

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DE LA  
CANTERA AGRESUR VEREDA SAN JOSÉ MUNICIPIO DE FUNES,  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO Y OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO  
DE ASFALTO PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MEDIANTE EL  
“MÉTODO MARSHALL”**

**ING. JAVIER ENRIQUEZ BRAVO  
ING.CARLOS HERNANDO MONCAYO CHAMORRO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS  
SAN JUAN DE PASTO  
2013**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS AGREGADOS PÉTREOS DE LA  
CANTERA AGRESUR VEREDA SAN JOSÉ MUNICIPIO DE FUNES,  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO Y OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE OPTIMO  
DE ASFALTO PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MEDIANTE EL  
“MÉTODO MARSHALL”**

**ING. JAVIER ENRIQUEZ BRAVO  
ING. CARLOS HERNANDO MONCAYO CHAMORRO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar  
al título de Especialista en Ingeniería de Carreteras**

**Director:  
Ing. M. Sc. JORGE LUIS ARGOTY BURBANO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS  
SAN JUAN DE PASTO  
2013**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el Trabajo de Grado, son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1 del acuerdo N°. 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Concejo de la Universidad de Nariño.

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor

Artículo 13° del acuerdo No. 005 de enero 26 de 2010, emanado por el Honorable Concejo Académico de la Universidad de Nariño”

## **NOTA DE ACEPTACION**

---

---

---

---

### **COMENTARIOS:**

---

**ING. JORGE LUIS ARGOTY BURBANO**

Magister Ingeniería de Vías Terrestres  
Director trabajo de grado

---

**ING. GUILLERMO MUÑOZ RICAURTE**

Especialista en Vías Terrestres

---

**ING. ARMANDO MERINO CHAMORRO**

Especialista en Ingeniería de Carreteras  
Jurado

Pasto, Octubre de 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a las personas y entidades que permitieron alcanzar los objetivos trazados en este trabajo:

A la Universidad, al cuerpo de profesores y empleados administrativos, quienes contribuyeron a nuestra formación profesional y personal.

A nuestro director JORGE LUIS ARGOTY BURBANO, Ingeniero Civil. Magister en Ingeniería de Vías Terrestres, por su valiosa orientación y aportes a nuestro trabajo.

A "AGRESUR LTDA, Profesional de la Empresa por brindarnos la oportunidad de aplicar nuestros conocimientos y por facilitar todos los medios requeridos para llevar a feliz término el trabajo.

A GUSTAVO PONCE, perteneciente al Laboratorios de Suelos del Departamento de Ingeniería, quien con su colaboración y experiencia, nos guió para cumplir los objetivos trazados.

De manera especial a los empleados administrativos y al personal operativo de la empresa por la ayuda incondicional y el interés mostrado para con el proyecto.

## DEDICATORIA

*A Dios a mi Esposa, Hijos, mamá y demás familia por  
Su apoyo para alcanzar este objetivo de mi vida profesional.*

*Carlos Hernando Moncayo Chamorro*

## RESUMEN

El presente trabajo de grado plasma los resultados de la caracterización de los materiales pétreos de la cantera AGRESUR, y aplicando el método Marshall obtener un diseño de una mezcla asfáltica en caliente tipo denso MDC-2 de acuerdo a los requerimientos del Artículo 450-07 del Instituto Nacional de Vías-INVIAS, utilizando los materiales pétreos de la cantera antes relacionada los cuales son explotados de los depósitos aluviales del Río Téllez. Para determinar las proporciones adecuadas tanto de asfalto y como de agregados, se parte de una cantidad generosa de materiales pétreos para la realización de los ensayos, de cada uno de estos se realiza un registro para determinar los resultados obtenidos para luego compararlos con las exigencias de las normas. Para el estudio los materiales de la cantera Agresur cumplen con la norma Invias. Para el asfalto que se va a utilizar el producto cuenta con un reporte de resultados de ensayo de laboratorio por parte de Ecopetrol donde se especifican las características del asfalto y la curva de temperatura vs viscosidad, que indica temperatura de mezclado y compactación de esta cochada de asfalto. En este mismo proceso como ligante asfáltico se utilizó asfalto convencional de penetración 60/70 para ser combinado en proporciones exactas y con estos materiales determinar las propiedades físicas de una mezcla conforme a los requerimientos del Artículo 400-07 del Instituto nacional de vías.

Con el fin de alcanzar el desarrollo de los objetivos propuestos en este trabajo de grado fue necesario complementar el equipo de laboratorio de la Universidad de Nariño para el ensayo Marshall, mediante la compra y donación de moldes de compactación de briquetas Marshall, martillo de compactación Marshall, pedestal de compactación, mordaza y pistón para el anillo de carga, anillo de carga, medidores de flujo y termómetros bimetálicos los cuales fueron comprados en la empresa Dirimpex Ltda. Una vez los equipos estuvieron en laboratorio fue necesario realizar la calibración del anillo de carga la cual se logró a través de la empresa Humbolt, lo cual permitió tener confiabilidad en los resultados obtenidos.

Finalmente, mediante la implementación del método Marshall, utilizando materiales pétreos de la Cantera Agresur, y tras la realización de diferentes pruebas físicas, se obtuvieron resultados satisfactorios que se encuentran dentro de los parámetros permisibles para una mezcla MCD-2 que exige la norma INVIAS, encontrando que el porcentaje óptimo de asfalto para una mezcla con asfalto normal es de 5.0 %.

## ABSTRACT

This study of plasma level of characterization results of stone materials from the quarry AGRESUR, and applying the method marshall obtain a design of a hot mix asphalt dense type MDC-2 according to the requirements of Article 450-07 of the national roads-INVIAS, using stone materials related quarry before which are operated in the alluvial deposits of the River Tellez.

To determine the proper proportions so as asphalt and aggregate, is part of a generous amount of stone material for performing each of the tests, each of these records is performed to determine the results and then compare the requirements of the standards. To study the quarry materials Agresur Invias compliant. For the asphalt to be using the product has a report of laboratory test results by Ecopetrol which specifies the characteristics of the asphalt and the viscosity vs. temperature curve, which indicates mixing and compaction temperatures of this cochada Asphalt

This same process was used as a binder asphalt penetration conventional asphalt 60/70 to be combined in exact proportions with these materials determine the physical properties of a mixture according to the requirements of Article 400-07 of the National Institute of roads.

In order to achieve the development of the objectives proposed in this paper grade was necessary to supplement laboratory equipment Nariño University for Marshall test, through the purchase and donation of briquette compaction molds Marshall, Marshall compaction hammer , compaction pedestal, gag and piston ring load, load ring, flow meters and bimetallic thermometers which were bought in the company DirimpexLtda Once the teams were in the laboratory it was necessary to calibrate the load ring which was achieved through the company Humbolt, which allowed to have confidence in the results obtained.

Finally, by implementing the Marshall method, using the Cantera stone materials Agresur, and after performing various physical tests, satisfactory results were obtained that are within the permissible parameters for a mixture MCD-2 standard requires INVIAS finding the optimum asphalt content for a normal asphalt mixture is 5.0%.



## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	18
1. MARCO TEÓRICO .....	22
1.1 ANTECEDENTES MÉTODO MARSHALL.....	22
1.2 MARCO CONCEPTUAL .....	22
1.2.1 Cemento asfalto .....	22
1.2.2 Material granular .....	25
1.2.3 Mezclas asfálticas .....	29
2. METODOLOGIA .....	37
2.1 MÉTODO DE DISEÑO MARSHALL - RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL MÉTODO MARSHALL (I.N.V.E -748 – 07) .....	37
2.1.1 Descripción del equipo utilizado. ....	38
2.2 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES.....	39
2.2.1 Asfalto.....	39
2.2.2 Determinación de las temperaturas de mezcla y compactación .....	39
2.2.3 Combinación de agregados pétreos.....	40
2.3 ELABORACION DE BRIQUETAS.....	44
2.3.1. Estimación del porcentaje óptimo de asfalto teórico .....	44
2.3.2. Procedimiento para la elaboración de briquetas.....	48
2.4 PRUEBAS Y ENSAYOS REALIZADOS A LAS BRIQUETAS.....	51
2.5 CÁLCULO DE VALORES DEL ENSAYO MARSHALL No 1. ....	52
2.6 GRÁFICOS DERESULTADOSOBTENIDOS ENSAYO MARSHALL No. 1 .....	59
2.6.1 Observaciones y tendencias de las gráficas de diseño .....	60
2.6.2 Determinación del contenido óptimo de asfalto marshal 1 .....	64
2.7 RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL No 2.....	66

2.7.1	Gráficos de resultados obtenidos ensayo Marshall no. 2.....	67
2.8	PROCEDIMIENTO SEGÚN LA NATIONAL ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION DE LOS E.U (NAPA).....	72
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES.....	74
	BIBLIOGRAFÍA.....	75
	ANEXOS .....	76

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Criterios de selección del cemento asfáltico.....	23
Tabla 2. Especificaciones del cemento asfáltico para mezclas densas en caliente. ....	25
Tabla 3. Requisitos de los agregados pétreos para tratamientos, lechadas y mezclas bituminosas nivel de tránsito NT3 .....	29
Tabla 4. Clasificación de las mezclas asfálticas.....	30
Tabla 5. Granulometrías típicas para mezclas densas en caliente.....	31
Tabla 6. Criterios de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall .....	36
Tabla 7. Temperaturas óptimas de los asfaltos colombianos .....	40
Tabla 8. Ajuste granulométrico para mezclas asfálticas.....	41
Tabla 9. Resumen de la tabla de resultados de los materiales pétreos cantera agresur.....	43
Tabla 10. Factor de K con respecto al porcentaje de material que pasa 200 .....	45
Tabla 11. Tipo de material n .....	45
Tabla 12. Dosificación para briquetas diseño Marshall .....	47
Tabla 13. Número de golpes por cara según la intensidad del tránsito .....	50
Tabla 14. Formato de datos de entrada ensayo Marshall No. 1.....	53
Tabla 15. Peso específico máximo teórico de las mezclas asfálticas.....	55
Tabla 16. Peso específico máximo medido de las mezclas asfálticas.....	55
Tabla 17. Gravedad específica efectiva del agregado por cada porcentaje de asfalto. ....	56
Tabla 18. Resumen para el trazado de los gráficos del método Marshall No. 1.	59
Tabla 19. Resumen resultados ensayo Marshall 1 por el método del Instituto Norteamericano del Asfalto .....	65

Tabla 20.	Formato de datos de entrada ensayo Marshall No. 2.....	66
Tabla 21.	Resumen para el trazado de los gráficos del método Marshall No. 2.	67
Tabla 22.	Resumen resultados ensayo Marshall 2 por el método del Instituto Norteamericano del Asfalto .....	71

## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Formula de trabajo.....	42
Gráfica 2. Peso unitario vs % de Asfalto.....	61
Gráfica 3. Estabilidad vs % de Asfalto.....	61
Gráfica 4. Flujo VS % Asfalto.....	62
Gráfica 5. Vacíos totales VS % de Asfalto.....	62
Gráfica 6. VMA vs % de Asfalto.....	63
Gráfica 7. VFA vs % de Asfalto.....	63
Gráfica 8. Llenante mineral vs % Asfalto.....	64
Gráfica 9. Peso unitario vs % Asfalto.....	67
Gráfica 10. Estabilidad vs % de Asfalto.....	68
Gráfica 11. Vacíos totales vs % de Asfalto.....	68
Gráfica 12. Flujo vs % de Asfalto.....	69
Gráfica 13. VAM vs % de Asfalto.....	69
Gráfica 14. VFA vs % de Asfalto.....	70
Gráfica 15. Llenante / ligante vs % de Asfalto.....	70

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Pág.</b>
Fotografía 1. Agregado separado por tamizado y secado material horno tamizado .....	46
Fotografía 2. Calentamiento material pétreo y mezcla asfáltica .....	49
Fotografía 3. Molde de compactación y compactación de mezcla asfáltica .....	50
Fotografía 4. Elaboración y desmonte de briquetas .....	51
Fotografía 5. Briquetas en baño maría.....	51
Fotografía 6. Estabilidad y flujo.....	52
Fotografía 7. Peso de la muestra en el aire .....	54

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Ensayo de granulometría agregado grueso .....	78
Anexo B. Ensayo de granulometría agregado fino .....	79
Anexo C. Ensayo de granulometría material fino Agresur Ltda.....	80
Anexo D. Desgaste en la máquina de los ángeles agregado grueso .....	81
Anexo E. Desgaste en micro-deval agregado grueso.....	82
Anexo F. Ensayo de durabilidad agregado fino por sulfato de sodio .....	83
Anexo G. Ensayo de durabilidad agregado fino por sulfato de magnesio .....	84
Anexo H. Ensayo de durabilidad agregado grueso con sulfato de sodio .....	85
Anexo I. Ensayo de durabilidad agregado grueso con sulfato de magnesio.....	86
Anexo J. Ensayo de caras fracturadas agregado grueso .....	87
Anexo K. Índices de alargamiento y aplanamiento de agregados agregado grueso.....	88
Anexo L. Ensayo de equivalente de arena agregado grueso .....	89
Anexo M. Gravedad específica y absorción de agregados gruesos .....	89
Anexo N. Gravedad específica y absorción de agregados finos .....	91
Anexo O. Determinación de la limpieza superficial de las partículas de agregado grueso.....	92
Anexo P. Curva de susceptibilidad térmica del cemento asfáltico procedente de la refinería de Barrancabermeja .....	93
Anexo Q. Factor de corrección de la estabilidad .....	94
Anexo R. Factura de compra de los equipos .....	97
Anexo S. Características del cemento asfáltico procedente de la refinería de Barrancabermeja empleado en el diseño de la mezcla .....	99
Anexo T. Carta de calibración del fabricante del anillo de carga “controls” de 30 kn de capacidad .....	101

Anexo U. Certificado y carta de calibración del anillo de carga “controls”  
de 30 kn de capacidad realizado por Rosseberg & Reingeniería  
S.A.S ..... 112



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado tiene como objetivo realizar el ensayo Marshall, de acuerdo con los requerimientos del Instituto nacional de Vías - INVIAS, para los materiales pétreos de la cantera AGRESUR y obtener el porcentaje óptimo de asfalto dentro de los parámetros permisibles para una mezcla asfáltica en caliente tipo denso MDC-2.

De otro lado, es importante mencionar que para el desarrollo de los objetivos del estudio se realizó una caracterización de los materiales pétreos de la cantera Agresur Ubicada en el Municipio de Funes, con el fin de verificar si cumplen con las necesidades que exige la norma INVIAS 400 2007, referente a mezclas densas en caliente.

Cabe resaltar que en la actualidad son mínimos los estudios realizados a los materiales pétreos de las diferentes canteras existentes en el Departamento así como tampoco existe una disponibilidad de laboratorios de suelos y pavimentos que realicen y certifiquen el “Ensayo Marshall”, para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente, lo cual conlleva a utilizar materiales y mezclas asfálticas bajo el desconocimiento de las características propias de los diferentes materiales y sin ninguna aproximación técnica a las necesidades de la región para el desarrollo de obras viales.

Con el fin de realizar un aporte significativo a la Universidad de Nariño y por lo tanto a los profesionales del área civil y especialistas en ingeniería de carreteras en el presente trabajo de grado se estableció como un objetivo importante la complementación del equipo Marshall del Laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño por lo que fue necesario adquirir y donar los siguientes equipos: moldes de compactación de briquetas Marshall, martillo de compactación Marshall, pedestal de compactación, mordaza y pistón para el anillo de carga, anillo de carga, medidores de flujo y termómetros bimetálicos los cuales fueron comprados en la empresa Dirimpex Ltda.

La importancia del presente estudio radica en proporcionar a los constructores viales del Departamento de Nariño y especialmente a los especialistas en Ingeniería de carreteras, un instrumento técnico de decisión para la utilización de mezcla asfáltica utilizando los materiales pétreos de la cantera Agresur en obras de índole local y regional acorde a las especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías –INVIAS.

## **ELEMENTOS GENERALES**

**Tema:** Diseño Marshall para determinar el porcentaje óptimo de asfalto.

**Título:** Caracterización física de los agregados pétreos de la cantera AGRESUR vereda San José, Municipio de Funes, Departamento de Nariño y obtención del porcentaje óptimo de asfalto para el diseño de la mezcla asfáltica; mediante el método Marshall.

**Línea:** Vías y transporte.

## **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

**Descripción de la situación actual:** Es importante mencionar que en el departamento de Nariño, no existe una disponibilidad de laboratorios de suelos y pavimentos que realicen y certifiquen en el “Ensayo Marshall”, para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente por lo que se desconoce realmente el porcentaje óptimo de asfalto que deben alcanzar este tipo de mezclas, acorde a la normatividad vigente así como a las condiciones y necesidades propias de cada lugar. De otro lado, es una falencia técnica el hecho de que en la actualidad las canteras localizadas en el Departamento de Nariño, ofrezcan un producto al cual no se le ha practicado ningún tipo de ensayos actualizados que permitan tener una aproximación a su caracterización de acuerdo a la norma INVIAS-2007, pues en la práctica es muy común que los administradores de las canteras no realizan pruebas periódicas de los materiales explotados, alejadas con los requerimientos de la que exigen nuestras carreteras, pues a manera de un simple ejemplo se observa como los volúmenes y características de vehículos que transitaban en años anteriores es menor a los volúmenes y características actuales; lo que hoy por hoy genera mayor de calidad de las vías y por consiguiente en la calidad de los materiales empleados en estas; por lo tanto obliga al Invias a que las carreteras se construyan para cumplir estas solicitudes de carga presente en las vías. Se pueden observar en muchas calles de nuestra ciudad capital como en otras ciudades de nuestro departamento que pavimentos asfálticos nuevos empiezan a deteriorarse y presentar fallas prematuras en mucho menor tiempo que la vida útil proyectada. Se puede advertir que un factor que contribuyó a este hecho es que la mezcla asfáltica utilizada no cumplía con todos los parámetros exigidos por el Invias y además en el proceso de control no existían la disponibilidad de laboratorios especializados para hacer un seguimiento por parte de las entidades de control, dado a que son muy pocos los trabajos de investigación realizados para la elaboración del diseño de mezclas asfálticas para la certificación de las canteras y los pocos que existen se han desarrollado por intereses particulares por lo cual sus resultados no son difundidos en el medio.

**Formulación del problema:** ¿Cuál es el porcentaje óptimo de asfalto y de agregados pétreos provenientes de la cantera AGRESUR para obtener una

mezcla asfáltica que cumpla con la normatividad y especificaciones técnicas del INVIAS y por lo tanto garantice la calidad de las obras viales en el Departamento de Nariño?

