T	Sigma T	Epsilon Z	Sigma Z
Nº	(cm)		(Kg/cm ²)		(Kg/cm ²)
1 ^a	0.00	2.0000E-05 C	6.2406E+00 C	-1.9400E-05 C	2.0190E-01 A
	2.54	-1.9000E-05 C	-5.6491E+00 C	2.0100E-05 C	1.3154E-01 C
2 ^a	2.54	-1.9000E-05 C	1.6825E-02 C	6.3000E-05 C	1.3154E-01 C
	10.54	-6.3000E-05 C	-1.5296E-01 C	8.3000E-05 C	5.1801E-02 C
3 ^a	10.54	1.0100E-05 C	4.9252E-02 C	1.9800E-05 C	5.1801E-02 C
					No Ligada
Deflexión		= 4.700 mm/100			
Radio de Curvatura		= 627.950 m			

Figura 4-15: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 4.5%

Fuente: Autor

- Diseño 5

Tabla 4-9: Características de las capas del pavimento asfáltico para CBR de 6%

Capa	E (kg/cm ²)	μ	H (cm)
Carpeta asfáltica	200000	0.35	2.54
Base clase 2	1896.7	0.35	8
Subrasante	210.9	0.45	

Fuente: Autor



Figura 4-16: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 6%

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - INSTITUTO DE VIAS					
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS - DEPAU					05-1994
Título del Trabajo : DIS CAMINERIAS/ASFALTO MODIF CAUCHO					
Número de Capas : 3			Alternativa : 5		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm²)
1ª	0.00	1.8900E-05 C	5.9041E+00 C	-1.8300E-05 C	2.0190E-01 A
	2.54	-1.8100E-05 C	-5.3840E+00 C	1.9100E-05 C	1.3664E-01 C
2ª	2.54	-1.8100E-05 C	2.1822E-02 C	6.3600E-05 C	1.3664E-01 C
	10.54	-5.8100E-05 C	-1.3460E-01 C	8.0500E-05 C	6.0162E-02 C
3ª	10.54	8.8000E-06 C	5.7205E-02 C	1.7200E-05 C	6.0162E-02 C
Deflexión		=	3.930 mm/100		
Radio de Curvatura		=	659.990 m		

Figura 4-17: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 6%

Fuente: Autor

- Diseño 6

Tabla 4-10: Características de las capas de la estructura del pavimento asfáltico para CBR de 7%

Capa	E (kg/cm²)	μ	H (cm)
Carpeta asfáltica	200000	0.35	2.54
Base clase 2	1896.7	0.35	8
Subrasante	210.9	0.45	

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - INSTITUTO DE VIAS
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS - DEPAU 05-1994

Código y Título del Trabajo (9897) Información Alternat

Alternativas a Evaluación: Número de Capas [2..6] | **3**

Cálculos: Radio de Carga [cm] | **8**

Resultados: Presión de Contacto [Kg/cm²] | **0.202**

Terminar: Distancia Entre Ejes de Llantas [cm] | **7**

Capas	E [Kg/cm ²]	μ []	H [cm]	Ligada ó No
1 ^a	200000	0.35	2.54	L
2 ^a	1896.7	0.35	8	N
3 ^a	590.6	0.45		
4 ^a				
5 ^a				
6 ^a				

Figura 4-18: Ingreso de datos en programa Depav para CBR de 7%

Fuente: Autor

UNIVERSIDAD DEL CAUCA - INSTITUTO DE VIAS
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS - DEPAU 05-1994

Título del Trabajo : **DIS CAMINERIAS/ASFALTO MODIF CAUCHO**

Número de Capas : **3** Alternativa : **6**

Capa N ^o	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1 ^a	0.00	1.8300E-05 C	5.7409E+00 C	-1.7700E-05 C	2.0190E-01 A
	2.54	-1.7700E-05 C	-5.2413E+00 C	1.8700E-05 C	1.3970E-01 C
2 ^a	2.54	-1.7700E-05 C	2.4473E-02 C	6.4000E-05 C	1.3970E-01 C
	10.54	-5.5600E-05 C	-1.2440E-01 C	7.9400E-05 C	6.4955E-02 C
3 ^a	10.54	8.1500E-06 C	6.1794E-02 C	1.5900E-05 C	6.4955E-02 C
					No Ligada

Deflexión = **3.570 mm/100**

Radio de Curvatura = **678.260 m**

Figura 4-19: Determinación de esfuerzos, deformaciones y deflexión en el programa Depav para CBR de 7%

Fuente: Autor

En resumen:

Tabla 4-11: Resumen del diseño de las caminerías para distintos valores de CBR

Diseño de caminerías de parque						
CBR (%)	2	2.5	3.5	4.5	6	7
Carpeta(cm)	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
Base (cm)	10	8	8	8	8	8
Deflexión (mm)	7.27	6.82	5.51	4.70	3.93	3.57

Fuente: Autor

4.3 Especificaciones técnicas particulares

A través del (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013) se consideran las siguientes especificaciones técnicas, considerando los rubros necesarios para la construcción de una caminería de parque:

Replanteo y nivelación

- Definición: este rubro incluye el replanteo y nivelación del terreno original en un número de veces necesarias hasta que se cumpla con los niveles del proyecto y demás condiciones geométricas de la obra. Se efectuará el replanteo utilizando aparatos topográficos (estación total, nivel, teodolito con alto grado de precisión), ubicando en el terreno puntos que no serán removidos durante el período de construcción. Todos los puntos a ser replanteados deberán ser comprobados por la Fiscalización.
- Medición y forma de pago: se medirá y pagará por metro lineal, con aproximación de dos decimales posterior al corte de preparación de la rasante en los tramos establecidos en el proyecto.

Excavación a mano de material sin clasificar

- Definición: este trabajo consistirá en el movimiento de tierras utilizando herramientas manuales como pico, palas, puntas, combos, etc. que están sujetas exclusivamente al esfuerzo humano, en estratos de baja consolidación de clasificación como suelo común, arcillas, limos, arenas, pudiendo existir presencia de molones de roca sueltos que no requieren de actividades complementarias para su remoción. El Contratista deberá dotar de todo el equipo adecuado y necesario para la debida u oportuna ejecución de los mismos. El equipo deberá ser mantenido en óptimas condiciones de funcionamiento.
- Medición y forma de pago: serán de acuerdo a los perfiles que representan las vías al momento de iniciar los trabajos de excavación (no se considerará el esponjamiento), y hasta la profundidad autorizada por Fiscalización. Las cantidades se pagarán por m³ al precio que consta en el contrato para el rubro de excavación a mano. El precio y pago constituirán la compensación total por la excavación del material, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos descritos en esta sección.

Excavación a máquina

- Definición: este trabajo consiste en el movimiento de tierras hasta llegar a la cota de subrasante natural especificada en los planos del proyecto, en el caso de que ésta o parte de la misma, no sea apropiada para la estructura vial, se deberá proceder a retirar todo el material inadecuado, hasta la profundidad que establezca la Fiscalización. En caso de que por negligencia del contratista se efectúe la destrucción parcial o total de estructuras cercanas o cualquier tipo de objeto, la Fiscalización ordenará su reconstrucción, la reposición o la reparación de la misma, a costo del Contratista.
- Medición y forma de pago: serán de acuerdo a los perfiles que representan las vías al momento de iniciar los trabajos de excavación (en este volumen no se considerará el esponjamiento), y hasta la profundidad autorizada por Fiscalización. Las cantidades se pagarán por m³ al precio que consta en el

contrato para el rubro de excavación a máquina. El precio y pago constituirán la compensación total por la excavación del material, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos descritos en esta sección.

Desalojo de material (hasta 6 km) con minicargadora

- **Definición:** se incluye el cargado y el transporte de los materiales producto de las excavaciones y limpieza, hasta el lugar que indique la Fiscalización. El recorrido máximo es de 6 Km. pasado los cuales se pagará sobre acarreo con el valor determinado en el desglose de precios unitarios.
- **Medición y forma de pago:** las mediciones para la determinación de volúmenes de cargado se harán a partir de los perfiles que presentan las vías en el momento antes de iniciar los trabajos de excavación, hasta los niveles establecidos en los diseños adicionando a éstos un porcentaje de esponjamiento que lo establecerá el fiscalizador de acuerdo al tipo de suelo cargado.

Las cantidades establecidas en la forma indicada anteriormente, se pagarán al precio contractual de cargado de material con mini cargadora y transporte de material hasta 6 Km, su unidad de medida será el m³. Este precio y pago constituirá la compensación total por la cargada del material, su transporte, colocación, esparcido, conformación o su desecho, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para la ejecución de estos trabajos.

En este rubro se toma en consideración el costo objeto de depositar el material desalojado en las escombreras facultadas por la EMAC E.P. (el mismo que será cobrado por esta entidad por el tendido y manejo del material que no ejecuta el contratista); para efectos de verificación por la fiscalización se recibe un comprobante para cuantificar el volumen del material desalojado por el Constructor.

Subrasante conformación y compactación

- Definición: después de que las plataformas para las caminerías (nivel de subrasante natural) hayan sido terminadas, serán acondicionadas en su ancho total retirando cualquier material blando o inestable que no pueda ser compactado adecuadamente y reemplazándole con suelo seleccionado. Se harán los trabajos necesarios hasta lograr plataformas perfectamente conformadas y compactadas de acuerdo a lo especificado.

Los ensayos de densidad de campo, según el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013) se harán cada 20 m del eje de la vía o en los sitios señalados por la Fiscalización. Los puntos para los ensayos serán también seleccionados al azar, disminuyendo esta distancia en zonas en las cuales existan dudas acerca del grado de compactación requerida. Después de haberse realizado la pavimentación, será de responsabilidad absoluta del Contratista cualquier daño en la estructura del pavimento que podría suponerse a defectos de compactación de la infraestructura.

- Medición y forma de pago: la cantidad a pagarse por el terminado de la obra básica, será el número de metros cuadrados efectivamente ejecutados (proyección horizontal de la subrasante trabajada), y aceptados por el Fiscalizador como apta para colocar sobre ésta la estructura del pavimento, de acuerdo a los precios unitarios establecidos. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por los trabajos antes descritos, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos.

Mejoramiento de la subrasante

- Definición: El suelo seleccionado se obtendrá de las canteras de material pétreo debidamente autorizada y aprobada por el Fiscalizador. Deberá ser suelo granular, material rocoso o también mediante combinaciones de ambos, libre de material orgánico y escombros, y salvo que se especifique de otra manera, tendrá una granulometría tal que todas las partículas pasarán por un tamiz de cuatro pulgadas (100 mm) con abertura cuadrada y no más de 20 por ciento pasará el tamiz N° 200 (0,075 mm), de acuerdo al ensayo AASHO-

T.11. La parte del material que pase el tamiz N° 40 (0.425 mm) deberá tener un índice de plasticidad no mayor de nueve (9) y límite líquido hasta 35%.

El material de tamaño mayor al máximo especificado, si se presenta, deberá ser retirado antes de que se incorpore al material en la obra. El Contratista deberá desmenuzar, cribar, mezclar o quitar el material, conforme sea necesario, para producir un suelo seleccionado que cumpla con las especificaciones correspondientes. De no requerir ningún procesamiento para cumplir las especificaciones pertinentes, el suelo seleccionado será transportado desde el sitio de excavación e incorporado directamente a la obra.

- Equipo: el Contratista deberá dedicar a estos trabajos todo el equipo adecuado y necesario para la debida u oportuna ejecución de los mismos. El equipo deberá ser mantenido en óptimas condiciones de funcionamiento.
- Tolerancias: previa a la colocación de las capas de base y superficie de rodadura, se deberá conformar y compactar el material a nivel de subrasante. Al final de estas operaciones, la subrasante no deberá variar en ningún lugar de la cota y secciones transversales establecidas en los planos o por el Fiscalizador, en más de 2 cm.
- Medición y forma de pago: la cantidad a pagarse por el terminado, será el número de metros cúbicos efectivamente ejecutados, y aceptados por el Fiscalizador como apta para colocar sobre ésta la capa de material granular base clase 2, de acuerdo a los precios unitarios establecidos. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por los trabajos antes descritos, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos.

Base clase 2 (incluye transporte)

- Descripción: este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. La capa de base se colocará sobre la subrasante terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos,

pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales.

- Base Clase 2: Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso. Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente. El proceso de trituración que emplee el Contratista será tal que se obtengan los tamaños especificados directamente de la planta de trituración. Sin embargo, si hace falta relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación podrá completarse con material procedente de una trituración adicional, o con arena fina, que serán mezclados preferentemente en planta.

Para comprobar la calidad de la construcción, se deberá realizar en las capas de base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado.

Tabla 4-12: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada una base granular clase 2

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
1" (25.4 mm.)	100
3/4"(19.0 mm.)	70 - 100
3/8"(9.5 mm.)	50 - 80
Nº 4 (4.76 mm.)	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	15 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013)

- Equipo: el Contratista deberá disponer en la obra de todo el equipo necesario, autorizado por el Fiscalizador, y en perfectas condiciones de trabajo. Según el caso, el equipo mínimo necesario constará de planta de trituración y cribado, planta para mezclado, equipo de transporte, maquinaria para distribución, para mezclado, esparcimiento, y conformación, tanqueros para hidratación y rodillos pequeños o aditamento para minicargadora.

- Ensayos y tolerancias: la granulometría del material de base será comprobada mediante el ensayo INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T 27), el mismo que se llevará a cabo al finalizar la mezcla en planta o inmediatamente después del mezclado final en el camino. Sin embargo, de haber sido comprobada la granulometría en planta, el Contratista continuará con la obligación de mantenerla en la obra.

Para comprobar la calidad de la construcción, menciona el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013), que se deberá realizar en las capas de base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo AASHTO T-147.o T-191. En ningún punto de la capa de base terminada, el espesor deberá variar en más de un centímetro con el espesor indicado en los planos. Estos espesores y la densidad de la base serán medidos luego de la compactación final de la base, cada 100 metros de longitud, en puntos alternados al eje y a los costados del camino. Cuando una medición señale una variación mayor que la tolerancia indicada, se efectuarán las mediciones adicionales que sean necesarias a intervalos más cortos, para determinar el área de la zona deficiente.

Para corregir el espesor inaceptable, el Contratista deberá escarificar, a su costo, esa zona y retirar o agregar el material necesario, para proceder de inmediato a la conformación y compactación con los niveles y espesores del proyecto. Sin embargo, antes de corregir los espesores deberán tomarse en consideración las siguientes tolerancias adicionales: si el espesor sobrepasa lo estipulado en los documentos contractuales y la cota de la superficie se halla dentro de un exceso de 1.5 centímetros sobre la cota del proyecto, no será necesario efectuar correcciones; así mismo, si el espesor es menor que el estipulado y la cota de la superficie se halla dentro de un faltante de 1.5 centímetros de la cota del proyecto, podrá no corregirse el espesor de la base siempre y cuando el espesor de la base terminada sea mayor a 10 centímetros, y la capa de rodadura sea de hormigón asfáltico y el espesor faltante sea compensado con el espesor de la capa de rodadura hasta llegar a la rasante.

- Selección y mezclado: los agregados preparados para la base, deberán cumplir la granulometría y más condiciones de la clase de base especificada en el contrato. Durante el proceso de explotación, trituración o cribado, el Contratista efectuará la selección y mezcla de los agregados en planta, a fin

de lograr la granulometría apropiada en el material que será transportado a la obra.

En el caso de que se tenga que conseguir la granulometría y límites de consistencia para el material de base, mediante la mezcla de varias fracciones individuales, estas fracciones de agregados gruesos, finos y relleno mineral, serán combinadas y mezcladas uniformemente en una planta aprobada por el Fiscalizador, que disponga de una mezcladora de tambor o de paletas. La operación será conducida de una manera consistente en orden a que la producción de agregado para la base sea uniforme.

El mezclado de las fracciones de agregados podrá realizarse también en la vía; en este caso, se colocará y esparcirá en primer lugar una capa de espesor y ancho uniformes del agregado grueso, y luego se distribuirán proporcionalmente los agregados finos sobre la primera capa. Pueden formarse tantas capas como fracciones del material sean necesarias para obtener la granulometría y lograr el espesor necesario con el total del material, de acuerdo con el diseño. Desde el inicio y durante el proceso de mezclado, deberá regarse el agua necesaria a fin de conseguir la humedad requerida para la compactación especificada.

Cuando se haya logrado una mezcla uniforme, se controlará la granulometría y se esparcirá el material a todo lo ancho de la vía, en un espesor uniforme, para proceder a la conformación y a la compactación requerida. En ningún caso se permitirá el tendido y conformación directa de agregados colocados en montones formados por los volquetes de transporte, sin el proceso de mezclado previo y alternado indicado en los párrafos anteriores.

- **Tendido y conformación:** cuando el material de la base haya sido mezclado e hidratado en planta central, deberá cargarse directamente en volquetes, evitándose la segregación, y transportado al sitio para ser esparcido por medio de distribuidoras apropiadas, en franjas de espesor uniforme que cubran el ancho determinado en la sección transversal especificada. De inmediato se procederá a la conformación y compactación, de tal manera que la base terminada avance a una distancia conveniente de la distribución.

El Fiscalizador podrá autorizar también la colocación del material preparado y transportado de la planta, en montones formados por volquetes; pero, en este caso, el material deberá ser esparcido en una franja a un costado de la

vía, desde la cual se procederá a su regado a todo lo ancho y en un espesor uniforme, mientras se realiza la hidratación.

El material no deberá ser movilizado repetidas veces, para evitar la segregación; se procurará más bien que el regado y conformación se completen con el menor movimiento posible del agregado, hasta obtener una superficie lisa y uniforme, de acuerdo a las alineaciones, pendientes y secciones transversales establecidas en los planos.

Cuando se haya autorizado el mezclado de los agregados en la vía, el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013) afirma que, estos deberán ser regados a todo el ancho, una vez terminada la mezcla, completando al mismo tiempo su hidratación, a fin de obtener una capa de espesor uniforme, con una superficie lisa y conformada de acuerdo a las alineaciones, pendientes y sección transversal especificadas.

En todos los casos de construcción de las capas de base, y a partir de la distribución o regado de los agregados, hasta la terminación de la compactación, el tránsito extraño a la obra estará terminantemente prohibido, y la circulación de los equipos de construcción será dirigida uniformemente sobre las capas tendidas, a fin de evitar la segregación y daños en la conformación del material.

- Compactación: inmediatamente después de completarse el tendido y conformación de la capa de la base, el material deberá compactarse por medio de rodillos pequeños lisos, o en su defecto de equipos mecánicos livianos.

El proceso de compactación será uniforme para el ancho total de la base, iniciándose en los costados de la vía y avanzando hacia el eje central, traslapando en cada pasada del rodillo la mitad del ancho de la pasada inmediata anterior. Durante este proceso, se continuará humedeciendo y emparejando el material en todo lo que sea necesario, hasta lograr la compactación total especificada en toda la profundidad de la capa y la conformación de la superficie a todos sus requerimientos contractuales.

Al completar la compactación, el Contratista notificará al Fiscalizador para la comprobación de todas las exigencias contractuales. El Fiscalizador procederá a efectuar los ensayos de densidad apropiados y comprobará las pendientes, alineaciones y sección transversal, antes de manifestar su aprobación o reparos. Si se hubieren obtenido valores inferiores a la densidad

mínima especificada o la superficie no se hallare debidamente conformada, se deberá proceder a comprobar la compactación estadísticamente para que el promedio de las lecturas estén dentro del rango especificado, el Contratista deberá efectuar las correcciones necesarias de acuerdo con lo indicado, hasta obtener el cumplimiento de los requisitos señalados en el contrato y la aprobación del Fiscalizador, previamente a la imprimación de la base.

- Medición y forma de pago: la cantidad a pagarse por el terminado, será el número de metros cúbicos efectivamente ejecutados, y aceptados por el Fiscalizador como apta para colocar sobre ésta la capa asfáltica, de acuerdo a los precios unitarios establecidos. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por los trabajos antes descritos, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos.

Base asfáltica mezclada en planta (incluye transporte)

- Descripción: este trabajo consistirá en la construcción de capas de base de hormigón asfáltico mezclado en planta central, colocadas sobre una base previamente preparada y aceptada, y de conformidad con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecidos en los planos contractuales.
- Materiales: se permitirá que la granulometría de los áridos se conforme de acuerdo a lo especificado en la tabla 404-5.1 del manual del MTOP. 405-5.02. El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado en el contrato y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o medio se permitirá el empleo de cemento asfáltico 85 – 100. Los agregados que se emplearán en el hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral, según el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013). Estos agregados deberán cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 811.2 del manual del MTOP, para agregados tipo A, B o C. Los agregados estarán compuestos en todos los casos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

Asfalto MC para imprimación (incluye transporte)

- Descripción: se mide en litros, este trabajo consistirá en el suministro y distribución de material bituminoso, con aplicación de asfalto diluido de curado medio, o de asfalto emulsificado sobre la superficie de la base, que deberá hallarse con los anchos, alineamientos y pendientes indicados en los planos. En la aplicación del riego de imprimación está incluida la limpieza de la superficie inmediatamente antes de dicho riego bituminoso.

Comprenderá también el suministro y distribución uniforme de una delgada capa de arena secante, si el Fiscalizador lo considera necesario, para absorber excesos en la aplicación del asfalto, y proteger el riego bituminoso a fin de permitir la circulación, antes de colocar la capa de rodadura.

- Materiales: el material bituminoso estará constituido por asfalto diluido o emulsiones asfálticas cuyo tipo será fijado en las disposiciones especiales del contrato. Las emulsiones asfálticas serán de rotura lenta y cumplirán con lo especificado en la subsección 810-4 de las especificaciones técnicas del MTOP.

Durante las aplicaciones puede presentarse la necesidad de cambiar el grado del asfalto establecido en las disposiciones generales, para dar mayor eficiencia al riego de imprimación. Menciona el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013) que en este caso, el Fiscalizador podrá disponer el cambio hasta uno de los grados inmediatamente más próximos, sin que haya modificación en el precio unitario señalado en el Contrato.

De ser necesaria la aplicación de la capa de secado, ésta será constituida por arena natural o procedente de trituración, exenta de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas y que cumpla cualquiera de las granulometrías para capa de sello. La arena deberá hallarse preferentemente seca, aunque podrá tolerarse una ligera humedad, siempre que sea menor al dos por ciento de su peso seco.

- Equipo: el Contratista deberá disponer del equipo necesario para la ejecución de este trabajo, el cual deberá ser aprobado por el Fiscalizador. El equipo mínimo deberá constar de una barredora mecánica, un soplador incorporado o aparte y un distribuidor de asfalto a presión autopropulsado. El riego asfáltico se efectuará mediante rociadores manuales; el asfalto será aplicado

uniformemente a través de una barra provista de boquillas que impidan la atomización. El tanque del distribuidor dispondrá de sistema de calentamiento regulado con recirculación para mantener una temperatura uniforme en todo el material bituminoso. El distribuidor deberá estar provisto de un rociador manual.

- Procedimientos de trabajo: el riego de imprimación podrá aplicarse solamente si la superficie cumple con todos los requisitos pertinentes de densidad y acabado. Inmediatamente antes de la distribución de asfalto deberá ser barrida y mantenerse limpia de cualquier material extraño; el Fiscalizador podrá disponer que se realice un ligero riego de agua antes de la aplicación del asfalto.
- Distribución del material bituminoso: el asfalto para imprimación será distribuido uniformemente sobre la superficie preparada, que deberá hallarse seca o ligeramente húmeda. Será necesario tomar las precauciones necesarias en los riegos, a fin de superponer ligeramente las uniones de las fajas.

El Contratista deberá cuidar que no se manche con la distribución asfáltica las obras de arte, bordillos, aceras o árboles adyacentes, todo lo cual deberá ser protegido en los casos necesarios antes de proceder al riego. En ningún caso deberá descargarse el material bituminoso sobrante en canales, ríos o acequias.

La cantidad de asfalto por aplicarse será ordenada por el Fiscalizador de acuerdo con la naturaleza del material a imprimirse y al tipo de asfalto empleado. Cuando se use asfalto diluido de curado medio la cantidad estará entre límites de 1.00 a 2.25 litros por metro cuadrado, cuando se use un asfalto emulsificado SS-1, SS- 1h, CSS-1 o CSS-1h variara entre 0.5 y 1.4 l/m² (De acuerdo al Manual Instituto del Asfalto), los valores exactos de aplicación serán determinados por el ingeniero fiscalizador. La distribución no deberá efectuarse cuando el tiempo esté nublado, lluvioso o con amenaza de lluvia inminente. La temperatura de aplicación estará en concordancia con el grado del asfalto, de acuerdo con lo especificado en la Sección 810 del manual del MTOP.

- Aplicación de la arena: la colocación de una capa de arena sobre el riego de imprimación no es necesaria en todos los casos; es preferible que la cantidad de asfalto establecida para la imprimación, sea absorbida totalmente en la

superficie. Sin embargo, hay ocasiones en que el asfalto no ha sido absorbido completamente en 24 horas, en cuyo caso se deberá distribuir sobre la superficie una delgada capa de arena para proteger la penetración, sobre todo si hay necesidad de permitir el tránsito o impedir posibles daños por lluvias, y para absorber el exceso de asfalto.

La arena deberá distribuirse uniformemente en la superficie por cubrir, de acuerdo con lo dispuesto por el Fiscalizador. No se permitirá la formación de corrugaciones en el material de secado ni se deberán dejar montones de arena sobre la capa; el Contratista estará obligado a mantener la superficie cubierta en condición satisfactoria hasta que concluya la penetración y secado, luego de lo cual deberá remover y retirar la arena sobrante.

- **Circulación peatonal:** no deberá permitirse el tránsito peatonal sobre una capa de imprimación mientras no se haya completado la penetración del asfalto distribuido en la superficie. Sin embargo, en casos en que sea absolutamente necesario permitir la circulación, se deberá esperar al menos cuatro horas desde el regado del asfalto para cubrirlo con la capa de arena y autorizar luego el tránsito a fin de evitar que el asfalto se adhiera al calzado y se pierda la imprimación. De todas maneras, todas las zonas deterioradas por falta o exceso de asfalto deberán corregirse oportunamente, con tiempo suficiente, antes de proceder a construir las capas superiores de pavimento.

Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta (inc. transporte)

- **Descripción:** se mide en metros cúbicos, este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.
- **Materiales:** el tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado por el diseño y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o medio se permitirá el empleo de cemento asfáltico 85 – 100.

Tabla 4-13: Normas que se debe cumplir en función del tipo de tráfico

Tipo de tráfico	muy pesado		Pesado		medio		liviano	
Criterios Marshall	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
No. de golpes / cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200		1800		1200		1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
capa de rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
capa intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
capa de base	3	9	3	9	3	9	3	9
relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
capa de rodadura	70		70					
intermedia o base	60		60					

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013)

Los agregados que se emplearán en el hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral. Los agregados estarán compuestos en todos los casos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

Tabla 4-14: Granulometría de materiales granulares a ocuparse en mezclas asfálticas

Tamiz		Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices			
		3/4 in	1/2 in	3/8 in	N°4
1 in	25.4 mm	100			
3/4 in	19 mm	90-100	100		
1/2 in	12.7 mm		90-100	100	
3/8 in	9.50 mm	56-80		90-100	100
N° 4	4.75 mm	35-65	44-74	55-85	80-100
N°8	2.36 mm	23-49	28-58	32-67	65-100
N°16	1.18 mm				40-80
N°30	0.60 mm				25-65
N°50	0.30 mm	5-19	5-21.	7-23	7-40
N°100	0.15 mm				3-20
N°200	0.075 mm	2-8.	2-10	2-10	2-10

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013)

- **Dosificación y Mezclado:** los agregados para la preparación de las mezclas de hormigón asfáltico deberán almacenarse separadamente en tolvas individuales, antes de entrar a la planta; la separación de las diferentes fracciones de los agregados será sometida por el contratista a la aprobación del fiscalizador. Los agregados se secarán en el horno por el tiempo y a la temperatura necesaria para reducir la humedad a un máximo de 1%; al momento de efectuar la mezcla, deberá comprobarse que los agregados cumplan este requisito:

Dosificación: el contratista deberá disponer del número de tolvas que considere necesarias para obtener una granulometría que cumpla con todos los requerimientos según el tipo de mezcla asfáltica especificada para el respectivo proyecto.

Mezclado: La mezcla de los agregados y el asfalto será efectuada en una planta central de mezcla continua o por paradas, según el caso, serán dosificados por volumen o al peso. La temperatura del cemento asfáltico, al momento de la mezcla, estará entre los 135 °C y 160 °C, y la temperatura de los agregados, al momento de recibir el asfalto, deberá estar entre 120 °C y 160 °C; en ningún caso se introducirá en la mezcladora el árido a una temperatura mayor en más de 10°C que la temperatura del asfalto. El tiempo de mezclado de una carga se medirá desde que el cajón de pesaje comience a descargar los agregados en la mezcladora, hasta que se descargue la mezcla.

- **Distribución:** la distribución del hormigón asfáltico deberá efectuarse sobre una base preparada, de acuerdo con los requerimientos contractuales, imprimada, limpia y seca, o sobre un pavimento existente; esta distribución no se iniciará si no se dispone en la obra de todos los medios suficientes de transporte, distribución, compactación, etc., para lograr un trabajo eficiente y sin demoras que afecten a la obra. Para evitar el desperdicio de la mezcla debido a lluvias repentinas, el contratista deberá disponer de un equipo de comunicación confiable, entre la planta de preparación de la mezcla y el sitio de distribución en la vía. La colocación de la carpeta deberá realizarse siempre bajo una buena iluminación natural o artificial. La distribución que se efectúe deberá guardar los requisitos de continuidad, uniformidad, ancho, espesor, textura, pendientes, especificados en el contrato. El fiscalizador

determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado.

- Compactación: la mejor temperatura para empezar a compactar la mezcla recién extendida, dentro del margen posible va de 163 a 85 °C. Con la compactación inicial deberá alcanzarse casi la totalidad de la densidad en obra. Con la compactación intermedia se sigue densificando la mezcla antes que la misma se enfríe por debajo de 85 °C y se va sellando la superficie. Con la compactación final se deberá mejorar estéticamente la superficie.

A menos que se indique lo contrario, la compactación tiene que comenzar en los costados y proceder longitudinalmente paralelo a la línea central del camino, progresando gradualmente hacia el coronamiento del camino. Cuando la compactación se realice en forma escalonada o cuando límite con una vía colocada anteriormente, la junta longitudinal tiene que ser primeramente compactada, siguiendo con el procedimiento normal. En curvas peraltadas se tiene que comenzar en el lado inferior y progresar hacia el lado superior, superponiendo recorridos longitudinales paralelos a la línea central.

- Medición y forma de pago: las cantidades a pagarse de hormigón asfáltico mezclado en planta, serán los metros cuadrados de material efectivamente usado para la construcción de la carpeta de acuerdo con los planos, especificaciones y más estipulaciones contractuales. El precio y pago incluye la compensación total por el suministro de los agregados y el asfalto, la preparación en planta, el transporte, la distribución, terminado, compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie; así como por la mano de obra, equipo, herramientas y materiales.

Manejo ambiental

- Descripción: la unidad de medida es el mes, son actividades que el contratista debe realizar con el fin de que los lugares donde se desarrollen las actividades de construcción de las calles, se encuentren siempre en un ambiente vuelvan a su estado de habitual.
- Procedimiento de trabajo: el Contratista tiene la obligación durante la construcción mantener letreros de señalización provisionales, y menciona el

(Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013) que se debe realizar mínimo una vez al mes:

- Charlas de concienciación
- Repartir hojas volantes donde se difunda los trabajos que se encuentran ejecución
- Realizar el control y monitoreo del ruido
- Anuncio de prensa (una vez cada mes durante la ejecución de la obra).
- Tener cartillas ambientales, alquiler de baterías sanitarias, una por cada 300 metros, implementos de protección personal, agua para control de polvo.