### **Objetivos:**

**Objetivo general.** Determinar el contenido óptimo de asfalto para un tipo de mezcla densa en caliente (MDC), así como también proporcionar información sobre las características físicas y mecánicas de los agregados pétreos de la cantera AGRESUR que se utilizan para las mezcla asfáltica en caliente, de tal manera que cumpla con las especificaciones existentes según en el (art. 450-07) del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

### **Objetivos específicos:**

- Complementar el equipo Marshall del Laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño.
- Caracterización del agregado de la Cantera de AGRESUR, MUNICIPIO DE FUNES, DEPARTAMENTO DE NARIÑO, según la Norma INVIAS 2007.
- Realizar el ensayo Marshall con el fin de obtener el porcentaje óptimo de asfalto y de agregados pétreos de la cantera Agresur, para la realización de una mezcla asfáltica en caliente.

### **JUSTIFICACIÓN**

La importancia de este estudio radica en caracterizar físicamente los agregados pétreos de la cantera AGRESUR, localizada en el Municipio de Funes Departamento de Nariño; con el fin de conocer las características físicas de dichos materiales así como determinar el porcentaje óptimo de asfalto que se utilizaría para la elaboración de mezclas asfálticas a utilizar en diferentes proyectos.

De otro lado, cabe resaltar el hecho de que los ensayos fueron realizados utilizando el equipo de laboratorio de ensayo Marshall de la Universidad de Nariño, el cual fue optimizado tras la donación de equipos complementarios como moldes de compactación de briquetas Marshall, martillo de compactación Marshall, pedestal de compactación, mordaza y pistón para el anillo de carga, anillo de carga, medidores de flujo y termómetros bimetálicos en cumplimiento de uno de los objetivos del presente estudio.

Lo anterior, además de permitir el cumplimiento del objetivo del presente estudio se convierte en un aporte técnico significativo para los profesionales de la Ingeniería Civil y especialistas en Ingeniería de Carreteras, al ampliar sus conocimientos sobre las características de las mezclas asfálticas y su adecuado

control de calidad en pavimentos así como también por disponer de un laboratorio de suelos más completo para la implementación del método Marshall como mecanismo de control de calidad, diseño y construcción de pavimentos flexibles con lo cual permitirá la construcción de importantes vías regionales de alta calidad.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 ANTECEDENTES MÉTODO MARSHALL

El Concepto del Método Marshall en el diseño de mezclas para pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El cuerpo de ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoro y adicionó ciertos aspectos al procedimiento de prueba de Marshall, a la vez que desarrolló un criterio de diseño de las mezclas. El método original únicamente es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación, que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor. El método Marshall modificado se desarrolló para tamaños máximos arriba de 38 mm (1.5"), y está pensado para diseño en laboratorio y control en campo de mezclas asfálticas en caliente, con graduación densa. Debido a que la prueba de estabilidad es de naturaleza empírica, la importancia de los resultados en términos de estimar el comportamiento en campo se pierde cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar. El objetivo de los ensayos Marshall es determinar el contenido óptimo de asfalto para un determinado tipo de mezcla asfáltica, en este caso, se consideraron las especificaciones técnicas del Invias, en donde se indican los intervalos permisibles de las propiedades fundamentales para cada tipo de mezcla asfáltica en caliente como lo son: la densidad, la estabilidad, la deformación, el contenido de vacíos en la mezcla y el contenido de vacíos en el agregado mineral.

### 1.2 MARCO CONCEPTUAL

**1.2.1 Cemento asfalto.** Es el asfalto que resulta del proceso de la refinación del crudo, es un material que presenta propiedades aglutinantes, flexibilidad y resistencia, además goza de una viscosidad apropiada para los trabajos de pavimentación. Se designa con las letras AC dependiendo de su penetración. Es excelente para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente. La viscosidad esta característica depende de la temperatura, al incrementar esta disminuye; de ahí la importancia de la selección del tipo de asfalto más conveniente para el clima donde se instala el pavimento asfáltico.

La química del asfalto es muy compleja, este está compuesto esencialmente de hidrocarburos donde el carbono e hidrogeno son los constituyentes principales, sin dejar de estar presentes el azufre, nitrógeno, vanadio, níquel entre otros. Las investigaciones tratan de correlacionar la composición química con las propiedades físicas y su comportamiento en servicio. Se preparan comercialmente en grados o rangos de consistencia, de acuerdo con el ensayo de penetración, siendo este uno de los ensayos más comunes en la caracterización del asfalto; como ejemplo de su designación se tienen estos tres tipos de asfaltos: AC 70-90, AC-60-80, AC 80-100, donde los números indican la penetración en décimas de milímetro. En el país, son principalmente empleados los cementos asfálticos con un rango de penetración 60-70 para climas cálidos y 80-100 para climas templados o fríos, puesto que tras estudios realizados y basados en la experiencia, se ha podido definir que cuando se registran temperaturas elevadas, entre mayor sea el índice de penetración de este, los pavimentos flexibles tienden a desarrollar fallas por ahuellamiento. La selección del cemento asfáltico a utilizar en una mezcla asfáltica en caliente está sujeta a dos parámetros de diseño como son: las características climáticas de la zona y las condiciones de operación de la vía. (ver tabla 1)

**Tabla 1. Criterios de selección del cemento asfáltico**

TIPO DE CAPA	NT1			NT2			NT3		
	TEMPERATURA MEDIA ANUAL PONDERADA DE LA REGION ( °C )								
	>24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15
Rodadura e intermedia	60-70	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100	60-70 O	60-70 O	80-100 O
Base	*	*	*	60-70 u 80-100	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100
Mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura	*	*	*	TIPO II	TIPO II	TIPO II	TIPO II	TIPO II	TIPO II
				O	O	O	O	O	O
Mezcla drenante	*	*	*	TIPO I	TIPO I	TIPO I	TIPO I	TIPO I	TIPO I
				O TIPO II	O TIPO II	O TIPO II	O TIPO II	O TIPO II	O TIPO II
Alto modulo	*	*	*	*	*	*	TIPO V	TIPO V	TIPO V

Notas:

(1) Las denominaciones Tipo I, Tipo II, Tipo III y Tipo V corresponden a cementos asfálticos modificados con polímeros, según se define en el numeral 400.2.3

(2) Para una temperatura menor de 15°C y tránsito NT3, el proyectista podrá recomendar un cemento asfáltico de grado de penetración 60 – 70, si considera que el tránsito es extremadamente agresivo. Bajo una consideración similar se puede emplear el cemento asfáltico modificado con polímeros Tipo III para el mismo nivel de tránsito y temperaturas de 24°C o menores.

### **Ensayos realizados al asfalto:**

- Penetración: Este ensayo permite evaluar el grado de penetración de un cemento asfáltico, evaluando cuanto penetra una aguja de referencia en un tiempo de 5 segundos y con 100 g de carga, realizado el ensayo a 25°C. **Norma: INV E-706**
- Índice de Penetración a 25°C: Este índice, concebido por Pfeiffer y Van Doornal, se calcula a partir de los valores de la penetración a 25° C y del punto de ablandamiento y proporciona un criterio de medida de la susceptibilidad térmica de estos materiales. **Norma: INV E-724**
- Viscosidad a 60°C: La viscosidad aparente del asfalto a elevadas temperaturas, desde 60° a 200°C, usando un viscosímetro rotacional equipado con un sistema termos el. **Norma: INV-E-717**
- Ductilidad: Por medio de este ensayo se determina una medida de trabajabilidad del asfalto, sometiendo a elongación en un baño de agua a temperatura controlada de 25C en el ductilímetro a una tasa de deformación de 5 mm/min. **Norma INV E-702**
- Solubilidad en tricloroetileno: Este ensayo busca determinar las impurezas presentes en el asfalto, definidas estas como las partículas insolubles en Tricloroetileno. **Norma: INV-E-713.**
- Contenido de agua: Mediante la destilación de una muestra de asfalto, se determina el contenido de agua presente en el ligante, este valor es útil para la producción de asfalto en las torres de destilación. **Norma: INV E-704.**
- Punto de Ignición y llama en la copa abierta de Cleveland: Mediante esta norma se determina la temperatura a la cual un asfalto entra en llama, por lo cual es útil para el manejo seguro del asfalto en planta. **Norma: INV E-709.**
- Pérdida de masa por calentamiento en película delgada en movimiento (163°C, 75 minutos). **Norma: INV E-720**
- Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento (E-720), en % de la penetración original. **Norma: INV E-706**

- Punto de Ablandamiento: Este ensayo determina la temperatura máxima a la cual un asfalto empieza a fluir ante pequeñas cargas. **Norma: INV E-712.** (ver tabla 2)

**Tabla 2. Especificaciones del cemento asfáltico para mezclas densas en caliente.**

CARACTERISTICA	UNIDADES	NORMA DE ENSAYO INV	60-70		80-100	
			mín.	Máx.	mín.	Máx.
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	60	70	80	100
Índice de penetración	-	E-724	-1	+1	-1	+1
Viscosidad absoluta (60° C)	P	E-716 o E-717	1500	-	1000	-
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	Cm	E-702	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99	-	99	-
Contenido de agua	%	E-704	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland	°C	E-709	230	-	230	-
Pérdida de masa por calentamiento en película delgada en movimiento (163°C, 75 minutos)	%	E-720	-	1.0	-	1.0
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento (E-720), en % de la penetración original	%	E-706	52	-	48	-
Incremento en el punto de ablandamiento luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento (E-720).	°C	E-712	-	5	-	5

**1.2.2 Material granular.** Son una mezcla natural o preparada, de piedra o grava triturada, arena fina, gruesa y llenante mineral. Los agregados pétreos son minerales inertes y duros, empleados en fragmentos para la construcción de pavimentos. Se utilizan también en la construcción de base y sub - base granular sirviendo como estructura de soporte a los pavimentos, son los responsables de la capacidad o resistencia de la mezcla; Los factores a tener en cuenta son la granulometría, la composición mineralógica, la humedad del agregado, la textura superficial, limpieza, la porosidad, la absorción, la forma de la partícula, la resistencia al desgaste y la durabilidad.



**Agregado grueso.** Se llama agregado grueso a la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (No.4). Este agregado deberá provenir de la desintegración de roca, de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin presencia exagerada de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrarles, deberá estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias que puedan impedir la adhesión completa del asfalto o afecten adversamente la durabilidad de la mezcla compactada.

**Agregado fino.** “Se llama agregado fino a la porción del agregado comprendida entre los tamices No. 4 y N 200. “Deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del quince por ciento (15 %) de la masa total del agregado combinado, cuando el tránsito de diseño sea superior a cinco millones ( $> 5 \cdot 10^6$ ) de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño, ni exceder de veinticinco por ciento (25 %) para tránsitos de menor intensidad. En todo caso, la proporción de agregado fino no triturado no podrá exceder la del agregado fino triturado”<sup>1</sup>

**Llenante mineral.** El llenante mineral es la porción del agregado que pasa el tamiz de 75  $\mu$ m (No.200), este será de polvo de piedra caliza, cenizas de carbón o de fundición, cemento Portland u otro material mineral inerte. Debe estar seco y libre de terrones.

### **Ensayos realizados a los agregados pétreos:**

#### **Composición**

- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos I.N.V.E – 213 – 07. Tiene como fin determinar la distribución de tamaños de los agregados pétreos, estos son separados por medio de unos tamices predeterminados por el diseño de la mezcla asfáltica.

#### **Dureza**

- Desgaste en máquina de los Ángeles: Por medio de este método se determina la resistencia al desgaste de los agregados gruesos tras ser sometidos a la acción de cargas abrasivas y 500 revoluciones en la máquina de los Ángeles Norma: INV E-218

---

<sup>1</sup>Ministerio De Transporte. Instituto Nacional De Vías. Subdirección de apoyo técnico. Especificaciones técnicas para los agregados y llenante mineral para mezclas densas en caliente. INV Art. 450 – 07 Bogotá. 2007.

- Resistencia al desgaste en el Micro-Deval: Por medio de este método se determina la resistencia al desgaste de los agregados gruesos tras ser sometidos a la acción de cargas abrasivas, agua y rotación a 100 rpm durante 2 horas en el equipo Micro-Deval Norma: INV E-238.

### **Durabilidad**

- Solidez en sulfato de sodio y sulfato de magnesio: Este ensayo busca evaluar la durabilidad del agregado pétreo en términos de su resistencia a la alteración ante agentes químicos, la solución de sulfato de sodio entra por los poros del agregado y ante 5 ciclos consecutivos de humedecimiento y secado forma cristales que generan el rompimiento de las partículas de agregado que sean más sensibles a la solución Norma: INV E-220.
- Partículas fracturadas: Esta norma describe el procedimiento para determinar el porcentaje, en masa o por conteo de una muestra de agregado grueso compuesta por partículas fracturadas que cumplen con los requisitos específicos Norma: INV E-227
- Partículas alargadas y aplanadas: Mediante el uso del calibrador proporcional se determina el % de partículas alargadas y/o aplanadas en los agregados gruesos Norma: INV E- 240.

### **Limpieza**

- Equivalente de Arena: Este ensayo busca determinar la proporción de polvo nocivo, o material arcilloso presente en los agregados finos, separando estos materiales por medio de un agente floculante que genera que las arenas pierdan la cobertura arcillosa, posteriormente por sedimentación se determinan las alturas de arena y arcilla presentes en la muestra.
- Contenido de impurezas: Describe el procedimiento a seguir para determinar la limpieza superficial de los agregados, tanto de origen natural como artificial, con tamaños superiores a 4.75 mm, utilizados en la construcción de carreteras. Norma: INV E- 237.

### **Geometría de partículas**

- Partículas fracturadas mecánicamente (INV E – 227– 07)

Uno de los propósitos de este requisito es incrementar la resistencia al corte incrementando la fricción entre partículas en mezcla del agregado ligadas o no ligadas, otro propósito es dar estabilidad a los agregados y proporcionar mayor fricción y textura para agregados usados en capas superficiales de pavimento.

- Partículas planas, alargadas, ó partículas planas y alargadas en agregados gruesos(INV E – 240 – 07)

Este método de ensayo cubre la determinación de los porcentajes de partículas planas, alargadas, o partículas planas y alargadas en agregados gruesos. Los valores declarados en unidades de libra-pulgada deben ser considerados como el estándar excepto con atención al tamaño del tamiz y al tamaño de agregado. Las partículas individuales de agregado de un tamaño específico de tamiz es medido para determinar las relaciones de ancho a espesor, de largo a ancho, o largo a espesor.

### **Gravedad específica**

- Gravedad específica y absorción del agregado fino (INV E – 222– 07)

1. Se toma una muestra representativa de agregado fino la cual se sumerge durante 15 horas. Al día siguiente se expande la muestra sobre la superficie de un recipiente o bandeja la cual no es absorbente. Con el secador se le inyecta una corriente de aire hasta conseguir un secado uniforme, la operación es terminada cuando los granos del agregado están sueltos. Luego se introduce la muestra en un molde cónico, se apisona unas 25 veces dejando caer el pisón desde una altura aproximada de 1cm, posteriormente se nivela y si al quitar el molde la muestra se deja caer es porque no existe humedad libre, si es lo contrario se sigue secando y se repite el proceso hasta que cumpla con la condición. Cuando se cae el agregado al quitar el molde cónico es porque se ha alcanzado una condición saturada con superficie seca. Se procede a tomar una muestra de 500 gramos del agregado para envasarla en el picnómetro llenándolo con agua a 20°C hasta más o menos 250 cms<sup>3</sup>, luego se hace girar el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire posibles. Se procede a cuantificar el peso del picnómetro en la balanza anotando su respectivo valor. Al término de este paso, se embaza la muestra en tazas para ser dejadas en el horno por espacio de 24 horas. Y por último, al día siguiente se llevaron las muestras a la balanza y su cuantifico su valor. Se tomaron apuntes.

- Gravedad específica y absorción del agregado grueso (INV E – 223 – 07).

Los agregados muestreados se sumergen en agua por aproximadamente 15 horas hasta llenar esencialmente los poros. Entonces se remueven del agua, se seca el agua superficial de las partículas, y pesar. Seguidamente tomarla muestra y pesar la mientras se sumerge en agua. Finalmente las muestras son secadas en el horno y pesada por tercera vez. Usando la masa y peso de las mediciones obtenidas, y las fórmulas del método, es posible calcular los tres tipos de gravedad específica y la absorción.

En la tabla 3, se muestra los requisitos que debe cumplir los agregados para un nivel de tránsito NT3.

**Tabla 3. Requisitos de los agregados pétreos para tratamientos, lechadas y mezclas bituminosas Nivel de tránsito NT3**

MEZCLA DENSA EN CALIENTE		
ENSAYO	Agregado grueso	Agregado fino
Desgaste Los Angeles E-218E-219	25% máx. (Rodadura) 35% máx. (intermedia y base)	N.A
Desgaste Micro-deval	25% máx. (Rodadura) 35% máx. (intermedia y base)	N.A
Sulfato de Sodio - Magnesio E-220	12 % máx. - 18% máx.	12 % máx. - 18% máx.
Partículas Fracturadas E-227	75/60 (rodadura) 75% (intermedia) 60% (base)	N.A
Partículas planas y alargadas (Relación 5:1)	10% máx.	N.A
Equivalente de Arena	N.A	50% min.
Contenido de impurezas (Agregado grueso)	0,5% máx.	N.A

**1.2.3 Mezclas asfálticas.** Generalmente una mezcla es el resultado de la combinación de cemento asfáltico y agregados pétreos en unas proporciones exactas y predeterminadas; se pueden fabricar en caliente o en frío, siendo más usuales las Mezclas densas en caliente. Se conocen una serie de procedimientos para calcular las cantidades de cada material en la mezcla en caliente, siendo el procedimiento Marshall uno de los métodos más usados y confiables.

**Clasificación de las mezclas asfálticas.** Existen distintos tipos de mezcla asfáltica dependiendo del tipo de asfalto, la proporción de agregados en la mezcla, la granulometría del agregado y el proceso de fabricación. La definición anterior cubre una amplia gama de materiales y técnicas de fabricación, originando a su vez varios parámetros de clasificación, para establecer las diferencias entre todas las mezclas, se las puede clasificar de distinta manera. (ver tabla 4)

**Tabla 4. Clasificación de las mezclas asfálticas**

PARAMETROS DE CLASIFICACION	TIPO DE MEZCLA ASFALTICA
TEMPERATURA DE COLOCACION	En frío En caliente
PORCENTAJE DE VACIOS EN LA MEZCLA	Cerradas: menor a 6% Semicerradas: entre 6% y 15% Abiertas: mayor a 15%
AGREGADO EMPLEADO	Mastico Mortero Macadam Hormigón
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO O TEXTURA SUPERFICIAL	Gruesas: tamaño máximo mayor a 8 mm Finas: tamaño máximo menor a 8 mm
ESTRUCTURACION DEL AGREGADO	Con esqueleto mineral Sin esqueleto mineral
DISTRIBUCION GRANULOMETRICA	Continuas Discontinuas

Fuente: Normas Invias

**Mezclas densas en caliente (MDC).** Estas mezclas están conformadas por materiales pétreos, ligante bituminoso y eventualmente agua y adiciones. Puede ser colocada como capa de base o de rodadura, esta última capa tiene la responsabilidad de brindar durabilidad, comodidad y seguridad de los usuarios y además es la que va a soportar de manera completa las cargas aplicadas tanto verticales como horizontales.

Para que las mezclas sean de alta calidad deben tener drenabilidad, buena adherencia, agregado o ligante, buena resistencia a la deformación plástica y homogeneidad. Cada capa de rodadura debe cumplir con las funciones de eliminar las vibraciones molestas a elevadas velocidades.

Las mezclas asfálticas en caliente son las más empleadas en muchas partes del mundo, debido a su flexibilidad, duración, uniformidad, resistencia a la fatiga y economía entre otras características, generando por ende investigaciones y desarrollos para mejorar sus propiedades mecánicas y dinámicas. Muchos de los adelantos se han enfocado en el proceso constructivo de la conformación de las carpetas de rodadura, prueba de ello es la utilización de equipos costosos que mantienen la temperatura constante en el proceso de extendido y compactación.

De otra parte, el acelerado desarrollo automotriz y el intercambio de bienes y servicios han conducido a construir vías que soportan mayor número de ejes equivalentes y cargas con el empleo de materiales modificados y estricto control de obra”.

Estas mezclas densas en caliente son utilizadas normalmente como carpeta de rodadura. Se obtiene por medio de una composición de agregados gruesos triturados, agregado fino y llenante mineral, uniformemente mezclados en caliente, con cemento asfáltico, en una planta especializada, con métodos de control que permiten asegurar la correcta dosificación de los componentes, o en laboratorio para determinar sus cualidades. MDC1, MDC-2, MDC-3. Estos tipos de mezclas densas en caliente son definidos por el Instituto Nacional de vías INVIAS (2007) Especificaciones generales de construcción de carreteras, Artículo 450. 2007. y estas a su vez deben tener diferentes adiciones de agregados pétreos. (ver tabla 5)

**Tabla 5. Granulometrías típicas para mezclas densas en caliente**

TIPO DE MEZCLA		TAMIZ (mm/U.S.Standard)									
		37,5	25	19	12,5	9,5	4,75	2	0,425	0,18	0,075
		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°.4	N°.10	N°.40	N°.80	N°.200
		% PASA									
DENSA	MDC-1		100	80-95	67-85	60-77	43-59	29-45	14-25	8.0-17	4.0-8
	MDC-2			100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8.0-17	4.0-8
	MDC-3					100	65-87	43-67	16-29	9.0-19	5.0-10

**Consideraciones para el diseño de una mezcla densa en caliente:**

**Características del diseño de una mezcla densa en caliente<sup>2</sup>.** En el diseño de una mezcla densa en caliente hay que tener en cuenta ciertas características, las cuales tienen mucha importancia en el comportamiento de la mezcla, estas son:

**Densidad de la mezcla.** La densidad de la mezcla indica el peso unitario, es decir la relación entre el peso por unidad de volumen. A la mezcla compactada en el laboratorio se le asigna la densidad patrón, correspondiente al porcentaje óptimo de asfalto, la cual servirá de referencia para los controles de mezcla una vez extendida y compactada en obra.

**Vacíos de aire.** Estos son espacios pequeños o bolsas de aire, que están presentes en los agregados cubiertos de asfalto. En el diseño de mezclas los vacíos de aire están entre el 3% y 5% en laboratorio pro en campo, se permite

<sup>2</sup> Propiedades Deseadas de Ingeniería de una Mezcla Asfáltica, Boletín Técnico Instituto Venezolano del Asfalto, Ing Gustavo Corredor M. 1996.

tener vacíos de aire no mayor al 8 % permitiendo que la carpeta se compacte bajo tránsito.

Bajos porcentajes de vacíos de aire son perjudiciales en la mezcla, debido a que la carpeta asfáltica se comprime por el tránsito y el asfalto se acomoda en los vacíos atrapados, si el número de vacíos es pequeño el asfalto tiende a salir a la superficie, y este fenómeno se lo conoce como exudación.

**Vacíos en el agregado mineral: (VMA).** Son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla incluyendo los espacios de asfalto efectivo que recubre la partícula. El diseño considera un porcentaje mínimo VMA dependiendo del tamaño del agregado.

**Contenido de asfalto.** El contenido de asfalto es el porcentaje que se incorpora a la mezcla. Depende en gran parte de la granulometría y el porcentaje de absorción. Parte del asfalto será absorbido por el agregado y el resto de asfalto formara una película que rodean las partículas.

**Propiedades de las mezclas asfálticas<sup>3</sup>.** Una mezcla asfáltica debe desarrollar un conjunto de propiedades, que al estar presentes en la mezcla resulte un comportamiento adecuado en obra. Se debe tener en cuenta que unas de estas son contrapuestas, porque por favorecer una el diseñador puede estar desmejorando otra. El éxito consiste en lograr que el conjunto de estas propiedades estén presentes.

**Estabilidad:** Es la capacidad para resistir la deformación bajo los efectos de las cargas impuestas por los vehículos. Un pavimento con baja estabilidad es decir inestable sufre ahuellamiento, corrugaciones y ondulaciones.

La estabilidad de una mezcla depende de la fricción interna, de la cohesión y de la masa (inercia). La fricción interna es aportada por los agregados gruesos; esta depende de la textura superficial, de las formas de las partículas y la granulometría del agregado, así como de la densidad de la mezcla, y la proporción de asfalto de la mezcla. La cohesión es la fuerza aglutinante y corresponde el aporte del ligante de la mezcla. La estabilidad por inercia es proporcional al espesor de la capa asfáltica del pavimento.

**Durabilidad:** Es la capacidad para resistir la acción de los agentes climáticos y del tránsito. El deterioro debido al clima afecta directamente a las características del asfalto, debido al proceso de envejecimiento (oxidación, volatilización), que determina una alteración en las propiedades a medida que pasa el tiempo. La durabilidad se incrementa aumentando el contenido de asfalto, haciendo películas

---

<sup>3</sup> Ibíd.

más gruesas que recubran a los agregados, granulometrías densas y mezclas bien compactadas e impermeables.

**Resistencia a la fatiga:** Es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Expresa la capacidad de la mezcla a deformarse repetidamente sin fracturarse, esta sucederá al concluir el periodo de diseño. En este punto no se puede considerar como una falla si no como un proceso natural prevista en el diseño. Entre los factores que aceleran la presencia de fallas tempranas por fatigas son: La acción repetitiva de cargas, mal drenaje de la subrasante, calidad de la construcción así como el espesor del pavimento.

**Resistencia al deslizamiento:** Capacidad de proveer suficiente fricción para minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie está húmeda. Los factores requeridos de los agregados son los mismos para desarrollar una alta estabilidad, destacándose la textura superficial de las partículas. Como regla son beneficiosa para esta propiedad mezclas abiertas, ya que permiten el rápido escape del agua y de contenido de asfalto relativamente bajos, para evitar la exudación de la superficie del pavimento.

**Flexibilidad:** Es la capacidad del pavimento para acomodarse sin agrietamientos, a movimientos y asentamientos graduales de la Subrasante. Los asentamientos diferenciales van existir en la capas de soporte de un pavimento, ya que es imposible construir una base, sub-base y sub-rasante con una densidad totalmente uniforme. La flexibilidad esta generalmente asociada con un alto contenido de asfalto y mezclas abiertas, sin embargo cualquier mezcla que alcance valores adecuados de estabilidad, resistencia a la fatiga y durabilidad desarrollara adecuados valores de flexibilidad.

**Impermeabilidad:** Es la resistencia al paso de aire y agua hacia el interior del pavimento. Aun cuando el porcentaje de vacíos es un factor determinante, es de mayor importancia el carácter de estos. El tamaño, la interconectividad y si están ubicados en la superficie del pavimento, determinan la impermeabilidad. Mezclas ricas en asfalto y bien compactas favorecen esta propiedad. Aun cuando la impermeabilidad es importante, ya que incide en su durabilidad, prácticamente en todas las mezclas en caliente son permeables siempre y cuando cumplan con los límites y las especificaciones en cuanto a granulometría y porcentaje de vacíos.

**Propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas.** Las proporciones de volumen y peso en las cuales está compuesta una mezcla asfáltica compactada como son: Los vacíos de aire ( $V_a$ ), vacíos en el agregado mineral ( $VMA$ ), vacíos llenados con asfalto ( $VFA$ ) y contenido de asfalto efectivo ( $P_{be}$ ) nos dan una idea en general que como va a reaccionar la carpeta asfáltica hecha con esa mezcla cuando se someta a condiciones reales de funcionamiento en un pavimento, por lo



tanto, es importante conocer todos estos conceptos para tomar decisiones en el diseño.

El agregado mineral es poroso y puede absorber agua y asfalto en diferentes grados. Los métodos para medir la gravedad específica son: gravedad específica Bulk, gravedad específica aparente viene de las diferentes definiciones de volumen del agregado.

**Gravedad específica bulk** – Es la relación entre el peso en el aire del volumen de agregado (incluyendo los vacíos permeables e impermeables de sus partículas pero no los vacíos entre partículas) a una determinada temperatura y el peso en el aire de un volumen igual de agua destilada, libre de gas, a la misma temperatura

**Gravedad específica bulk aparente**– Es la relación entre el peso en el aire del volumen de la porción impermeable del agregado a una determinada temperatura y el peso en el aire de un volumen igual de agua destilada, libre de gas, a la misma temperatura

**Gravedad Específica Efectiva, (Gse).** Es la relación del peso en el aire de un material permeable (excluyendo los vacíos permeables al asfalto) con respecto al volumen del agregado con los vacíos impermeables y vacíos permeables que no absorbieron asfalto.

**Vacíos en el agregado mineral (VMA).** Volumen de espacio vacío intergranular entre las partículas del agregado de una mezcla asfáltica compactada, que incluye los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo, expresado como un porcentaje del volumen total de la muestra

**Contenido de asfalto efectivo (Pbe).** Contenido de asfalto total de una mezcla asfáltica menos la proporción de asfalto absorbido en las partículas del agregado.

**Vacíos de aire (Va).** Son las bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado cubiertas con asfalto, en una mezcla asfáltica compactada. Se expresa como porcentaje del volumen del espécimen

**Vacíos llenos de asfalto (VFA).** Es la fracción de los vacíos entre agregados minerales que contienen ligante asfáltico. Se expresa como porcentaje de los vacíos entre agregados minerales. Estos representan el volumen de asfalto

#### **Ensayos realizados a la mezcla Asfáltica:**

- **Ensayo Marshall:** Con este ensayo se puede determinar la resistencia a la deformación plástica de una briqueta de mezcla bituminosa para pavimentación. El procedimiento puede emplearse tanto para proyecto de diseño de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas. El tipo de material a

ensayar son briquetas cilíndricas de 4" de diámetro por 2 ½" de altura, rompiéndolas posteriormente en la prensa Marshall y determinando su estabilidad y deformación. **Norma: INV E-748.**

- **Peso unitario de la mezcla asfáltica:** Con este procedimiento se determina el peso específico aparente y el peso unitario de mezclas asfálticas compactadas de Granulometría densa. El resultado de este ensayo sirve para determinar las características y el porcentaje de vacíos presentes en la mezcla. **Norma: INV E-733.**

- **Peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas:** Con este procedimiento se determina el peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas sin compactar. Se define como la relación del peso de un volumen dado de material con respecto a un volumen igual de agua a la misma temperatura. El resultado de este ensayo sirve para determinar las características y el porcentaje de vacíos presentes en la mezcla. **Norma: INV E-735.**

- **Porcentaje de vacíos con aire de mezclas compactadas:** Mediante este cálculo se determina el % porcentaje de compactación de las mezclas asfálticas, como la relación entre el peso específico del espécimen (E-733) y el peso específico teórico máximo (E-735). **Norma: INV E-736.**

- **Estabilidad y flujo Marshall:** Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la deformación plástica de especímenes cilíndricos de mezclas asfálticas para pavimentación, empleando el aparato Marshall. El procedimiento se puede emplear tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas. El método es aplicable a mezclas elaboradas con cemento asfáltico y agregados pétreos con tamaño máximo menor o igual a 25.4 mm (1"). **Norma: INV E-748.**

- **Análisis volumétrico de mezclas asfálticas:** Mediante este procedimiento se determina las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica compactada, con el fin de realizar los cálculos pertinentes al diseño Marshall de la mezcla. **Norma: INV E-799.** (ver tabla 6)

**Tabla 6. Criterios de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall**

CARACTERISTICA	NORMA ENSAYO INV	MEZCLA DENSA, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MODULO	
		CATEGORIA DE TRANSITO				
		NT1	NT2	NT3		
Compactación (golpes/cara)	E-748	50	75	75	75	
Estabilidad mínima (Kg)	E-748	500	750	900	1500	
Flujo (mm)	E-748	2,0-4	2,0-4	2-3,5	2,0-3	
Vacíos con aire (Va)*,%	Rodadura	E-736 o E-799	3,0-5	3,0-5	4,0-6	*
	Intermedia		4,0-8	4,0-8	4,0-7	4,0-6
	Base		*	5,0-9	5,0-8	*
Vacíos en los agregados minerales (VAM), %	Mezclas 0	E-799	≥13	≥13	≥13	*
	Mezclas 1		≥14	≥14	≥14	≥14
	Mezclas 2		≥15	≥15	≥15	*
	Mezclas 3		≥16	≥16	≥16	*
% de vacíos llenos de asfalto (VFA) (volumen de asfalto efectivo/vacíos en los agregados minerales)x 100 capas de rodadura e intermedia	E-799	65-80	65-78	65-75	63-75	
Relación llenante/ asfalto efectivo, en peso	E-799	0,8-1,2			1,2-1,4	
concentración de llenante, valor máximo	E-745	Valor critico				

## 2. METODOLOGIA

En el desarrollo del trabajo de grado fue necesario acoger de manera exacta lo establecido en el método de diseño para mezclas asfálticas Marshall mediante el cual se emplean una serie de briquetas cilíndricas normalizadas de 2.5pulg. (6.35 cm) de altura y 4 pulg. (10.16 cm) de diámetro que se elaboran según el procedimiento de la norma Invias 748.

Para este caso en particular se elaboraron treinta y seis (36) briquetas, con los porcentajes o combinación de agregados de la fórmula de trabajo siguiendo las especificaciones para mezclas asfálticas en caliente densas. Para la combinación de agregados fórmula de trabajo, se elaboraron especímenes con contenidos de asfalto de 4.0%, 4,5 %, 5,0% 5.5 %, 6.0 %, 6,5 % tres (3) briquetas por cada porcentaje de asfalto referido.

El propósito y objetivos de este método es realizar un análisis de densidad, vacío y la determinación de la estabilidad y el flujo de cada biqueta elaborada.

La estabilidad Marshall, se define como la máxima carga en libras que puede resistir la biqueta normalizada a 60 °C, ensayada bajo las condiciones definidas por el ensayo. Por su parte, el flujo Marshall es el movimiento o deformación total que se produce en la biqueta desde el comienzo hasta la carga máxima durante el ensayo de estabilidad, expresado normalmente en centésimas de pulgada.

### **2.1 MÉTODO DE DISEÑO MARSHALL - RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL MÉTODO MARSHALL (I.N.V.E - 748 – 07)**

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la deformación plástica de especímenes cilíndricos de mezclas asfálticas para pavimentación, empleando el aparato Marshall. El procedimiento se puede emplear tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas. El método es aplicable a mezclas elaboradas con cemento asfáltico y agregados pétreos con tamaño máximo menor o igual a 25.4 mm (1”).

**2.1.1 Descripción del equipo utilizado.** El equipo de laboratorio de ensayo Marshall de la Universidad de Nariño fue optimizado con la donación de equipos complementarios por parte de los autores del presente trabajo en cumplimiento al primer objetivo establecido en el presente trabajo de grado. Los equipos complementarios donados al Laboratorio de pavimentos de la Universidad de Nariño fueron adquiridos en la empresa DIRIMPEX LTDA con sede en la ciudad de Bogotá y son:

- Baño de agua para probetas Marshall: Construido totalmente en acero inoxidable, tiene una capacidad para 10 probetas Marshall. Posee termostato de corte automático, llave de encendido y luz piloto.
- Molde de compactación briquetas Marshall collar y base: Construido de tubo de acero maquinado, con base y collar intercambiables en ambos extremos del molde. Se utiliza para la preparación de probetas para ensayo de estabilidad.
- Martillo de compactación Marshall: El pisón de compactación se utiliza para compactar dinámicamente la probeta de asfalto dentro del molde de compactación. El martillo deslizante tiene un peso de 4,540 kg y una caída libre de 457 mm.
- Sujetador para molde Marshall completo: El pedestal de compactación se utiliza con el molde de compactación durante este proceso. Consiste en un taco de madera dura con una placa de acero instalada en la parte superior y una guía especial para el pisón de compactación Marshall.
- Mordaza y pistón para conectar anillo de carga: Este dispositivo de ensayo se utiliza para la aplicación de cargas durante el ensayo de estabilidad.
- Anillo de carga, Marca Controls de 30Kn: La resistencia de la probeta en el ensayo se medirá con un anillo dinamométrico acoplado a la prensa, de 22.2 kN (2265 kgf) de capacidad, con una sensibilidad de 44.5 N (4.54 kgf) hasta 4.45 kN (454 kgf) y 111.2 N (11.4 kgf) hasta 22.2 kN (2265 kgf). Las deformaciones del anillo se medirán con un deformímetro graduado en 0.0025 mm (0.0001”).
- Medidor de flujo para ensayo Marshall: El medidor de deformación consiste en un deformímetro de lectura final fija, con divisiones en 0.25 mm (0.01”). En el momento del ensayo, el medidor deberá estar firmemente apoyado sobre la mordaza superior y su vástago se apoyará en una palanca ajustable acoplada a la mordaza inferior.
- Dispositivo para extraer briquetas Marshall: Elemento de acero en forma de disco con diámetro de 100 mm (3.95") y 12.7 mm (1/2") de espesor, utilizado para extraer la probeta compactada del molde, con la ayuda del collar de extensión.

- Termómetros Bi-metálicos: De 9.9° C a 204° C (50° F a 400° F) para determinar las temperaturas del asfalto, agregados y mezcla, con sensibilidad de 2.8° C. Para la temperatura del baño de agua se utilizará un termómetro con escala de 20° C a 70° C y sensibilidad de 0.2° C (68° F a 158° F ± 0.4° F).

## **2.2 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES**

**2.2.1 Asfalto.** El cemento asfáltico utilizado para el desarrollo de la presente trabajo de grado, proviene de la refinería de Barrancabermeja, como una de las más importantes de Colombia y abastece el sur occidente del país. El asfalto lo suministró TRAE LTDA.

Se debe llevar un control de la calidad del asfalto por cada carro tanque que la empresa transporta y que llega a la planta; los documentos idóneos son una certificación original expedida por el fabricante del producto, donde se exponga los siguientes aspectos relevantes: Fechas de elaboración y despacho, tipo de asfalto, los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega.