Una vez concluido y durante los trabajos se debe retirar todo vestigio de ocupación del lugar, tal como chatarra, escombros, alambradas, instalaciones eléctricas y sanitarias, estructuras y sus respectivas fundaciones, caminos peatonales e internos vehiculares, estacionamientos, etc. Deberá procederse al relleno de todo tipo de pozos y a la des-compactación de los suelos, a fin de realizar la restauración de la cobertura vegetal. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador , 2013)

4.4 Equipos y personal técnico mínimos requeridos

Equipo mínimo

Tabla 4-15: Equipo mínimo requerido para la construcción de la infraestructura peatonal

Ítem	Descripción del equipo
1	Volqueta de 8m ³
2	Minicargadora
3	Aditamentos de minicargadora (rodillo compactador, brazo excavador, cucharón, barredora, entre otros)
4	Tanquero de agua
6	Rodillo pequeño
7	Planta de asfalto
8	Plancha vibratoria

Fuente: Autor

La lista de Equipo Mínimo Esencial no incluye equipo menor, tampoco herramientas menores, entre otros, es deber del contratista disponer de ellos para el proceso constructivo. El oferente se comprometerá a demostrar que es propietario del equipo, con la matrícula actual a la presentación de la oferta, en el caso de los equipos usados, con la carta de venta y matrícula vigente. Los documentos que confirman la propiedad del equipo serán fiel copia del original apropiadamente certificada ante Notario. De igual manera, este equipo podrá ser alquilado, por lo que se presentará la carta de compromiso de alquiler en original adjuntando copia de la matrícula vigente y cédula del propietario correctamente notariadas.

Personal técnico mínimo

El contratista tiene el deber de presentar a un responsable técnico con título acreditado y validado de Ingeniero Civil por cada obra que se realice. Para la correcta realización de la obra el contratista utilizará el personal técnico y operacional en número suficiente para la ejecución oportuna de la misma y con la debida experiencia; de manera tal que los cronogramas establecidos sean cumplidos a tiempo.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Presupuesto referencial del proyecto

Para el presupuesto referencial se considerará una infraestructura peatonal de asfalto modificado con caucho que consta de una capa pétreo de base granular clase 2, cuyas características debe cumplir y ser exigidas con las normativas establecidas en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (ver en las especificaciones técnicas), en la subrasante debidamente conformada y compactada que cumpla con los parámetros establecidos en las especificaciones técnicas particulares y la capa asfáltica, que consta de un material asfáltico modificado con viruta de caucho proveniente del labrado de los neumáticos. Para el análisis económico no se considerarán costos indirectos y se determinará a partir de los siguientes parámetros:

Tabla 5-1: Consideraciones para el análisis económico de una infraestructura peatonal de pavimento flexible

Consideraciones		
Descripción	Medida (cm)	Medida (m)
Longitud	1000	10
Ancho	150	1.5
Carpeta asfáltica	2.54	0.0254
Base clase 2	10	0.1

Fuente: Autor

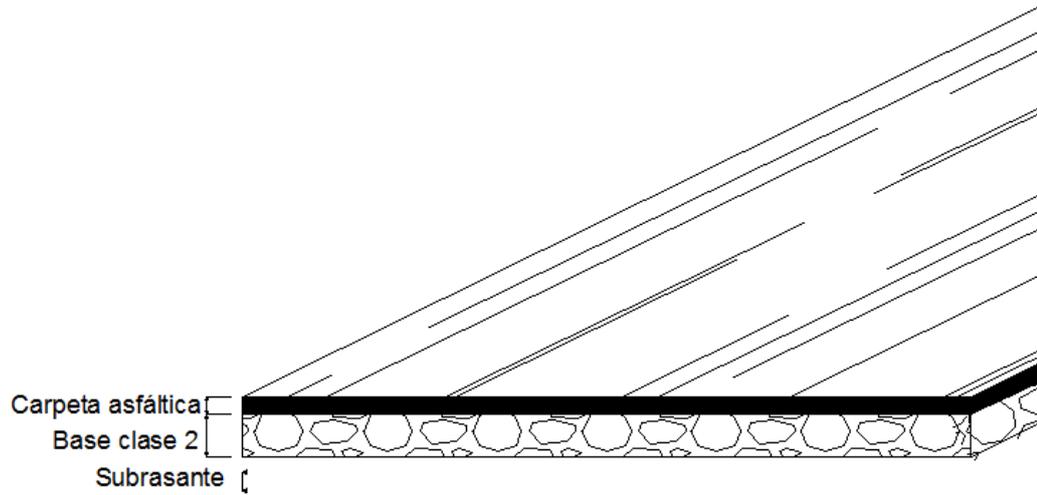


Figura 5-1: Consideraciones para el análisis económico de una infraestructura peatonal de pavimento flexible (materiales)

Fuente: Autor

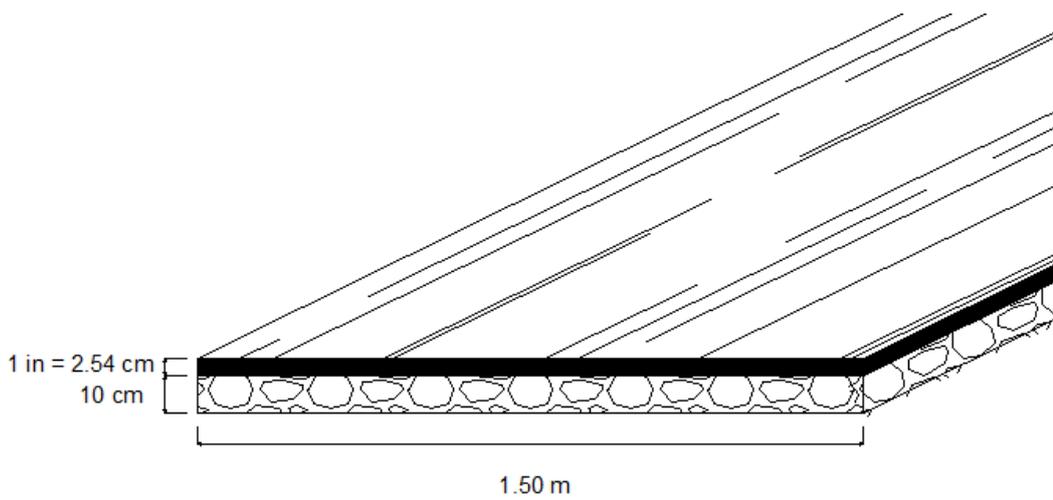


Figura 5-2: Consideraciones para el análisis económico de una infraestructura peatonal de pavimento flexible (espesores)

Fuente: Autor

Tabla 5-2: Presupuesto referencial con asfalto para 15 m² (camionera de 10m de largo, 1.50m de ancho, 10cm de base clase 2 y carpeta asfáltica de 1in)

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA ASFALTO EN UN ÁREA DE 15 m²					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Obras preliminares				16.7
1.001	Replanteo y nivelación	ml	10	1.67	16.7
2	Movimiento de tierras				8.62
2.001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 0<H<2 m	m ³	1.881	1.41	2.65
2.002	Cargado de material con minicargadora	m ³	2.35	0.95	2.23
2.003	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³	2.35	1.59	3.74
2.004	Sobrecarreo de materiales para desalojo para distancia mayor a 6 km	m ³ /km	0	0.33	0
3	Conformación de subrasante				10.68
3.001	Subrasante, conformación y compactación con equipo liviano	m ²	15	0.712	10.68
4	Conformación de base granular clase 2				105.32
4.001	Base Clase II, tendido, conformación y compactación	m ³	1.5	70.21	105.32
5	Carpeta asfáltica				82.77
5.001	Imprimación asfáltica y barrido mecánico	m ²	15	1.90	28.50
5.002	Carpeta asfáltica (e = 1in)	m ²	15	3.618	54.27
SUBTOTAL					224.09
IVA				12.00%	26.89
TOTAL					250.98

Fuente: Autor

Tabla 5-3: Presupuesto referencial con asfalto para 1 m² (caminera de 1m de largo, 1m de ancho, 10cm de base clase 2 y carpeta asfáltica de 1in)

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA ASFALTO EN UN ÁREA DE 1 m²					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Obras preliminares				1.67
1.001	Replanteo y nivelación	ml	1	1.67	1.67
2	Movimiento de tierras				0.58
2.001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 0<H<2 m	m ³	0.1254	1.41	0.18
2.002	Cargado de material con minicargadora	m ³	0.157	0.95	0.15
2.003	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³	0.157	1.59	0.25
2.004	Sobrecarreo de materiales para desalojo para distancia mayor a 6 km	m ³ /km	0	0.33	0
3	Conformación de subrasante				0.712
3.001	Subrasante, conformación y compactación con equipo liviano	m ²	1	0.712	0.712
4	Conformación de base granular clase 2				7.02
4.001	Base Clase II, tendido, conformación y compactación	m ³	0.1	70.21	7.02
5	Carpeta asfáltica				5.518
5.001	Imprimación asfáltica y barrido mecánico	m ²	1	1.90	1.90
5.002	Carpeta asfáltica (e = 1in)	m ²	1	3.618	3.618
SUBTOTAL					15.50
				IVA	12.00%
TOTAL					17.36

Fuente: Autor

Es necesario comparar este presupuesto obtenido con la infraestructura que la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca; por ello, se considerará una infraestructura peatonal que consta de una capa de mejoramiento, colocada sobre la subrasante y una capa de lastre estabilizado con cemento portland y polímeros para consolidar suelos. Para el análisis económico no se considerarán costos indirectos, se tiene en cuenta el rango de espesores que ocupa la entidad, y se determinará a partir de los siguientes parámetros:

Tabla 5-4: Consideraciones para el análisis económico de una infraestructura peatonal de lastre estabilizado

Consideraciones		
Descripción	Medida (cm)	Medida (m)
Longitud	1000	10
Ancho	150	1.5
Lastre estabilizado	9	0.09
Mejoramiento	13	0.13

Fuente: Autor

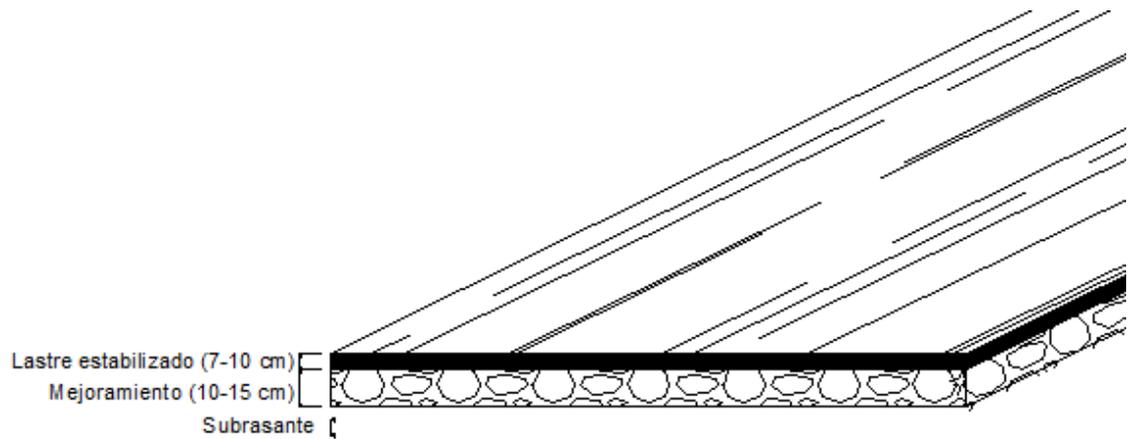


Figura 5-3: Consideraciones en que la EMAC EP recurre para el análisis económico de una infraestructura peatonal de pavimento lastre estabilizado

Fuente: Autor

Tabla 5-5: Presupuesto referencial con lastre estabilizado para 15 m² (caminera de 10m de largo, 1.50m de ancho, 13cm de mejoramiento y 9cm de lastre estabilizado)

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA LASTRE ESTABILIZADO EN UN ÁREA DE 15 m²					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Obras preliminares				16.7
1.001	Replanteo y nivelación	ml	10	1.67	16.7
2	Movimiento de tierras				15.14
2.001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 0<H<2 m	m ³	3.3	1.41	4.65
2.002	Cargado de material con minicargadora	m ³	4.13	0.95	3.92
2.003	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³	4.13	1.59	6.57
2.004	Sobreacarreo de materiales para desalojo para distancia mayor a 6 km	m ³ /km	0	0.33	0
3	Conformación de subrasante				10.68
3.001	Subrasante, conformación y compactación con equipo liviano	m ²	15	0.712	10.68
4	Conformación de mejoramiento y lastre estabilizado				232.22
4.001	Mejoramiento, tendido conformación y compactación	m ³	1.95	64.21	125.21
4.002	Preparación, tendido, conformación y compactación con material tipo lastre mejorado	m ³	1.35	79.27	107.01
SUBTOTAL					274.74
				IVA	12.00%
TOTAL					307.71

Fuente: Autor

Tabla 5-6: Presupuesto referencial con lastre estabilizado para 1 m² (caminera de 1m de largo, 1m de ancho, 13cm de mejoramiento y 9cm de lastre estabilizado)

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA LASTRE ESTABILIZADO EN UN ÁREA DE 1 m²					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Obras preliminares				1.67
1.001	Replanteo y nivelación	ml	1	1.67	1.67
2	Movimiento de tierras				1.03
2.001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 0<H<2 m	m ³	0.22	1.41	0.31
2.002	Cargado de material con minicargadora	m ³	0.28	0.95	0.27
2.003	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m ³	0.28	1.59	0.45
2.004	Sobreacarreo de materiales para desalojo para distancia mayor a 6 km	m ³ /km	0	0.33	0
3	Conformación de subrasante				0.712
3.001	Subrasante, conformación y compactación con equipo liviano	m ²	1	0.712	0.712
4	Conformación de mejoramiento y lastre estabilizado				15.48
4.001	Mejoramiento, tendido conformación y compactación	m ³	0.13	64.21	8.35
4.002	Preparación, tendido, conformación y compactación con material tipo lastre mejorado	m ³	0.09	79.27	7.13
SUBTOTAL					18.89
				IVA	12.00%
TOTAL					21.16

Fuente: Autor

5.2 Resultados de los distintos presupuestos referenciales para el proyecto

Analizando los presupuestos para las dos infraestructuras se puede notar claramente que el ahorro es significativo al realizar una caminería con asfalto que con lastre estabilizado, aunque también es importante recalcar que los materiales de cada una son de características diferentes y el asfalto si no es construido de manera adecuada, es decir, amigable con el medio ambiente, puede ser un problema. A continuación podemos ver una tabla resumen de los dos presupuestos realizados para 1 m² de infraestructura:

Tabla 5-7: Tabla resumen de los presupuestos para 1m² de infraestructura con pavimento flexible (asfalto) y con lastre estabilizado

Resumen de los presupuestos para 1m²	
Asfalto	\$ 17.36
Lastre estabilizado	\$ 21.16

Fuente: Autor

Debido a que el asfalto presenta una variación en la parte económica, con casi un 18% menor respecto de la infraestructura con lastre estabilizado, se puede garantizar que la utilización de asfalto modificado con caucho dentro de una infraestructura peatonal disminuye los costos y a la vez cumple con los objetivos establecidos en este trabajo, es decir, el aglomerante más adecuado para trabajar de manera conjunta con la viruta de neumáticos, por resultados de los ensayos de laboratorio y experiencia en otros países, es el asfalto; a más de ser un material capaz de resistir las solicitaciones generadas por el flujo de personas y agentes externos como el intemperismo, también genera expectativas positivas para cumplir con los objetivos de reducir la cantidad de las viruta de neumáticos en el relleno sanitario de Pichacay, ya que un 0.3% de este residuo puede ser usado como sustitución del agregado fino. Por otro lado, se obtiene una infraestructura peatonal adecuada con respecto al funcionamiento, a lo estético y a lo económico; ya que por la naturaleza flexible, genera confort en los usuarios, se obtiene una infraestructura visualmente agradable y con un costo menor al manejado en la actualidad. También es importante conocer que para la confección de mezclas asfálticas modificadas con caucho no se requiere de grandes cambios en la planta asfáltica, debido a que esta modificación radica básicamente en la sustitución de este residuo por un material granular pétreo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Al finalizar el presente trabajo se puede determinar ciertas conclusiones que surgieron en las diferentes etapas, empezando porque no todos los materiales aglomerantes o conglomerantes son adecuados para la utilización en una caminería de parque; ya sea por su naturaleza, por su composición química y física, por sus características propias, entre otros; por ello, se determinó que los materiales adecuados para soportar solicitaciones de tráfico liviano son el hormigón hidráulico y el asfalto modificado con caucho. Cabe recalcar que antes de la realización de las pruebas se tenía un conocimiento previo de lo que se podría presentar, debido a la realización de ciertos trabajos en varios países del mundo, que sin lugar a dudas presentaba inicialmente un cuadro de incertidumbre y una posterior validación de la información; los proyectos usados son “Realización de ensayos de laboratorio de hormigón con caucho procedente de neumáticos fuera de uso” realizada en España, en el año 2009, por Marilda Barra, Francesc Jordana, Verónica Royano y Enric Vázquez en la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona y “Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos” realizada en Colombia, en el año 2005, por Ricardo Angulo y José Duarte en la Universidad Industrial de Santander.
- Otra característica importante es el comportamiento del tráfico peatonal en Cuenca, considerando el análisis realizado en el “Parque de la Madre”, donde se logró determinar que presenta una intensidad por anchura unitaria media de 13.91 peatón/min/m que según la clasificación determinada por el Highway Capacity Manual pertenece a un nivel de servicio C; también se evidencia que las personas que más hacen uso de las caminerías son adultos entre personas de los dos sexos y un número mucho menor entre niños y niñas, que sirvió como consideración para el diseño de la caminería, tiene mucha relevancia por las cargas actuantes en una sección peatonal de un parque y también hay la posibilidad de que exista una determinada población de bicicletas que involucra

una consideración adicional en este diseño, por ello, se tomó en cuenta la acción de una carga 1000 kg/m^2 .

Total en un conteo de 5 horas continuas	Adultos		Niños	Total
	Hombre	Mujer		
	1825	1710	276	3811

- Es importante conocer que la cantidad diaria obtenida de viruta de caucho, solamente en la empresa Isollanta Cía. Ltda., es de acerca de 400 kg. Lo que representa una suma anual superior a las 100 ton de este residuo. Pero si consideramos la generación en todas las empresas que se dedican a esta actividad cumpliendo con los procesos NTE INEN 2582 (Durallanta, Isollanta Cía. Ltda., Renovallanta S.A., Reencauche y Servicios Rencaplus Cía. Ltda., Maxxicaucho S.A., Reencauchadora Andina S.A., Rencavi y Llanresa del Ecuador), con facilidad llegarían a generar alrededor de 2 ton diarias y anualmente superar las 480 ton.
- Antes de la realización de los ensayos de laboratorio se intentó fundir la viruta de caucho con un procedimiento de extrusión en Plastimad, conjuntamente con el gerente de la empresa Ing. Alex Cordero. Pero a causa de las altas temperaturas que este procedimiento requiere se determinó que no es aplicable a este material, debido a que las maquinas presentaban fallas al integrar la viruta de caucho, evidenciado por los fuertes y anormales ruidos generados en la planta; incluso desencadenó en un accidente laboral en uno de los colaboradores.
- Ahora bien, es de relevancia destacar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio con el hormigón hidráulico: se evidencia que la resistencia a la compresión del hormigón disminuye con la incorporación de la viruta de caucho en su dosificación. A pesar de ello esta reducción no es proporcional con las distintas sustituciones, por lo que, la que presenta la característica de pérdida menos desfavorable es la de sustituir un 3%, en peso, de viruta de caucho en reemplazo del agregado fino, con una disminución del 21.35% respecto del hormigón convencional.

Ensayo de rotura a la compresión en hormigón					
Tipo de hormigón	Muestra 1 (kgf/cm ²)	Muestra 2 (kgf/cm ²)	Muestra 3 (kgf/cm ²)	Resistencia media f' cm (kgf/cm ²)	Valor relativo (%)
HHC	237.63	241.52	247.49	242.21	100.00
HH3%	194.59	186.93	190	190.51	78.65
HH5%	183.68	179.88	206.44(*)	181.78	75.05
HH7%	123.52	123.87	124.08	123.82	51.12

(*) Valor no considerado para calcular la media aritmética de los tres valores presentados de las muestras; debido a que su variación excede en un 10% respecto a los otros.

- En relación a la resistencia a tracción del hormigón también se ve alterada por la incorporación de la viruta de caucho, se puede considerar que en este caso es evidente un descenso mucho más discreto que la resistencia a compresión, presentando en el hormigón con 5 % de viruta de caucho el mejor comportamiento con una disminución de apenas del 1.47%, con respecto al hormigón convencional. Los cilindros de hormigón que contenían viruta de caucho al ser sometidas al ensayo de tracción indirecta, se fracturaron pero no se separaron, debido a las propiedades dúctiles del caucho.

Ensayo de tracción por compresión diametral o tracción indirecta en hormigón					
Tipo de hormigón	Muestra 1 (kgf/cm ²)	Muestra 2 (kgf/cm ²)	Muestra 3 (kgf/cm ²)	Resistencia a tracción indirecta (kgf/cm ²)	Valor relativo (%)
HHC	21.04	21.07	17.55(*)	21.06	100.00
HH3%	15.46	14	15.06	14.84	70.47
HH5%	20.56	20.94	17.48(*)	20.75	98.53
HH7%	11.80	12.07	12.08	11.98	56.88

(*) Valores no considerados para calcular la media aritmética de los tres valores presentados de las muestras; debido a que su variación excede en un 10% respecto a los otros.

- Con respecto al ensayo de flexión llevada a cabo con las viguetas, se puede notar que sufren también una disminución de su resistencia con respecto al hormigón convencional, pero se debe tomar en cuenta que el que presenta menor reducción es el que tiene la sustitución del 5% de viruta de caucho en reemplazo del agregado fino, con un 12.61% del hormigón convencional.

Ensayo de rotura a la flexión en hormigón								
Tipo de hormigón	Probeta 1 (kgf/cm ²)	Probeta 2 (kgf/cm ²)	Probeta 3 (kgf/cm ²)	Probeta 4 (kgf/cm ²)	Probeta 5 (kgf/cm ²)	Probeta 6 (kgf/cm ²)	Resistencia a flexión (kgf/cm ²)	Valor relativo (%)
HHC	Por ser un hormigón estructural convencional de 240 kg/cm ² se considera entre 10-20% de la resistencia a la compresión						36.00	100.00
HH3%	24.45(*)	25.3(*)	21.92(*)	27.86	26.31	29.18	27.78	77.17
HH5%	32.55	32.67	31.16	30.14	28.8(*)	30.78	31.46	87.39
HH7%	15.88(*)	12.57	12.62	13.85	15.43(*)	17.16(*)	13.01	36.14

(*) Valores no considerados para calcular la media aritmética de los seis valores presentados de las muestras; debido a que su variación excede en un 10% respecto a los otros.

- Después de realizar la comparación de los resultados obtenidos en laboratorio, se determina que el empleo de hormigones con viruta de caucho no es recomendable en elementos estructurales sometidos a sollicitaciones de compresión; pero en efecto, se puede tomar en cuenta su uso en pavimentos, debido a que la agregación de caucho le suministra al hormigón propiedades elásticas sin mucha variación en los ensayos de tracción por compresión diametral y flexión. A pesar que ello implica un costo adicional a un hormigón convencional debido a que requiere diseñarse con una resistencia a la compresión mayor, es decir, para obtener un hormigón, de características especificadas, con la sustitución de viruta de caucho se requiere un hormigón convencional con una resistencia del 24.95% mayor. En otras palabras, el costo de un hormigón convencional de 180 kg/cm² fluctúa los \$127, mientras que uno de igual resistencia pero con la sustitución del 5%, en peso de arena, costaría alrededor de \$155 (hormigón convencional de 240 kg/cm²). Lo que implica un aumento en el costo de aproximadamente un 18%.

- Sin embargo, los hormigones que en su composición incorporen la viruta de caucho en sustitución del agregado fino o arena, en un porcentaje del 5% de su peso, pueden ser usados en elementos que no estén predestinados a resistir cargas excesivas: pudiendo ser usadas como barreras en parterres de vías, bordillos para aceras peatonales y caminerías, en elementos prefabricados como adocretos, entre otros.
- Por otro lado, con relación a los ensayos realizados en asfalto y la integración de viruta de caucho en su dosificación, sobresalen varias conclusiones, como por ejemplo que, esta modificación puede ser utilizada confiablemente para mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas.
- Los diferentes autores de las bibliografías citadas coinciden que es mejor usar el menor tamaño de la viruta de caucho posible para mejorar las mezclas asfálticas, básicamente debido al hecho que facilita la homogenización de la mezcla y disminuye los tiempos de reacción en su modificación.
- Basándose en la experimentación realizada en laboratorio y teniendo en cuenta el porcentaje de viruta de caucho que se genera en la empresa Isollanta Cía. Ltda., se obtuvo una relación de aprovechamiento del 1% del peso de arena por unidad producida de asfalto modificado, lo que plantea una opción de carácter ambiental para el manejo de este residuo, es decir, por cada m³ de asfalto se incorpora 3.5 kg de viruta de caucho fino. Lo que es lo mismo, para cada km de caminería de 1.50 m de ancho y 2.54 cm de espesor se logra incorporar 133.35 kg.

Criterios Marshall			Distintas sustituciones				
	Mínimo	Máximo	AC	AM 0.3%	AM 1%	AM 3%	AM 5%
No. de golpes / cara	50		50	50	50	50	50
Estabilidad (libras)	1000	2400	2019	1753	1660	937	358
Flujo (pulgada/100)	8	18	17	18	20	28	32
% de vacíos en mezcla							
capa de rodadura	3	5	4.64	4.76	10.82	18.73	21.26
capa intermedia	3	8					
capa de base	3	9					

- Es interesante comprender que la obtención de viruta de caucho no presenta ningún costo, mientras que la implementación de polímeros que realizan el mismo proceso modificador de las características de los asfaltos pueden llegar a costar alrededor de \$50 el litro. También es importante tener en consideración que el material entregado por la empresa Isollanta Cía. Ltda. requiere un proceso adicional de tamizado o en su defecto de trituración para lograr el material más fino posible.

Recomendaciones

- Para futuros estudios que tengan relación a la sustitución de arena por viruta de caucho en hormigones hidráulicos, se recomienda ajustar las cantidades de los materiales utilizados con sustituciones que bordeen el 5%, para buscar la sustitución que afecte la menor cantidad en la disminución de los resultados de los ensayos a compresión simple, tracción por compresión diametral y flexión.
- Es necesario un estudio de la durabilidad de los hormigones con viruta de caucho, que establezca la capacidad que tienen de resistir sollicitaciones generadas por varios agentes como intemperismo, sustancias químicas, es decir, de cualquier proceso o acción que procure su deterioro. La razón más importante para llevar a cabo estos estudios es que los hormigones con presencia de viruta de caucho tienen un mayor volumen de poros, favoreciendo a la penetración de agentes agresivos.
- Lo que respecta a asfalto es necesario mencionar que la calidad de los materiales pueden variar; por lo que es necesario revisarlos, de ser posible con ensayos de laboratorio. Y en cuanto sea factible si las propiedades de los materiales presenten un cambio a los usados en este trabajo, procurar diseñar nuevamente las mezclas asfálticas.
- Sería interesante estudiar los beneficios que se pueden obtener al emplear tamaños de grano considerablemente más fino al utilizado en este trabajo debido a que el tamiz usado es una malla de aluminio común, de diámetro de 1 mm, que en su proceso permite el paso de partículas más grandes a la considerada como

un polvillo. Cabe recalcar que el valor útil de viruta de caucho fino con el proceso de tamizado es del 33.8%, lo que provoca que el material grueso pueda ser usado para cogeneración de energía.

Descripción		Peso (libras)	%
Total (Fino + Grueso)		57.5	100
Viruta de caucho	Fino	19.5	33.8
	Grueso	38.2	66.2

- De igual manera, sería de relevancia estudiar el uso de un grano de caucho más grueso al usado en este trabajo mediante el mismo proceso, para analizar los beneficios o desventajas que se pueden obtener con esta variación.
- Es importante considerar sobre capas asfálticas con mezclas de asfalto modificado con caucho en los contratos de mantenimiento de caminerías de parques de la ciudad de Cuenca, como una alternativa con bastante potencial en cuanto a aspectos ambientales y disminución de espesores.
- Sería necesario desarrollar una evaluación económica de las mezclas asfálticas con caucho, comparándolas con las convencionales, en cuanto a costos iniciales y de mantenimiento, su vida útil y el estado del pavimento en el tiempo.
- Un aspecto importante sería analizar el comportamiento de los asfaltos con viruta o polvillo de caucho, incorporando otros aditivos, ya que en este trabajo se utilizó únicamente el aditivo Zycotherm.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, J., Martínez, E., Díaz, E., & Amat, E. (1985). *Materiales de construcción*. La Habana: Ediciones.
- Alcaldía mayor de Bogota D.C. Instituto de Desarrollo Urbano y Universidad de los Andes. (2005). *Mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llantas*. Bogotá.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *Guide for design of pavement structures*. Washington DC.
- ANGULO, R., & Duarte, J. (2005). *Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos*. Bucaramanga.
- BARRA, M., Jordana, F., Royano, V., & Vázquez, E. (2009). *Realización de ensayos de laboratorio de hormigón con caucho procedente de neumáticos fuera de uso*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- BOTASSO, G., & Cuattrocchio, A. (2007). *Estado de la utilización de caucho reciclado en obras viales en latinoamerica. Aplicaciones*. La Plata.
- CAMPUSANO, D., & Arízaga, F. (2006). *Estudio de la utilización de cauchos de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco*. Santiago de Chile.
- CRESPO, S. (2010). *Materiales de construcción para edificación y obra civil*. Valencia: ECU.
- DAS Braja M. (2011). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. México D.F.: Cengage Learning Latinoamérica.
- FLORES, D. (2014). *Práctica "Ensayo de Marshall"*. Arequipa.
- GARROTE, E. (2006). *Efecto de la temperatura en la tenacidad de diferentes mezclas bituminosas*. Catalunya.
- GUILLÉN, D. (2014). *Estudio del comportamiento peatonal en los cantones: Pasaje y Santa Rosa. provincia de El Oro*. Cuenca.
- MAXIL, R., & Salinas, M. A. (2006). *Ventajas y desventajas del uso de polimeros en el asfalto*. Cholula, Puebla.
- MEDINA, L. R., & Otros. (2000). *Nociones básicas de cálculo inverso de firmes*. Madrid: Aepo SA.

- Ministerio de Industrias y Productividad. (2015). *Ministerio de Industrias y Productividad*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2015, de <http://www.industrias.gob.ec/reusa-llanta/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador . (2013). *Especificaciones generales para la ejecución de puentes y caminos MOP-01-2002-F*. Quito-Ecuador.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador . (11 de Febrero de 2015). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de MTOP promueve desarrollo en la calidad de asfalto: <http://www.obraspublicas.gob.ec/mtop-promueve-desarrollo-en-la-calidad-de-asfalto/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador . (01 de Abril de 2015). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de Pichincha es la primera provincia del Ecuador donde se colocó mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado: <http://www.obraspublicas.gob.ec/pichincha-es-la-primera-provincia-del-ecuador-donde-se-coloco-mezcla-asfaltica-modificada-con-caucho-reciclado/>
- MONSALVE, L., Giraldo, L., & Maya, J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido*. Armenia-Quindío-Colombia.
- MOROCHO, D. G. (2014). *Aplicación de pruebas de desempeño a mezclas asfálticas producidas en diferentes plantas de la región Sierra*. Guayaquil.
- OPTIMASOIL. (13 de Agosto de 2015). *Optimasoil Nanotecnología para su negocio*. Obtenido de <http://www.optimasoil.com/index.php/productos/zycotherm>
- SCANFERLA, L. J. (2009). *Ensayos de hormigón en estado fresco y endurecido*. La Plata.
- Transportation Research Board. (2000). *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C.: Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- Universidad del Cauca. (Mayo de 1994). *Diseño estructural de pavimentos DEPAV*. Popayán, Colombia.
- VERGARA, H. (s.a.). *Diseño directo de pavimentos flexibles*.

ANEXOS

Anexo 2.1: Conteo peatonal en campo (06-marzo-2015)

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil				
Universidad del Azuay				
Conteo peatonal "Parque de la madre"				
Ciudad:	Adultos		Fecha:	
Intervalo de tiempo	Hombre	Mujer	Niños	Observaciones
	15:00 - 15:15	 		
15:15 - 15:30	12 11 23 3 22 9 7 2 6 5 1 4 1 5 3	2 1 2 2 7 2 3 7 3 6 8 1 6 7 1 1 4 2		
15:30 - 15:45	4 1 4 6 3 1 5 3 9 1 1 1 3 6 5 2 1 1	4 8 2 4 1 6 9 4 1 6 1 4 5 2 2	3 1 1 3 1 1 2	
15:45 - 16:00	1 4 6 8 8 6 1 4 1 0 1 5 9	1 5 3 1 1 7 1 5 5 1 8 1 0 3 6	1 2 1 1 1 1 1 5 1	
16:00 - 16:15	5 2 2 8 2 5 1 6 6 2 6 8	1 0 1 8 1 1 1 3 6 6 1 6 3	1 7 2 1 1 1 1 1 4 2 1 1	
16:15 - 16:30	8 4 8 1 0 1 6 3 1 5 1 5 7 7	1 1 5 1 8 1 2 1 0 1 8 2 7 6		
16:30 - 16:45	8 1 4 1 4 5 9 1 7 5 7	1 1 7 6 4 2 5 5 7 3 1 4 7 5	1 1 1 1 1 1 1 1 2 3 1 1	
16:45 - 17:00	2 0 1 1 9 1 8 1 8 2 3 1 3	2 2 4 1 8 3 1 2 2 2 1 2	2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
17:00 - 17:15	1 4 1 9 3 1 1 3 1 6 1 0	1 1 1 2 3 8 1 3 1 5 7	1 1 1 2 1 2 2	
17:15 - 17:30	1 7 9 1 7 1 7 1 3 1 2 2	2 0 1 3 1 5 1 2 1 9 2 0 1 0 2	1 1 2 1 1 1 1 2	
17:30 - 17:45	1 5 6 3 0 1 5 1 4	1 4 2 2 2 0 2 4	1 1 1 1 1	
17:45 - 18:00	2 2 3 2 1 9 5	1 8 3 5 1 6 6	1 1 1 1 1 3 5 1 2	
18:00 - 18:15	2 0 4 8 1 9 2 4	1 6 4 2 2 5 1 8	1 2 1 1	
18:15 - 18:30	1 9 3 1 2 4 3 0 1 3	2 4 2 5 2 4 2 7 1 3	1 2 1 2 1 2 1 1 1 1 2 2 1	
18:30 - 18:45	1 8 2 1 2 2 1 8 9 6 1 3 9	2 6 3 3 2 4 6 3 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
18:45 - 19:00	3 7 2 8 3 1 1 3	2 7 1 6 2 0 2 4	1 1 1 2 1 3 1 2 2 1	
19:00 - 19:15	2 4 3 3 2 3	2 1 2 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
19:15 - 19:30	2 5 2 3 4 7 6	3 0 2 6 2 7 2 7	2 1 2 1 1 2 2 1 1 1	
19:30 - 19:45	1 1 2 2 5 1 9	1 2 1 6 2 3 1 4	1 1 2 1 2 5 1	
19:45 - 20:00	1 6 1 7 1 7 3 7	1 6 2 7 2 0	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
TOTAL				

Anexo 3.1: Ensayo de análisis granulométrico de la arena a ocupar en hormigón hidráulico (11-mayo-2015)

LABORATORIO DE SUELOS DIRECCIÓN: TENIENTE HUGO ORTIZ 2-67 Y GENERAL TORRES
 TELEFONOS: 098474601 - 2829015 - 2824515
 ING. CRISTINA VINTIMILLA M.Sc. MAIL: mcristi.vv@hotmail.com

LABORATORIO DE SUELOS
ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Uso: Hormigón
 Material: Arena
 Fecha: 5 de mayo de 2015

Calculado: Ing. Cristina Vintimilla
 Solicita: EMAC

NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63

TAMIZ (mm)	Pulg.	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3"	76.200	-	-	-	100.0
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.0
2"	50.800	-	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.0
3/4"	19.050	-	-	-	100.0
3/8"	9.525	-	-	-	100.0
Nº 4	4.750	100	100	5.0	95.0
< Nº 4	4.750	100	1.900	95.0	95.0
Nº 8	2.375	420.7	420.7	21.0	73.9
Nº 16	1.188	642.0	1.062.7	53.1	41.8
Nº 30	0.600	400.8	1.463.5	73.2	21.8
Nº 50	0.350	335.0	1.798.5	89.9	5.1
Nº 100	0.150	89.6	1.888.1	93.4	(1.6)
< Nº 100	<0.150	31.5	1.899.6	95.0	

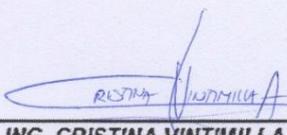
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	2.000,00	CUARTEO	
		Peso total antes del lavado	1.899.61

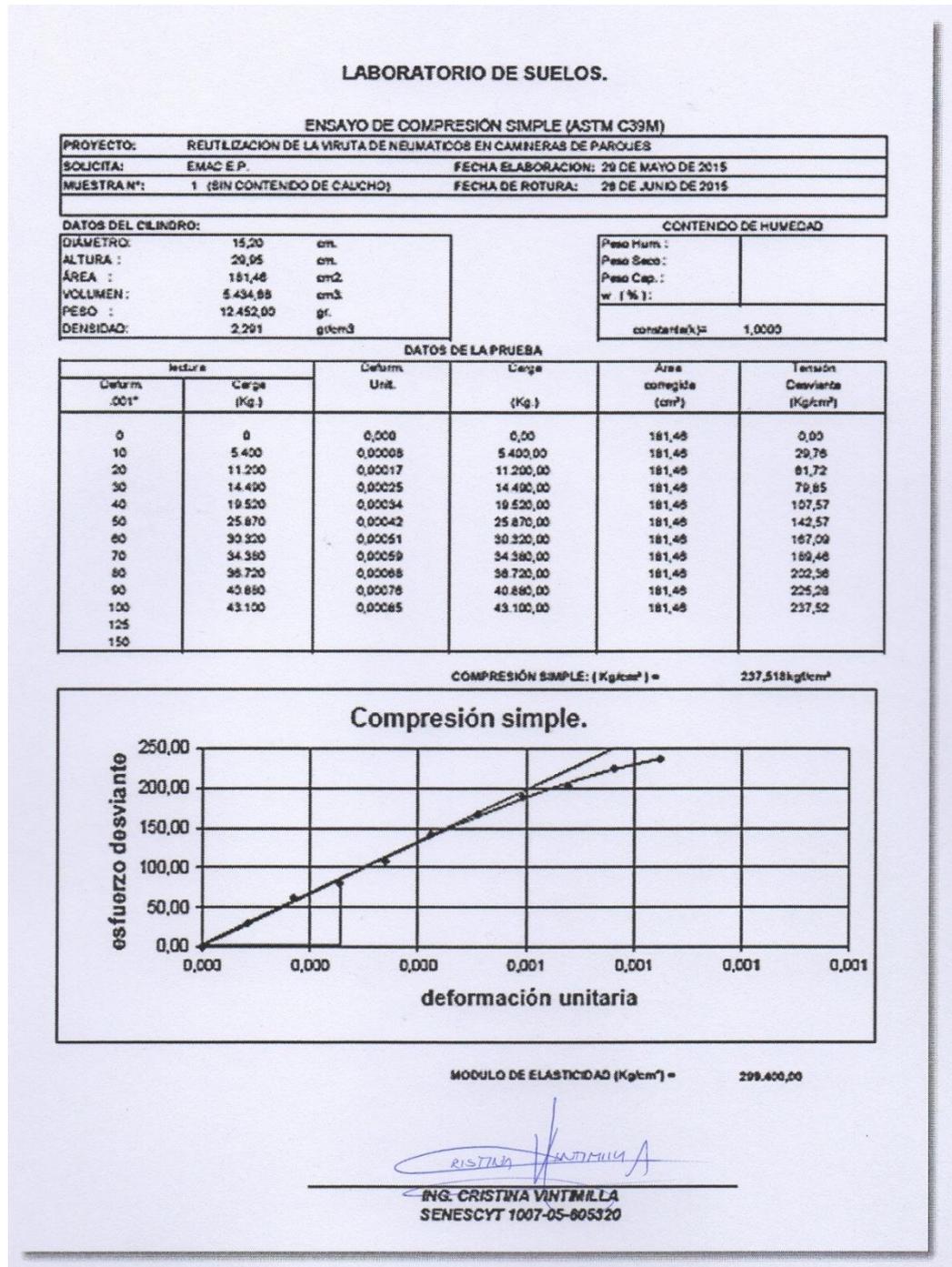
Peso específico Seco=	2,45	Grava=	5,02 %	Peso volum. suelto prom. =	1484,73 Kg/m ³
Peso específico SSS =	2,54	Arena=	93,40 %	Módulo de finura=	3,36
Peso específico Aparente =	2,68	Finos=	1,58 %	Porcentaje de absorción=	3,49 %

CURVA GRANULOMÉTRICA

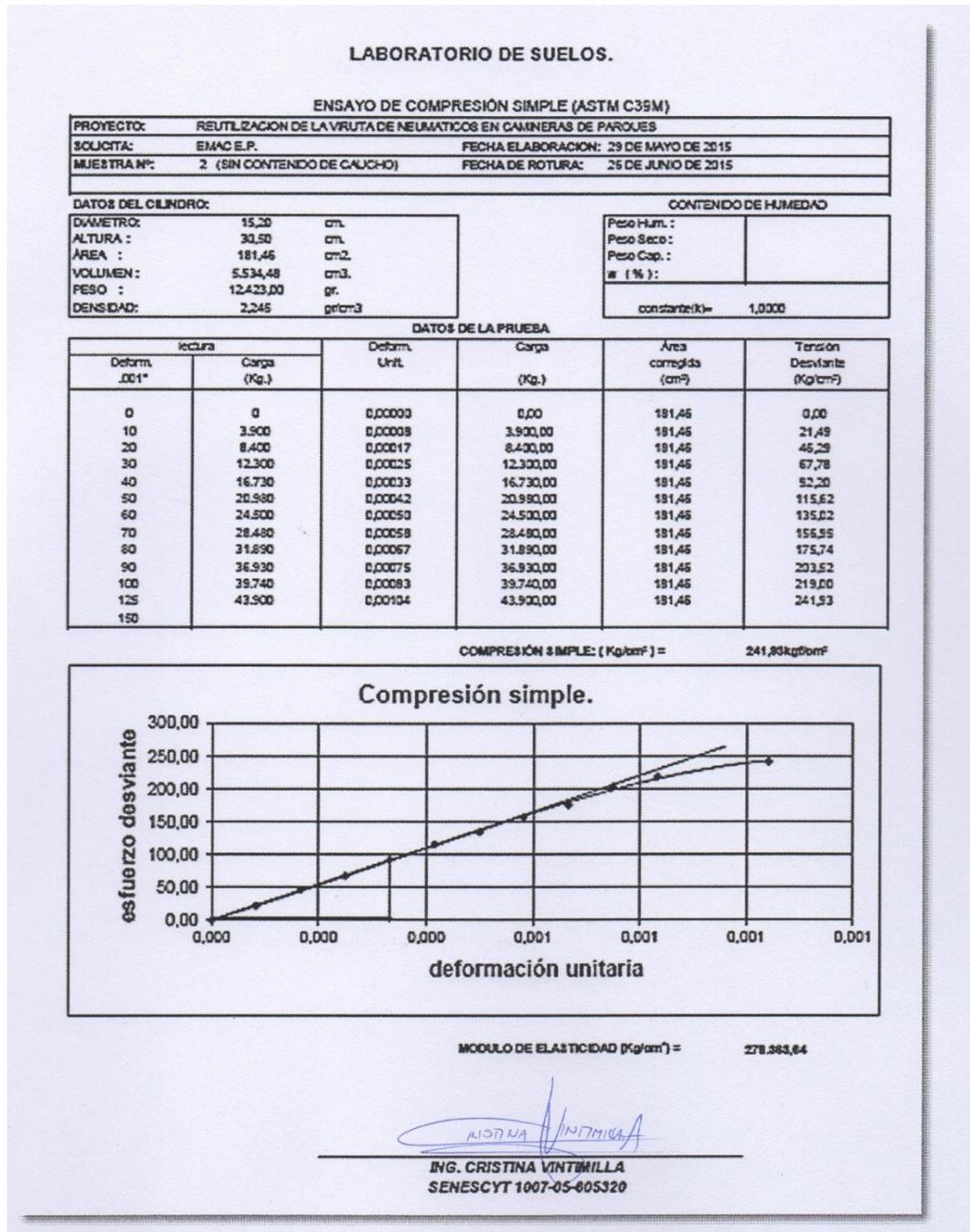
Anexo 3.3: Dosificación de hormigón hidráulico de 240 kg/cm²

LABORATORIO DE SUELOS	
ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
Diseño de Hormigón	Calculado: Ing. Cristina Vintimilla
Resistencia Especificada: 240 kg/cm ²	Solicita: EMAC
Proyecto:	
fcr	287,00 Kg/cm²
Asentamiento	8 ± 2 cm.
W/C	0,53
Grava	55,00%
Arena	45,00%
DOSIFICACION POR METRO CUBICO	DOSIFICACION EN VOL. POR SACO DE CEMENTO
Agua = 200 lt	Agua = 27 lt
Cemento = 377 Kg	Cemento = 1 saco (50Kg)
Grava = 821,81 Kg	Grava = 4 parihuelas
Arena = 758,81 Kg	Arena = 3 parihuelas
Nota: Parihuelas de 0.30*0.30*0.30 m	
 ING. CRISTINA VINTIMILLA SENESCYT 1007-05-605320	

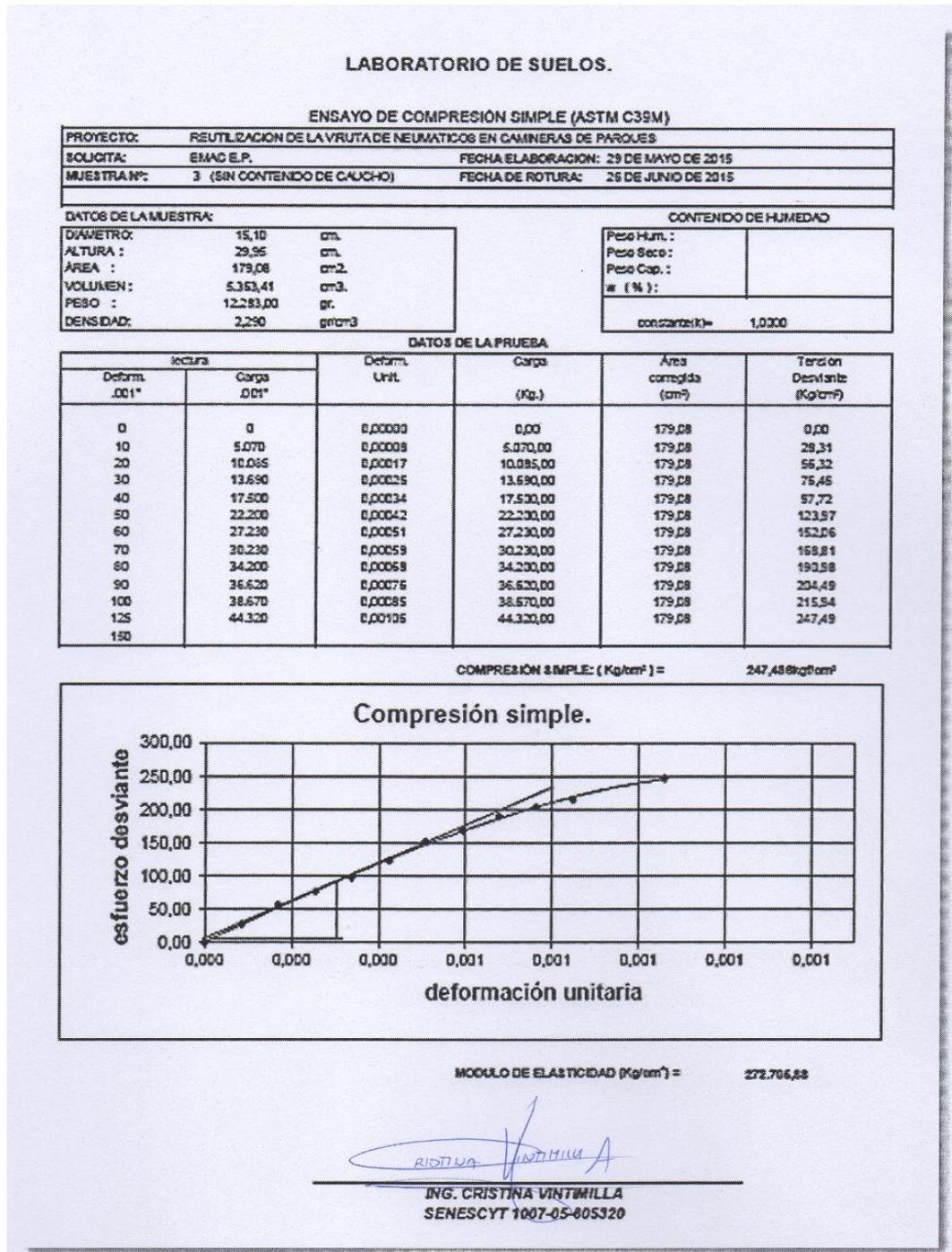
Anexo 3.4: Ensayo de compresión simple sin contenido de viruta de caucho muestra N°1 (26-junio-2015)



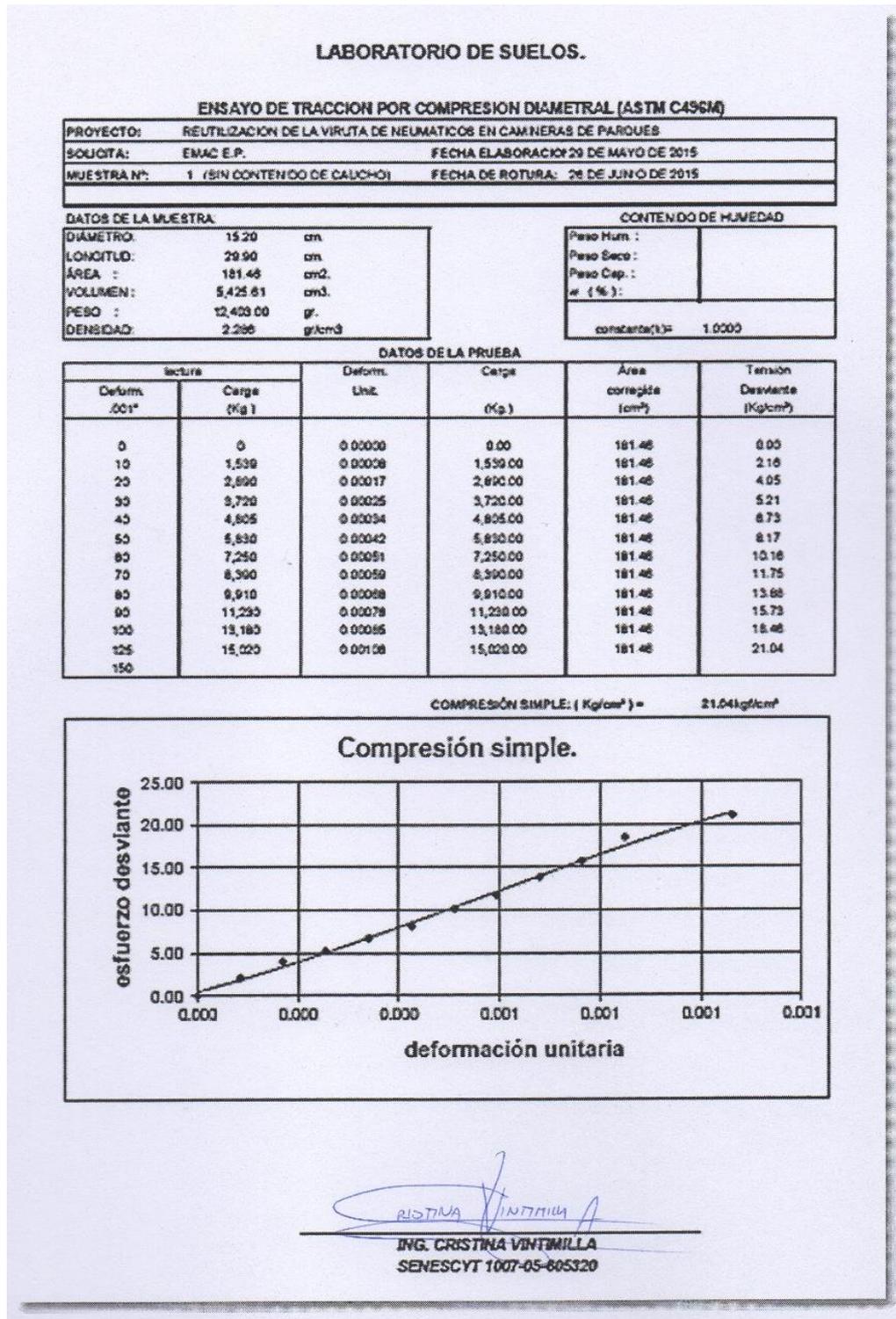
Anexo 3.5: Ensayo de compresión simple sin contenido de viruta de caucho muestra N°2 (26-junio-2015)



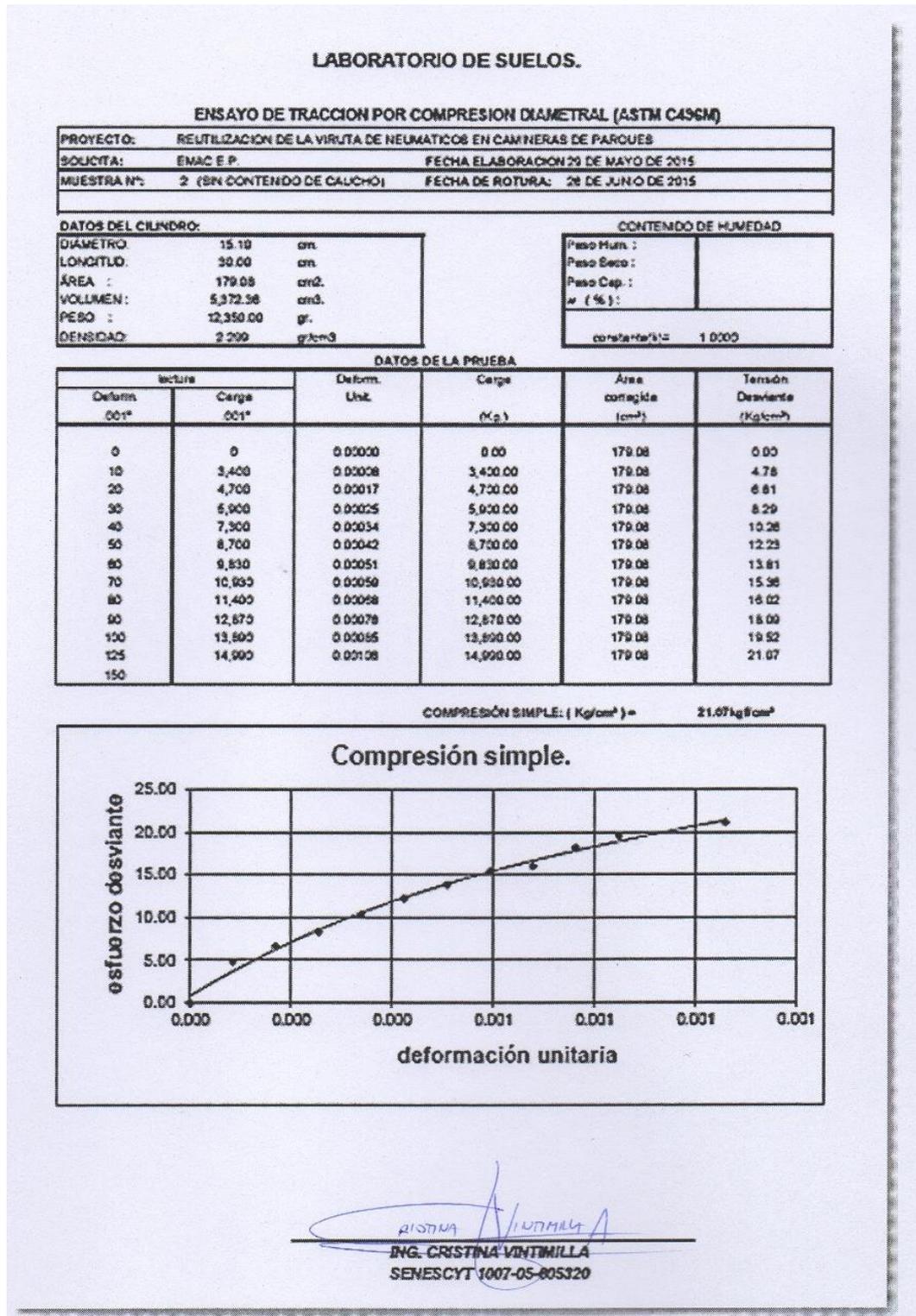
Anexo 3.6: Ensayo de compresión simple sin contenido de viruta de caucho muestra N°3 (26-junio-2015)



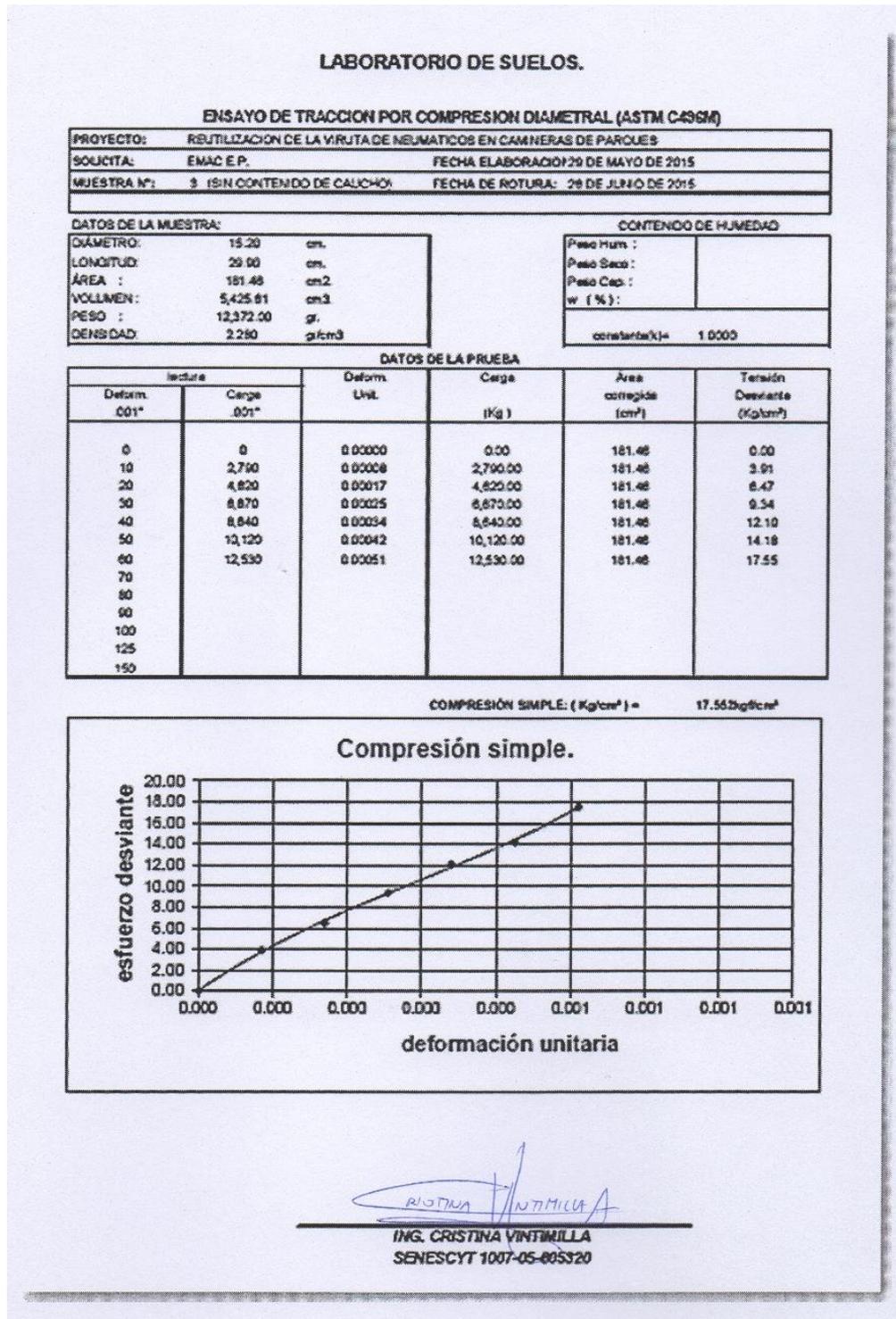
Anexo 3.7: Ensayo de tracción por compresión diametral sin contenido de viruta de caucho muestra N°1 (26-junio-2015)