En el Anexo S, el reporte de resultados de ensayos de laboratorio del cemento asfáltico empleado, expedido por ECOPETROL y que se ajustan a lo estipulado en especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

Como se sabe para determinar uno u otro asfalto se debe considerar la temperatura media anual, que en este caso sería de 18°C para la ciudad de Pasto y tomando un tráfico NT3, el asfalto a emplear es de grado de penetración 60/70 correspondientes a las especificaciones generales de construcción de carreteras.

**2.2.2 Determinación de las temperaturas de mezcla y compactación.** El asfalto debe ser calentado a las temperaturas óptimas de mezclado y compactación con el fin de obtener viscosidades entre 85 ± 10 segundos SayboltFurol o 170 ± 20 centiStokes y 140 ± 15 segundos SayboltFurol o 280 ± 30 centiStokes respectivamente. Se estableció como la de la mezcla con los agregados y compactación respectivamente. (ver tabla 7)

**Tabla 7. Temperaturas óptimas de los asfaltos colombianos**

ESPECIFICACIÓN ASTM	ASFALTO PROVENIENTE DE REFINERÍA		
	CARTAGENA	B/BERMEJA	APIAY
Temperatura de mezclado, Método de diseño Bruse Marshall, °C	145 - 140	145 – 150	143 - 148
temperatura de compactación, Método de diseño Bruse Marshall, °C	135 - 151	135 – 139	134 - 138

Es de suma importancia determinar las temperaturas de mezclado y compactación de la mezcla. Para conseguir una buena cobertura de los agregados por parte del cemento asfáltico, es necesario que su viscosidad sea la óptima a la temperatura de mezclado, es característica del asfalto que su viscosidad disminuye rápidamente al crecer la temperatura. La relación viscosidad temperatura es el factor que gobierna la aplicación en caliente del cemento asfáltico. Si la viscosidad es alta los agregados no serán cubiertos totalmente por parte del asfalto, por el contrario si la viscosidad es demasiada baja se produciría una buena cobertura inicial, pero podría ocasionar escurrimiento del asfalto de los agregados, durante el transporte de la mezcla. De la curva reológica (**Curva de Temperatura °C vs Viscosidad Poises**) del cemento asfáltico 60-70, partiendo de una viscosidad de 160 centistokes determina la temperatura 147°C que corresponde a la temperatura de mezclado y una viscosidad de 270 centistokes según la curva reológica nos daría una temperatura de 136°C de correspondería a una temperatura de compactación.

**2.2.3 Combinación de agregados pétreos.** El conocer la proporción de asfalto óptimo es muy importante, dada su marcada influencia en los demás factores que permiten obtener un buen pavimento, y es así como los distintos métodos de diseño de Mezclas Asfálticas tienen como uno de los objetivos principales determinar la cantidad correcta de ligante para una determinada combinación de agregados <sup>4</sup>. Para determinar la curva de fórmula de trabajo, en primer término se secaron los materiales a una temperatura de 110 °C hasta un peso constante. Como casi nunca es posible obtener un agregado que cumpla con los requisitos granulométricos establecidos en las especificaciones INVIAS vigentes, para los tipos de mezclas densas en caliente y estas a su vez deben tener diferentes adiciones de agregados pétreos, se determinó una granulometría conveniente, y teniendo en cuenta con las características que se analizaron y desean para la mezcla, con los materiales de la zona y los usos de de las especificaciones. Como se muestra a continuación: (ver tabla 8)

<sup>4</sup>ARENAS LOZANO, Hugo León; MARTINEZ, René. Composición química del asfalto colombiano producido en refinería y su correlación con la durabilidad. Universidad del Cauca. Popayán. 1989.

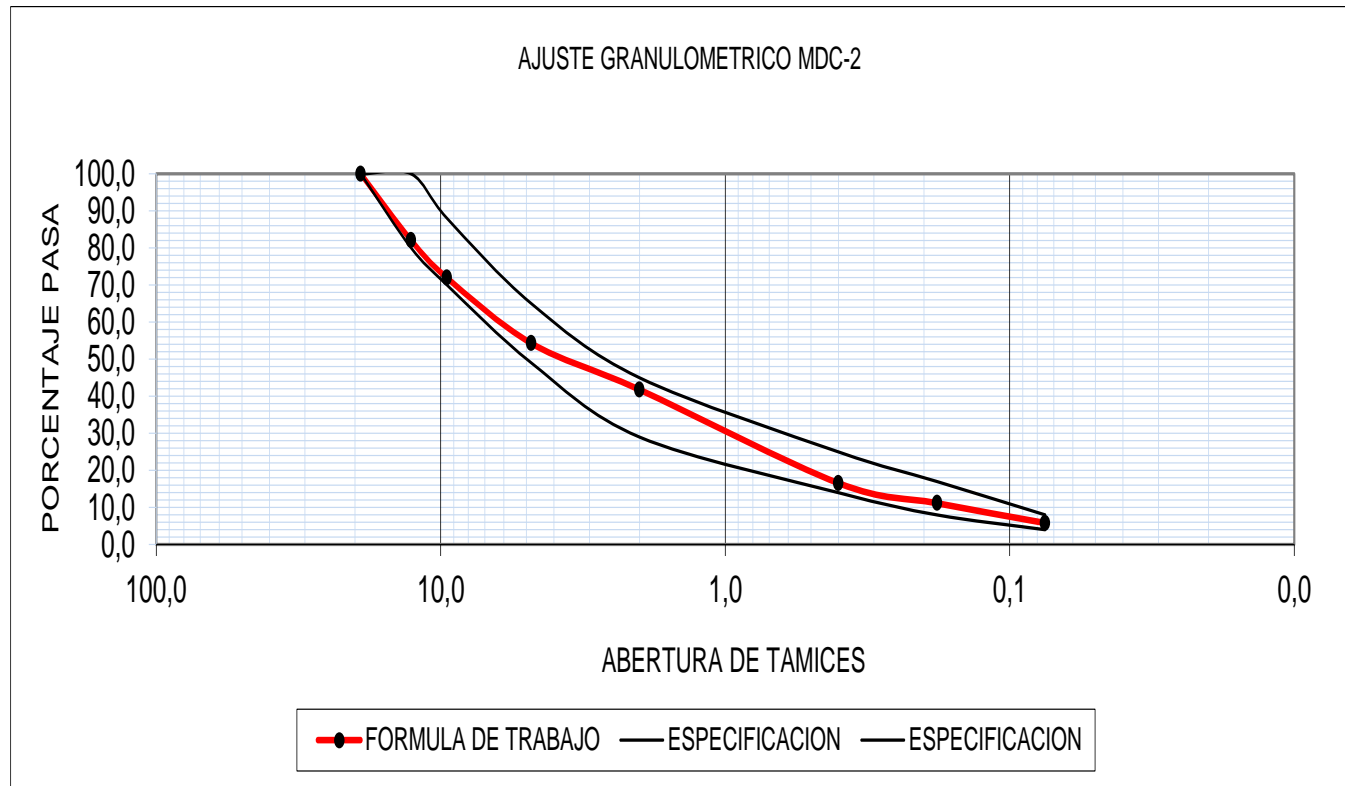
**Tabla 8. Ajuste granulométrico para mezclas asfálticas**

**DESCRIPCION DEL MATERIAL:** AGREGADOS MEZCLA DENSA EN CALIENTE MDC - 2  
**LOCALIZACION DEL MATERIAL:** MUNICIPIO DE FUNES (NARIÑO)  
**FUENTE DE MATERIAL:** CANTERA AGRESUR LTDA

FRACCIÓN : AGREGADO GRUESO				FRACCIÓN : AGREGADO FINO				FRACCIÓN : LLENANTE MINERAL			
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA	TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3/4	0,00	0,00	100,00	3/4	0,0	0,0	100,0	3/4	0,0	0,0	100,0
1/2	11860,00	44,84	55,16	1/2	0,0	0,0	100,0	1/2	0,0	0,0	100,0
3/8	6647,00	25,13	30,04	3/8	5,00	0,18	99,82	3/8	0,0	0,0	100,0
No.4	5736,00	21,68	8,35	No.4	546,50	19,52	80,30	No.4	0,0	0,0	100,0
No.10	344,00	1,30	7,05	No.10	729,70	26,06	54,24	No.10	0,0	0,0	100,0
No.40	296,00	1,12	5,93	No.40	886,70	31,67	22,58	No.40	72,77	72,77	27,23
No.80	211,00	0,80	5,13	No.80	251,70	8,99	13,59	No.80	6,89	6,89	20,34
No.200	394,00	1,49	3,64	No.200	205,30	7,33	6,25	No.200	9,83	9,83	10,51
PASA 200	964	3,64	0,00	PASA 200	175,1	6,25	0,00	PASA 200	10,51	10,51	00,00
	26452,00				2800,0				100,00		
TAMIZ	% AGREGADO GRUESO	% AGREGADO FINO	% RIO TELLEZ 3/4"	ABERTURA DE TAMICES (mm)	FORMULA DE TRABAJO	ESPECIFICACIÓN INVIAS 2007					
	40%	46%	14%								
3/4	40,0	46,0	14,0	19,1	100,0	100	100,0				
1/2	22,1	46,0	14,0	12,7	82,10	80	100,0				
3/8	12,0	45,90	14,0	9,5	71,90	70	88,0				
No.4	3,30	36,90	14,0	4,8	54,30	49	65,0				
No.10	2,80	25,00	14,0	2,0	41,80	29	45,0				
No.40	2,40	10,40	3,80	0,40	16,60	14	25,0				
No.80	2,10	6,20	2,80	0,18	11,20	8	17,0				
No.200	1,50	2,90	1,50	0,075	5,80	4	8,0				



Grafica 1. Formula de trabajo



Para ello se empleó un ajuste granulométrico en cuya parte superior se indican las gradaciones del cuadro de los materiales granulométricos, mientras que en la parte inferior se aplica un porcentaje a cada una de ellas de acuerdo a la gradación deseada, la cual como se ve en la Figura No 1 no es otra que aquella que va por el centro de la norma.

Los ensayos realizados a los materiales pétreos y sus resultados se resumen en la tabla 9.

**Tabla 9. Resumen de la tabla de resultados de los materiales pétreos cantera agresur**

ENSAYOS DE VERIFICACION SOBRE LOS AGREGADOS PARA MEZCLA EN CALIENTE.			
Nivel de tránsito NT3			
Ensayo	Norma INVIAS	Exigencia De La Norma	Valor de Pruebas
<b>Composición</b>			
Granulometría	E-213	-	
<b>Dureza</b>			
Desgaste máquina de los ángeles	E-218 E-219	25% Max	21.40%
Micro-Deval	E-238	20% Max	10.40%
<b>Durabilidad</b>			
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio agregado grueso	E-220	12% max	8.36%
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio agregado fino	E-220	12% Max	9.6%
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio agregado grueso	E-220	12% max	4.50%
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio agregado fino	E-220	12% max	4.10%
<b>Limpieza</b>			
Equivalente de arena	E-133	50% min	59.0%
Contenido de impurezas	E-237	0.5% max	4.36%
<b>Geometría de las partículas</b>			
Partículas fracturadas mecánicamente	E-227	75/60% min	88.7%
Partículas planas y alargadas relación (5:1)	E-240	10% max	6.5%
<b>Gravedad específica</b>			
Gravedad específica y absorción	E-222 Y E-223	-	
Resumen de resultados materiales pétreos cantera agresur			

## 2.3 ELABORACION DE BRIQUETAS

Para la elaboración de las briquetas inicialmente se secó los agregados en un horno eléctrico cuyo principio es la circulación de aire caliente a una temperatura de 110°C hasta obtener pesos constantes. Posteriormente fue necesario separar el agregado por el procedimiento de tamizado en las mallas y se depositó el retenido de cada tamiz en recipientes metálicos identificando en un formato indicando peso y porcentaje de material retenido.

Con la fórmula de trabajo se realizó unas tablas, como se indica a continuación en donde para cada porcentaje de asfalto trabajado, donde se determina el peso necesario de cada tamaño de los áridos para realizar el amasado para 36 especímenes con la fórmula de trabajo aproximadamente 1200 gramos en cada briqueta para un total de aproximadamente 50 kg.

**2.3.1. Estimación del porcentaje óptimo de asfalto teórico.** Para la granulometría obtenida de la fórmula de trabajo. En la preparación de las briquetas utilizadas para determinar el contenido óptimo de asfalto según el método Marshall, se partió de un porcentaje óptimo de asfalto teórico calculado; utilizando la relación propuesta por el Instituto Norteamericano del asfalto, y a partir de este se establecen los demás porcentajes de asfalto para la elaboración de las briquetas.

Relación propuesta por el Instituto del Asfalto, para determinar el porcentaje de asfalto teórico de una mezcla asfáltica en caliente. (ver tabla 10)

$$P = 0.032a + 0.045b + K.C + n$$

Donde:

P = porcentaje de asfalto estimado por peso total de la mezcla

a = porcentaje de material pétreo retenido en el tamiz No. 10.

b = porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10 y se retiene en la No. 200.

c = porcentaje de material que pasa la malla No. 200.

K = factor que depende del valor de "c", así

**Tabla 10. Factor de K con respecto al porcentaje de material que pasa 200**

<b>C</b>	<b>K</b>
Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 varía del 11% al 15%	0.20
Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 varía del 06% al 10%	0.18
<b>Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 es menos del 05%</b>	<b>0.15</b>

n = varía según el tipo de material pétreo y su absorción, así

**Tabla 11. Tipo de material n**

<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>n</b>
Gravas o arenas de río de baja absorción	0.55
<b>Gravas angulosas, redondeadas, trituradas de baja absorción</b>	<b>0.60</b>
Gravas angulosas o redondeadas de alta absorción y roca Triturada de absorción media.	0.70
Rocas trituradas de alta absorción	0.80

Utilizando la combinación granulométrica de los agregados del presente trabajo se procede a obtener los valores de a, b y c de la siguiente manera:

$$a = 100 - (\% \text{ Pasante No. 10}) = 100 - 41.80 = 58.20$$

$$b = (\% \text{ pasa No. 10}) - (\% \text{ retenido No. 200}) = 41.80 - 5.80 = 36.0$$

$$c = (\% \text{ pasa No. 200}) = 5.8$$

$$K = 0.15$$

$$n = 0.60$$

Sustituyendo en la ecuación se tiene:

$$P = 0.032 (58.20) + 0.045 (36.0) + 0.15 (5.8) + 0.60$$

$$P = 1.862 + 1.620 + 0.870 + 0.60$$

$$P = 4.952 \%$$

**Se aproxima a 5.00 % de cemento asfáltico:**

Debido a que la susceptibilidad que tienen las propiedades de las mezclas asfálticas por el contenido de asfalto presente en esta, los porcentajes de cemento asfáltico para cada dosificación se varían de 0.5% en 0,5 % al porcentaje óptimo

teórico de cemento asfáltico, para no afectar negativamente ninguna de ellas y llegar a un punto de equilibrio de todas ellas. Los incrementos se realizan tres hacia arriba y dos hacia abajo de 5.0%, por lo tanto los porcentajes de cemento asfáltico a utilizar para elaborar las diferentes dosificaciones son: 4.0 %, 4,5 %, 5.0 %, 5,5 %, 6.0% y 6,5%. (ver fotografía 1)

**Fotografía 1. Agregado separado por tamizado y secado material horno tamizado**



**Tabla 12. Dosificación para briquetas diseño Marshall**

<b>PENETRACIÓN DEL ASFALTO</b>			<b>60-70</b>	
<b>% ASFALTO</b>			<b>4.0</b>	<b>%</b>
<b>TIPO DE ASFALTO</b>			<b>60-70</b>	
<b>PESO AGREGADO MAS ASFALTO (POR BRIQUETA)</b>			<b>1200.0</b>	<b>gr</b>
<b>PESO AGREGADO DESCONTADO EL % DE ASF</b>			<b>1152.0</b>	<b>gr</b>
<b>PESO DEL ASFALTO (4.5% DE ASF POR BRIQUETA)</b>			<b>48.0</b>	<b>gr</b>
TAMIZ	% PASA (AJUSTE GRANULOMETRICO)	% RETENIDO	PESO RETENIDO (gr) (4.0 % DE ASF)	
3/4	100	0.0		0
1/2	90	10		115
3/8	79	11		126
4	57	22		252
10	37	20		229
40	19,5	17,5		201
80	12,5	7		80
200	6	6,5		74
P 200 (FONDO)	0.0	6		69
		<b>100</b>		<b>1,152.0</b>
		<b>PESO ASFALTO</b>		<b>48.0</b>

<b>TIPO DE ASFALTO</b>			<b>60-70</b>	
<b>% ASFALTO</b>			<b>4.5</b>	<b>%</b>
<b>PESO AGREGADO MAS ASFALTO (POR BRIQUETA)</b>			<b>1200.0</b>	<b>gr</b>
<b>PESO AGREGADO DESCONTADO EL % DE ASF</b>			<b>1146.0</b>	<b>gr</b>
<b>PESO DEL ASFALTO (4.5% DE ASF POR BRIQUETA)</b>			<b>54.0</b>	<b>gr</b>
TAMIZ	% PASA (AJUSTE GRANULOMETRICO)	% RETENIDO	PESO RETENIDO (gr) (4.5 % DE ASF)	
3/4	100	0.0		0.0
1/2	90	10		114
3/8	79	11		125
4	57	22		251
10	37	20		228
40	19,5	17,5		200
80	12,5	7		80
200	6	6,5		74
P 200 (FONDO)	0.0	6		68
		<b>100</b>		<b>1,146.0</b>
		<b>PESO ASFALTO</b>		<b>54.0</b>

<b>TIPO DE ASFALTO</b>			<b>60-70</b>	
<b>% ASFALTO</b>			<b>5.0</b>	<b>%</b>
<b>PESO AGREGADO MAS ASFALTO (POR BRIQUETA)</b>			<b>1200.0</b>	<b>gr</b>
<b>PESO AGREGADO DESCONTADO EL % DE ASF</b>			<b>1140.0</b>	<b>gr</b>
<b>PESO DEL ASFALTO (4.5% DE ASF POR BRIQUETA)</b>			<b>60.0</b>	<b>gr</b>
TAMIZ	% PASA (AJUSTE GRANULOMETRICO)	% RETENIDO	PESO RETENIDO (gr) (5.0 % DE ASF)	
3/4	100	0.0		0.0
1/2	90	10		113
3/8	79	11		125
4	57	22		249
10	37	20		227
40	19,5	17,5		198
80	12,5	7		79
200	6	6,5		74
P 200 (FONDO)	0.0	6		68
		<b>100</b>		<b>1,140.0</b>
		<b>PESO ASFALTO</b>		<b>60.0</b>