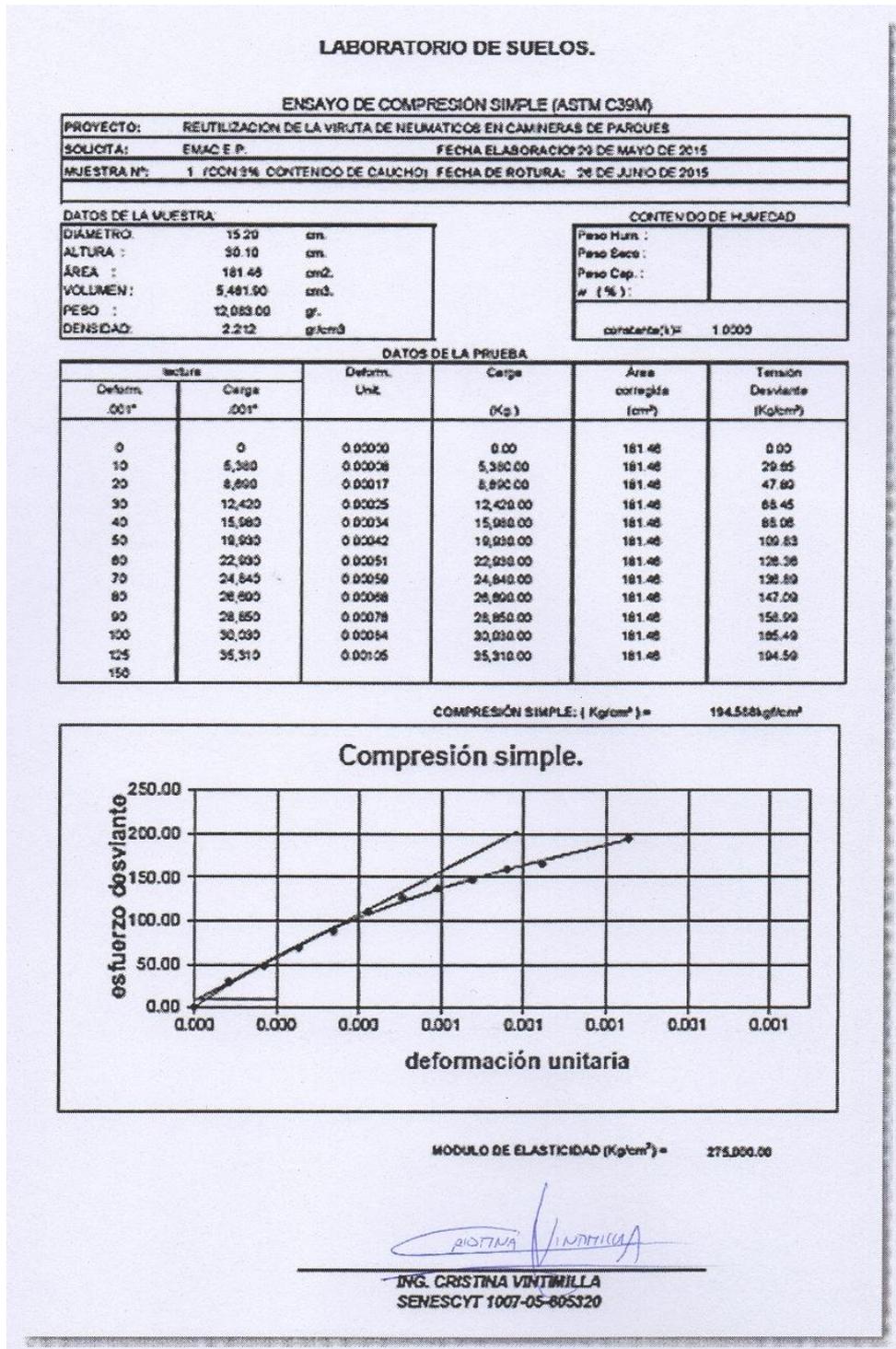
Anexo 3.8: Ensayo de tracción por compresión diametral sin contenido de viruta de caucho muestra N°2 (26-junio-2015)



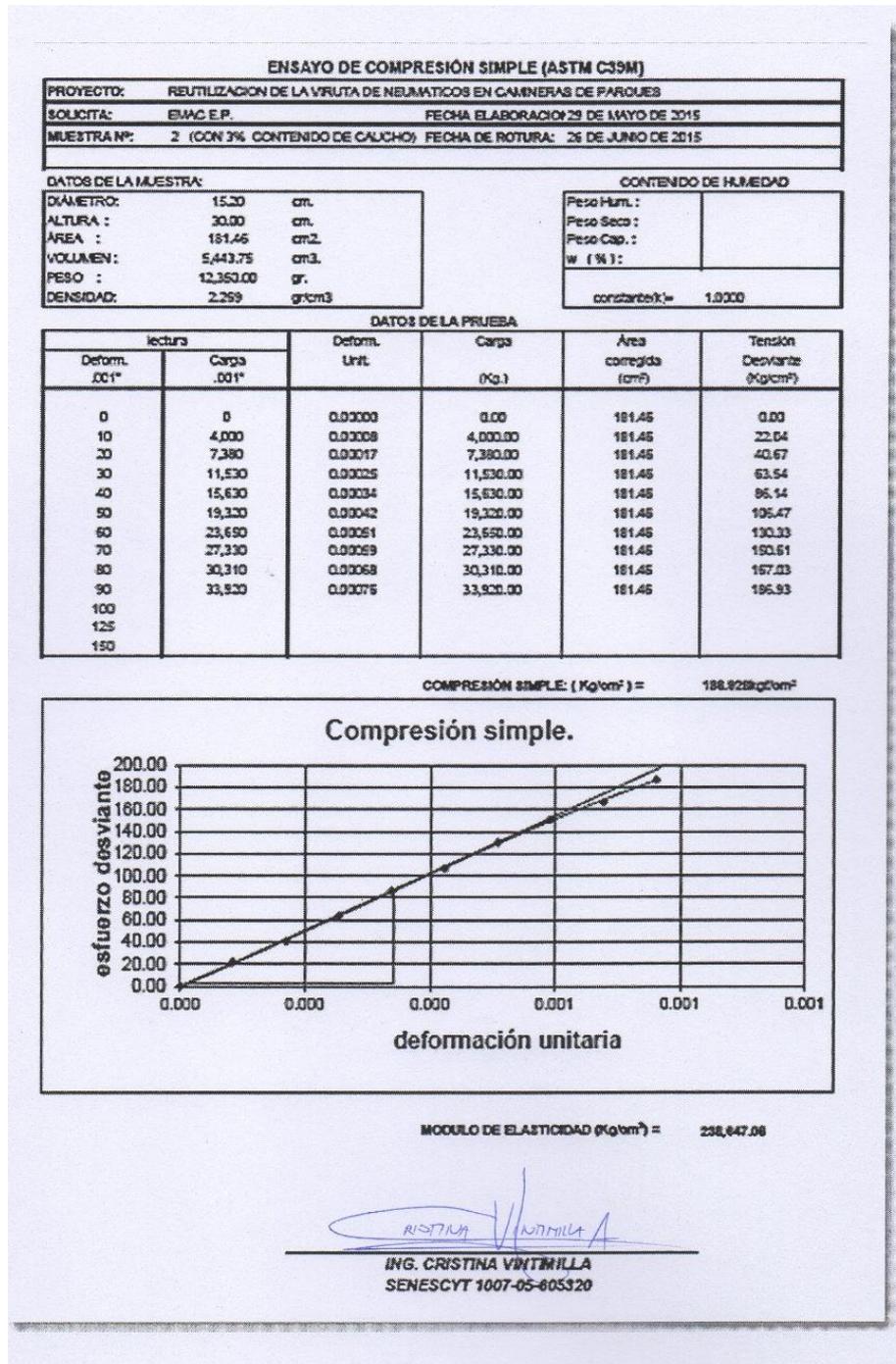
Anexo 3.9: Ensayo de tracción por compresión diametral sin contenido de viruta de caucho muestra N°3 (26-junio-2015)



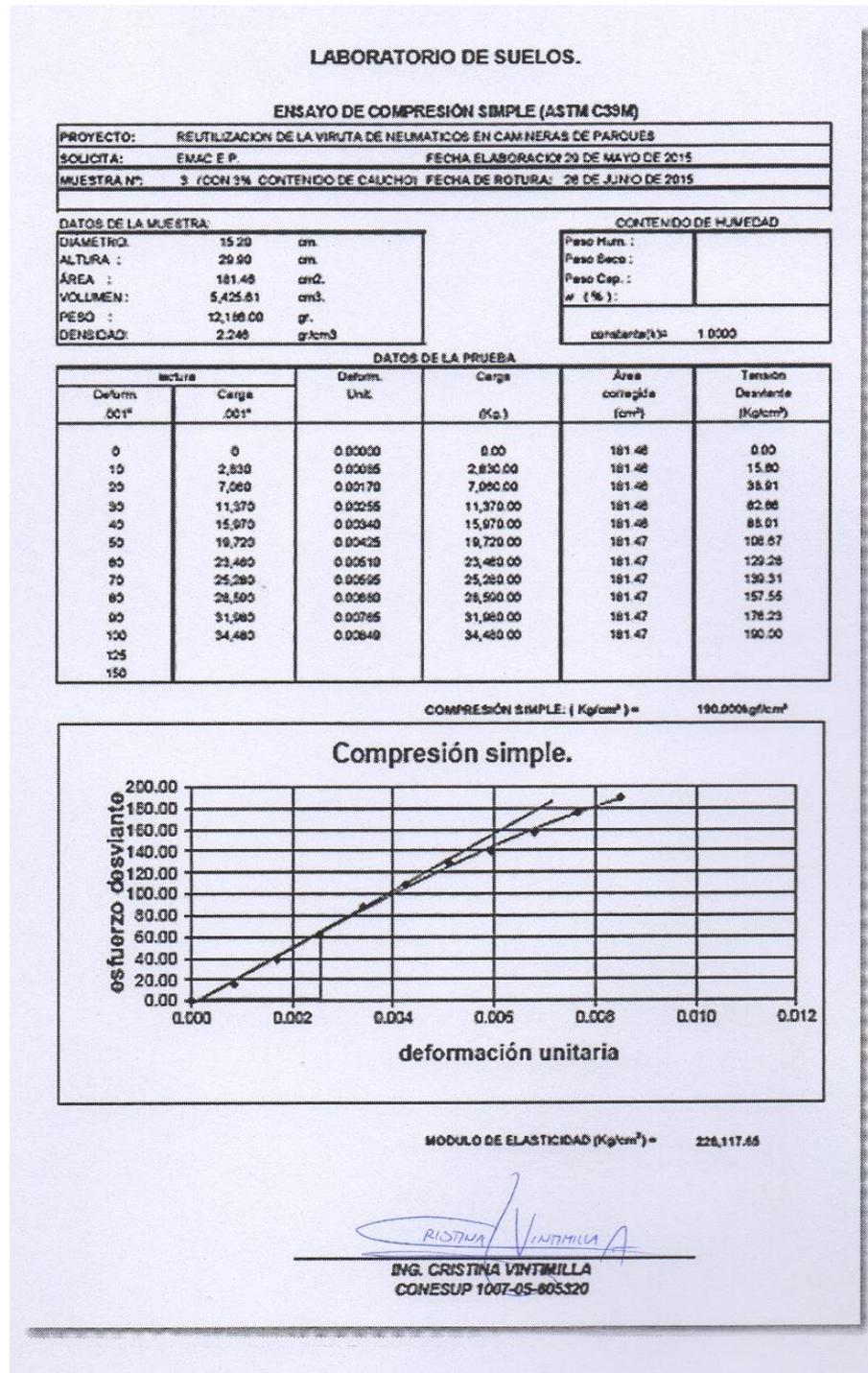
Anexo 3.10: Ensayo de compresión simple con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°1 (26-junio-2015)



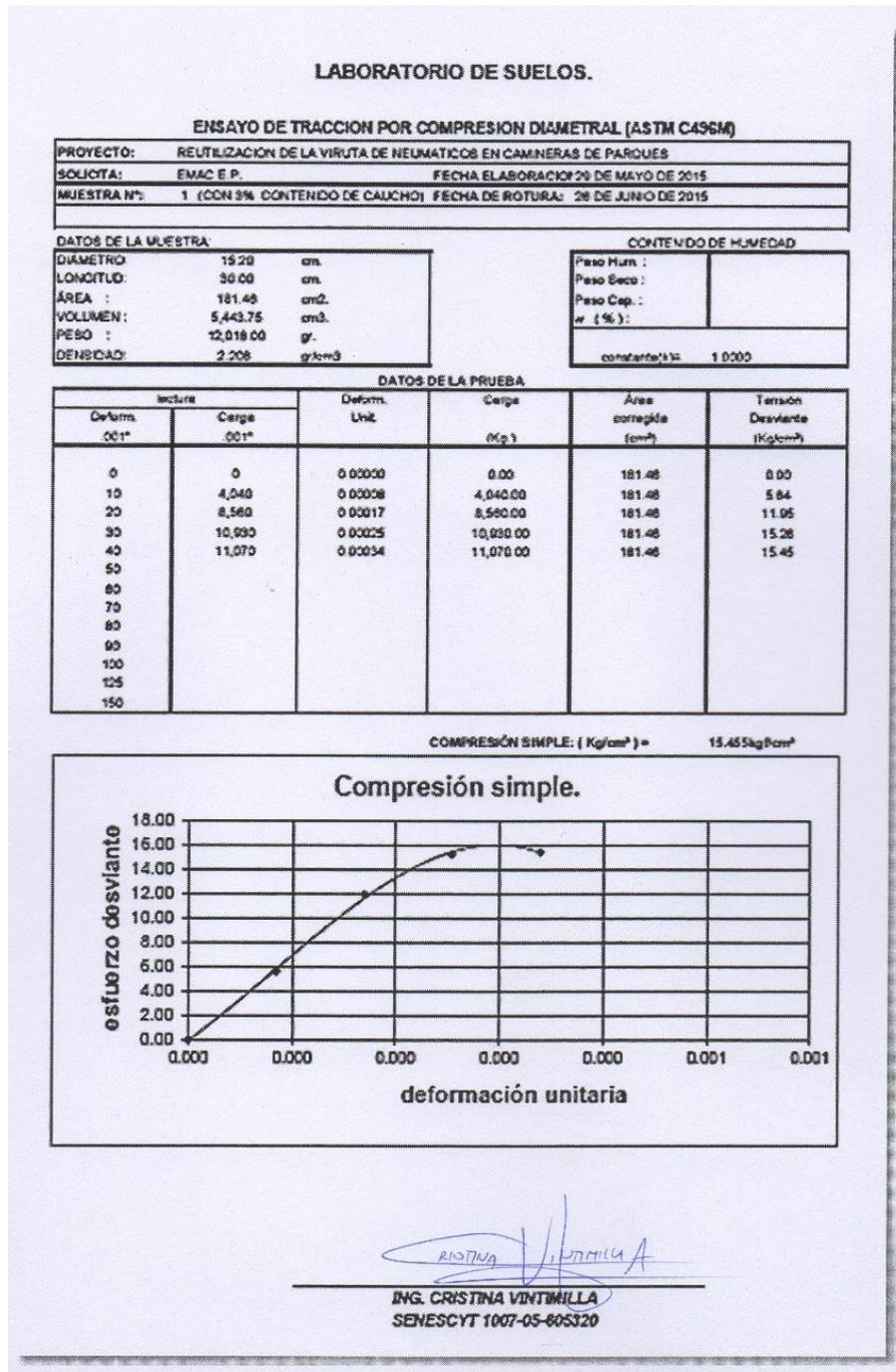
Anexo 3.11: Ensayo de compresión simple con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°2 (26-junio-2015)



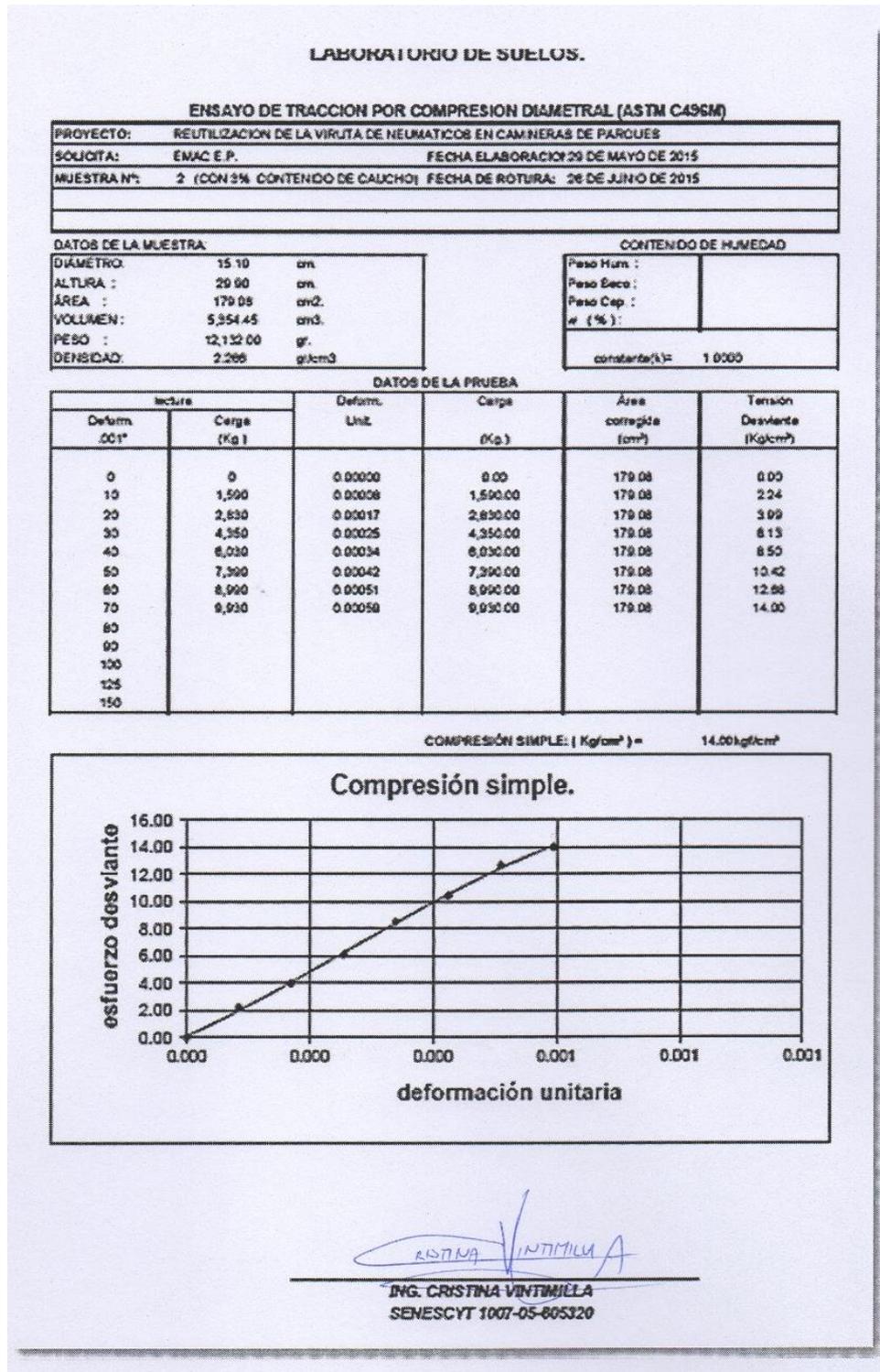
Anexo 3.12: Ensayo de compresión simple con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°3 (26-junio-2015)



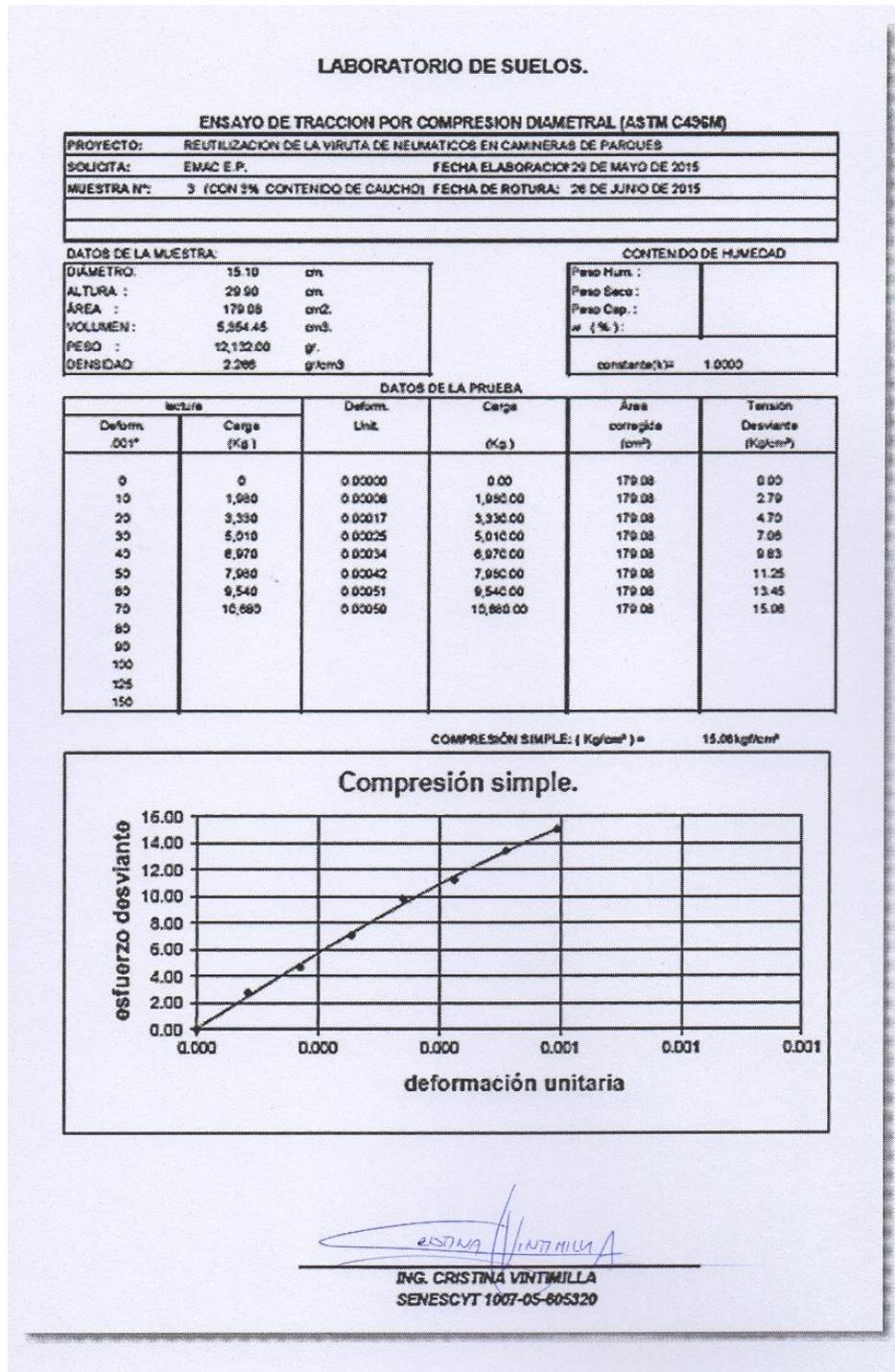
Anexo 3.13: Ensayo de tracción por compresión diametral con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°1 (26-junio-2015)



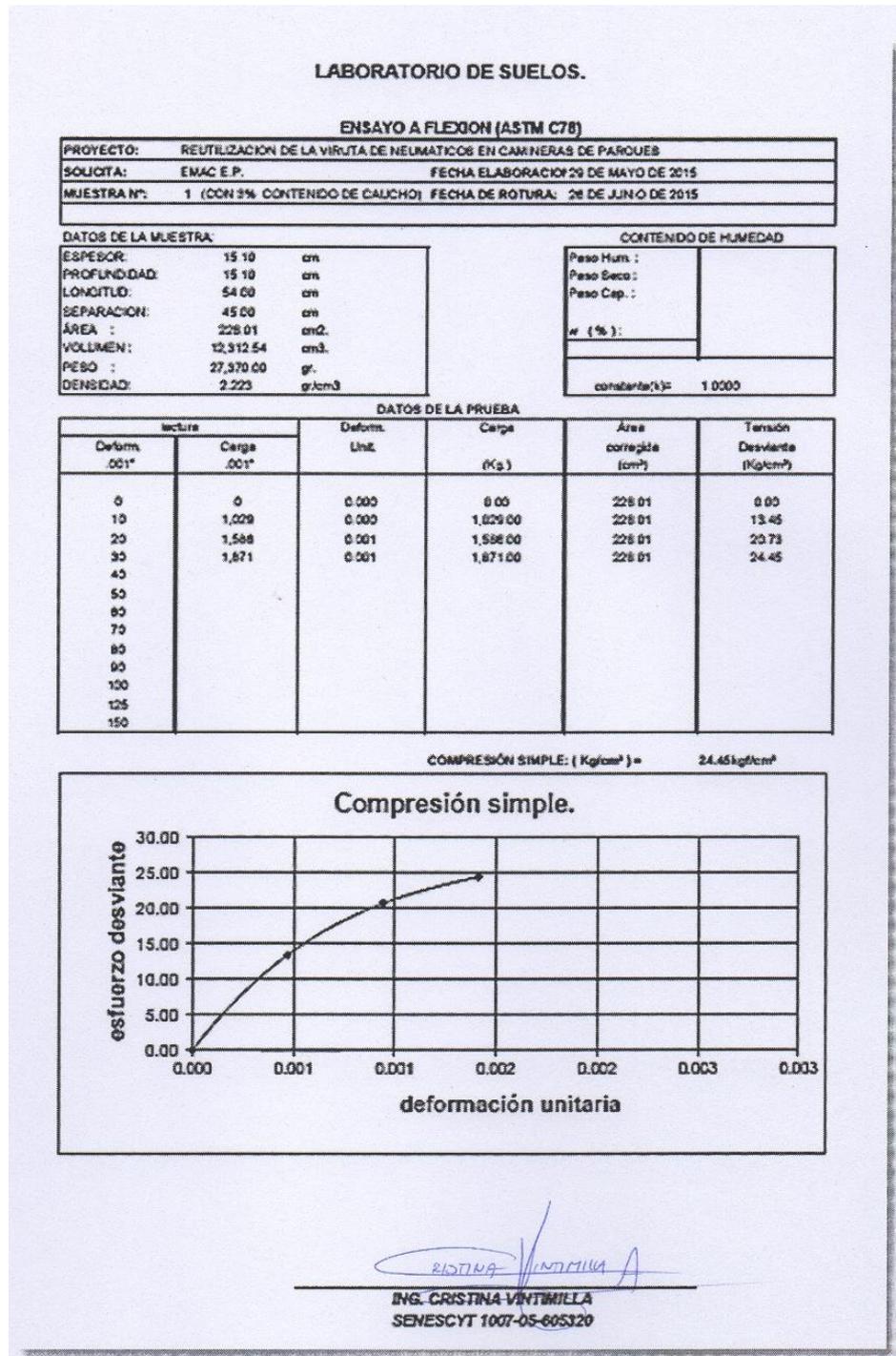
Anexo 3.14: Ensayo de tracción por compresión diametral con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°2 (26-junio-2015)



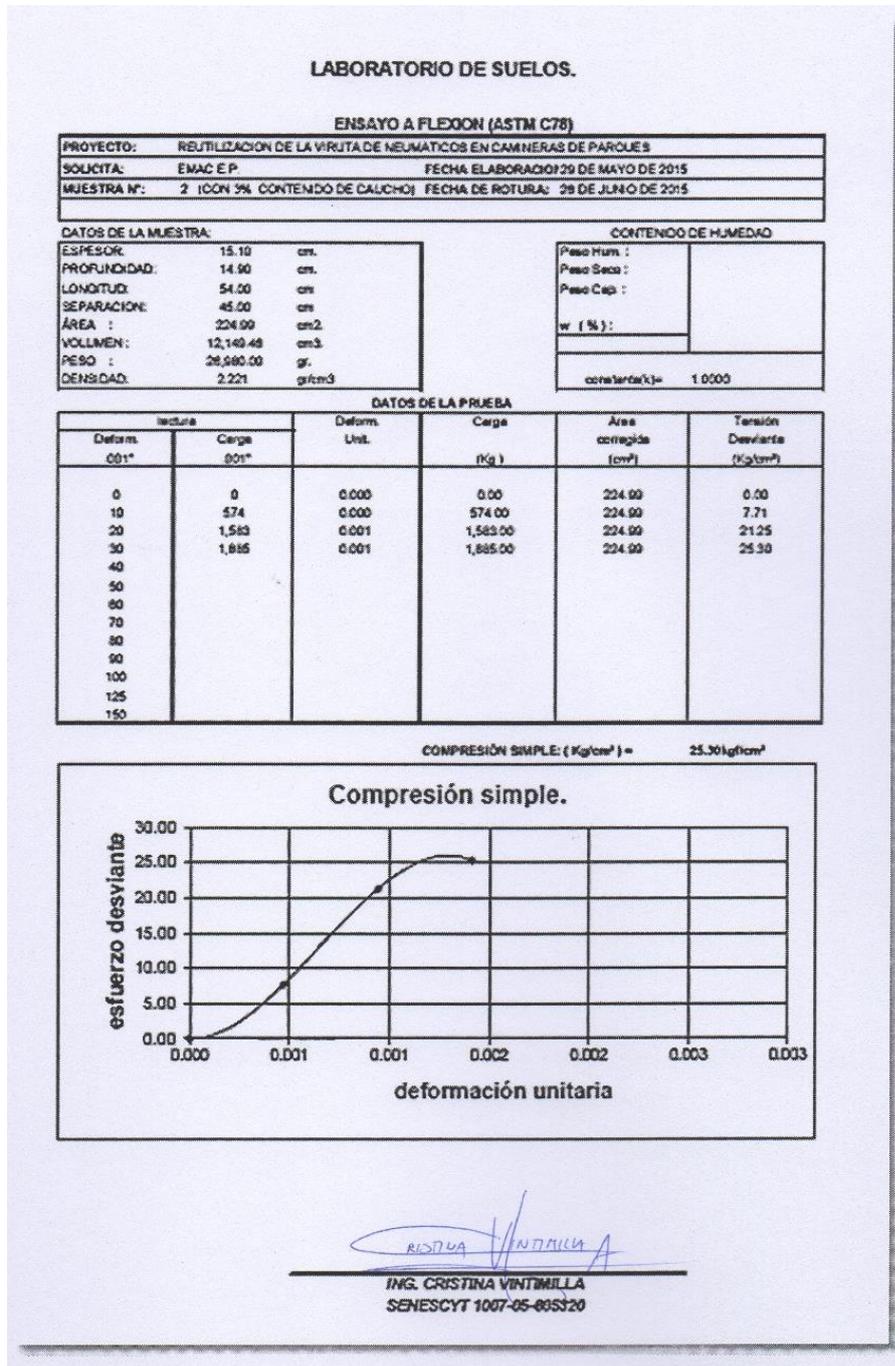
Anexo 3.15: Ensayo de tracción por compresión diametral con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°3 (26-junio-2015)



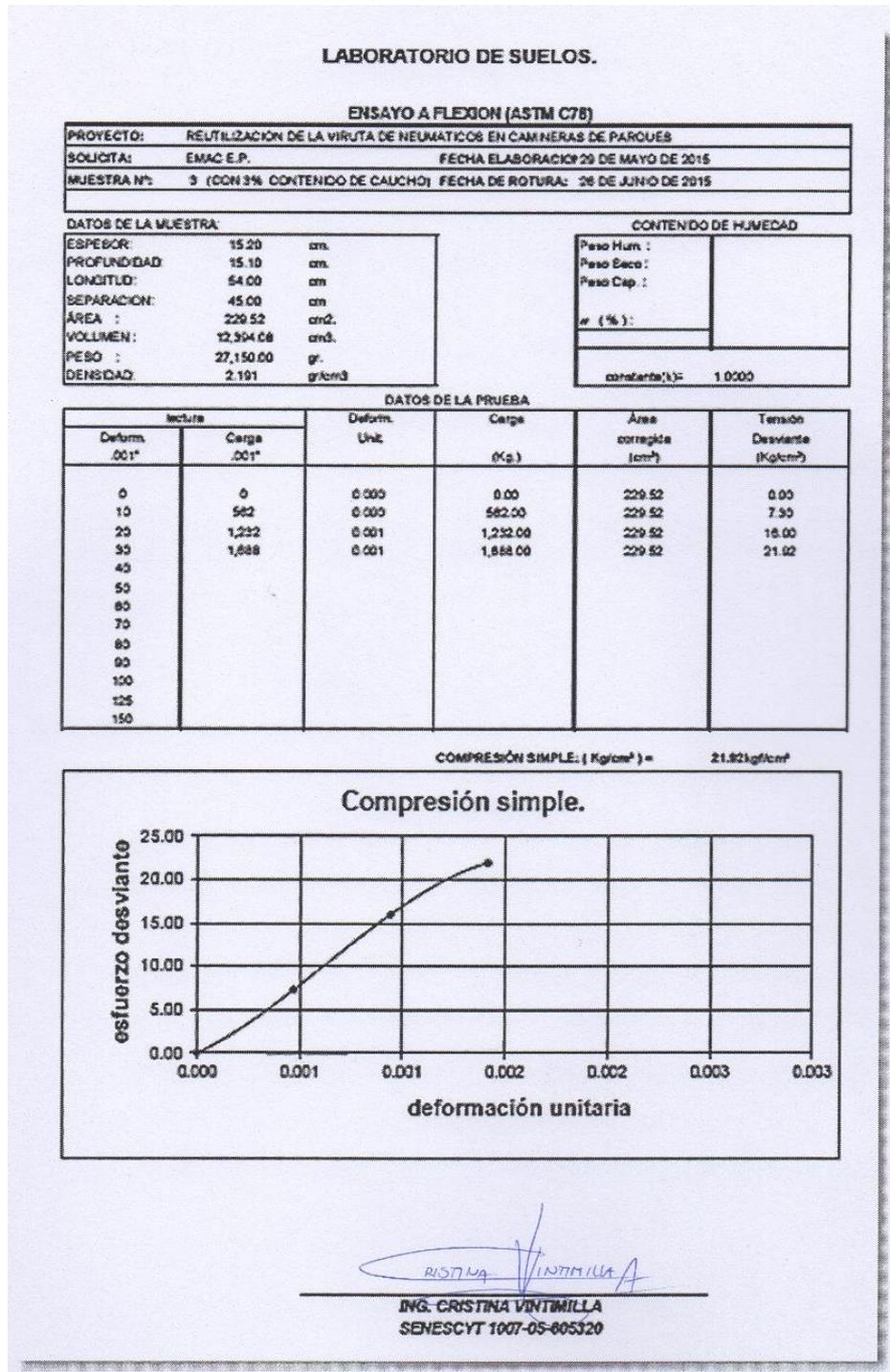
Anexo 3.16: Ensayo a flexión con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°1 (26-junio-2015)



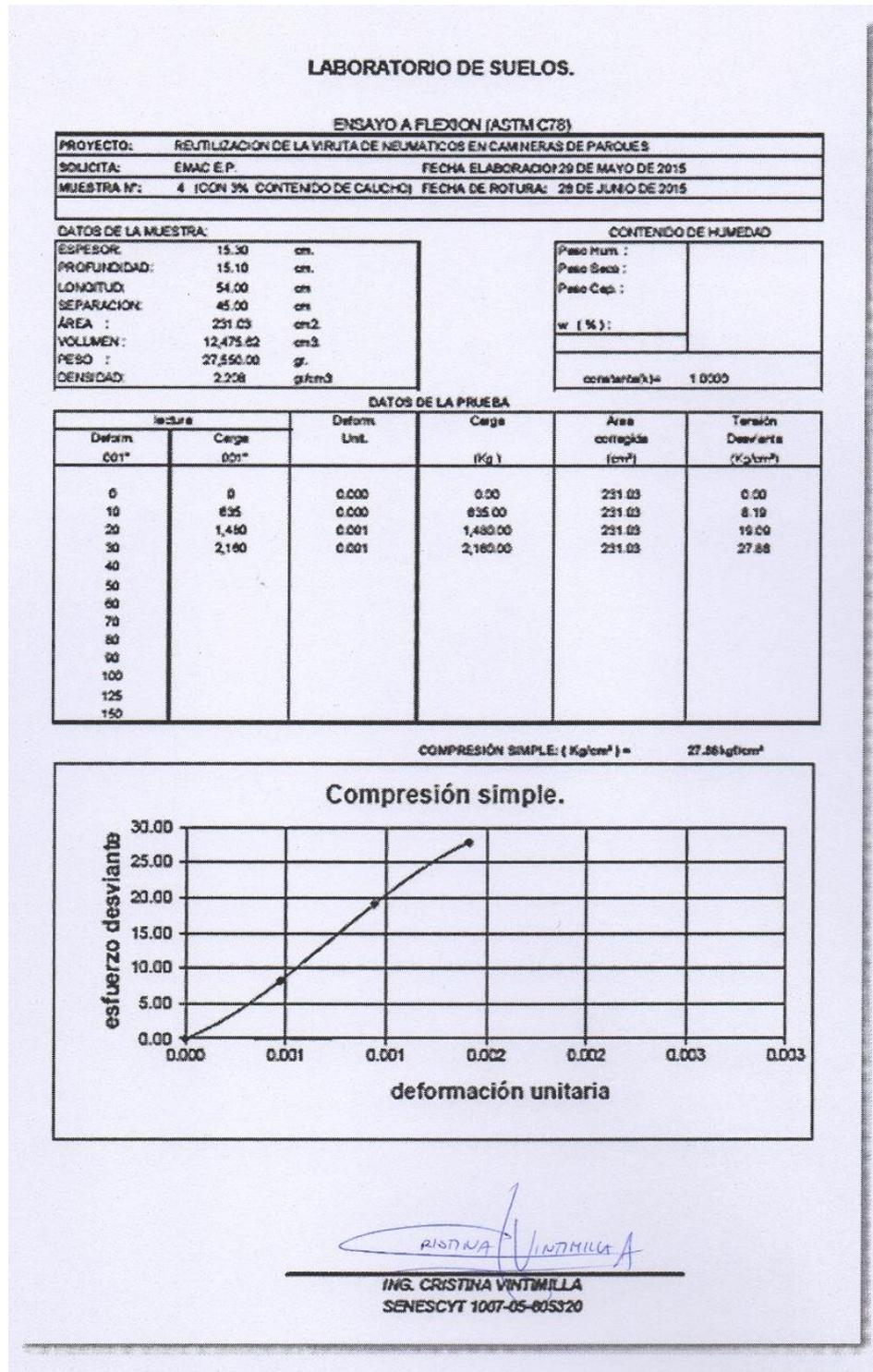
Anexo 3.17: Ensayo a flexión con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°2 (26-junio-2015)



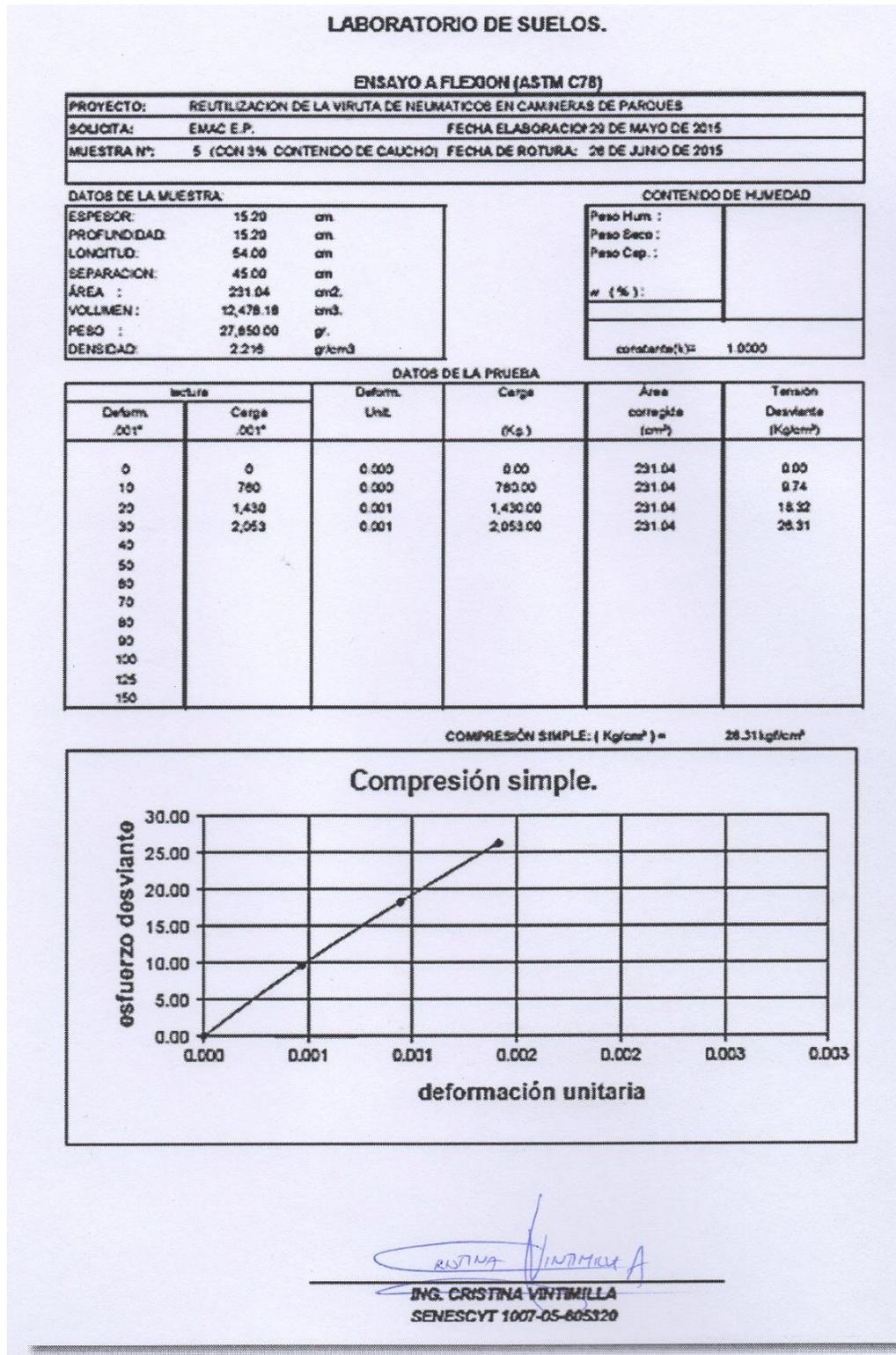
Anexo 3.18: Ensayo a flexión con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°3 (26-junio-2015)



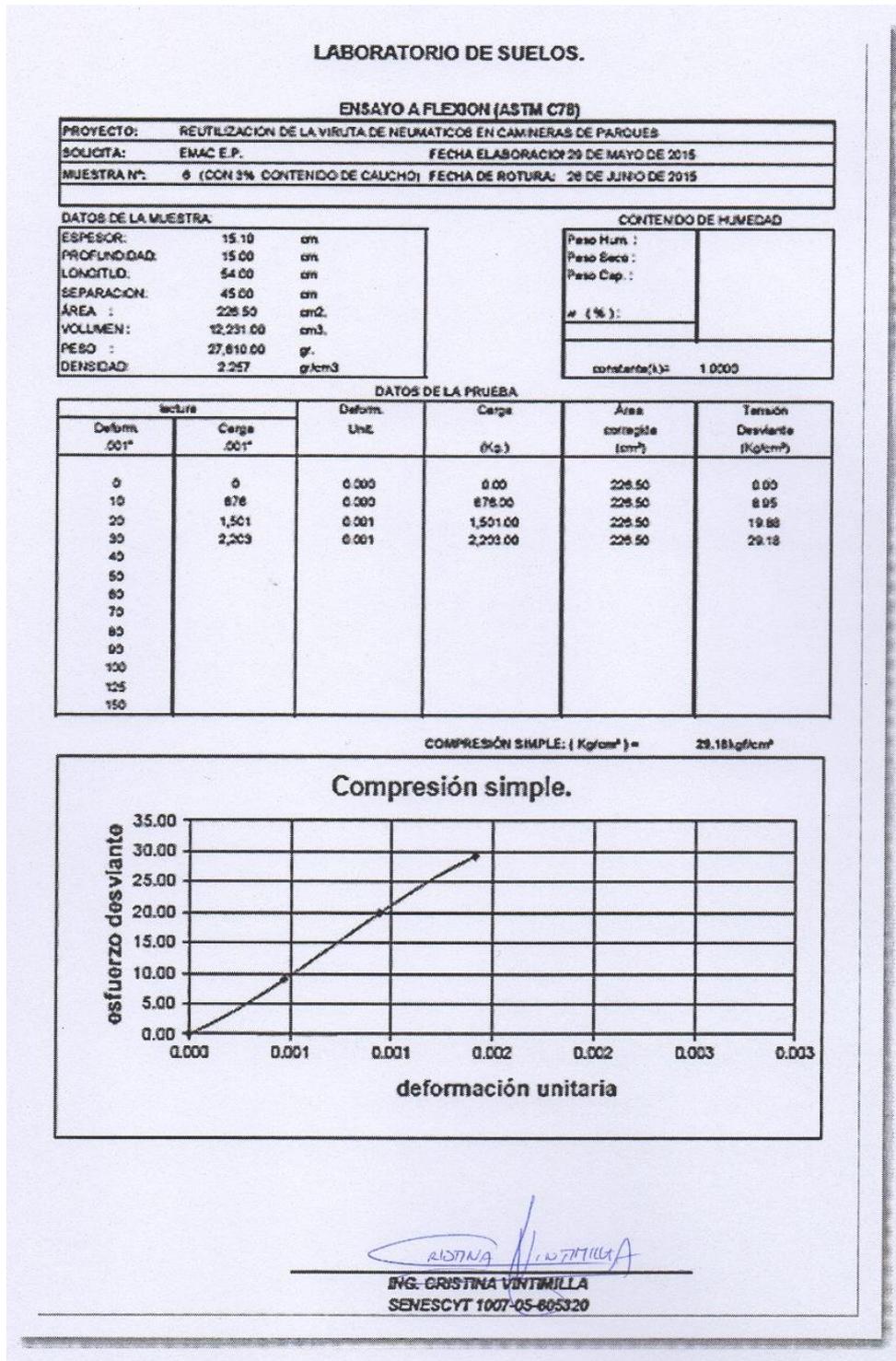
Anexo 3.19: Ensayo a flexión con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°4 (26-junio-2015)



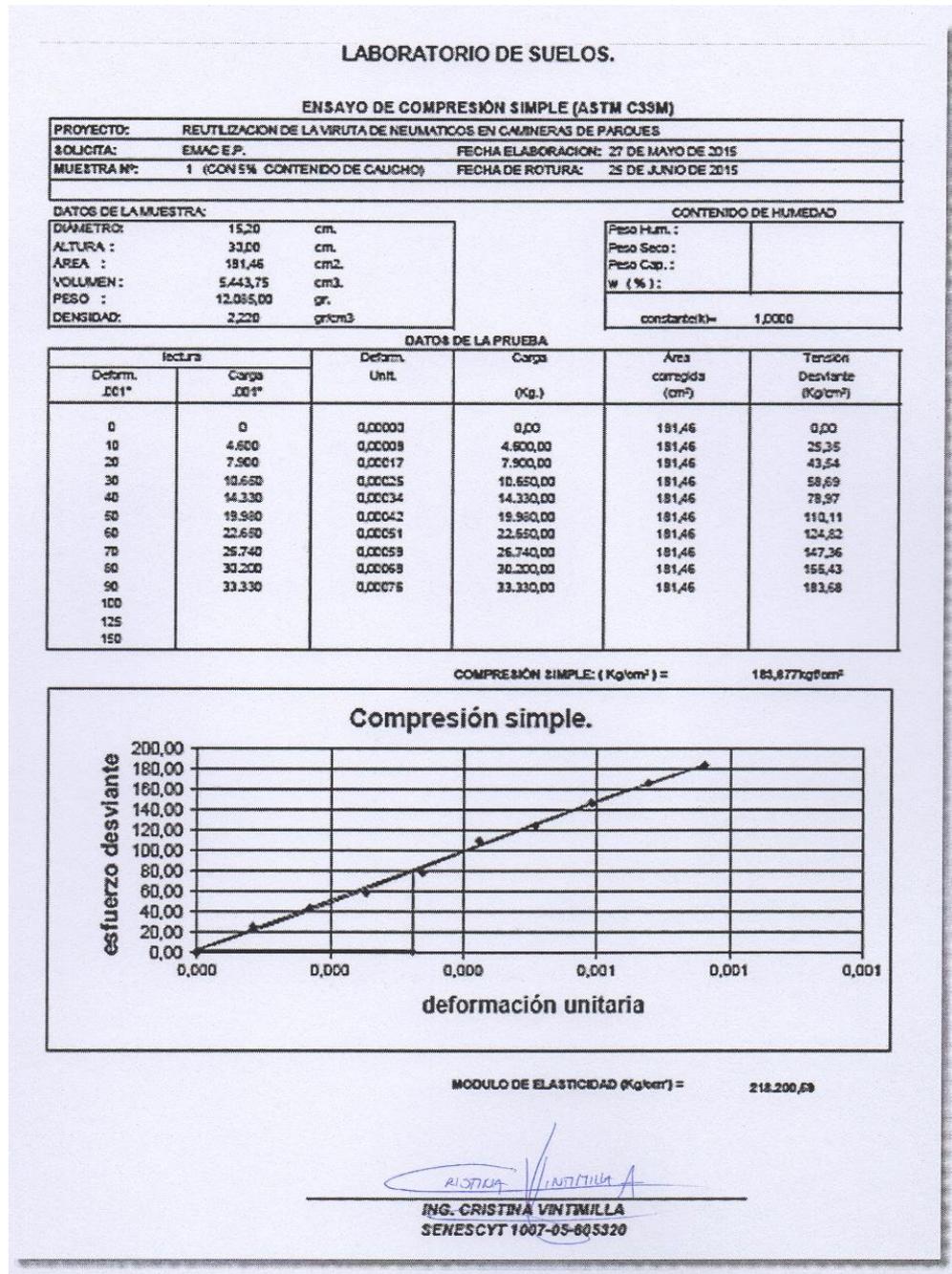
Anexo 3.20: Ensayo a flexión con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°5 (26-junio-2015)



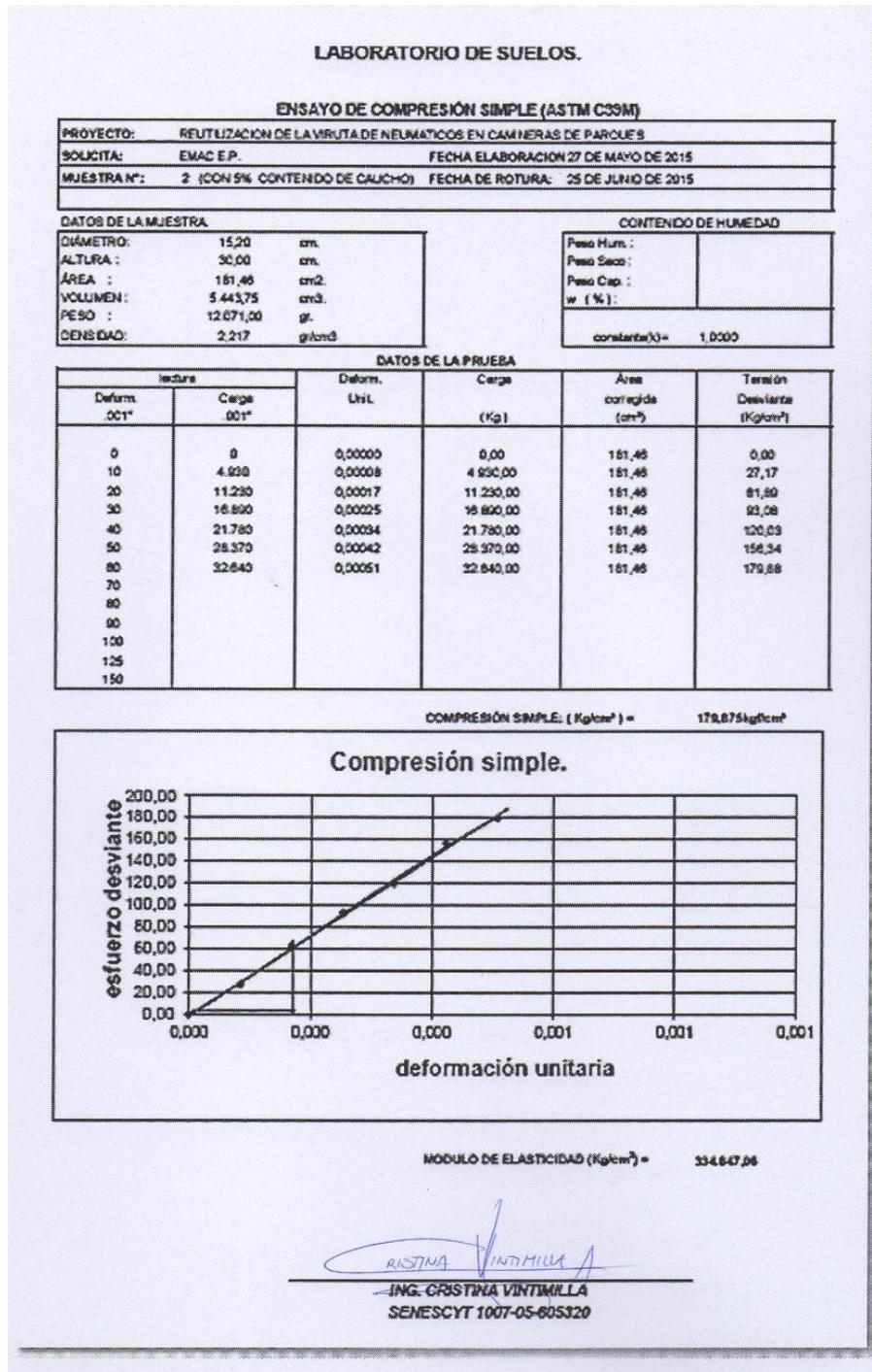
Anexo 3.21: Ensayo a flexión con 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°6 (26-junio-2015)



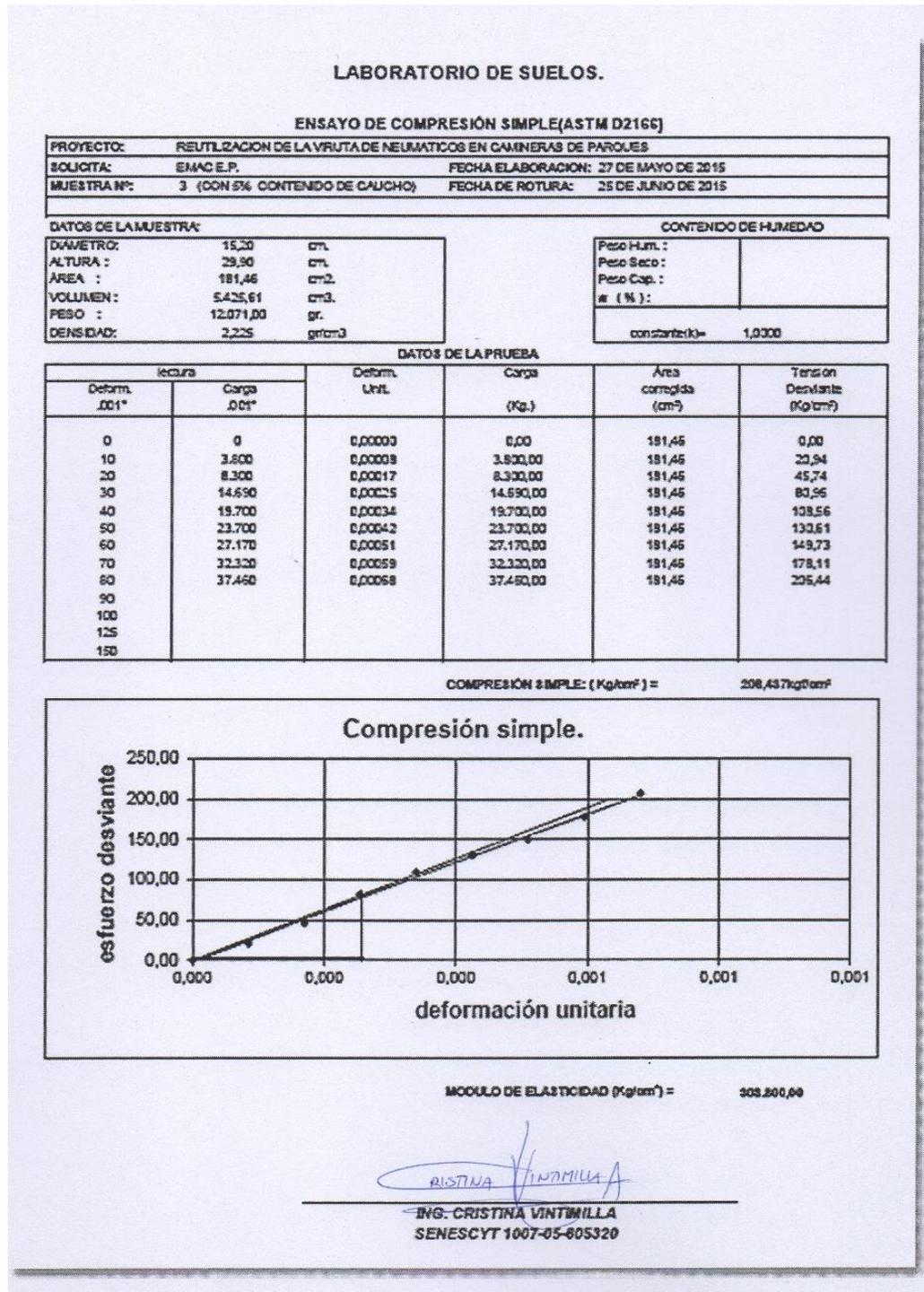
Anexo 3.22: Ensayo de compresión simple con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°1 (25-junio-2015)



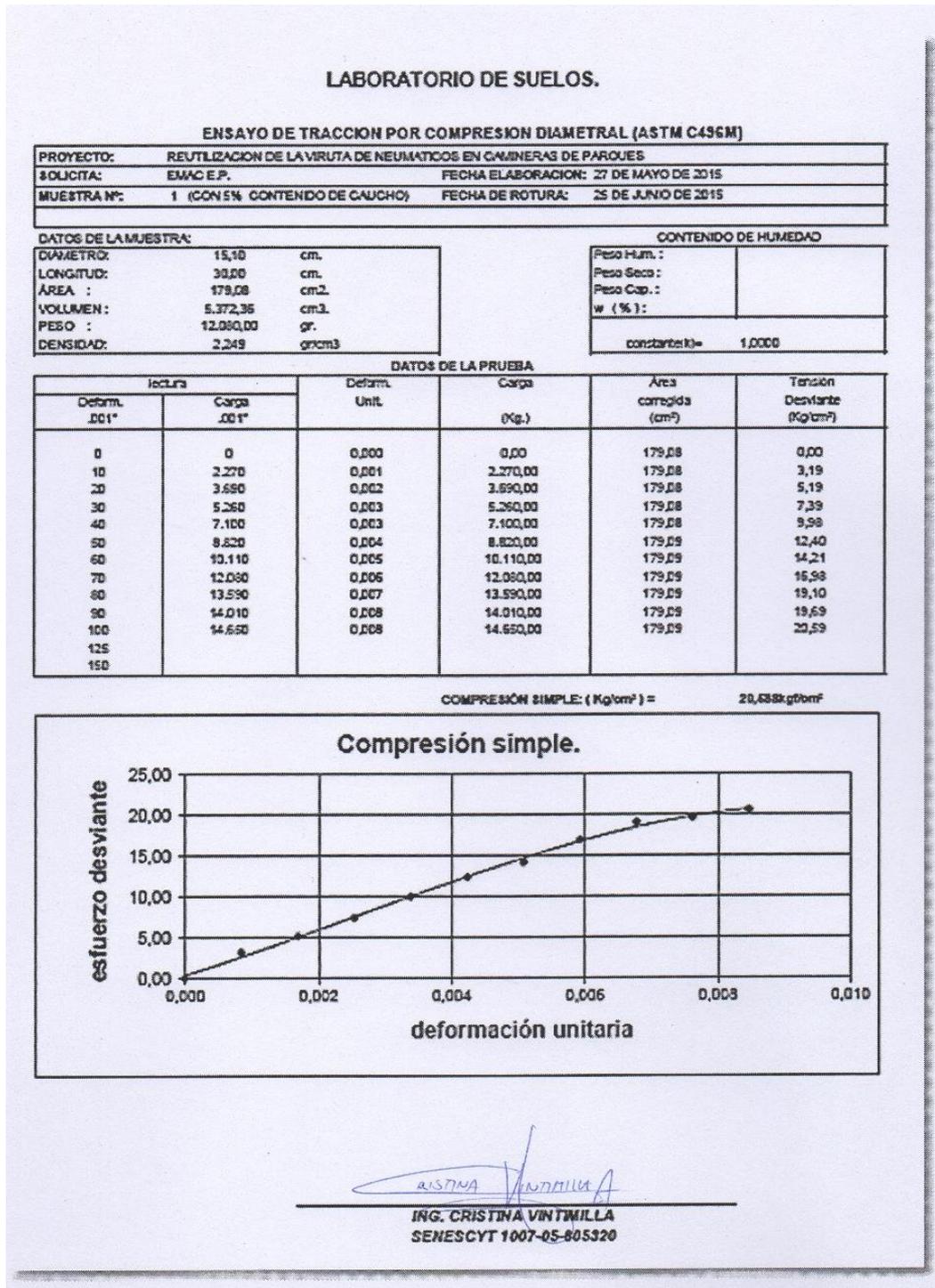
Anexo 3.23: Ensayo de compresión simple con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°2 (25-junio-2015)



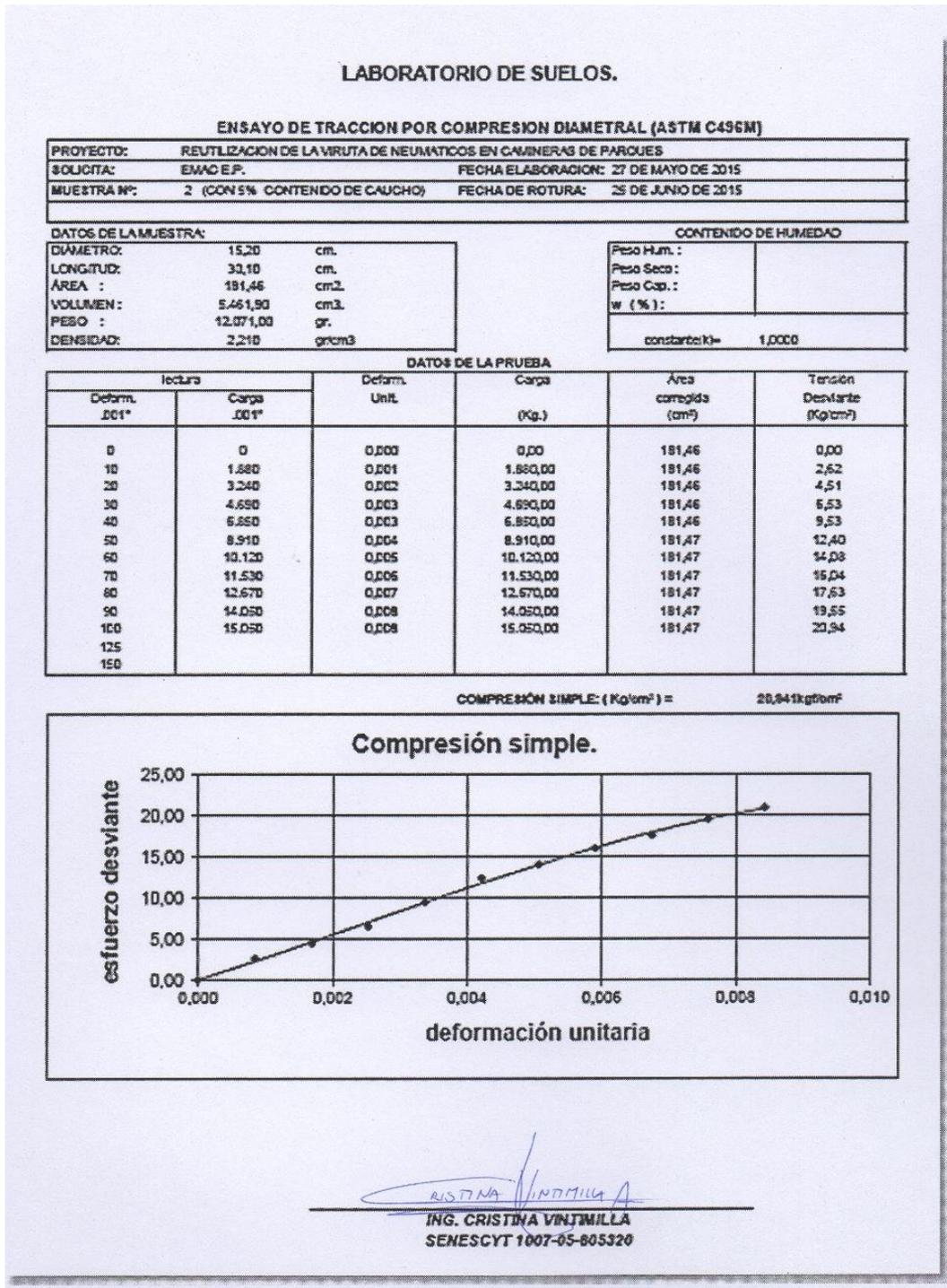
Anexo 3.24: Ensayo de compresión simple con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°3 (25-junio-2015)