**(Continuación tabla 12)**

TIPO DE ASFALTO			60-70
% ASFALTO			5.5 %
PESO AGREGADO MAS ASFALTO (POR BRIQUETA)			1200.0 gr
PESO AGREGADO DESCONTADO EL % DE ASF			1134.0 gr
PESO DEL ASFALTO (4.5% DE ASF POR BRIQUETA)			66.0 gr
TAMIZ	% PASA (AJUSTE GRANULOMETRICO)	% RETENIDO	PESO RETENIDO (gr) (5.5 % DE ASF)
3/4	100	0.0	0.0
1/2	90	10	113
3/8	79	11	124
4	57	22	248
10	37	20	226
40	19,5	17,5	197
80	12,5	7	79
200	6	6,5	73
P 200 (FONDO)	0.0	6	68
		100	1,134.0
		PESO ASFALTO	66.0
TIPO DE ASFALTO			60-70
% ASFALTO			6.0 %
PESO AGREGADO MAS ASFALTO (POR BRIQUETA)			1200.0 gr
PESO AGREGADO DESCONTADO EL % DE ASF			1128.0 gr
PESO DEL ASFALTO (4.5% DE ASF POR BRIQUETA)			72.0 gr
TAMIZ	% PASA (AJUSTE GRANULOMETRICO)	% RETENIDO	PESO RETENIDO (gr) (6.0 % DE ASF)
3/4	100	0.0	0.0
1/2	90	10	112
3/8	79	11	123
4	57	22	247
10	37	20	224
40	19,5	17,5	196
80	12,5	7	79
200	6	6,5	73
P 200 (FONDO)	0.0	6	67
		100	1,128.0
		PESO ASFALTO	72.0
TIPO DE ASFALTO			60-70
% ASFALTO			6.5 %
PESO AGREGADO MAS ASFALTO (POR BRIQUETA)			1200.0 gr
PESO AGREGADO DESCONTADO EL % DE ASF			1122.0 gr
PESO DEL ASFALTO (4.5% DE ASF POR BRIQUETA)			78.0 gr
TAMIZ	% PASA (AJUSTE GRANULOMETRICO)	% RETENIDO	PESO RETENIDO (gr) (4.5 % DE ASF)
3/4	100	0.0	0.0
1/2	90	10	112
3/8	79	11	123
4	57	22	246
10	37	20	223
40	19,5	17,5	195
80	12,5	7	78
200	6	6,5	73
P 200 (FONDO)	0.0	6	67
		100	1,122.0
		PESO ASFALTO	78.0

**2.3.2. Procedimiento para la elaboración de briquetas.** El agregado se coloca en recipientes separados por cada tamaño, del tamiz 3/4" hasta el No 200; se toma

de cada tamaño una porción de agregados de acuerdo a los pesos retenidos y calculados en cada una de las tablas de acuerdo al porcentaje de asfalto que se vaya a utilizar para la fabricación de cada probeta. Luego se calienta los agregados a una temperatura de 175 °C (28°C por encima la temperatura de asfalto.) y se depositó los agregados en un recipiente de mezclado donde se mezclan en seco, enseguida se vierte la cantidad de asfalto calculada dependiendo del porcentaje de asfalto que se trabajó y se realizó la mezcla hasta obtener una mezcla completa y homogénea.

$$\% \text{ cementoasfáltico} = \frac{\text{peso cementoasfáltico}}{\text{peso árido} + \text{peso cementoasfáltico}}$$

De la anterior formula teniendo como variables conocidas el peso del árido más peso del cemento asfalto que para este caso es igual a 1200 kg y los diferentes porcentajes de asfalto de la mezcla, se despejo el peso del cemento asfaltico con lo cual se tiene la cantidad de cemento a utilizar en cada formula a trabajar. (ver fotografía 2)

#### Fotografía 2. Calentamiento material pétreo y mezcla asfáltica



Luego se vierte la mezcla caliente en el molde y se aplicó 75 golpes una vez culminado este procedimiento se retiró el molde de la base y se colocó un papel filtrante en la superficie invirtiéndolo de tal manera que la cara superficial se encuentre abajo. El collar del molde fue reemplazado y se fijó junto con la base en el pedestal aplicando el número de golpes igual que en la cara anterior.

Una vez realizada la compactación se removió la base y se colocó el molde y collar sobre el extractor de muestra. Con el molde y el collar de extensión hacia



arriba en la máquina de ensayo, se aplicó presión y se forzó el espécimen dentro del collar de extensión, levantando el collar del espécimen. Cuidadosamente se transfiere el espécimen a una superficie plana, dejándolo de pie para que repose 24 horas a temperatura ambiente, identificando las probetas con números. (ver fotografía 3)

### Fotografía 3. Molde de compactación y compactación de mezcla asfáltica



Tabla 13. Número de golpes por cara según la intensidad del tránsito

TRANSITO	EJES EQUIVALENTES A 8.2 TON .N	NUMERO DE GOLPES POR CARA
NT1	Inferior a $0.5 \times 10^6$	50
NT2	Entre $0.5 \times 10^6$ y $5.0 \times 10^6$	75
NT3	Superior a $5.0 \times 10^6$	75

NT1: Nivel de tránsito uno. Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir es inferior a  $0.5 \times 10^6$  ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño.

NT2: Nivel de tránsito dos. Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir oscila entre  $0.5 \times 10^6$  y  $5.0 \times 10^6$  ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño.

NT3: Nivel de tránsito tres. Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir es superior a  $5.0 \times 10^6$  ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño.

Según el tránsito NT3, no se pudo determinar el número de 75 golpes por cara (Marshall) de la briqueta con el martillo de compactación seleccionado, como lo señala la norma INVIAS- 2007, luego de la compactación se procede a desmoldar la briqueta, este procedimiento se aplicó para cada briqueta con su respectivos porcentajes, dejándolas a temperatura ambiente durante 24 horas. (Ver fotografía 4).

**Fotografía 4. Elaboración y desmonte de briquetas**



#### **2.4 PRUEBAS Y ENSAYOS REALIZADOS A LAS BRIQUETAS.**

Después de tener las briquetas listas, se procede a realizar una serie de pruebas como el cálculo de densidades, la toma de alturas, y el cálculo de la estabilidad y el flujo. (ver fotografía 5-6)

**Fotografía 5. Briquetas en baño maría**



## Fotografía 6. Estabilidad y flujo



Después de los 30 minutos de permanecer las briquetas en baño maría, se procede a fallarlas en la prensa, se ubicaron en el deformímetro y se aplicó la carga hasta el punto en que la aguja que define la estabilidad retrocede y en el mismo instante en que eso sucede se lee el otro deformímetro que nos da el valor del flujo.

### 2.5 CÁLCULO DE VALORES DEL ENSAYO MARSHALL No 1.

- **Datos de entrada.**

En la tabla 14, se consignan los datos de peso, medida y el ensayo de estabilidad y flujo de cada una de las briquetas realizadas. (Ver tabla No. 14 MARSHALL 1).

**Tabla 14. Formato de datos de entrada ensayo Marshall No. 1.**

PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											4.00 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,173.1	1,176.3	691.9	484.4	6.56	6.60	6.58	6.55	<b>6.57</b>	1,147.0	2,292.5	2.50	
2	1,185.3	1,193.6	703.3	490.3	6.57	6.59	6.57	6.56	<b>6.57</b>	1,092.0	2,223.7	2.75	
3	1,180.8	1,186.1	673.1	513.0	6.47	6.44	6.40	6.39	<b>6.43</b>	1,017.0	2,223.7	2.75	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											4.50 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,180.0	1,184.1	685.3	498.8	6.43	6.45	6.44	6.52	<b>6.46</b>	971.0	2,030.8	3.00	
2	1,190.1	1,190.4	713.7	476.7	6.44	6.47	6.38	6.47	<b>6.44</b>	1,713.0	3,338.9	3.25	
3	1,188.3	1,190.3	704.9	485.4	6.50	6.35	6.33	6.39	<b>6.39</b>	1,543.0	3,093.5	3.50	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											5.00 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,194.5	1,195.3	715.5	479.8	6.46	6.51	6.42	6.40	6.45	1,554.0	3,060.4	3.25	
2	1,201.9	1,202.5	761.7	440.8	6.44	6.52	6.40	6.40	6.44	1,935.0	3,338.9	3.25	
3	1,202.0	1,204.4	699.3	505.1	6.35	6.35	6.26	6.33	6.32	1,674.0	3,571.5	3.50	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											5.50 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,191.6	1,192.3	681.1	511.2	6.38	6.41	6.35	6.43	6.39	870.0	1,892.3	3.75	
2	1,203.7	1,204.4	741.8	462.6	6.60	6.67	6.65	6.61	6.63	1,708.0	3,177.5	3.50	
3	1,202.6	1,198.1	713.6	484.5	6.40	6.48	6.36	6.40	6.41	1,345.0	2,689.5	4.00	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											6.00 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,200.1	1,201.0	719.0	482.0	6.36	6.35	6.31	6.30	6.33	1,073.0	2,127.5	4.00	
2	1,206.9	1,208.0	718.0	490.0	6.31	6.36	6.28	6.27	6.31	1,238.0	2,520.2	4.25	
3	1,197.1	1,197.9	713.4	484.5	6.50	6.43	6.36	6.36	6.41	1,290.0	2,580.2	4.75	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											6.50 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,191.8	1,192.8	706.5	486.3	6.31	6.31	6.31	6.31	6.31	761.0	1,530.8	5.00	
2	1,193.2	1,193.9	707.1	486.8	6.27	6.16	6.19	6.15	6.19	832.0	1,675.6	5.50	
3	1,196.5	1,197.4	710.1	487.3	6.29	6.27	6.34	6.31	6.30	842.0	1,697.9	5.50	

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

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

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

El valor de la carga está dado en kilogramos.

El valor del flujo está dado en milímetros

- **Relaciones Volumétricas de la mezcla asfáltica.**

**Determinación del peso específico bulk o densidad bulk de las briquetas:**

Siguiendo los procedimientos de la norma INV E-73, cuando las briquetas están a temperatura ambiente se pesa y se anota en el formato. El espécimen se sumerge en un baño de agua la cual se revisa que debe estar a una temperatura de 25°C y se anota este peso bajo el agua. Se saca la briqueta se seca con un trapo húmedo y se pesa la muestra en su condición saturada superficialmente seca en el aire. La fórmula que se emplea será: (ver fotografía 7)

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

Siendo: Wa: Peso de la briqueta seca en el aire

Wss: Peso de la briqueta saturada con superficie seca

Ww: Peso de la briqueta sumergida en agua

$$G_b = \frac{1,173.1}{1,176.3 - 691.90} = 2.422 \text{ g/cm}^3$$

**Fotografía 7. Peso de la muestra en el aire**



**Determinación del peso específico máximo teórico. ( $G_{mt}$ )** con los datos del peso específico promedio de los agregados, y el peso específico del asfalto, del presente informe, se calcula el peso específico máximo teórico a través de la siguiente expresión (ver tabla 15)

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

**Tabla 15. Peso específico máximo teórico de las mezclas asfálticas.**

PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO	PORCENTAJE DE AGREGADOS	PESO ESPECIFICO MAXIMO TEORICO
(%)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )
4.00	96.00	2.66
4.50	94.50	2.64
5.00	95.00	2.62
5.50	94.50	2.60
6.00	94.00	2.58
6.50	93.50	2.54

• **Cálculo del peso específico máximo medido. ( $G_{mm}$ )**

Para calcular el peso específico máximo medido, se debió realizar el ensayo de Rice.

Los datos para el ensayo Marshall en análisis son como se presentan en la siguiente tabla 16.

**Tabla 16. Peso específico máximo medido de las mezclas asfálticas**

Prueba N°	1	2	3	4	5	6
Temperatura del agua °C	25	25	25	25	25	25
Factor de corrección	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Asfalto (%)	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Peso muestra (g)	2.000,0	2.000,0	2.000,0	2.000,0	2.000,0	2.000,0
Peso matr�az (g)						
Peso matr�az+muestra+agua (g)	6.495,3	6.483,3	6.465,5	6.465,3	6.455,6	6.449,0
Peso matr�az+agua (g)	5.232,0	5.232,0	5.232,0	5.238,0	5.232,0	5.232,0
Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )	736,7	748,7	766,5	772,7	776,4	783,0
Volumen corregido a 25 °C (cm <sup>3</sup> )	736,7	748,7	766,5	772,7	776,4	783,0
Peso espec�fico m�ximo medido (g/cm <sup>3</sup> )	2,715	2,671	2,609	2,588	2,576	2,554

- Gravedad específica efectiva del agregado (Gse )

$$G_{se} = \frac{100 - P_b}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Dónde:

Gse = gravedad específica efectiva del agregado.

Gmm = gravedad específica máxima de la mezcla sin vacíos de aire medido

Pb = contenido de asfalto con el cual se determina la Gmm expresado como porcentaje del total de la masa de la mezcla.

Gb = gravedad específica del asfalto

**Tabla 17. Gravedad específica efectiva del agregado por cada porcentaje de asfalto.**

Gse 4,0 %	Gse 4,5 %	Gse5,0 %	Gse 5,5 %	Gse6,0 %	Gse 6,5 %
2,92	2,89	2,84	2,84	2,85	2,85

G<sub>se</sub>(promedio)= 2,87

- **Cálculo de absorción de asfalto;** Se calcula el asfalto absorbido, P<sub>ba</sub>, como porcentaje del peso de agregado, con la siguiente expresión:

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} \times G_b$$

Dónde:

P<sub>ba</sub> = asfalto absorbido expresado como porcentaje de la masa del agregado.

G<sub>se</sub> = gravedad específica efectiva del agregado.

G<sub>sb</sub> = gravedad específica bulk del agregado.

G<sub>b</sub> = gravedad específica del asfalto.

$$P_{ba} = 100 * \left( \frac{2,92 - 2,854}{2,92 * 2,854} \right) * 1,018 = 0,81\%$$

- **Contenido de asfalto efectivo de la mezcla,  $P_{be}$ :**

El contenido de asfalto efectivo,  $P_{be}$ , de una mezcla asfáltica es el volumen total de asfalto menos la cantidad de asfalto absorbido dentro de las partículas del agregado. Es la porción del contenido total de asfalto que queda como una capa en el exterior de la partícula del agregado y gobierna el comportamiento de la mezcla asfáltica. Se determina, con:

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s$$

Dónde:

$P_{be}$  = contenido de asfalto efectivo expresado como porcentaje de la masa total de la mezcla.

$P_b$  = contenido de asfalto expresado como porcentaje de la masa total de la mezcla.

$P_{ba}$  = asfalto absorbido expresado como porcentaje de la masa del agregado.

$P_s$  = contenido de agregado expresado como porcentaje total de la masa de la mezcla

$$P_{be} = 4 - \frac{1,08}{100} * 96 = 2,96\%$$

- **Porcentaje de vacíos en el agregado mineral en mezclas compactadas, VMA:** Como se había indicado, los vacíos en el agregado mineral, VMA, se definen como el vacío inter granular entre las partículas del agregado en una mezcla asfáltica compactada, el cual incluye los vacíos de aire ( $V_a$ ) y el contenido de asfalto efectivo ( $P_{be}$ ), expresado como un porcentaje del volumen total. Los VMA pueden calcularse sobre la base de la gravedad específica neta del agregado y expresarse como un porcentaje del volumen mezcla asfáltica compactada. Por lo tanto, los VMA pueden estimarse restando el volumen del agregado determinado por su gravedad específica neta, del volumen neto de la mezcla asfáltica compactada.

$$VMA = \left( 1 - \frac{G_{mb}(1 - P_b)}{G_{sb}} \right) \times 100$$

Dónde:

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

$G_{sb}$  = gravedad específica bulk del total de agregado.

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



$(1 - P_b) = P_s =$  contenido de agregado expresado como porcentaje del total de la masa de la mezcla asfáltica

$$VMA = \left(1 - \frac{2,3*(1-4)}{2,830}\right) \times 100 = 19,25$$

• **Porcentaje de vacíos de aire en mezclas compactadas,  $V_a$ :** Los vacíos de aire,  $V_a$ , en la mezcla asfáltica compactada corresponden a los pequeños espacios de aire entre las partículas de agregado. El porcentaje del volumen de vacíos de aire en una mezcla compactada, puede determinarse empleando la relación.

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Dónde:

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

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

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

$$V_a = 100 * \left(\frac{2.66 - 2,3}{2.66}\right) - 1 = 12.5\%$$

• **Porcentaje de vacíos llenos con asfalto en mezclas compactadas,  $VFA$ :** El porcentaje de los vacíos en el agregado mineral que son llenados por el asfalto,  $VFA$ , sin incluir el asfalto absorbido, se determina mediante la relación:

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - V_a}{VMA}$$

Dónde:

$VFA$  = vacíos llenados con asfalto expresado como porcentaje de  $VMA$ .

$VMA$  = vacíos en el agregado mineral expresado como porcentaje del volumen total.

$V_a$  = vacíos de aire en mezclas compactadas expresado como porcentaje del volumen total.

$$VFA = 100 * \left(\frac{19,25 - 11,80}{19,25}\right) = 38.3\%$$

## 2.6 GRÁFICOS DE RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO MARSHALL No. 1

Representación gráfica de los resultados: Para una mayor comprensión de los resultados obtenidos en el ensayo Marshall fue necesario graficarlos resultados obtenidos. Cada punto en la gráfica indica el resultado de cada prueba y mediante regresiones matemáticas se logra determinar la tendencia de la curva.

Como se mencionó anteriormente en este trabajo se tomaron 36 probetas con la granulometría de la fórmula de trabajo, cada grupo de 6 gráficas representa el comportamiento y características particulares de un grupo de 18 especímenes. Para cada porcentaje de asfalto, se promedian los Pesos Unitarios de las briquetas, la Estabilidad, y el Flujo esta última realizándole una corrección en función de la altura o del volumen.