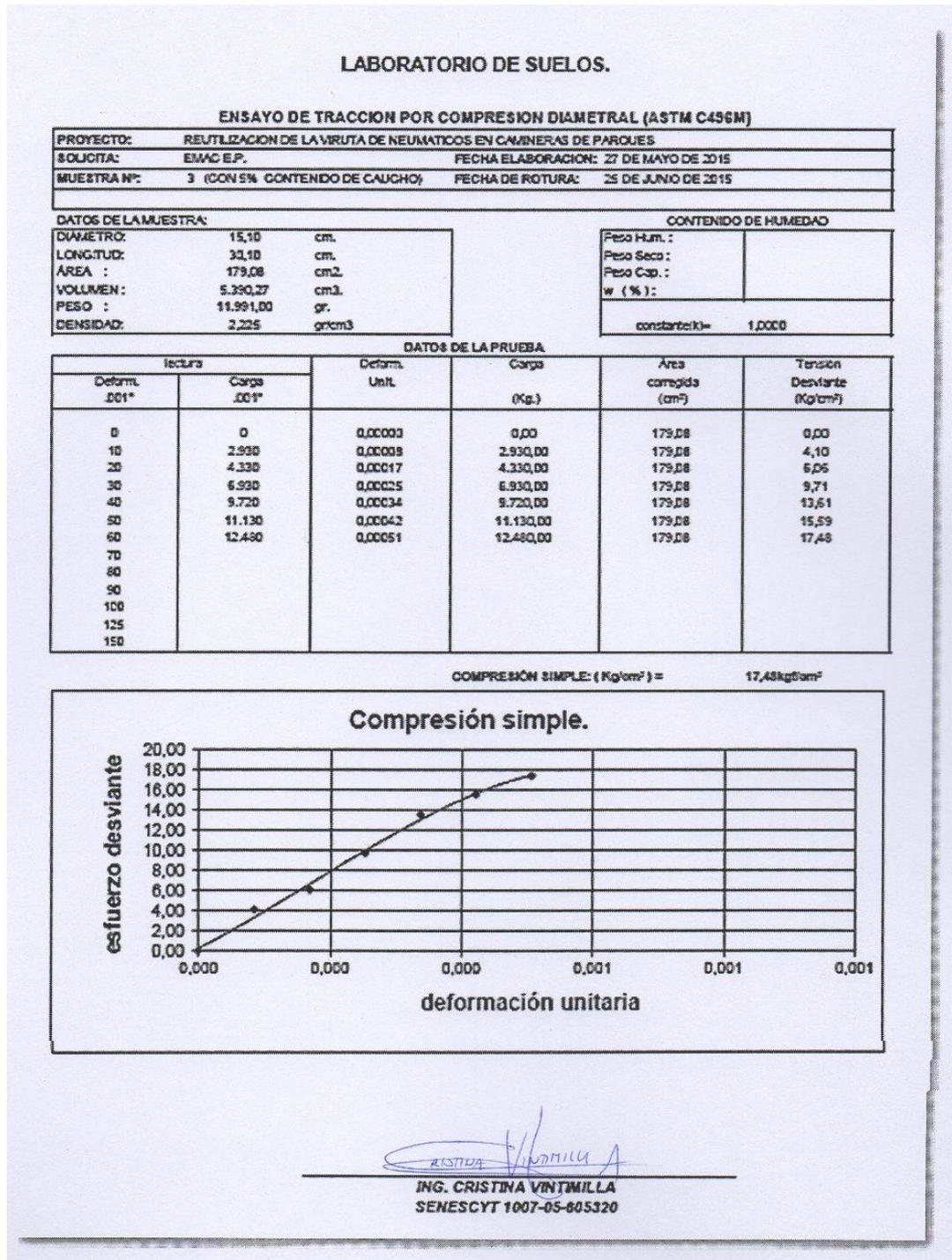
Anexo 3.25: Ensayo de tracción por compresión diametral con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°1 (25-junio-2015)



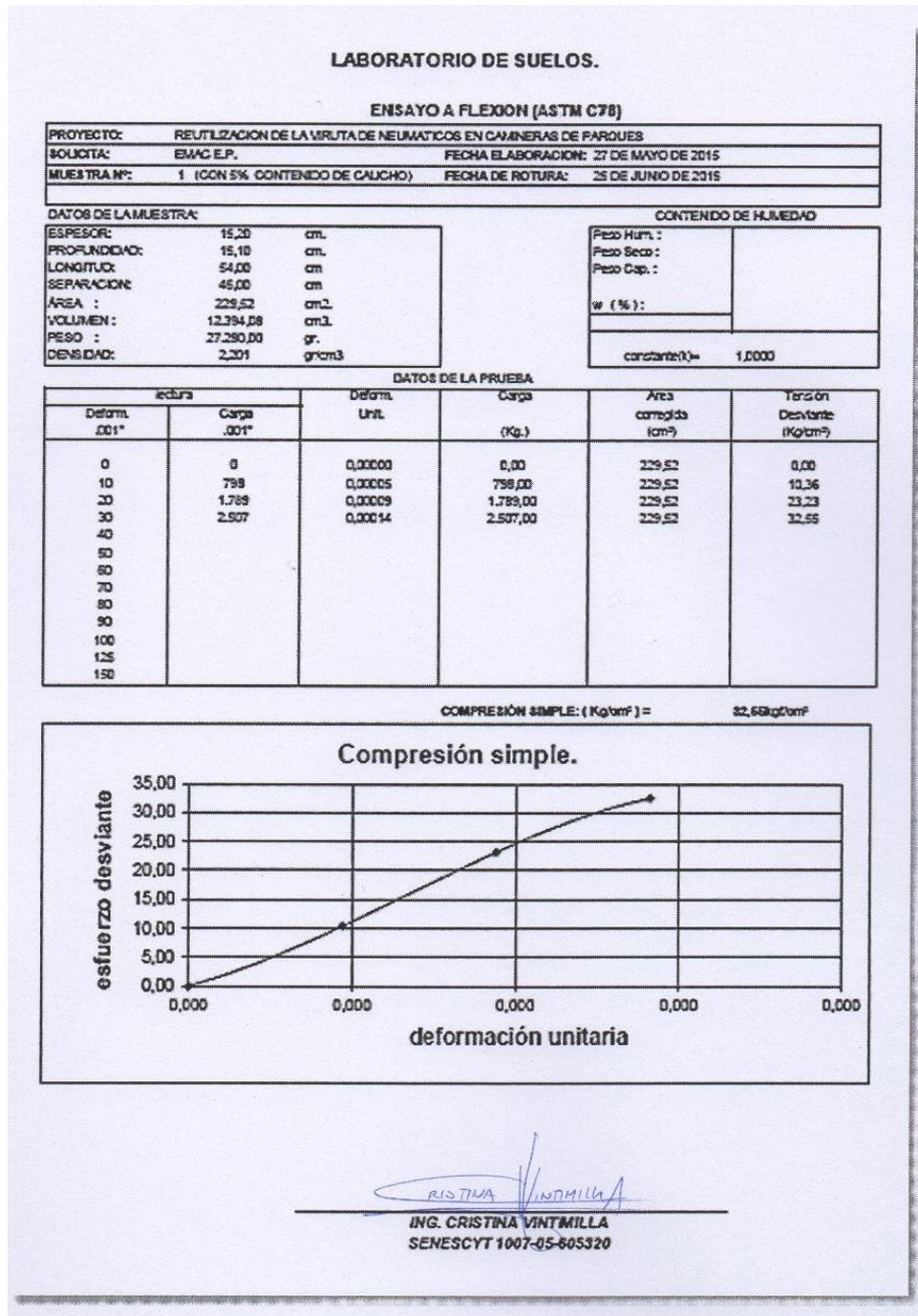
Anexo 3.26: Ensayo de tracción por compresión diametral con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°2 (25-junio-2015)



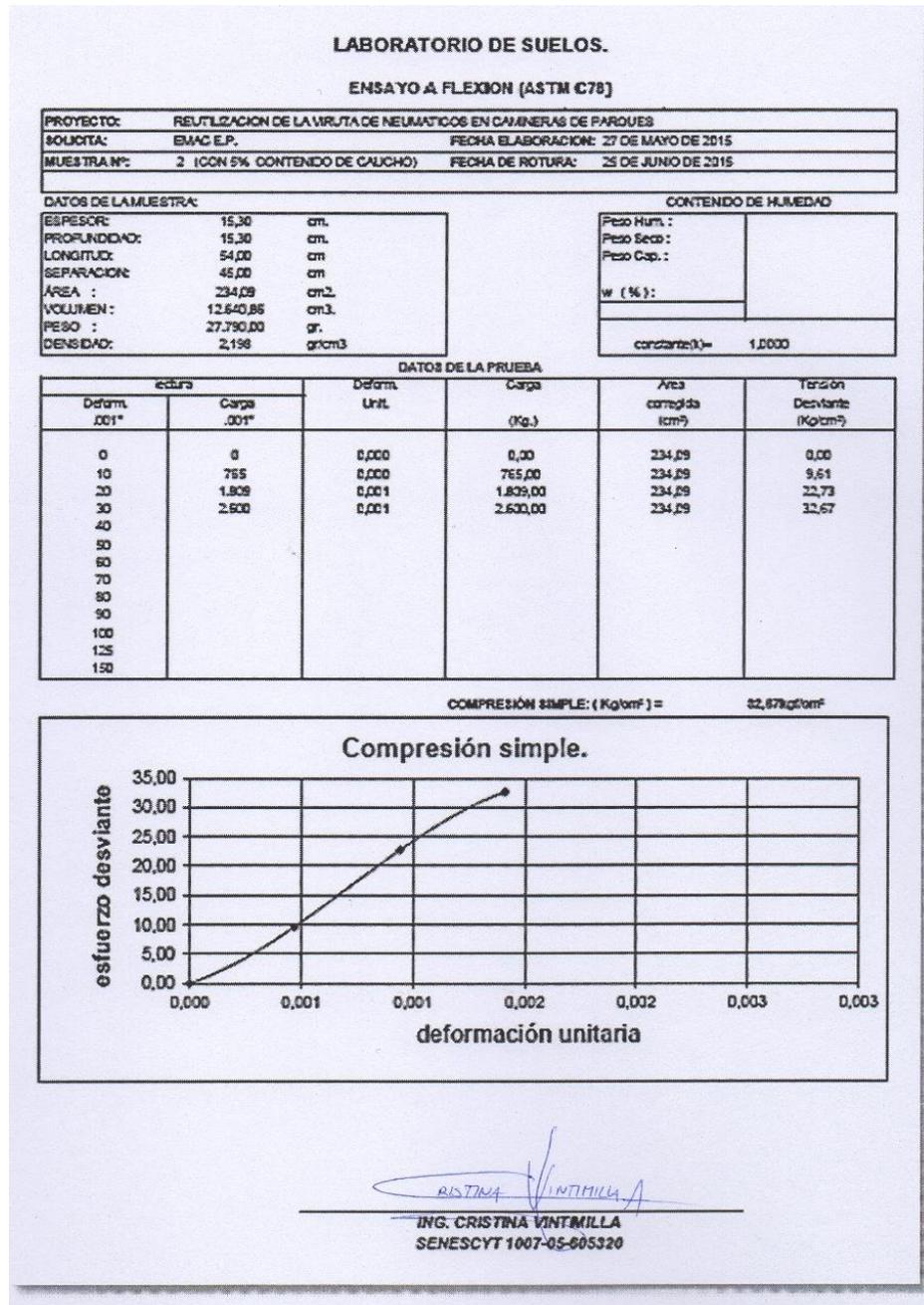
Anexo 3.27: Ensayo de tracción por compresión diametral con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°3 (25-junio-2015)



Anexo 3.28: Ensayo a flexión con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°1 (25-junio-2015)



Anexo 3.29: Ensayo a flexión con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°2 (25-junio-2015)



Anexo 3.30: Ensayo a flexión con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°3 (25-junio-2015)

LABORATORIO DE SUELOS.

ENSAYO A FLEXIÓN (ASTM C78)

PROYECTO: REUTILIZACIÓN DE LA VIRUTA DE NEUMÁTICOS EN CÁMERAS DE PARQUES	
SOLICITA: EMAC E.P.	FECHA ELABORACION: 27 DE MAYO DE 2015
MUESTRA N°: 3 (CON 5% CONTENIDO DE CAUCHO)	FECHA DE ROTURA: 25 DE JUNIO DE 2015

DATOS DE LA MUESTRA:		CONTENIDO DE HUMEDAD	
ESPESOR: 15,20	cm.	Peso Hum. :	
PROFUNDIDAD: 15,10	cm.	Peso Seco :	
LONGITUD: 54,00	cm.	Peso Cap. :	
SEPARACION: 45,00	cm.	W (%):	
ÁREA : 229,52	cm ² .	constante(1)=	1,0000
VOLUMEN : 12.294,08	cm ³ .		
PESO : 27.670,00	gr.		
DENSIDAD: 2,233	gr/cm ³		

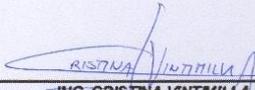
DATOS DE LA PRUEBA

lectura		Carga		Área corregida (cm ²)	Tensión Desviante (Kg/cm ²)
Deform. .001"	Carga .001"	Deform. Unit.	Carga (Kg.)		
0	0	0,000	0,00	229,52	0,00
10	685	0,000	685,00	229,52	8,89
20	1.297	0,001	1.297,00	229,52	16,84
30	1.973	0,001	1.973,00	229,52	25,62
40	2.400	0,002	2.400,00	229,52	31,16
50					
60					
70					
80					
90					
100					
125					
150					

COMPRESIÓN SIMPLE: (Kg/cm²) = 31,16kg/cm²

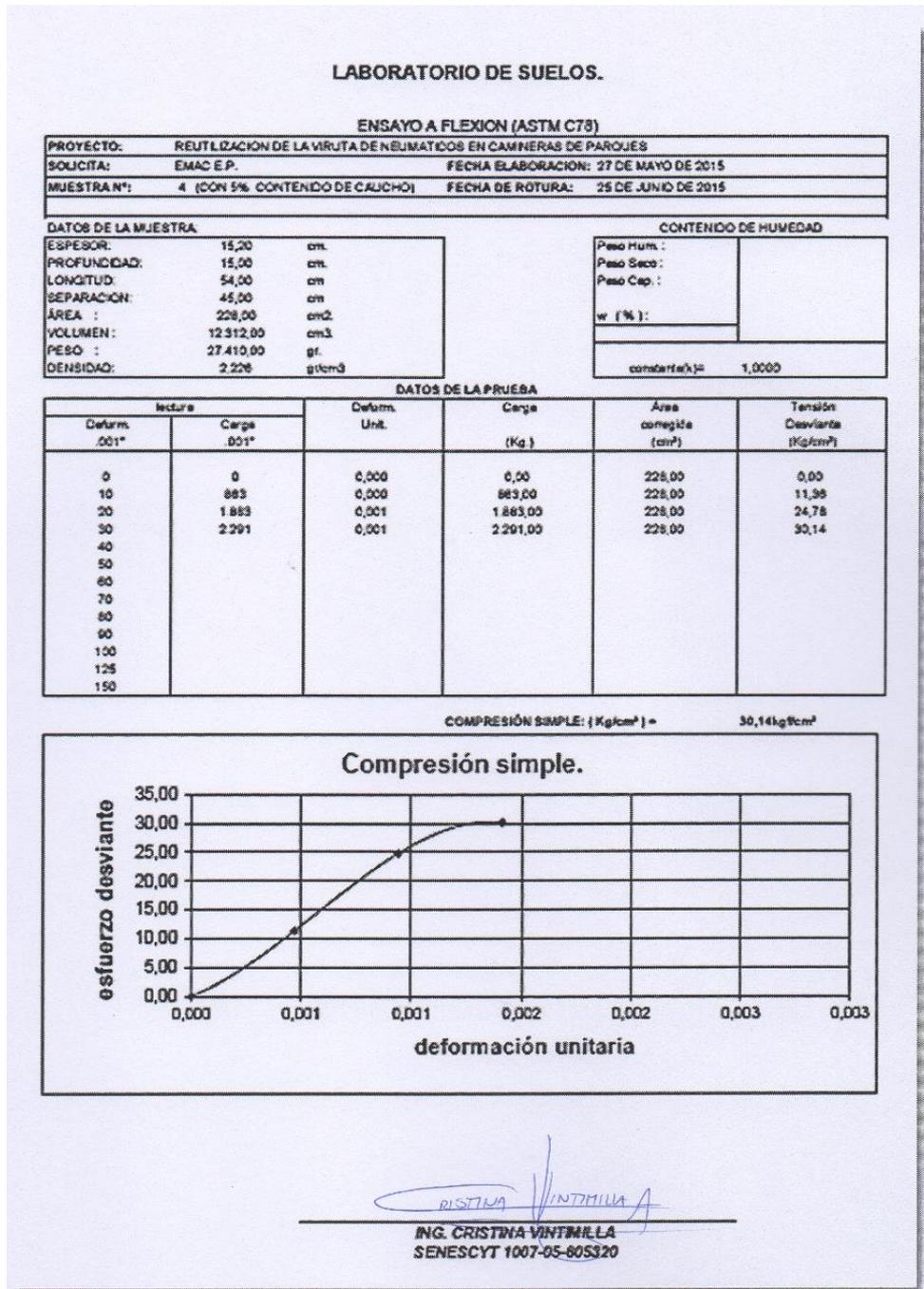
Compresión simple.

Deformación unitaria	Esfuerzo desviante (Kg/cm ²)
0,000	0,00
0,001	8,89
0,001	16,84
0,002	25,62
0,002	31,16

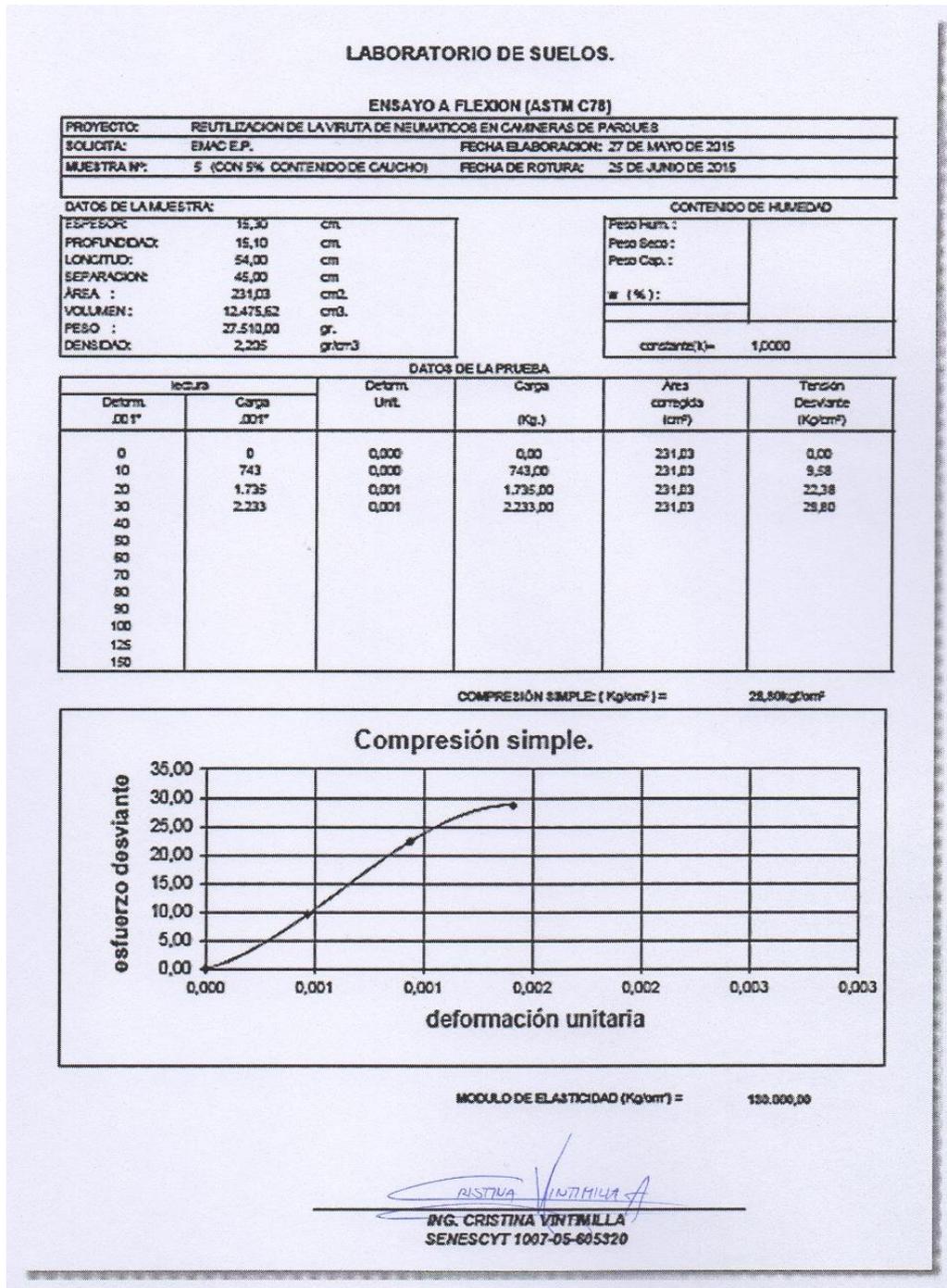


ING. CRISTINA VINTILLA
SENECYT 1007-05-605320

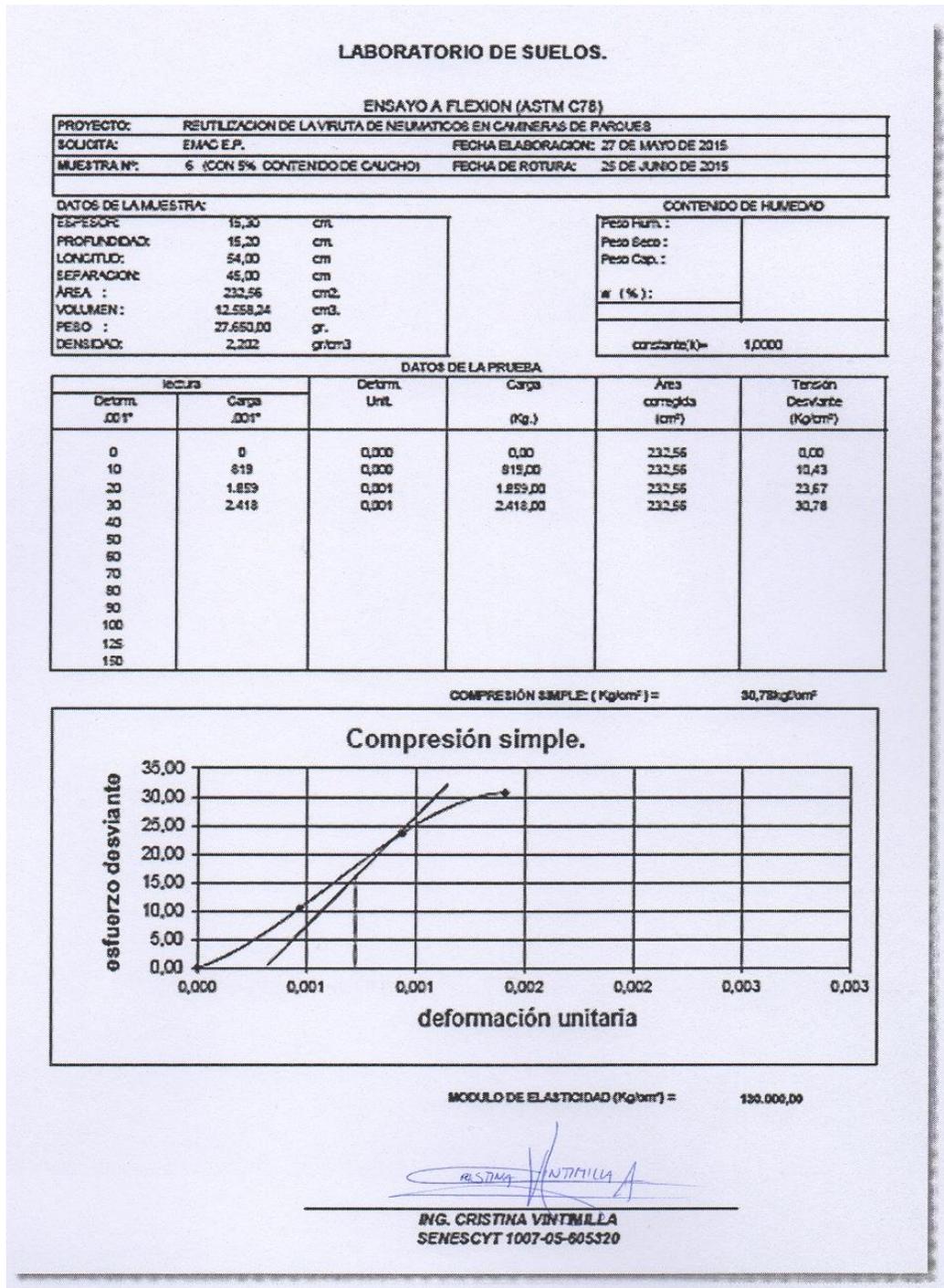
Anexo 3.31: Ensayo a flexión con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°4 (25-junio-2015)



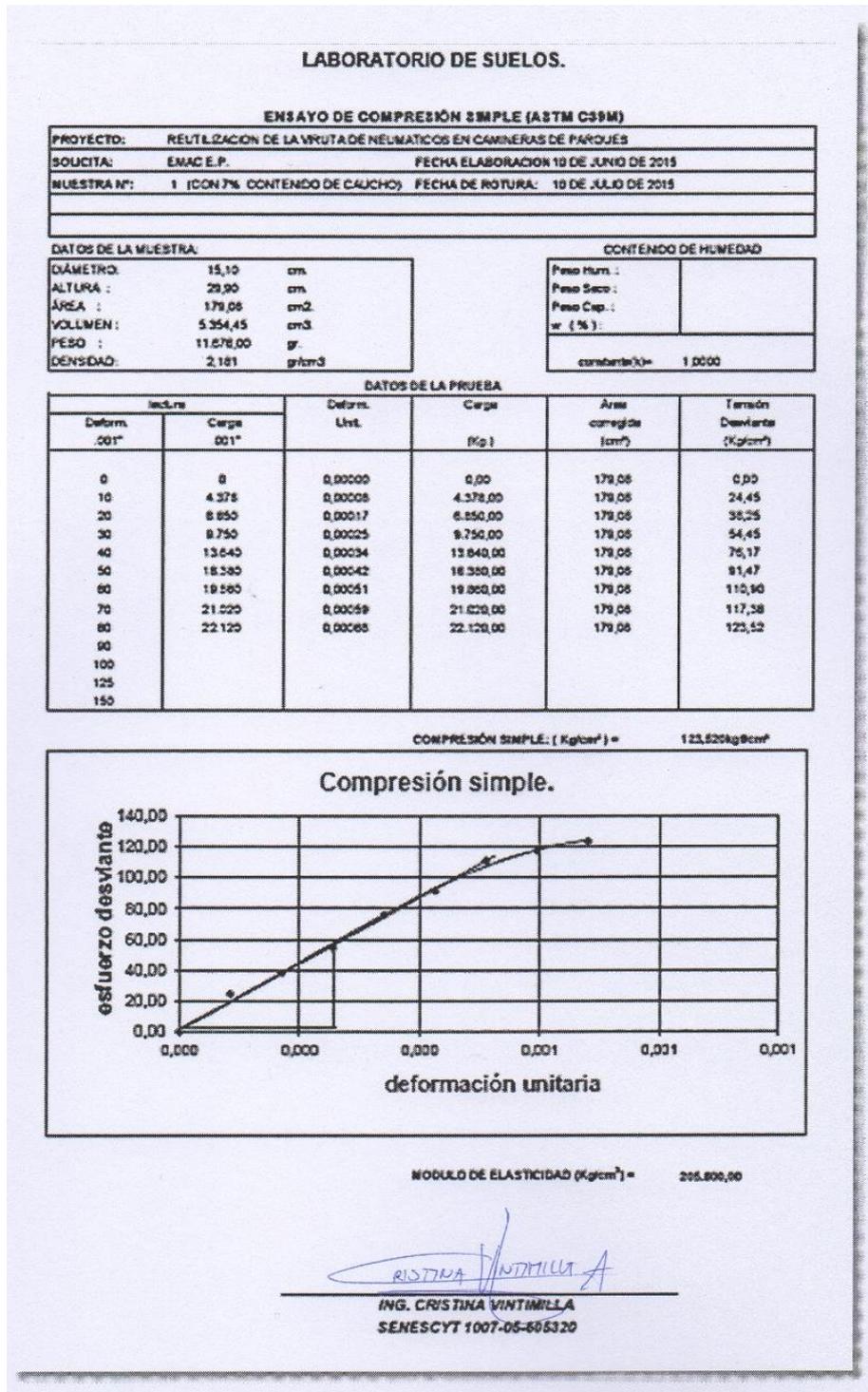
Anexo 3.32: Ensayo a flexión con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°5 (25-junio-2015)