El primer análisis gráfico que se realizó es la del Peso Unitario contra los diversos contenidos de asfaltos empleados para el diseño, de tal manera que los puntos dan una línea uniforme con tendencia ascendente hasta un punto máximo; de esta manera fue posible obtener el contenido óptimo para el diseño de la mezcla asfáltica. (ver tabla 18)

**Tabla 18. Resumen para el trazado de los gráficos del método Marshall No. 1**

Contenido de Asfalto	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	% Vacíos	% VMA	% VFA	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)
4.0%	2.380	12,3	19,92	38,30	1085	2,7
4,5%	2.437	8,8	18,45	51,30	1409	3.3
5.0%	2.532	3,0	15,70	67,20	1721	3.3
5,5%	2.472	4,5	18.14	75,10	1308	3.8
6.0%	2.475	3,9	18,48	78,70	1201	4,3
6,5%	2.452	4,0	19,64	79,70	812	5,3

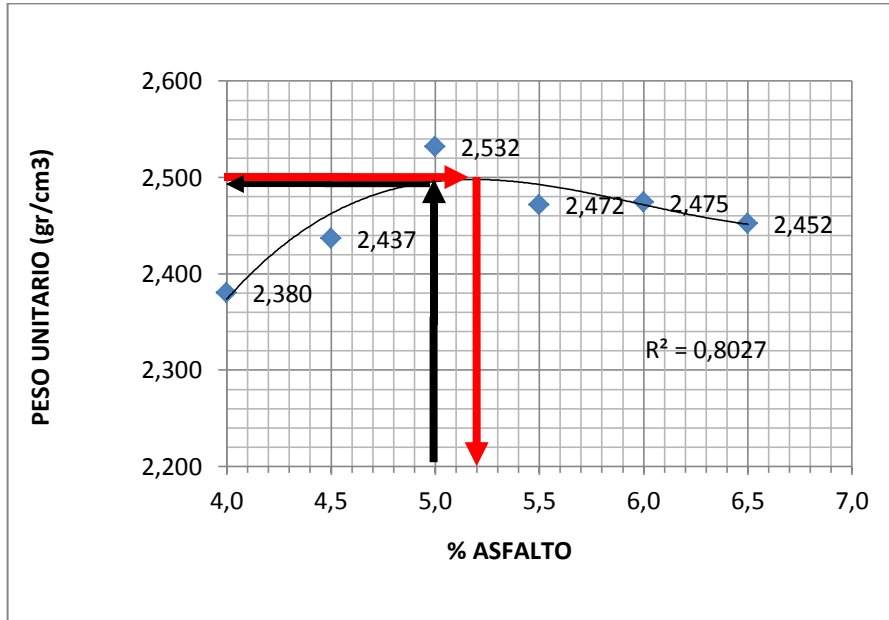
Después de la realización de los ensayos y obtener sus resultados, estos son trazados en los Gráficos del 1 al 6, para poder entender las características particulares de cada briqueta usada en la serie.

Los valores graficados en el eje de las ordenadas (Y) son: porcentaje de vacíos, porcentaje de VMA, porcentaje de VFA, Densidad, Estabilidad y Fluencia, todos contra el valor en las abscisas (X) que son los diferentes porcentajes de asfalto

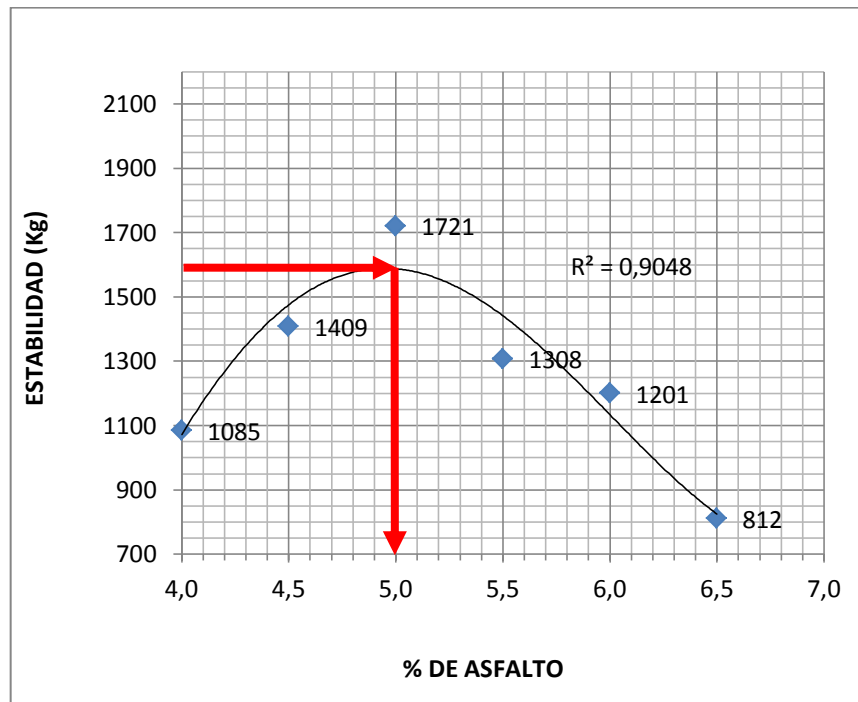
**2.6.1 Observaciones y tendencias de las gráficas de diseño.** Cuando los resultados de los ensayos se trazan en gráficas, usualmente revelan ciertas tendencias en las relaciones entre el contenido de asfalto y las propiedades de la mezcla. A continuación se enuncian ciertas tendencias que pueden observarse al estudiar las gráficas: (ver graficas 2-8)

- El porcentaje de vacíos disminuye a medida que aumenta el contenido de asfalto.
- El porcentaje de vacíos en el agregado mineral (%VMA) generalmente disminuye hasta un valor mínimo, y luego aumenta con aumentos en el contenido de asfalto.
- El porcentaje de vacíos llenos de asfalto (%VFA) aumenta con aumentos en el contenido de asfalto.
- La curva para la densidad de la mezcla es similar a la curva de estabilidad, excepto que la densidad máxima se presenta a un contenido de asfalto ligeramente mayor que el que determina la máxima estabilidad
- Hasta cierto punto, los valores de estabilidad aumentan a medida que el contenido de asfalto aumenta. Más allá de este punto, la estabilidad disminuye con cualquier aumento en el contenido de asfalto.
- Los valores de fluencia aumentan con aumentos en el contenido de asfalto.

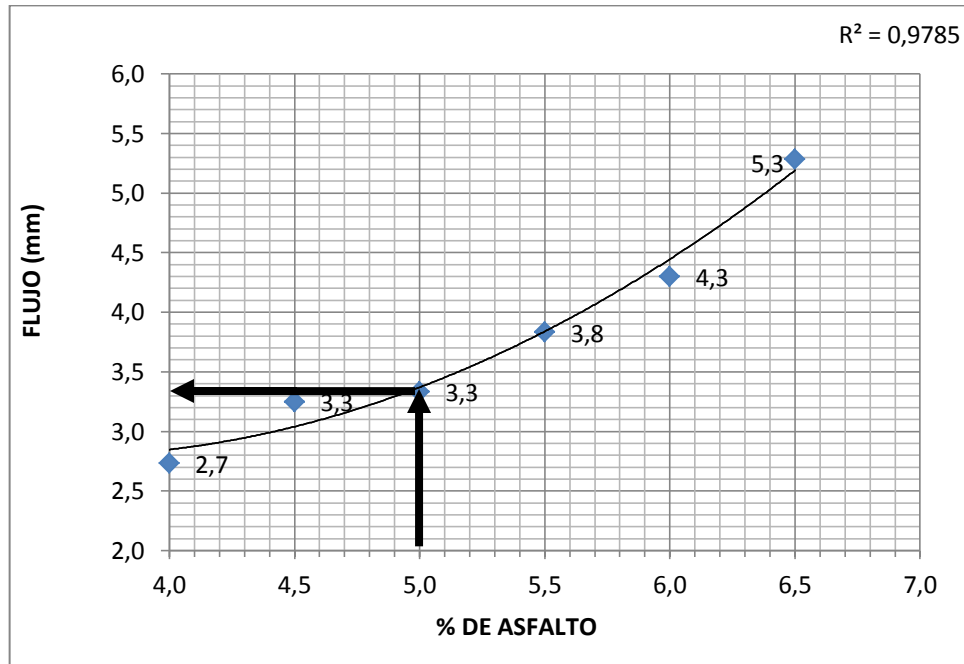
**Grafica 2. Peso unitario vs % de asfalto**



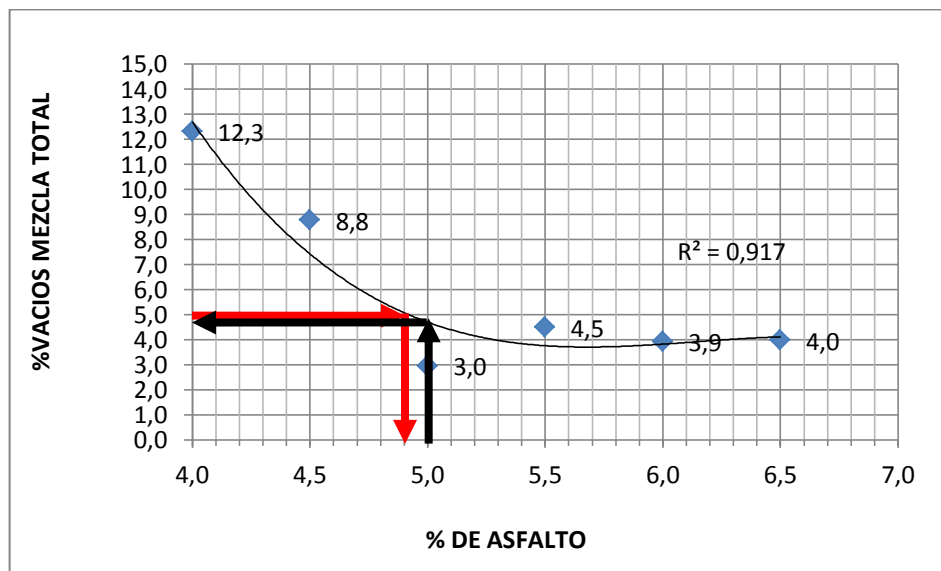
**Grafica 3. Estabilidad vs % de asfalto**



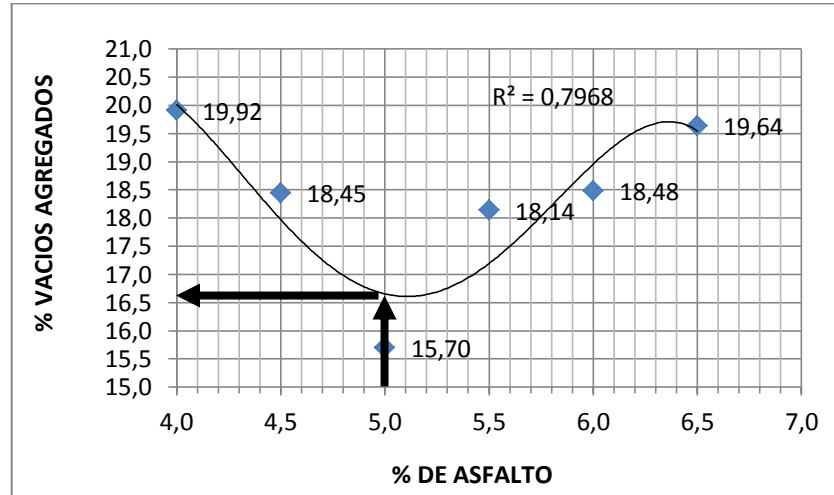
**Gráfica 1. Flujo VS % Asfalto**



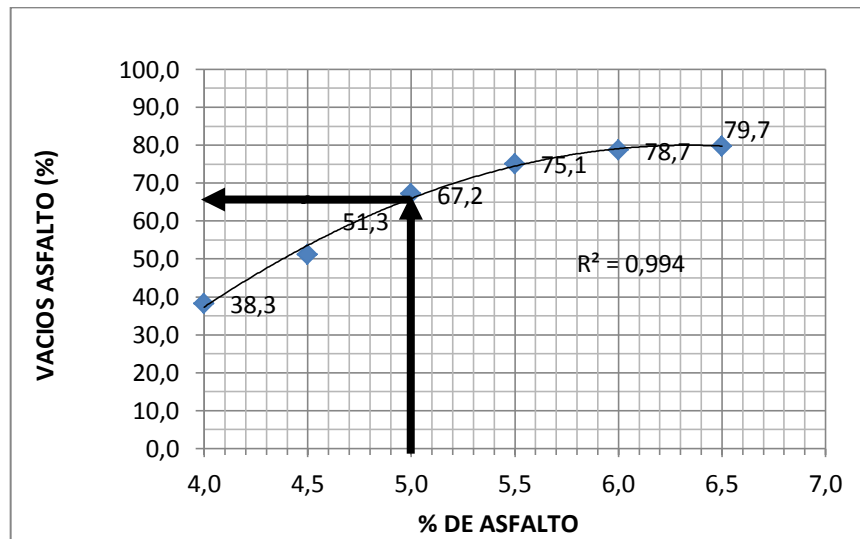
**Gráfica 2. Vacíos totales VS % de Asfalto**



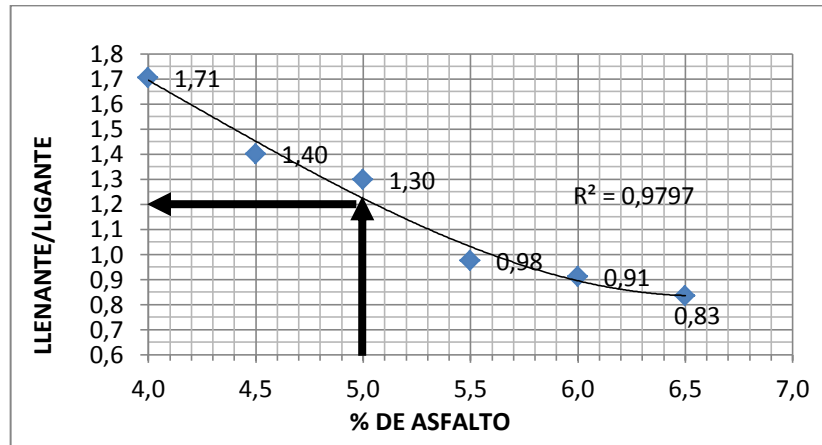
Gráfica 3. VMA vs % de Asfalto



Gráfica 4. VFA vs % de Asfalto



**Gráfica 5. Llenante mineral vs % Asfalto**



**2.6.2 Determinación del contenido óptimo de asfalto Marshal 1.** El contenido óptimo de asfalto de diseño en la mezcla, se determina aplicando la metodología del Instituto Americano del Asfalto. A partir de los resultados obtenidos en los ensayos, aplicando las herramientas Excel, sistema graficador, (Regresión Polinómica) se realiza una gráfica que obedezca, la tendencia más fiel posible a los puntos obtenidos en los ensayos.

1. A partir de la curva de Estabilidad Vs % de Asfalto, se determina el valor máximo de Estabilidad y con esta se determina el primer valor de % de asfalto igual a 5.2 %.

2. En la curva de Densidad Vs % de Asfalto se determina el valor máximo de Densidad y se determina el segundo valor de % de asfalto igual a 5.0 %.

3. En la curva de Vacíos Totales Vs % de Asfalto. Se determina el valor de 5% de Vacíos Totales en el eje de las "Y" y se determina el tercer valor de % de asfalto igual a 4.9 %. Con los tres valores de % de asfalto obtenidos de las tres graficas anteriores se realiza un promedio aritmético igual a 5.0. Este valor resultante de porcentaje de asfalto se lo lleva a las gráficas de: Estabilidad, densidad, porcentaje de vacíos, flujo, porcentaje de agregado mineral, vacíos de asfalto y relación llenante ligante. Los valores obtenidos en esta graficas fueron comparados con los valores de las especificados del INVIAS, para determinar si el porcentaje de asfalto calculado cumple con las exigencias establecidas. Si esto es así se escoge este valor de (%)de asfalto como el resultado del diseño, en caso contrario será necesario hacer algunos ajustes en la granulometría y volver a diseñar la mezcla. (ver tabla 19)

**Tabla 19. Resumen resultados ensayo Marshall 1 por el método del Instituto norteamericano del asfalto**

METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	Resultados Mezcla MDC-2	Especificación Transito NT3	
		MIN	MAX
<b>RESUMEN MARSHALL :</b>			
Contenido de Asfalto (%):	5.0%		
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.480	-----	----
Estabilidad (kg):	1.600	900	----
Flujo (mm):	3.3	2.0	3.5
Vacíos con aire (%):	4.8	4.0	6.0
Vacíos de Agregados Minerales (%):	16.7	15	----
Vacíos Llenos con asfalto (%):	65.0	65	75
Relación Llenante-Ligante:	1.20	0.8	1.2
Temperatura de compactación (°C):	136		



## 2.7 RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL No 2.

Tabla 20. Formato de datos de entrada ensayo Marshall No. 2

PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											4.00 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,176.7	1,188.6	705.3	483.3	6.56	6.60	6.58	6.55	6.57	950.0	1,892.3	2.75	
2	1,181.2	1,193.0	707.7	485.3	6.57	6.59	6.57	6.56	6.57	1,430.0	2,866.2	3.25	
3	1,175.2	1,186.1	701.6	484.5	6.47	6.44	6.40	6.39	6.43	1,737.0	3,473.1	3.00	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											4.50 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,196.6	1,197.5	718.1	479.4	6.43	6.45	6.44	6.52	6.46	1,591.0	3,128.9	3.25	
2	1,190.0	1,188.6	712.0	476.6	6.44	6.47	6.38	6.47	6.44	1,127.0	2,196.3	3.25	
3	1,182.1	1,187.5	706.8	480.7	6.50	6.35	6.33	6.39	6.39	1,623.0	3,204.5	3.50	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											5.00 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,190.8	1,194.1	707.7	486.4	6.46	6.51	6.42	6.40	6.45	975.0	1,961.6	3.25	
2	1,174.1	1,185.7	688.1	497.6	6.44	6.52	6.40	6.40	6.44	1,576.0	3,285.2	3.50	
3	1,184.1	1,185.9	750.0	435.9	6.35	6.35	6.26	6.33	6.32	1,954.0	3,312.2	3.50	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											5.50 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,172.4	1,187.9	738.3	449.6	6.38	6.41	6.35	6.43	6.39	1,176.0	2,091.5	3.75	
2	1,169.4	1,185.3	723.4	461.9	6.60	6.67	6.65	6.61	6.63	1,136.0	2,108.1	4.25	
3	1,154.1	1,184.6	661.4	523.2	6.40	6.48	6.36	6.40	6.41	854.0	1,925.6	3.75	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											6.00 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,187.6	1,198.4	712.9	485.5	6.36	6.35	6.31	6.30	6.33	874.0	1,753.6	4.50	
2	1,178.2	1,188.7	704.4	484.3	6.31	6.36	6.28	6.27	6.31	780.0	1,558.7	4.50	
3	1,168.5	1,175.9	689.8	486.1	6.50	6.43	6.36	6.36	6.41	769.0	1,544.8	4.75	
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MEZCLA:											6.50 %		
Briq #	PESO (gr)			Volumen cm3	Altura (cm)				h (cm) prom	Lecturas			
	seca	sss	sum							Estabilidad	Carga	Flujo	
1	1,167.4	1,180.9	700.5	480.4	6.31	6.31	6.31	6.31	6.31	832.0	1,642.3	5.00	
2	1,170.9	1,187.1	704.6	482.5	6.27	6.16	6.19	6.15	6.19	714.0	1,418.9	5.50	
3	1,174.2	1,195.6	708.5	487.1	6.29	6.27	6.34	6.31	6.30	817.0	1,648.0	5.75	

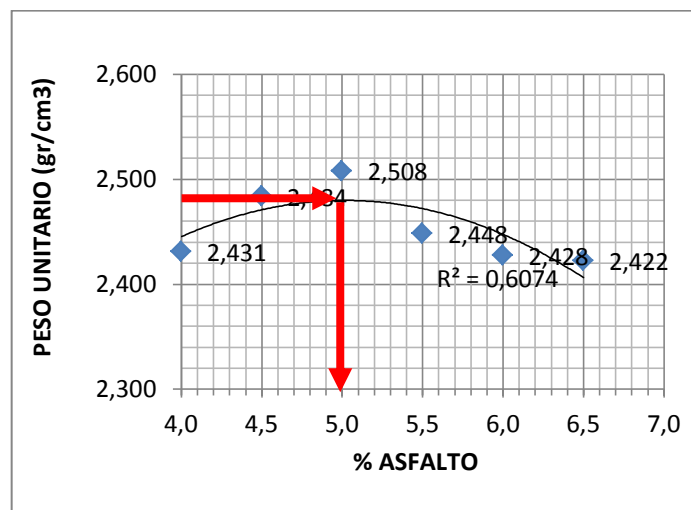
**2.7.1 Gráficos de resultados obtenidos ensayo Marshall no. 2.** Finalmente con todos los datos necesarios se procede a la elaboración de los gráficos contemplados por el método Marshall para el ensayo Marshall No. 2. A continuación se presenta la tabla 21, en donde se resumen los datos necesarios para la generación de los gráficos.

**Tabla 21. Resumen para el trazado de los gráficos del Método Marshall No. 2**

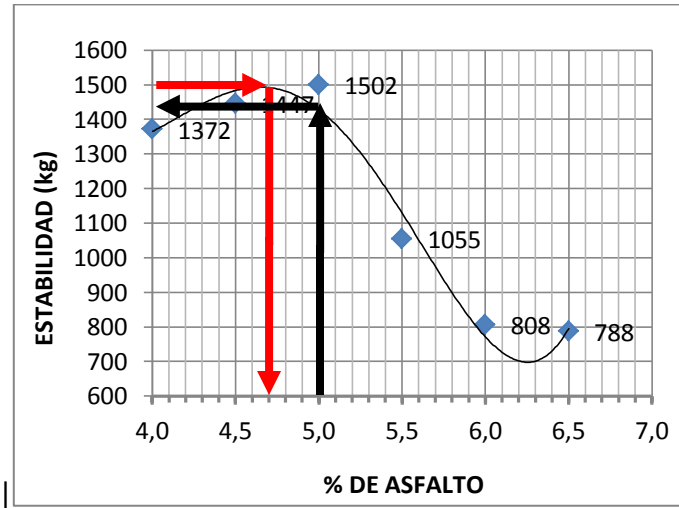
Contenido de Asfalto	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	% Vacíos	% VMA	% VFA	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)
4.0%	2.431	10,4	18,20	42,80	1372	3,0
4,5%	2.484	7,0	16,87	57,10	1447	3.3
5.0%	2.508	3,9	16,50	63,30	1502	3.4
5,5%	2.448	5,4	18.92	71,40	1055	3.9
6.0%	2.428	5,8	20,03	71,20	808	4,6
6,5%	2.422	5,2	20.62	75,00	788	5,4

Después de la realización de los ensayos y obtener sus resultados, estos son trazados en los gráficos del 9 al 15, para poder entender las características particulares de cada briqueta usada en la serie.

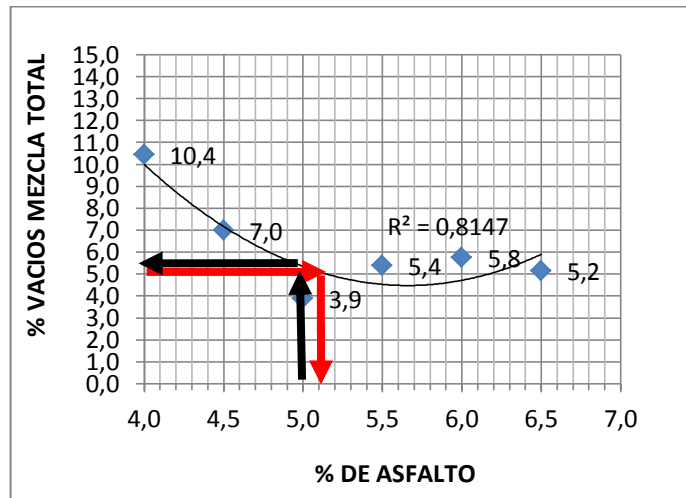
**Gráfica 6. Peso unitario vs % Asfalto**



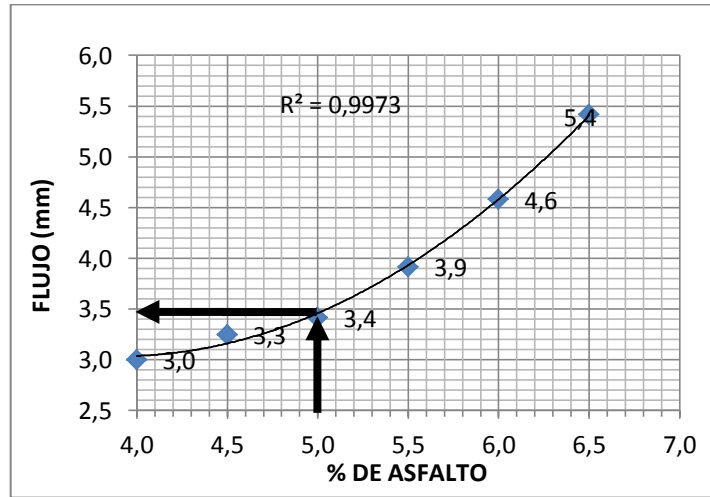
Gráfica 7. Estabilidad vs % de Asfalto



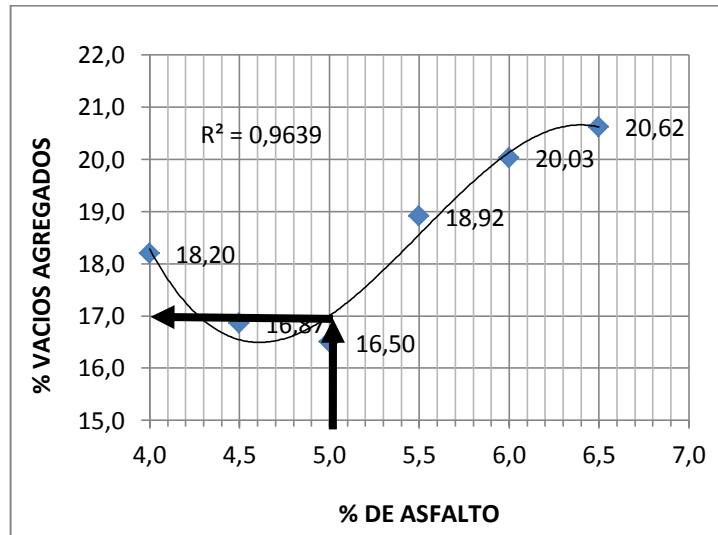
Gráfica 8. Vacíos totales vs % de Asfalto



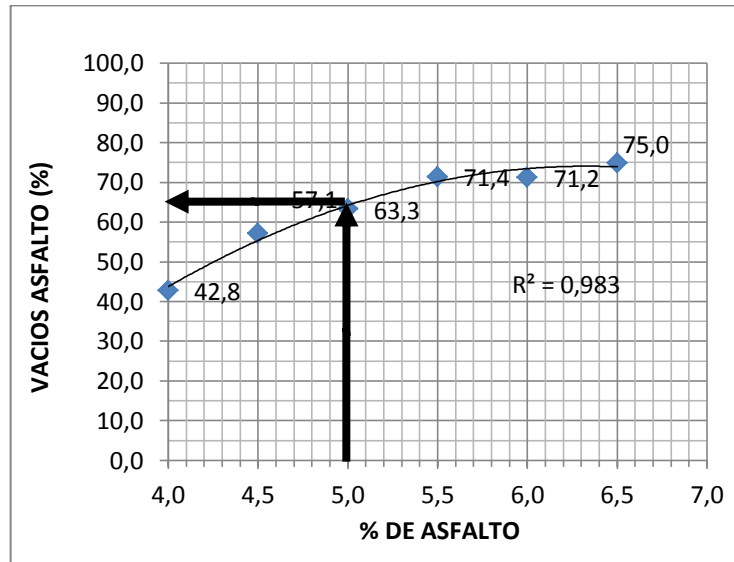
**Gráfica 9. Flujo vs % de Asfalto**



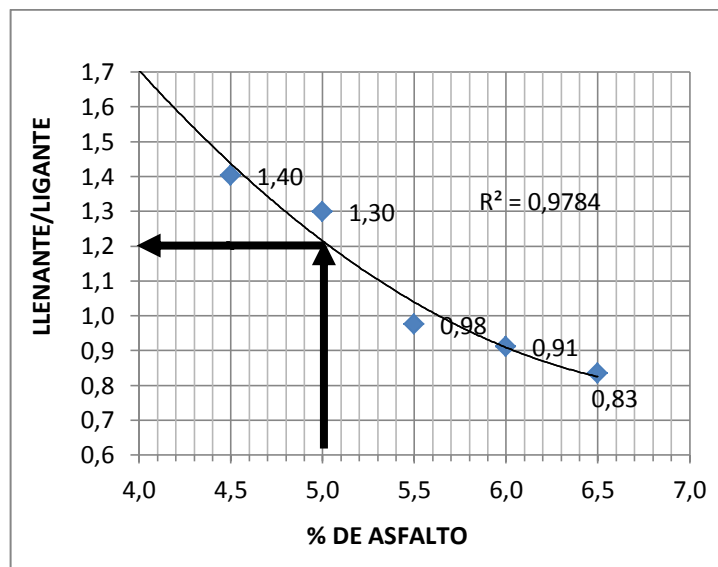
**Gráfica 10. VAM vs % de Asfalto**



**Gráfica 11. VFA vs % de Asfalto**



**Gráfica 12. Llenante / ligante vs % de Asfalto**



**Tabla 22. Resumen resultados ensayo Marshall 2 por el método del Instituto Norteamericano del Asfalto**

METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	Resultados Mezcla MDC-2	Especificación Transito NT3	
		MIN	MAX
<b>RESUMEN MARSHALL :</b>			
Contenido de Asfalto (%):	5.0%		
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.480	-----	----
Estabilidad (kg):	1.440	900	----
Flujo (mm):	3.5	2	3.5
Vacíos con aire (%):	5.5	4.0	6.0
Vacíos de Agregados Minerales (%):	17.00	15	----
Vacíos Llenos con asfalto (%):	65.0	65	75
Relación Llenante-Ligante:	1.20	0.8	1.2
Temperatura de compactación (°C):	136		

**Tabla 23. Criterios de comprobación del diseño volumétrico de la fórmula de trabajo**

CARACTERISTICA	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MODULO
	CATEGORIA DE TRANSITO			
	NT1	NT2	NT3	
Relación Estabilidad / Flujo (Kg/mm)	200 a 400	300 a 500	300 a 600	-

NT1: Nivel de tránsito uno. Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir es inferior a 0.5 x 10<sup>6</sup> ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño.

NT2: Nivel de tránsito dos. Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir oscila entre 0.5x10<sup>6</sup> y 5.0x10<sup>6</sup> ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño.

NT3: Nivel de tránsito tres. Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir es superior a 5.0x10<sup>6</sup> ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño.

La selección del porcentaje óptimo de asfalto se realizó bajo los parámetros establecidos por el INVIAS (2007) para las mezclas densas en caliente tipo 2 MDC-2 por el método del instituto del asfalto, en cuanto a estabilidad, flujo y relación estabilidad flujo. Se estableció que el contenido de asfalto que deberían contener las muestras elaboradas sería del 5,0%. Con este valor se cumplen los

parametros de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos para un nivel de transito pesado. Donde los materiales petreos de la cantera de agresur tienen unas características físicas buenas.

## **2.8 PROCEDIMIENTO SEGÚN LA NATIONAL ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION DE LOS E.U (NAPA)**

Este es otro método para determinar el contenido de asfalto óptimo, una vez obtenidas las curvas Marshall.

El Contenido de asfalto corresponderá al contenido de vacíos promedio especificado (por lo general el 4 %). Este es el óptimo contenido de asfalto.

Determinar las siguientes propiedades en el óptimo contenido del asfalto de las curvas Marshall:

- Estabilidad Marshall.
- Flujo
- Porcentajes de vacíos del agregado mineral, VMA
- Porcentajes de vacíos llenos con asfalto, VFA

Comparar cada uno de los valores con las especificaciones, si se verifican todos los valores, el óptimo contenido de asfalto será el elegido. Si alguno de estos valores estuviera fuera del rango la mezcla deberá ser rediseñada

## CONCLUSIONES

Utilizando materiales pétreos de la cantera Agresur, se obtuvieron resultados satisfactorios que se encuentran dentro de los parámetros permisibles para una mezcla MCD-2 en nivel de tránsito NT3; Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir es superior a  $5.0 \times 10^6$  ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño, que exige la norma INVIAS, los cuales permitieron encontrar que el porcentaje óptimo de asfalto para una mezcla con asfalto normal es de 5.0 %. Se verificó la calibración de la prensa Marshall, determinando que esta se encuentra en óptimas condiciones para brindar resultados confiables y apropiados para el normal desarrollo de la investigación.

Para el resultado final de la calidad de la mezcla, el material de la cantera AGRESUR presenta un aporte muy importante, ya que sus materiales ensayados presentan unas características físicas que se las puede clasificar como muy buenas, que cumplen satisfactoriamente la normatividad técnica de la norma INV 2007. Los resultados obtenidos de estabilidad en las muestras realizadas presentan valores significativos, el cual es un parámetro importante que se debe tener en cuenta para la realización una mezcla asfáltica. Lo anterior permite determinar que agregados gruesos, lo producen debido a su fricción interna y su uniformidad en su tamaño, su rugosidad de sus caras, propiedades aportadas por los materiales de AGRESUR lo cual es una característica muy importante que tiene esta cantera en sus materiales lo cual garantizará un aporte importante para el diseño de mezclas asfálticas.

Analizando el efecto que tienen las diferentes composiciones granulométricas realizadas en este trabajo en la susceptibilidad a la deformación de una mezcla asfáltica, se encontró que la curva granulométrica Superior, es decir, con mayor contenido de finos, se comportó mejor que la mezcla fabricada con la curva granulométrica Inferior, con menos contenido de finos. Esto hace que la mezcla adquiera una mayor densidad en el momento de la compactación.

De acuerdo a la proporción de agregados se elaboraron las mezclas de prueba con la metodología Marshall, para evaluar los puntos con un porcentaje de ligante asfáltico de 4.0%, 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% que fueron determinados en base al contenido óptimo teórico de asfalto.



## **RECOMENDACIONES**

Tener en cuenta que debido a la dinámica propia de la cantera es importante realizar y profundizar el número de ensayos y realizarlos en forma más periódica para poder tener unos rangos más confiables de sus datos

Dar continuidad a la elaboración de estos trabajos de grado en otras canteras o sobre la misma cantera Agresur con el fin de contar con una herramienta técnica de decisión y de control de calidad de los materiales a utilizar en la elaboración de mezclas asfálticas en la región.

## BIBLIOGRAFÍA

ARENAS LOZANO, Hugo León; MARTINEZ, René. Composición química del asfalto colombiano producido en refinería y su correlación con la durabilidad. Universidad del Cauca. Popayán. 1989.

MUÑOZ RICAUTE, Guillermo. Pavimentos en concreto asfáltico. Universidad de Nariño. Tercera Edición, 2005

Ministerio De Transporte. Instituto Nacional De Vías. Subdirección de apoyo técnico. Normas de Ensayo. INV E – 222, 223, 799. Bogotá. 2007.

Propiedades Deseadas de Ingeniería de una Mezcla Asfáltica, Boletín Técnico Instituto Venezolano del Asfalto, Ing Gustavo Corredor M. 1996


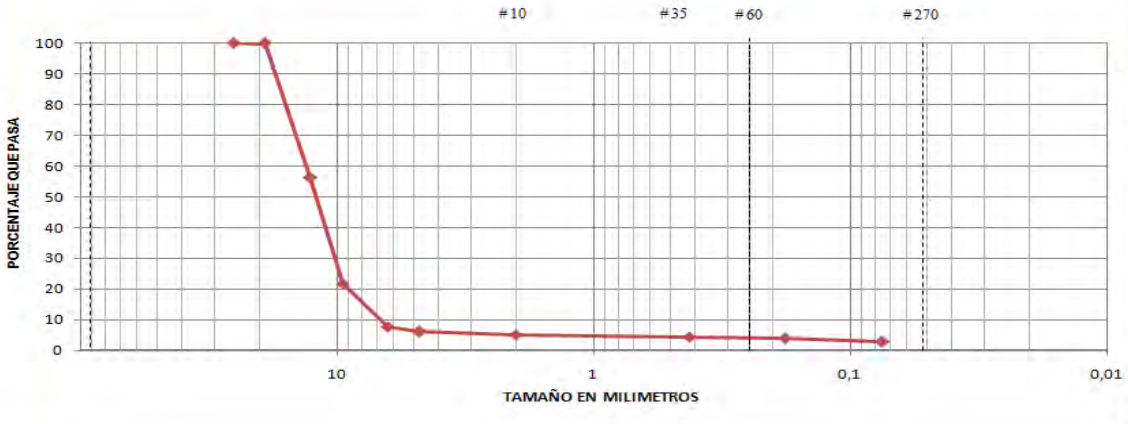
REYES, Fredy Alberto. Diseño Racional de Pavimentos. Escuela Colombiana de Ingeniería. Primera edición. Bogotá 2003.