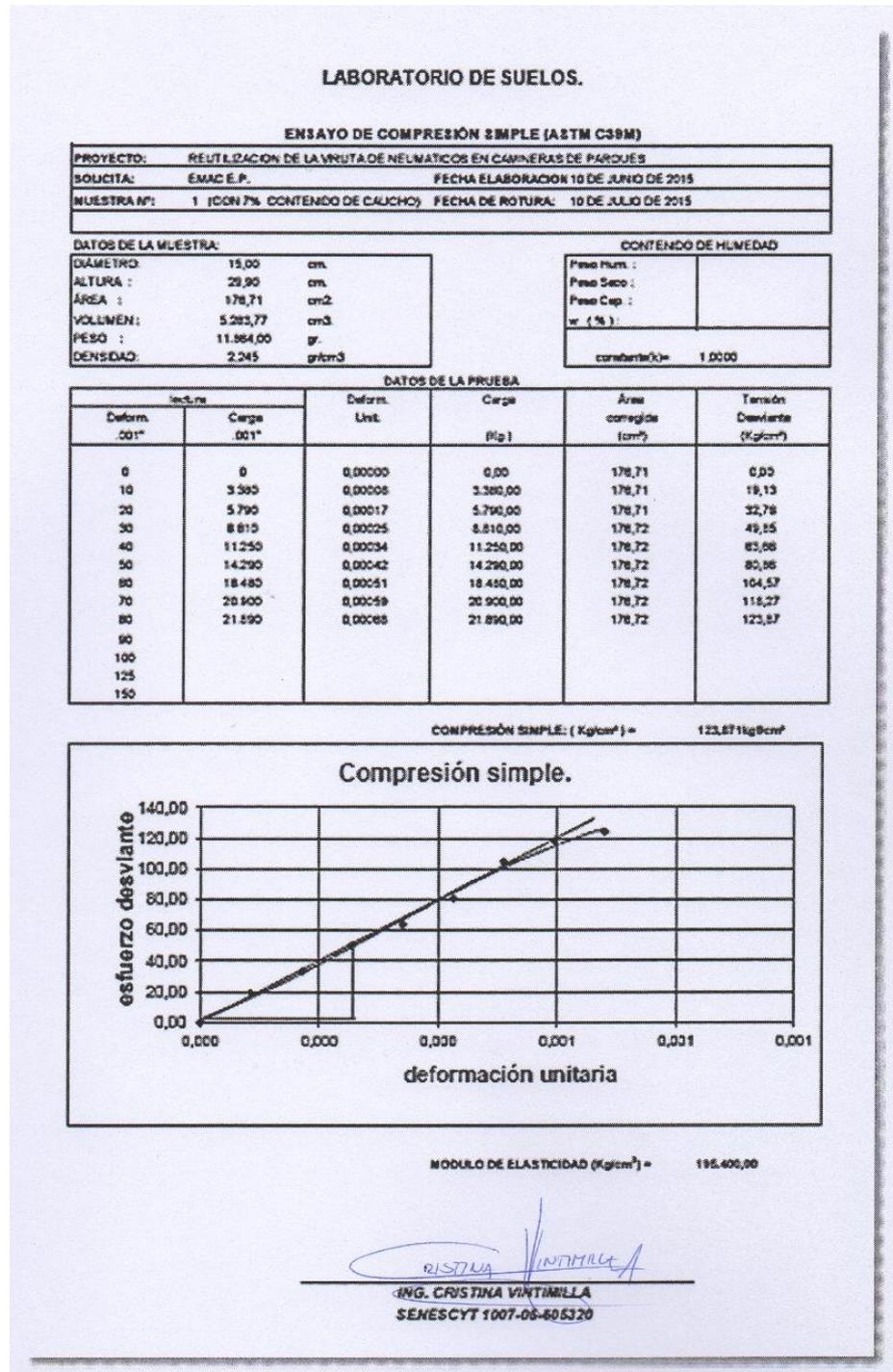
Anexo 3.33: Ensayo a flexión con 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°6 (25-junio-2015)



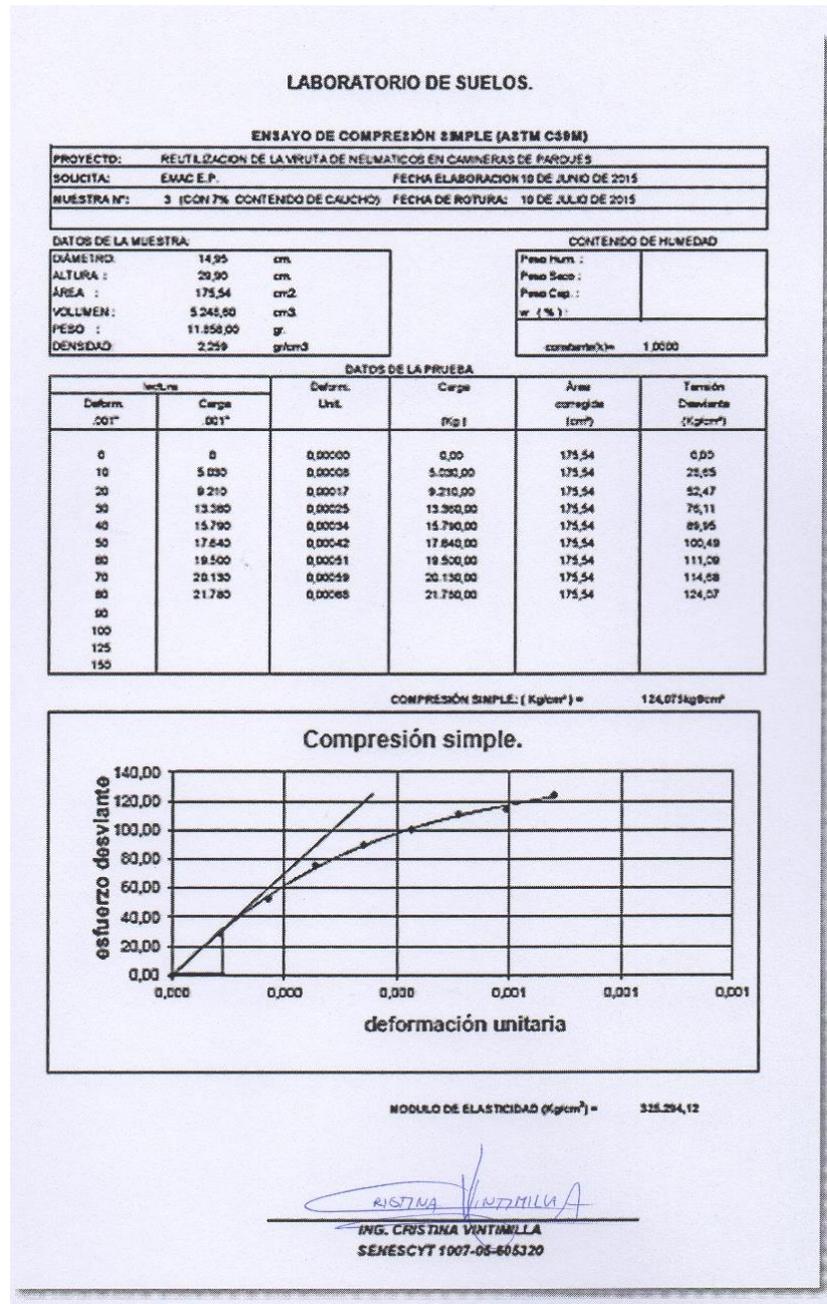
Anexo 3.34: Ensayo de compresión simple con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°1 (10-julio-2015)



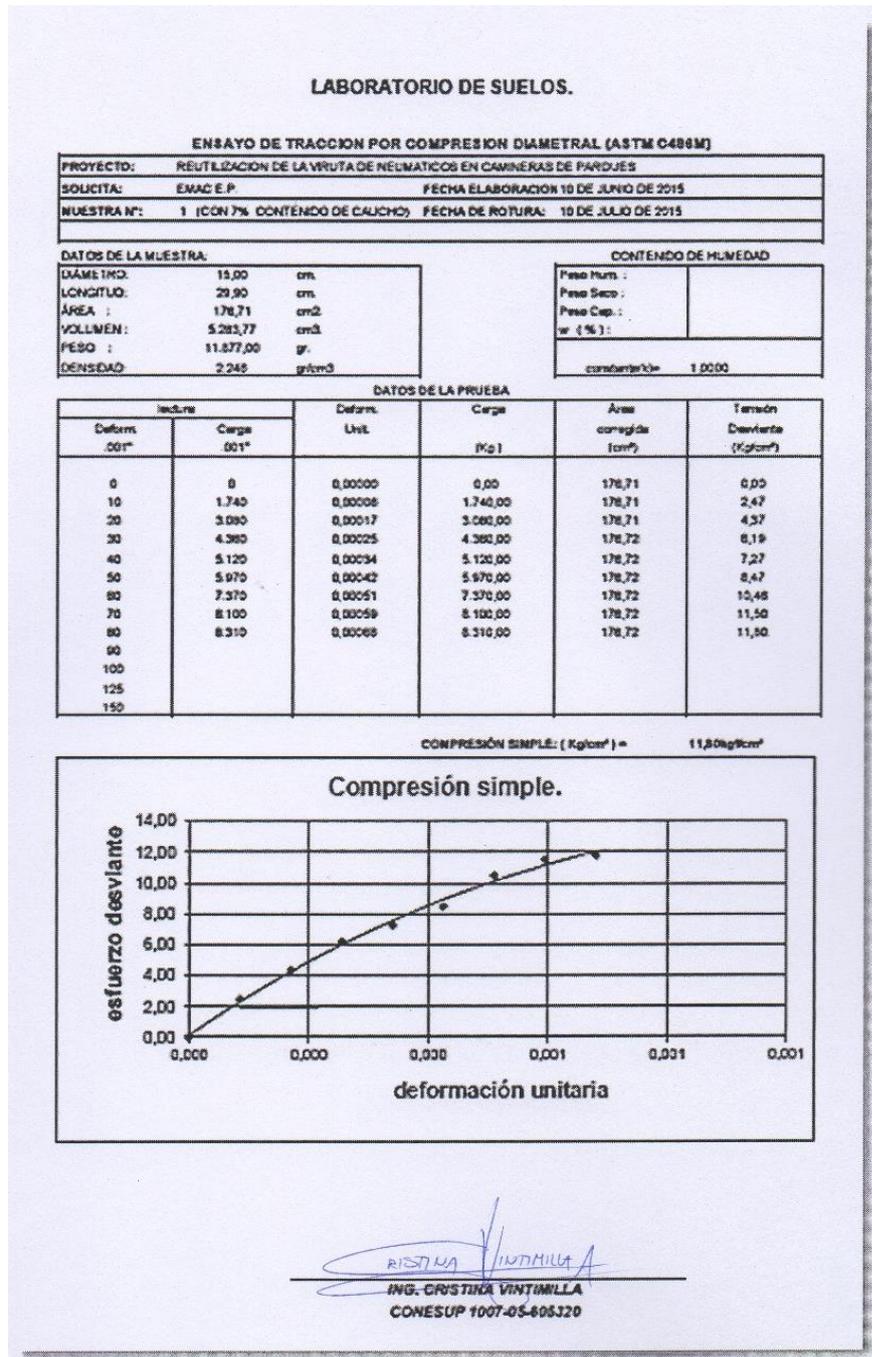
Anexo 3.35: Ensayo de compresión simple con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°2 (10-julio-2015)



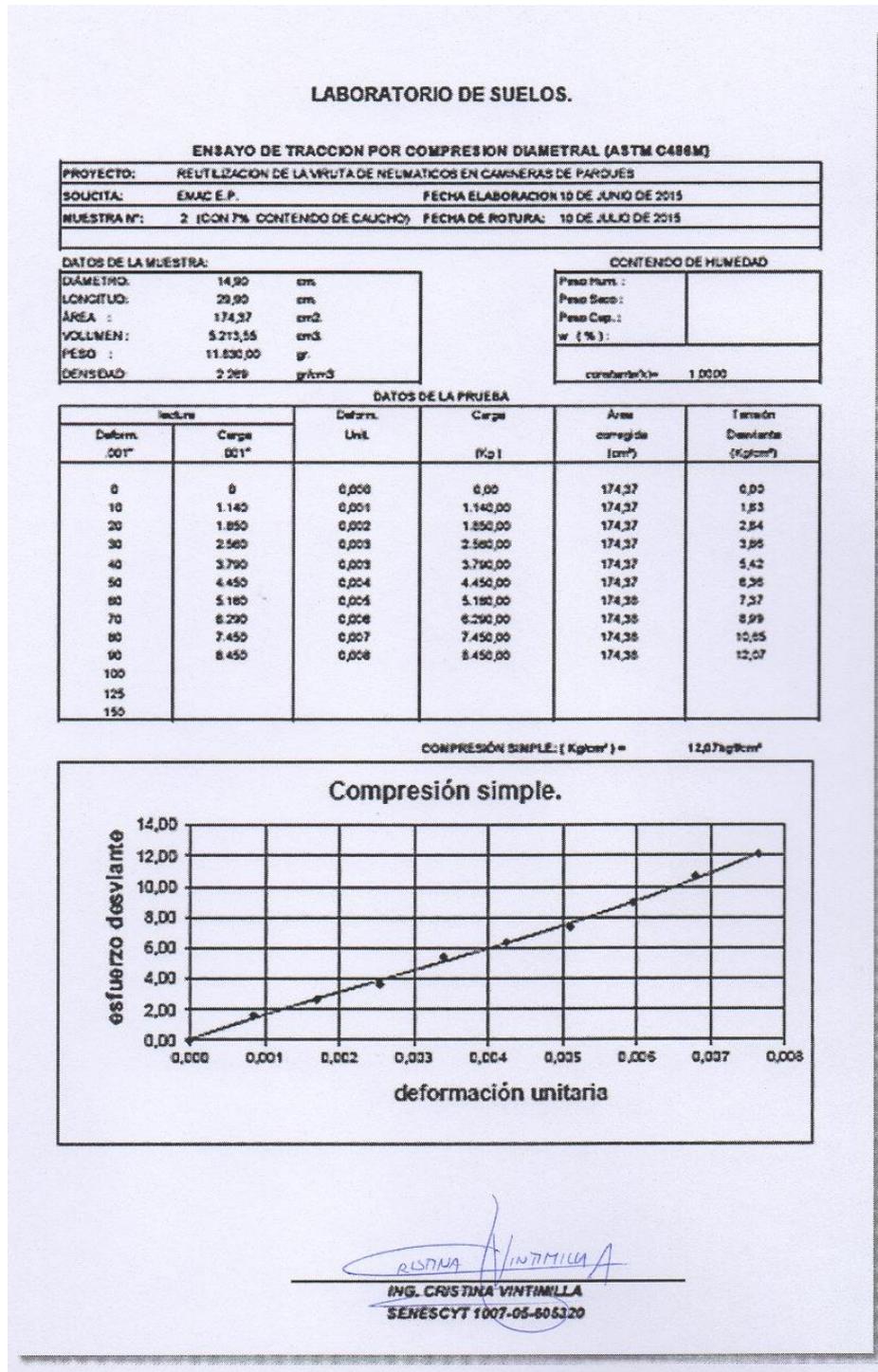
Anexo 3.36: Ensayo de compresión simple con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°3 (10-julio-2015)



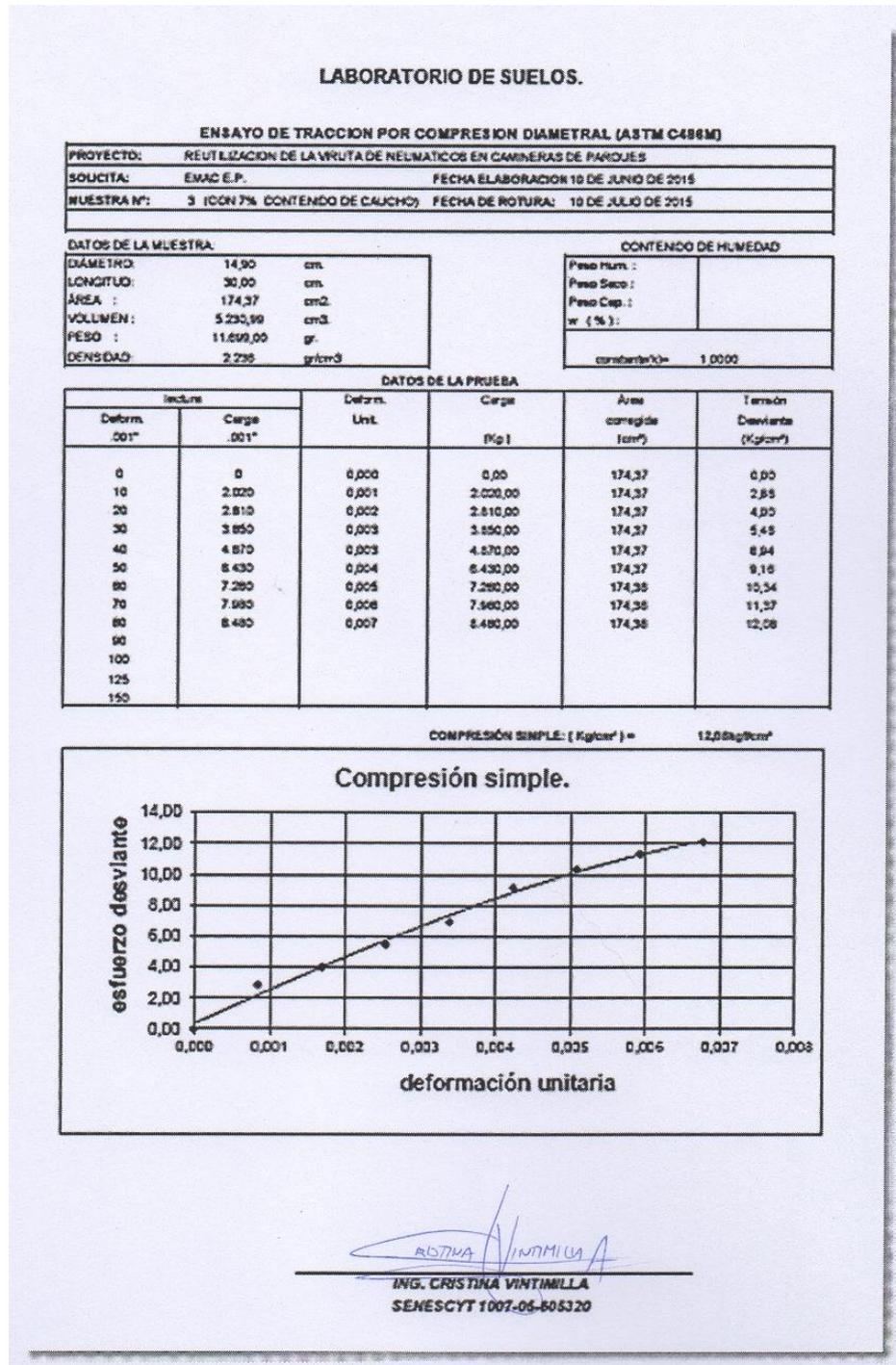
Anexo 3.37: Ensayo de tracción por compresión diametral con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°1 (10-julio-2015)



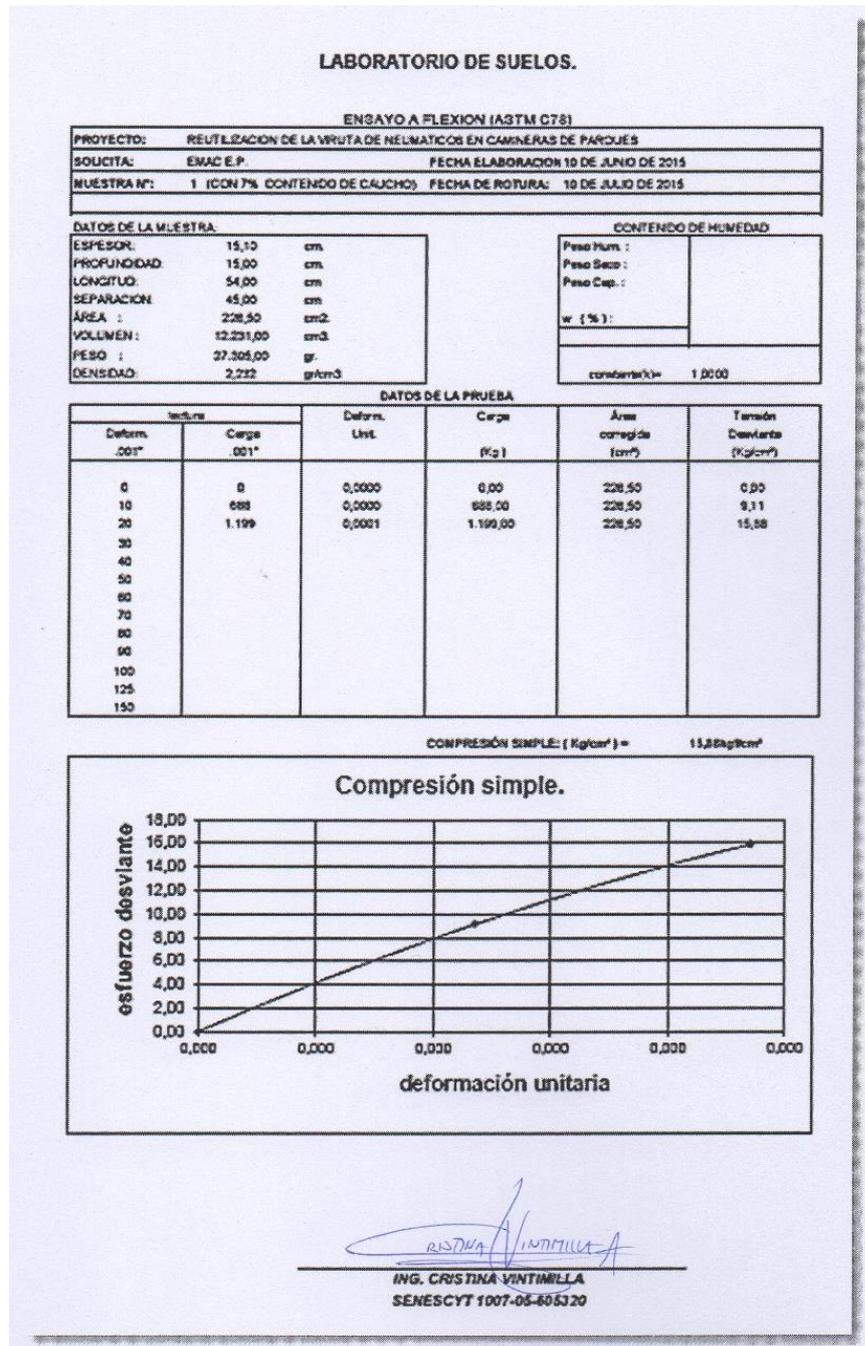
Anexo 3.38: Ensayo de tracción por compresión diametral con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°2 (10-julio-2015)



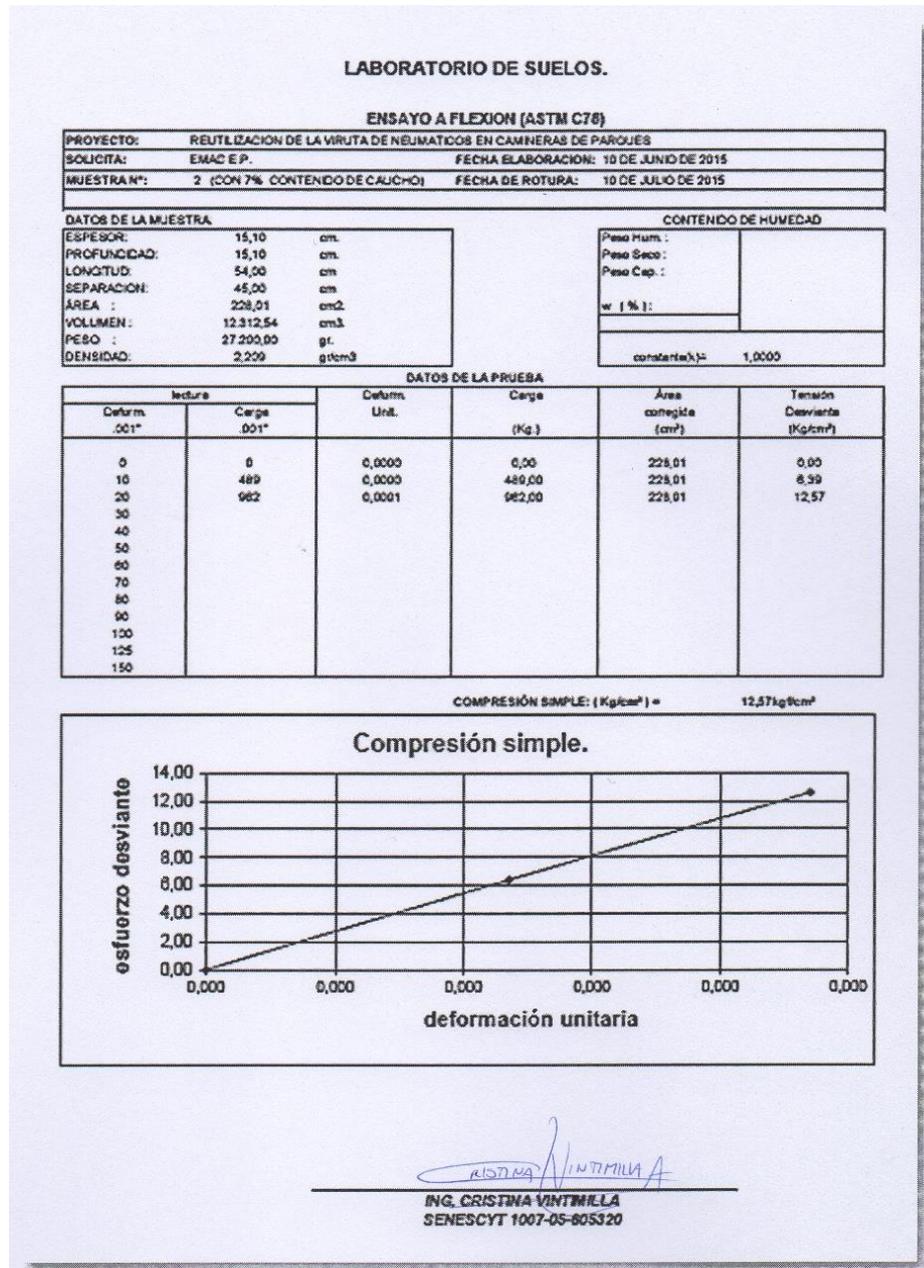
Anexo 3.39: Ensayo de tracción por compresión diametral con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°3 (10-julio-2015)



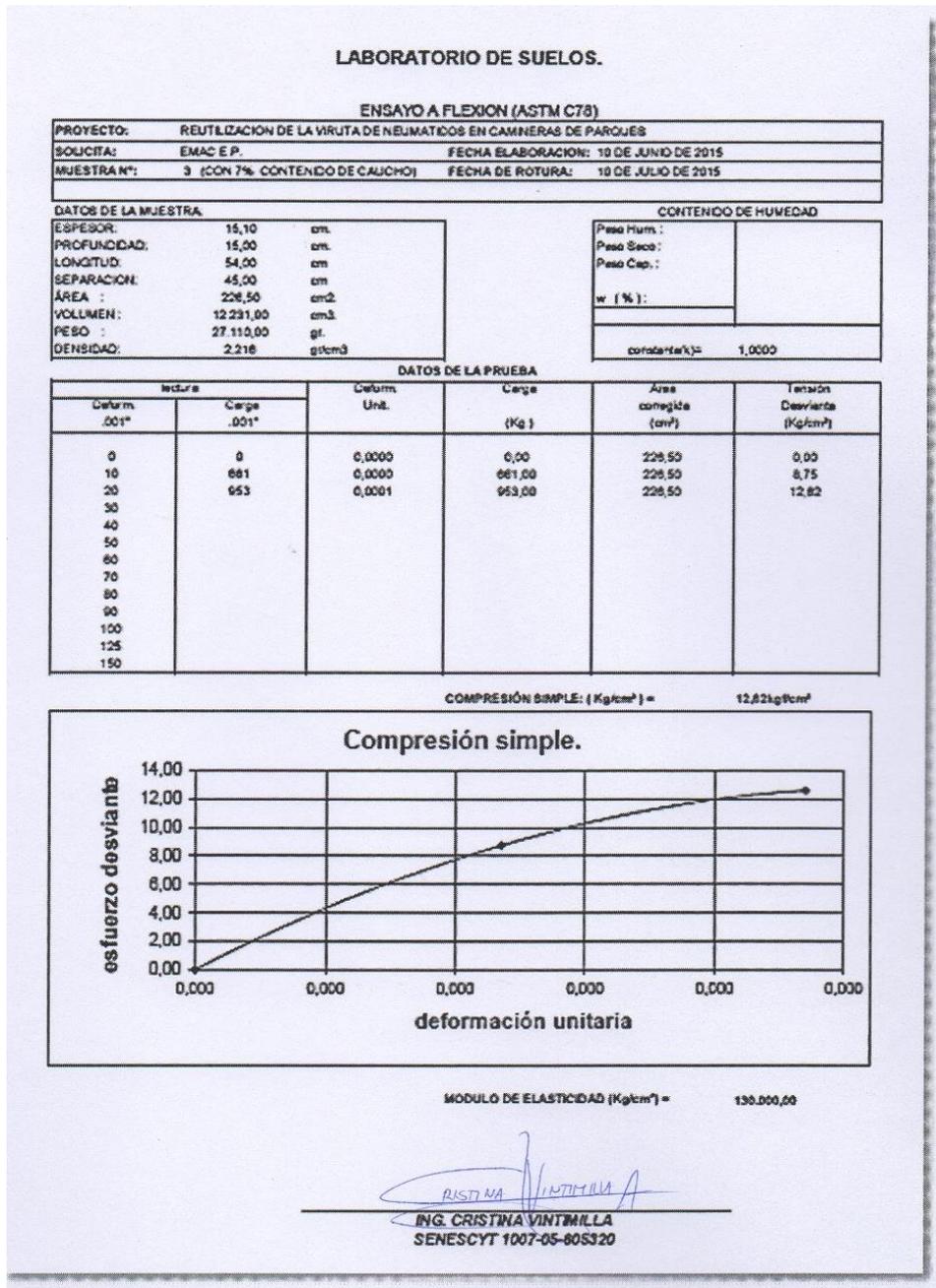
Anexo 3.40: Ensayo a flexión con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°1 (10-julio-2015)



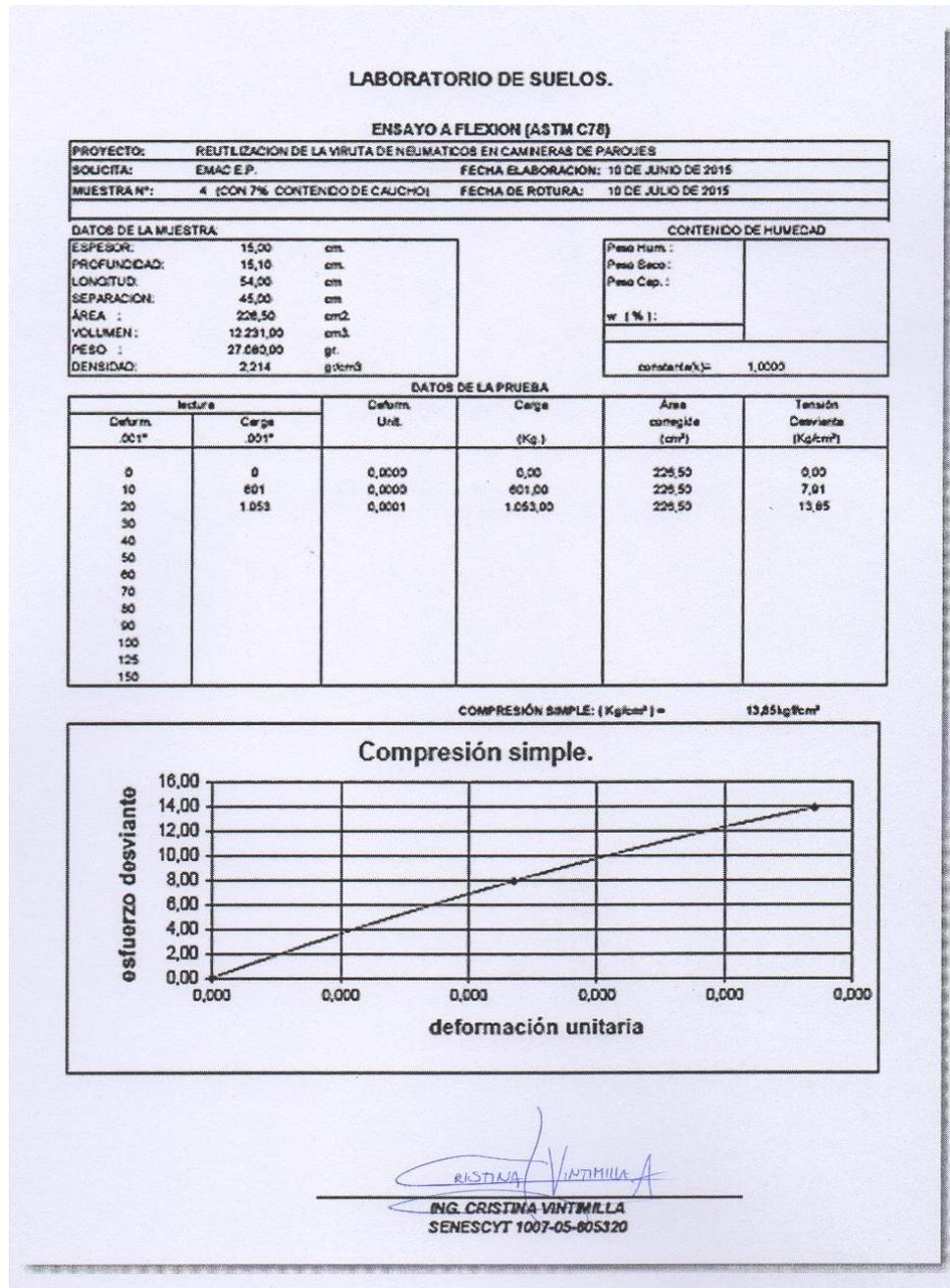
Anexo 3.41: Ensayo a flexión con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°2 (10-julio-2015)



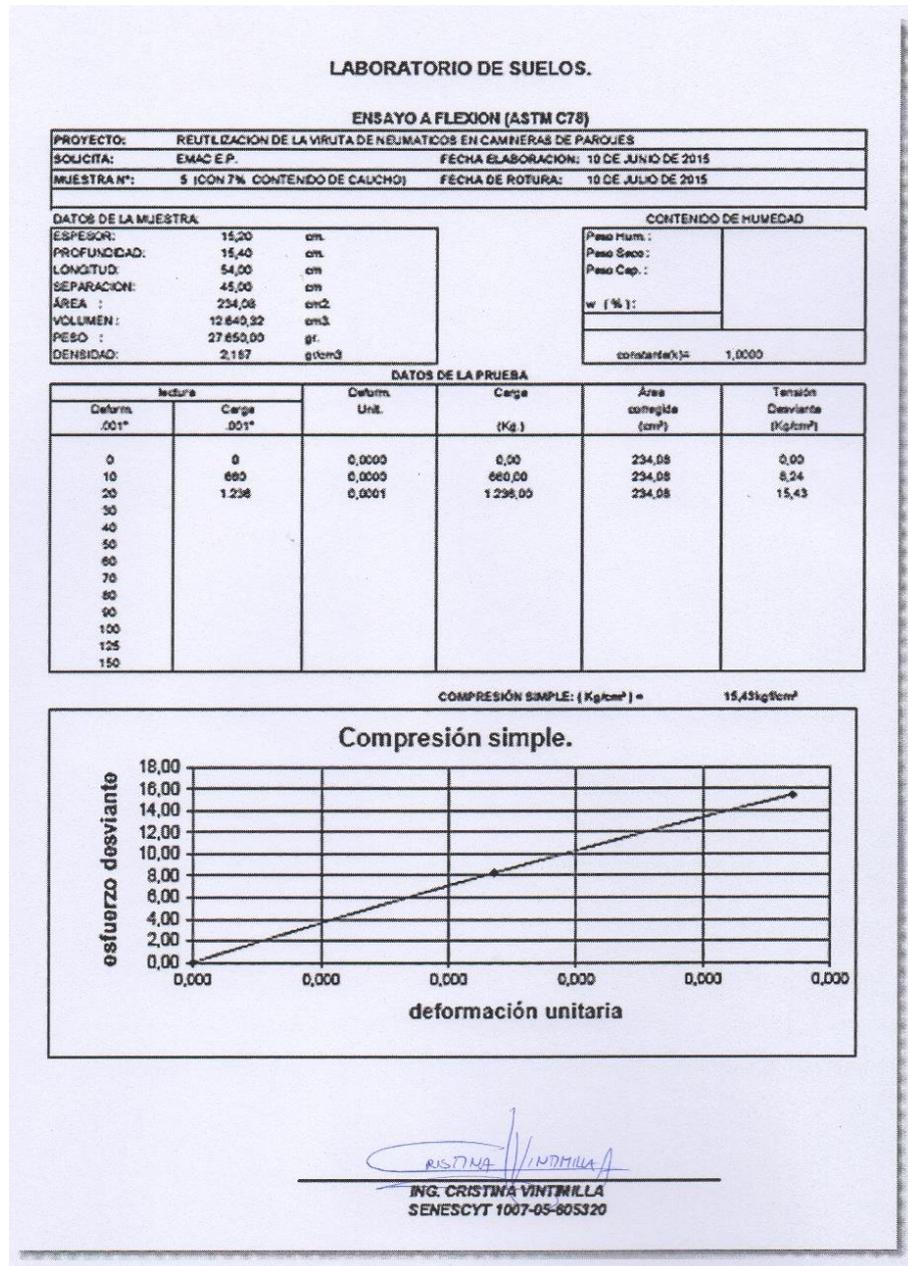
Anexo 3.42: Ensayo a flexión con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°3 (10-julio-2015)



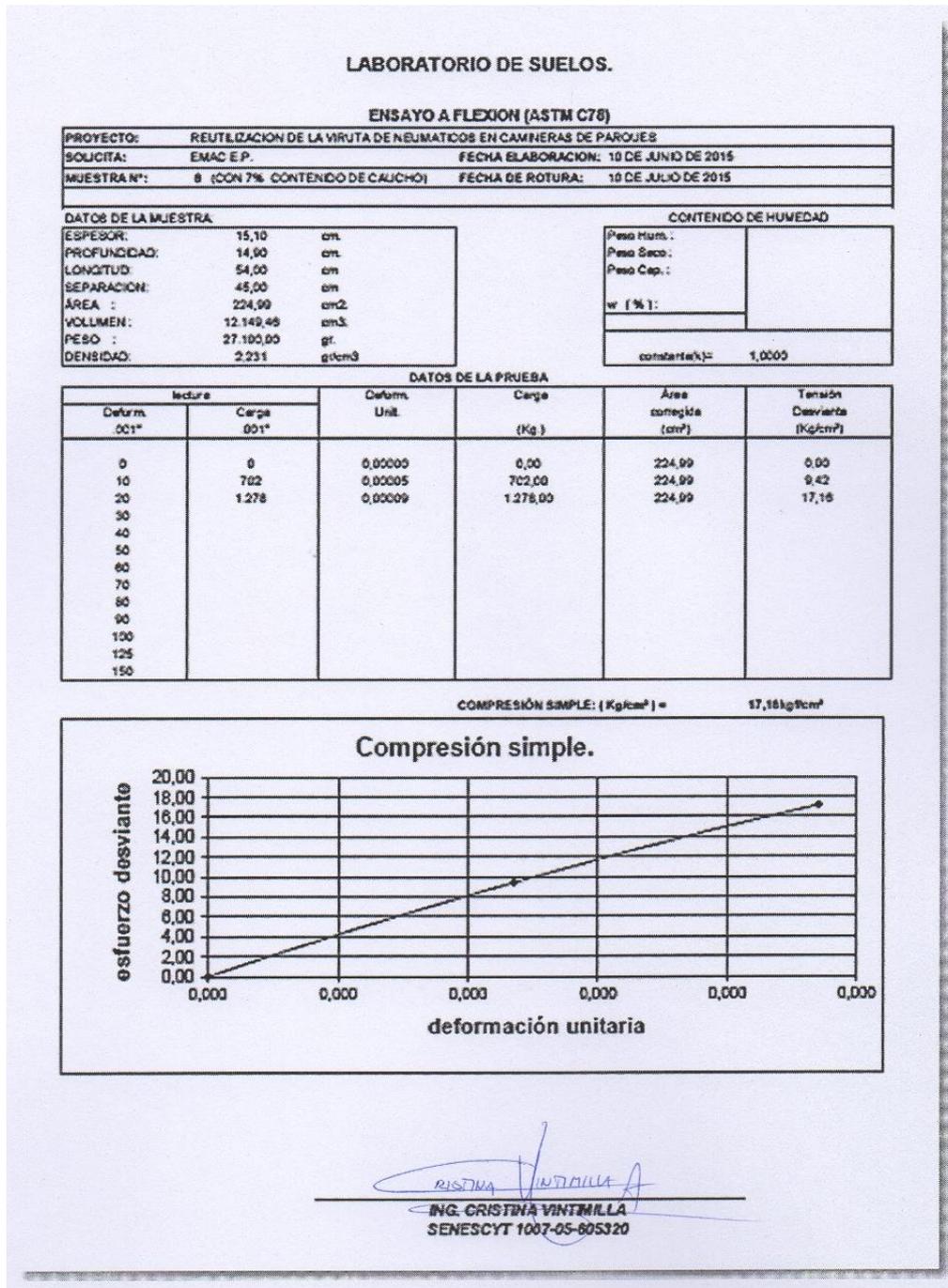
Anexo 3.43: Ensayo a flexión con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°4 (10-julio-2015)



Anexo 3.44: Ensayo a flexión con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°5 (10-julio-2015)



Anexo 3.45: Ensayo a flexión con 7% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena, muestra N°6 (10-julio-2015)



Anexo 3.46: Ensayo en asfalto con 0.3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena (26-junio-2015)

LABORATORIO DE SUELOS.

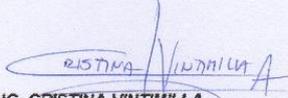
PROYECTO:	REUTILIZACION DE LA VIRUTA DE NEUMATICOS EN CAMINERAS DE PARQUES		
SOLICITA:	EMAC E.P.	FECHA ELABORACION:	29 DE MAYO DE 2015
		FECHA DE ROTURA:	26 DE JUNIO DE 2015

**PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS
CONTROL DE CARPETA ASFALTICA**

0.3% DE CAUCHO

Briqueta #	PESO DE MUESTRA			VOLUMEN cc	DENSIDAD		PORC. EN VOLUMEN Vacíos	ESTABILIDAD			FLUJO
	Aire seco	Aire SSS	Agua		BULK Brq.	RICE		Divís. Dial	F. C.	Libras	
1	1103,0	1105,0	628,9	476,1	2,317			1600	1,14	1824	18
2	1127,0	1129,0	640,0	489,0	2,305			1450	1,09	1581	17
3	1123,0	1127,0	639,0	488,0	2,301			1700	1,09	1853	18
					2,308	2,423	4,76			1753	18
Especificacion.							3-5 %			750 lb	8-18

Ensayo Rice AASHTO T 209
 Ensayo Marshall ASTM D 1559 (AASHTO T 245)
 ESTABILIDAD
 VACIOS CON AIRE
 FLUJO (Expresado en 0,01")


ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENESCYT 1007-05-605320

Anexo 3.47: Ensayo en asfalto con 1% y 3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena (26-junio-2015)

LABORATORIO DE SUELOS.

PROYECTO:	REUTILIZACION DE LA VIRUTA DE NEUMATICOS EN CAMINERAS DE PARQUES		
SOLICITA:	EMAC E.P.	FECHA ELABORACION:	29 DE MAYO DE 2015
		FECHA DE ROTURA:	26 DE JUNIO DE 2015

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

1% DE CAUCHO

Briqueta #	PESO DE MUESTRA			VOLUMEN cc	DENSIDAD		PORC. EN VOLUMEN Vacios	ESTABILIDAD			FLUJO
	Aire seco	Aire SSS	Agua		BULK Briq	RICE		Divis. Dial	F. C.	Libras	
1	1159,9	1163,1	835,8	527,5	2,199			1900	0,96	1824	21
2	1111,9	1115,0	801,8	513,2	2,167			1700	1,00	1700	19
3	1078,8	1082,7	583,2	499,5	2,160			1400	1,04	1456	20
					2,175	2,439	10,82			1660	20
Especificacion.					3 - 5 %					750 lb	8-18

3% DE CAUCHO

Briqueta #	PESO DE MUESTRA			VOLUMEN cc	DENSIDAD		PORC. EN VOLUMEN Vacios	ESTABILIDAD			FLUJO
	Aire seco	Aire SSS	Agua		BULK Briq	RICE		Divis. Dial	F. C.	Libras	
1	853,8	858,2	421,3	436,9	1,954			740	1,32	977	28
2	848,7	856,9	428,5	428,4	1,981			740	1,39	1029	27
3	953,8	968,6	470,8	495,8	1,924			740	1,09	807	28
					1,953	2,403	18,73			937	28
Especificacion.					3 - 5 %					750 lb	8-18

Ensayo Rice AASHTO T 209
 Ensayo Marshall ASTM D 1559 (AASHTO T 245)
 ESTABILIDAD
 VACIOS CON AIRE
 FLUJO (Expresado en 0,01")

RISDUA VINTIMILLA
ING. CRISTINA VINTIMILLA
 SENESCYT 1007-05-605320

Anexo 3.48: Ensayo en asfalto con 0% y 5% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena (26-junio-2015)

LABORATORIO DE SUELOS.

PROYECTO:	REUTILIZACION DE LA VIRUTA DE NEUMATICOS EN CAMINERAS DE PARQUES		
SOLICITA:	EMAC E.P.	FECHA ELABORACION:	29 DE MAYO DE 2015
		FECHA DE ROTURA:	28 DE JUNIO DE 2015

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

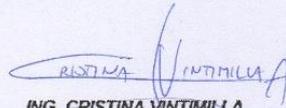
5% DE CAUCHO

Briqueta #	PESO DE MUESTRA			VOLUMEN cc	DENSIDAD		PORC. EN VOLUMEN Vacios	ESTABILIDAD			FLUJO	
	Aire seco	Aire SSS	Agua		BULK Briq.	RICE		Dvis. Dtal	F. C.	Libras		
1	900.5	909.8	420.4	489.4	1.840			580	0.76	441	31	
2	842.1	859.2	387.7	462.5	1.821			512	0.72	389	29	
3	885.4	878.3	400.6	475.7	1.819			340	0.78	265	35	
					1.827	2.320		21.28			358	32
Especificacion.								3 - 5 %			750 lb	8-18

SIN CAUCHO

Briqueta #	PESO DE MUESTRA			VOLUMEN cc	DENSIDAD		PORC. EN VOLUMEN Vacios	ESTABILIDAD			FLUJO	
	Aire seco	Aire SSS	Agua		BULK Briq.	RICE		Dvis. Dtal	F. C.	Libras		
1	1129.2	1130.1	644.1	488.0	2.323			2000	1.09	2180	17	
2	1101.1	1102.6	625.8	478.8	2.309			1500	1.14	1710	17	
3	1095.0	1096.3	622.4	473.0	2.311			1900	1.14	2166	16	
					2.314	2.427		4.64			2019	17
Especificacion.								3 - 5 %			750 lb	8-18

Ensayo Rice AASHTO T 209
 Ensayo Marshall ASTM D 1559 (AASHTO T 245)
 ESTABILIDAD
 VACIOS CON AIRE
 FLUJO (Expresado en 0,01")


 ING. CRISTINA VINTIMILLA
 SENESCYT 1007-05-605320

Anexo 3.49: Ensayo en asfalto de resistencia a la tracción indirecta con 0.3% de contenido de viruta de caucho en sustitución del arena (26-junio-2015)

LABORATORIO DE SUELOS.

PROYECTO:	REUTILIZACION DE LA VIRUTA DE NEUMATICOS EN CAMINERAS DE PARQUES		
SOLICITA:	EMAC E.P.	FECHA ELABORACION:	29 DE MAYO DE 2015
MUESTRA:	CON 0,3% CONTENIDO DE CAUCHO	FECHA DE ROTURA:	26 DE JUNIO DE 2015

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS
CONTROL DE CARPETA ASFALTICA

MEDIDA A LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA.
SUBGRUPO CONDICIONES SECAS.

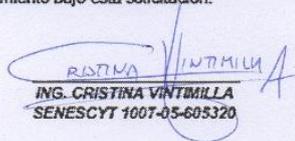
Briqueta #	PESO DE MUESTRA					VOLUMEN cc	DENSIDAD			CARGA	ST FUERZA T. Kp/cm ²	Mda	RESULTADO VISUAL DAÑO
	ESPESOR	DIAMETRO	Aire seco	Aire SSS	Agua		BULK BRQ.	RICE	Vacios				
1	6,13	10,3	1113,8	1114,7	634,0	480,7	2,317			1540	15,5	1,55	1
2	6,20	10,3	1107,4	1108,9	630,0	478,9	2,312			1793	17,9	1,79	1
3	6,00	10,3	1089,9	1090,7	619,0	471,7	2,311			1716	17,7	1,77	1
							2,313	2,423	4,53		17,03		
Especificacion.									3-5 %				0-5 %

MEDIDA A LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA.
SUBGRUPO CONDICIONES HUMEDAS.

Briqueta #	PESO DE MUESTRA					VOLUMEN cc	DENSIDAD			CARGA	ST FUERZA T. Kp/cm ²	Mda	RESULTADO VISUAL DAÑO
	ESPESOR	DIAMETRO	Aire seco	Aire SSS	Agua		BULK BRQ.	RICE	Vacios				
1	6,17	10,3	1132,1	1133,4	645,7	487,7	2,321			1474	14,8	1,48	2
2	6,10	10,3	1147,6	1149,0	652,0	497,0	2,309			1673	15,9	1,59	2
3	5,93	10,3	1106,3	1108,0	629,1	478,5	2,307			1388	14,4	1,44	2
							2,313	2,423	4,56		15,05		
Especificacion.									3-5 %				0-5 %

Ensayo Rice AASHTO T 209
Ensayo Tracción Indirecta AASHTO T 283
Ensayo Marshall ASTM D 1559 (AASHTO T 245)
VACIOS CON AIRE

Esto nos indica que nuestras probetas de mezcla asfáltica para tráfico liviano realizadas en el laboratorio presenta un muy buen comportamiento bajo esta sollicitación.


 ING. CRISTINA VINTIMILLA
 SENESCYT 1007-05-605320

Anexo 4.1: Control de calidad en laboratorio de base granular clase 2 de la Mina Rookaazul Cía. Ltda.

MUESTRA DEPOSITADA EN LABORATORIO

LABSCON
Laboratorio de Suelos y Concretos
Diseño Control de Calidad y Fiscalización

PROYECTO: CONTROL DE CALIDAD
SOLICITADO POR: ROOKAAZUL

MATERIAL: BASE TIPO 2

FECHA: 22 DE JUNIO DEL 2015

MINA : ROOKAAZUL
UBICACION: EL DESCANSO

LIMITE PLASTICO INEN 692

TARRO #	87	17	215	205
PESO DEL TARRO + M. HUMED.	52.5	52.85	50.19	53.36
PESO DEL TARRO + MAT. SEC.	52.07	52.24	49.69	52.74
PESO DEL TARRO	50.51	50	47.84	50.43
%HUMEDAD	27.96	27.23	27.03	26.84

LIMITE LIQUIDO INEN 691

Nº DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Nº DE GOLPES	40	35	32	22	16
TARRO Nº	216	96	245	12	34
PESO TARRO + M. HUMEDA	54.4	55.16	57.14	59.77	58.79
PESO TARRO + M. SECA	52.82	53.4	55.5	57.49	56.73
PESO TARRO	47.58	47.68	50.27	50.6	50.76
%HUMEDAD	30.15	30.77	31.36	33.09	34.51

LIMITE LIQUIDO INEN 696

TARRO #	58	38
PESO DEL TARRO + M. HUMED.	106.39	107.54
PESO DEL TARRO + MAT. SECA	102.14	103.31
PESO DEL TARRO	49.89	51.03
%HUMEDAD	8.13	8.09

GRANULOMETRIA INEN 690

TAMIZ Nº	PESOS RETENIDOS PARCIALES	PESOS RETENIDOS ACUMULADOS	PERCENTAJES RETENIDOS	PERCENTAJES QUE PASAN
3"	0	0	0	100
2"	0	0	0	100
1 1/2"	0	0	0	100
1"	332	332	3	97
3/4"	1.016	1.348	11	89
3/8"	3.539	4.887	40	60.2
Nº4	1.612	6.499	53	47
PASA Nº 4	6.239	5.771	-	-
Nº10	181.20	181.20	71	29
Nº40	128.60	310.00	84	16
Nº200	68.60	378.60	91	9
PASA Nº 200	0.30	83.88	-	-
TOTAL		462.48	-	-

CLASIFICACION POR EL SUCS
GP - GM
A-1a

% DE GRAVA 53
% DE ARENA 38
% DE FINOS 9

CLASIFICACION POR LA AASHTO

PESO HUMEDO ANTES DEL ENSAYO 12.747
PESO HUMEDO DESPUES DEL ENSAYO 12.738
% DE HUMEDAD 8,11%
PESO SECO ANTES DEL ENSAYO 12.270
PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO 500,00
PESO SECO ANTES DEL LAVADO 462,48
PESO SECO DESPUES DEL LAVADO 378,90

LIMITE LIQUIDO 32,70%
LIMITE PLASTICO 27,17%
INDICE DE PLASTICIDAD 5,54%

LABSCON
Laboratorio de Suelos y Concretos
Diseño Control de Calidad y Fiscalización

Ing. Pablo Esteban Vélez Dávila

Manuel Davila 1-52 y Av. Remigio Crespo
Telefonos 07 2 884-121 Telefax: 07 2 814-070 Celu: 0992162164

Anexo 4.2: Control de calidad en laboratorio de base granular clase 2 de la Mina Rookaazul Cía. Ltda.

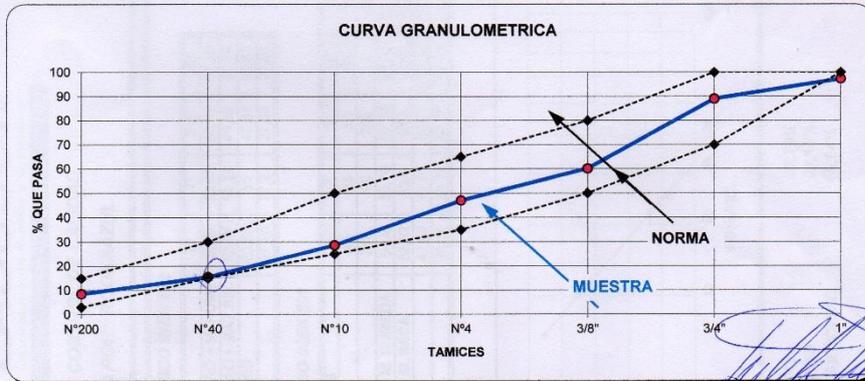
 <p>LABSCON Laboratorio de Suelos y Concretos Diseño Control de Calidad y Fiscalización</p>	
PROYECTO: CONTROL DE CALIDAD	
MUESTRA DEPOSITADA EN LABORATORIO	UBICACIÓN: EL DESCANSO
SOLICITADO POR: ROOKAAZUL	FECHA: 22 DE JUNIO DEL 2015
MATERIAL: BASE TIPO 2	MINA : ROOKAAZUL

ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZ Nº	PESOS RETENIDOS PARCIALES	PESOS RETENIDOS ACUMULADOS	PORCENTAJES RETENIDOS	PORCENTAJES QUE PASAN	PORCENTAJES ESPECIFICADOS
3"	0	0	0	100	-
2"	0	0	0	100	-
1 1/2"	0	0	0	100	-
1"	332	332	3	97	100 100
3/4"	1.016	1.348	11	89	70 100
3/8"	3.539	4.887	40	60	50 80
Nº4	1.612	6.499	53	47	35 - 65
PASA Nº4	6.239	5.771	-	-	-
Nº10	181,20	181,20	71	29	25 50
Nº40	128,80	310,00	84	16	15 - 30
Nº200	68,60	378,60	91	9	3 - 15
PASA Nº200	0,30	83,88	-	-	-
TOTAL	462,48	462,48	-	-	-

PESO HUMEDO ANTES DEL ENSAYO 12,747
 PESO HUMEDO DESPUES DEL ENSAYO 12,738
 % DE HUMEDAD 8,11%
 PESO SECO ANTES DEL ENSAYO 12,270
 PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO 500,00
 PESO SECO ANTES DEL LAVADO 462,48
 PESO SECO DESPUES DEL LAVADO 378,90

VALORES INDICE	NORMA MOP	MATERIAL
L.L	25	32,70%
I.P	6	5,54%



NORMA GRANULOMETRICA BASE TIPO 2


 Laboratorio de Suelos y Concretos
 Diseño Control de Calidad y Fiscalización
 Ing. Pablo Esteban Vélez Dávila

Anexo 5.1: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de replanteo y nivelación

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Replanteo y nivelación **UNIDAD:** ml

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	1.00 %MO	0.01			0.01
Estación total (2 prismas + trípode + bastón)	1	2.67	2.67	0.1	0.267
SUBTOTAL M					0.277
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Cadenero	1	3.22	3.22	0.1	0.322
Topografía 2: experiencia mayor a 5 años (Estr.Oc.C1)	1	3.57	3.57	0.1	0.357
Albañil	1	3.22	3.22	0.1	0.322
SUBTOTAL N					1.001
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Esmalte Pincl. E.18 Amarillo Litro	litro	0.05	3.57	0.179	
Clavo 2-1/2x10 25k	kg	0.05	1.4	0.07	
Tira de Eucalipto 4x5 cm	uni 3.00 m	0.15	0.95	0.143	
SUBTOTAL O					0.392
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.67
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.67

Anexo 5.2: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de excavación mecánica en suelo sin clasificar, $0 < H < 2$ m

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación mecánica en suelo sin clasificar, $0 < H < 2$ m

UNIDAD: m³

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.022			0.022
Minicargadora	1	25	25	0.038	0.95
SUBTOTAL M					0.972
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.57	3.57	0.015	0.054
Peón	2	3.18	6.36	0.0385	0.245
Operador de minicargadora	1	3.57	3.57	0.0385	0.137
SUBTOTAL N					0.436
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.408
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.408

Anexo 5.3: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de cargado de material con minicargadora

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Cargado de material con minicargadora

UNIDAD: m³

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Minicargadora	1	25	25	0.03	0.75
SUBTOTAL M					0.75
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.18	3.18	0.03	0.095
Operador de minicargadora	1	3.57	3.57	0.03	0.107
SUBTOTAL N					0.202
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.952
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.952

Anexo 5.4: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera

UNIDAD: m³

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m ³	1	25	25	0.04	1
SUBTOTAL M					1
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Chofer profesional tipo D	1	4.62	4.62	0.04	0.185
SUBTOTAL N					0.185
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Pago por concepto de disposición de materiales en escombrera	m ³	1	0.4	0.4	
SUBTOTAL O					0.4
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.585
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.585

Anexo 5.5: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de Sobreacarreo de materiales para desalojo para distancia mayor a 6 km

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Sobreacarreo de materiales para desalojo para distancia mayor a 6 km **UNIDAD:** m³/km

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL M					0
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL N					0
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte	m ³ /km	1.3	0.25	0.325	
SUBTOTAL P					0.325
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.325
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.325

Anexo 5.6: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de subrasante, conformación y compactación con equipo liviano

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Subrasante, conformación y compactación con equipo liviano

UNIDAD: m²

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.01			0.01
Minicargadora	1	25	25	0.009	0.225
Rodillo pequeño	1	10	10	0.009	0.09
Tanquero de agua	1	20	20	0.009	0.18
SUBTOTAL M					0.505
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	4	3.18	12.72	0.009	0.114
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.57	3.57	0.009	0.032
Operador de minicargadora	1	3.57	3.57	0.009	0.032
Operador de equipo liviano	1	3.22	3.22	0.009	0.029
SUBTOTAL N					0.207
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.685
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.712

Anexo 5.7: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de base Clase II, tendido, conformación y compactación

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Base Clase II, tendido, conformación y compactación

UNIDAD: m³

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL M					0
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL N					0
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	30	0.05	1.5	
Base clase 2	m ³	1.25	18	22.5	
Tendido, conformación y compactación con equipo liviano	m ³	1	46.205	46.205	
SUBTOTAL O					70.205
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					70.205
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					70.205

Anexo 5.8: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de tendido, conformación y compactación con equipo liviano

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Tendido, conformación y compactación con equipo liviano

UNIDAD: m³

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Minicargadora	1	25	25	0.5	12.5
Tanquero de agua	1	20	20	0.5	10
Rodillo pequeño	1	10	10	0.5	5
SUBTOTAL M					27.5
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	7	3.18	22.26	0.5	11.13
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.57	3.57	0.5	1.785
Operador rodillo pequeño	1	3.39	3.39	0.5	1.695
Chofer profesional tipo D	1	4.62	4.62	0.5	2.31
Operador de minicargadora	1	3.57	3.57	0.5	1.785
SUBTOTAL N					18.705
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					46.205
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					46.205

Anexo 5.9: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de imprimación asfáltica y barrido mecánico

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Imprimación asfáltica y barrido mecánico

UNIDAD: m²

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
DISTRIBUIDOR DE ASFALTO CON ROCIADOR MANUAL	1	30	30	0.03333	1
ESCOBA MECÁNICA	1	12	12	0.003	0.036
SUBTOTAL M					1.036
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	4	3.18	12.72	0.003	0.038
Operador de barredora autopropulsada	1	3.39	3.39	0.003	0.01
Distribuidor de Asfalto (manual)	1	3.39	3.39	0.033	0.113
SUBTOTAL N					0.161
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Asfalto	gal	0.35	1.55	0.543	
Diésel	gal	0.15	1.04	0.156	
SUBTOTAL O					0.699
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.896
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.896

Anexo 5.10: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de carpeta asfáltica (e=1in)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Carpeta asfáltica (e = 1 in) **UNIDAD:** m²

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
PLANTA ASFÁLTICA	1	140.31	140.31	0.005	0.702
Minicargadora	1	25	25	0.005	0.125
Rodillo pequeño	1	10	10	0.005	0.05
SUBTOTAL M					0.877
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	8	3.18	25.44	0.005	0.127
Operador de minicargadora	1	3.57	3.57	0.005	0.018
Operador de equipo liviano	1	3.22	3.22	0.005	0.016
Operador responsable de la planta asfáltica	1	3.57	3.57	0.005	0.018
SUBTOTAL N					0.179
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
MATERIAL GRANULAR	m ³	0.034	18	0.612	
Asfalto	gal	1.1	1.55	1.705	
Diésel	gal	0.23	1.04	0.239	
SUBTOTAL O					2.556
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte de mezcla asfáltica	m ³ /km	0.025	0.25	0.006	
SUBTOTAL P					2.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					3.618
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3.618

Anexo 5.11: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de mejoramiento, tendido conformación y compactación

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Mejoramiento, tendido conformación y compactación

UNIDAD: m³

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL M					0
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL N					0
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	10	0.05	0.5	
Material de mejoramiento puesto en obra	m ³	1.25	14	17.5	
Tendido, conformación y compactación con equipo liviano	m ³	1	46.205	46.205	
SUBTOTAL O					64.205
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					64.205
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					64.205

Anexo 5.12: detallado de precios unitarios correspondiente al rubro de preparación, tendido, conformación y compactación con material tipo lastre mejorado

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Preparación, tendido, conformación y compactación con material tipo lastre mejorado **UNIDAD:** m³

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor	10.00 %MO	0.66			0.66
Rodillo compactador pequeño	1	20	20	0.5	10
Minicargadora	1	25	25	0.5	12.5
Plancha vibratoria	1	3.75	3.75	0.5	1.875
SUBTOTAL M					25.035
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.18	3.18	0.5	1.59
Albañil	1	3.22	3.22	0.5	1.61
Operador de minicargadora	1	3.57	3.57	0.5	1.785
Operador de equipo liviano	1	3.22	3.22	0.5	1.61
SUBTOTAL N					6.595
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Polímero para consolidar suelo	kg	26	1.12	29.12	
Polímero para consolidar suelo (l)	l	0.255	43	10.965	
Agua	lt	100	0.01	1	
Cemento Portland puesto en obra	saco 50 kg	1	6.55	6.55	
SUBTOTAL O					47.635
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					79.265
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					79.265