TEORIA DE LOS PAVIMENTOS, Facultad de Ingeniería Civil Universidad del Cauca ing. Mg. Hugo León Arenas Lozano. 2006


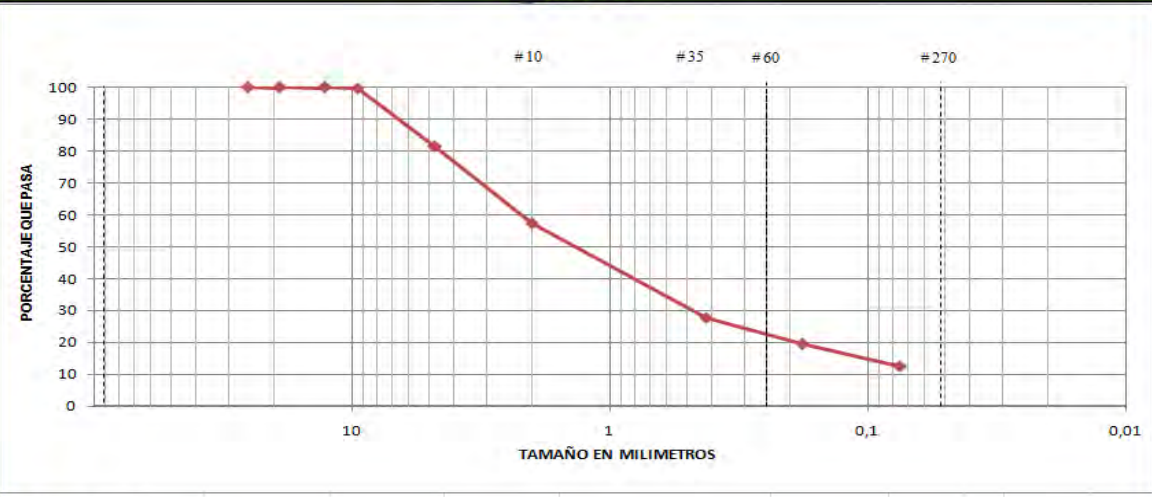
# ANEXOS

***ENSAYOS DE LABORATORIO FÍSICO  
MÉCANICOS REALIZADOS A LOS  
MATERIALES PETREOS***


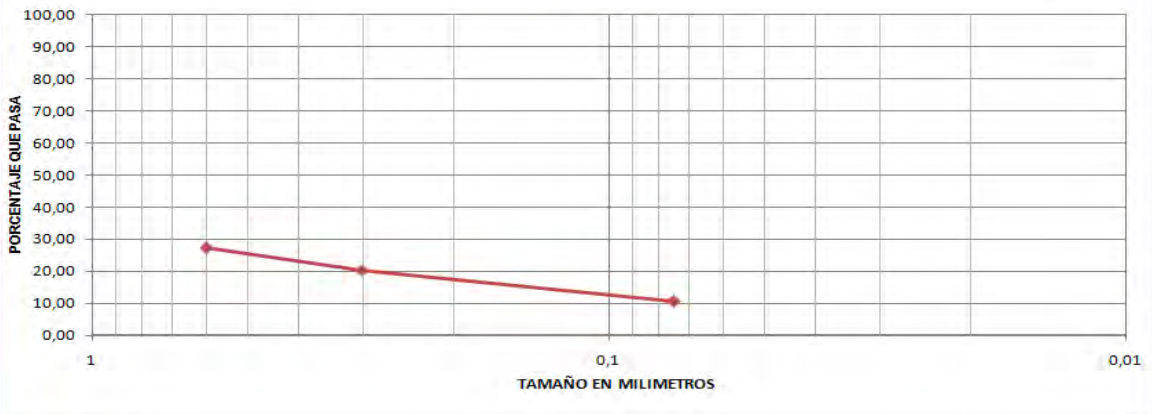
## Anexo A. Ensayo de granulometría agregado grueso

	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>	1.CODIGO			
	SECCIÓN DE LABORATORIOS	2.PAGINA			
	ENSAYO DE GRANULOMETRIA	3.VERSIÓN			
	INV E-213	4.VIGENTE APARTIR DE:			
OBRA	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"	MUESTRA No 1			
DESCRIPCIÓN:	AGREGADO GRUESO	FUENTE CANTERA AGRESUR LTDA			
PROPIETARIO:	ENRÍQUEZ MONCAYO				
<b>GRADACIÓN</b>					
Peso inicial	36452	Peso lavado	35527		
Tamiz	Tamiz mm	Peso Retenido	% Retenido	% Ret Acum	% Pasa
1	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.7	15860.00	43.51	43.51	56.49
3/8	9.525	12647.00	34.69	78.20	21.80
1/4	6.3	5128.00	14.07	92.27	7.73
4	4.75	608.00	1.67	93.94	6.06
10	2	344.00	0.94	94.88	5.12
40	0.425	296.00	0.81	95.70	4.30
80	0.18	211.00	0.58	96.27	3.73
200	0.075	394.00	1.08	97.36	2.64
P-200		964.0	2.64	100.00	0.00
				Cu= $\frac{D_{60}}{D_{10}}$	= 1,5522388
				Cc= $\frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$	= 1,4639782
<b>TAMICES</b>					
					
OBSERVACIONES:					
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>					
CARGO:	25.1. ELABORADO POR:	25.1. REVISADO POR:	25.2. APROBADO POR:		
HOMBRE:	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio de Suelos	Director de Dependencia		
FIRMA:					


## Anexo B. Ensayo de granulometría agregado fino

	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>	1.CODIGO			
	SECCIÓN DE LABORATORIOS	2.PAGINA			
	ENSAYO DE GRANULOMETRIA	3.VERSIÓN			
	INV E-213	4.VIGENTE APARTIR DE:			
OBRA	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"	MUESTRA No 1			
DESCRIPCIÓN:	AGREGADO FINO	FUENTE CANTERA AGRESUR LTDA			
PROPIETARIO:	ENRIQUEZ MONCAVO				
<b>GRADACIÓN</b>					
Peso inicial	3000	Peso lavado	2628,4		
Tamiz	Tamiz mm	Peso Retenido	% Retenido	% Ret Acum	% Pasa
1	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.525	5.00	0.17	0.17	99.83
4	4.75	546.50	18.22	18.38	81.62
10	2	729.70	24.32	42.71	57.29
40	0.425	886.70	29.56	72.26	27.74
80	0.18	251.70	8.39	80.65	19.35
200	0.075	205.30	6.84	87.50	12.50
P-200		375,1	12.50	100.00	0.00
			$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 3,666667$		
			$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = 0,1818933$		
<b>TAMICES</b>					
					
OBSERVACIONES:					
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>					
CARGO:	25.1. ELABORADO POR:	25.1. REVISADO POR:	25.2. APROBADO POR:		
NOMBRE:	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio de Suelos	Director de Dependencia		
FIRMA:					

## Anexo C. Ensayo de granulometría material fino Agresur Ltda.


	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>			1.CODIGO	
	SECCIÓN DE LABORATORIOS			2.PAGINA	
	ENSAYO DE GRANULOMETRIA			3.VERSIÓN	
	INV E-213			4.VIGENTE A PARTIR DE:	
<b>OBRA</b>		TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"		<b>MUESTRA No</b>	1
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		MATERIAL FINO AGRESUR LTDA.		<b>FUENTE</b>	CANTERA AGRESUR LTDA
<b>PROPIETARIO:</b>		ENRÍQUEZ MONCAYO			
<b>GRADACIÓN</b>					
Peso inicial	100		Peso lavado	89,49	
Tamiz	Tamiz mm	Peso Retenido	% Retenido	% Ret Acum	% Pasa
30	0,6	72,77	72,77	72,77	27,23
50	0,3	6,89	6,89	79,66	20,34
200	0,075	9,83	9,83	89,49	10,51
P-200		10,51	10,51	100,00	0,00
<b>TAMICES</b>					
					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>					
<b>CARGO:</b>	25.1. ELABORADO POR: Técnico Laboratorio de Suelos		25.1. REVISADO POR: Técnico Laboratorio de Suelos		25.2. APROBADO POR: Director de Dependencia
<b>NOMBRE:</b>					
<b>FIRMA:</b>					

## Anexo D. Desgaste en la máquina de los ángeles agregado grueso


		<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>				1.CODIGO		
		SECCIÓN DE LABORATORIOS				2.PAGINA		
		DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES				3.VERSIÓN		
		INV E-218 Y INV E-219				4.VIGENTE APARTIR DE:		
OBRA	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"				MUESTRA:	1		
DESCRIPCIÓN:	AGREGADO GRUESO							
PROPIETARIO:	ENRÍQUEZ MONCAYO				FECHA:	CANTERA AGRE SUR LTDA		
ENSAYO No								
Gradación utilizada		B						
No de revoluciones		500						
Peso de la muestra inicial (gr)	Pi	5000	5000					
Peso de la muestra después (gr)	Pf	3930	4130					
% Desgaste =	$((Pi - Pf) / Pi) * 100$		<b>21,40</b>	<b>17,4</b>				
Coefficiente de uniformidad		1,55						
Observaciones	Muestra del material traída al laboratorio por el interesado.							
Página 1								
<b>Datos sobre Gradación, carga abrasiva y Revoluciones</b>								
Tamiz / gradación		A	B	C	D	1	2	3
Pasa	Retenido	fracciones de agregado a pesar en gramos						
3	2 1/2					2500 ± 50		
2 1/2	2					2500 ± 50		
2	1 1/2					5000 ± 50	5000 ± 50	
1 1/2	1	1250 +25					5000 ± 25	5000 ± 25
1	3/4	1250 +25						5000 ± 25
3/4	1/2	1250 +25	2500 ±10					
1/2	3/8	1250 +25	2500 ±10					
3/8	1/4			2500 ± 10				
1/4	No 4			2500 ± 10				
No 4	No 8				5000 ± 10			
Peso total de muestra (gr)		5000 +10	5000 ±10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50
No de esferas		12	11	8	6	12	12	
peso de esferas (gr)		5000 +25	4584 ±25	3330 ± 20	2500 ± 15	5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25
No de Revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000
8. DATOS DE ELABORACIÓN								
	<b>25.1. ELABORADO POR:</b>	<b>25.1. REVISADO POR:</b>			<b>25.2. APROBADO POR:</b>			
<b>CARGO:</b>	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio			<b>Director de Dependencia</b>			
<b>NOMBRE:</b>								
<b>FIRMA:</b>								




## Anexo E. Desgaste en micro-deval agregado grueso

	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>			1.CODIGO
	SECCIÓN DE LABORATORIOS			2.PAGINA
	DESGASTE EN MICRO-DEVAL			3.VERSIÓN
	INV E-238			4.VIGENTE APARTIR DE:
<b>OBRA</b>	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"		<b>MUESTRA:</b>	1
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	AGREGADO GRUESO		CANTERA AGRESUR LTDA	
<b>PROPIETARIO:</b>	ENRÍQUEZ MONCAYO		<b>FECHA:</b>	
Gradacion Tabla 1	Pasante Tamiz	Retenido Tamiz	Masa g	
	3/4"	5/8"	375,1	
	5/8"	1/2"	375,4	
	1/2"	3/8"	750,1	1500,6
<b>ENSAYO No</b>				
Gradación utilizada	TABLA 1			
No de revoluciones	12000 ± 100			
Peso de la muestra inicial (gr)	Pi	1500,6		
Peso de la muestra después (gr)	Pf	1344,6		
% Desgaste =	$\{(Pi - Pf) / Pi\} * 100$		<b>10,40</b>	
Coefficiente de uniformidad				
Observaciones				
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>				
	<b>25.1. ELABORADO POR:</b>	<b>25.1. REVISADO POR:</b>	<b>25.2. APROBADO POR:</b>	
<b>CARGO:</b>	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio	Director de Dependencia	
<b>NOMBRE:</b>				
<b>FIRMA:</b>				


## Anexo F. Ensayo de durabilidad agregado fino por sulfato de sodio

	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>			1.CODIGO		
	SECCIÓN DE LABORATORIOS			2.PAGINA		
	ENSAYO DE DURABILIDAD AGREGADO FINO PORSULFATO DE SODIO			3.VERSIÓN		
	INV E-220			4.VIGENTE APARTIR DE:		
OBRA:	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"		MUESTRA No	1		
DESCRIPCIÓN:	ENRIQUEZ MONCAYO		CANTERA AGRESUR LTDA			
PROPIETARIO:	CARLOS HOLMER YANDAR					
<b>ANALISIS CUANTITATIVO</b>						
Fracciones		Peso inicial	Peso final	% Perdida	Granulometria	% Perdida
Pasa	Retenido	P1 (gr)	P2 (gr)	$\{(P1-P2)/P1\} * 100$	original	Corregida
3/8"	No 4	100	83,7	16,3	18,22	3,4
No 4	No 8	100	92,1	7,9	24,32	2,2
No 8	No 16	100	92	8	29,56	2,7
No 16	No 30	100	90,3	9,7	8,39	0,9
No 30	No 50	100	95,5	4,5	6,84	0,4
<b>PERDIDA TOTAL CORREGIDA</b>						<b>9,6</b>
<b>SOLUCIÓN UTILIZADA:</b>					Sulfato de Sodio	
OBSERVACIONES						
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>						
	<b>25.1. ELABORADO POR:</b>	<b>25.1. REVISADO POR:</b>		<b>25.2. APROBADO POR:</b>		
<b>CARGO:</b>	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio de Suelos		Director de Dependencia		
<b>NOMBRE:</b>						
<b>FIRMA:</b>						


## Anexo G. Ensayo de durabilidad agregado fino por sulfato de magnesio

		<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>			1.CODIGO	
		SECCIÓN DE LABORATORIOS			2.PAGINA	
		ENSAYO DE DURABILIDAD AGREGADO FINO POR Sulfato DE MAGNECIO			3.VERSIÓN	
		INV E-220			4.VIGENTE APARTIR DE:	
<b>OBRA:</b>	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"			<b>MUESTRA No</b>	1	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	AGREGADO FINO			<b>FUENTE</b>	CANTERA AGRESUR LTDA	
<b>PROPIETARIO:</b>	ENRÍQUEZ MONCAYO					
ANÁLISIS CUANTITATIVO						
Fracciones		Peso inicial	Peso final	% Perdida	Granulometria	% Perdida
Pasa	Retenido	P1 (gr)	P2 (gr)	$\{(P1-P2)/P1\} * 100$	original	Corregida
3/8"	No 4	100	94	6	18,22	1,3
No 4	No 8	100	98,1	1,9	24,32	0,5
No 8	No 16	100	97	3	29,56	1,0
No 16	No 30	100	91,4	8,6	8,39	0,8
No 30	No 50	100	93,8	6,2	6,84	0,5
<b>PERDIDA TOTAL CORREGIDA</b>						<b>4,1</b>
SOLUCIÓN UTILIZADA:						
Sulfato de magnesio						
OBSERVACIONES						
8. DATOS DE ELABORACIÓN						
	<b>25.1. ELABORADO POR:</b>		<b>25.1. REVISADO POR:</b>		<b>25.2. APROBADO POR:</b>	
<b>CARGO:</b>	Técnico Laboratorio de Suelos		Técnico Laboratorio de Suelos		Director de Dependencia	
<b>NOMBRE:</b>						
<b>FIRMA:</b>						


## Anexo H. Ensayo de durabilidad agregado grueso con sulfato de sodio

		<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>  <b>SECCIÓN DE LABORATORIOS</b> <b>ENSAYO DE DURABILIDAD AGREGADO GRUESO</b> <b>CON SULFATO DE SODIO</b> <b>INV E - 220</b>				1.CODIGO	
						2.PAGINA	
						3.VERSIÓN	
						4.VIGENTE APARTIR DE:	
<b>OBRA</b>	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"				<b>MUESTRA I</b>	1	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	AGREGADO GRUESO				<b>FUENTE</b>	AGRESUR LTDA	
<b>PROPIETARIO:</b>	ENRÍQUEZ MONCAYO						
<b>ANÁLISIS CUANTITATIVO</b>							
Fracciones		Peso inicial	Peso final	% Perdida	Granulometria	% Perdida	
Pasa	Retenido	P1 (gr)	P2 (gr)	$\{(P1-P2)/P1\} * 100$	original	Corregida	
3/4"	1/2"	670	632,1	5,7	43,51	2,46	
1/2"	3/8"	330	286,7	13,1	34,69	4,55	
3/8"	No 4	300	274,4	8,5	15,74	1,34	
<b>Perdida total corregida:</b>					$\Sigma$	<b>8,36</b>	
<b>ANÁLISIS CUALITATIVO</b>							
Fracciones		No inicial de	Numero de particulas despues del ensayo				
Pasa	Retenido	particulas	Enteras	Partidas	Porosas	Foliadas	Agrietadas
2 1/2"	1 1/2"						
1 1/2"	3/4"						
Otras Fracciones				Si _____ No _____	Si _____ No _____	Si _____ No _____	Si _____ No _____
<b>Solución Utilizada:</b>			<b>No de Ciclos</b>				
Observaciones							
<b>Fracciones a ensayar y cantidades a pesar en gramos</b>							
Fracción No 1		Fracción No 2		Fracción No 3		Fracción No 4	
2 1/2" - 2"	3000 ± 300	1 1/2" - 1"	1000 ± 50	3/4" - 1/2"	670 ± 10	3/8" - No 4	300 ± 5
2" - 1 1/2"	2000 ± 200	1" - 3/4"	500 ± 30	1/2" - 3/8"	330 ± 5		
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>							
	<b>25.1. ELABORADO POR:</b>	<b>25.1. REVISADO POR:</b>	<b>25.2. APROBADO POR:</b>				
<b>CARGO:</b>	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio de Suelos	<b>Director de Dependencia</b>				
<b>NOMBRE:</b>							


## Anexo I. Ensayo de durabilidad agregado grueso con sulfato de magnesio

		<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>				1.CODIGO	
		SECCIÓN DE LABORATORIOS				2.PAGINA	
		ENSAYO DE DURABILIDAD AGREGADO GRUESO CON SULFATO DE MAGNECIO				3.VERSIÓN	
		INV E - 220				4.VIGENTE APARTIR DE:	
<b>OBRA</b>	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"				<b>MUESTRA I</b>	1	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	AGREGADO GRUESO				<b>FUENTE</b>	AGRESUR LTDA	
<b>PROPIETARIO:</b>	ENRÍQUEZ MONCAYO						
ANÁLISIS CUANTITATIVO							
Fracciones		Peso inicial	Peso final	% Perdida	Granulometría	% Perdida	
Pasa	Retenido	P1 (gr)	P2 (gr)	$\{(P1-P2)/P1\} * 100$	original	Corregida	
3/4"	1/2"	672,5	656,1	2,4	43,51	1,06	
1/2"	3/8"	330	301,5	8,6	34,69	3,00	
3/8"	No 4	300	291,6	2,8	15,74	0,44	
<b>Perdida total corregida:</b>					$\Sigma$	<b>4,50</b>	
ANÁLISIS CUALITATIVO							
Fracciones		No inicial de	Numero de particulas despues del ensayo				
Pasa	Retenido	particulas	Enteras	Partidas	Porosas	Foliadas	Agrietadas
2 1/2"	1 1/2"						
1 1/2"	3/4"						
Otras Fracciones				Si _____ No _____	Si _____ No _____	Si _____ No _____	Si _____ No _____
<b>Solución Utilizada:</b>				<b>No de Ciclos</b>			
Observaciones							
Fracciones a ensayar y cantidades a pesar en gramos							
Fracción No 1		Fracción No 2		Fracción No 3		Fracción No 4	
2 1/2" - 2"	3000 ± 300	1 1/2" - 1"	1000 ± 50	3/4" - 1/2"	670 ± 10	3/8" - No 4	300 ± 5
2" - 1 1/2"	2000 ± 200	1" - 3/4"	500 ± 30	1/2" - 3/8"	330 ± 5		
8. DATOS DE ELABORACIÓN							
	<b>25.1. ELABORADO POR:</b>	<b>25.1. REVISADO POR:</b>	<b>25.2. APROBADO POR:</b>				
<b>CARGO:</b>	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio de Suelos	Director de Dependencia				
<b>NOMBRE:</b>							


## Anexo J. Ensayo de caras fracturadas agregado grueso

	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>				1.CODIGO	
	SECCIÓN DE LABORATORIOS				2.PAGINA	
	ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS				3.VERSIÓN	
	INV E - 227/02				4.VIGENTE APARTIR DE:	
OBRA		TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"			MUESTRA N	1
DESCRIPCIÓN:		AGREGADO GRUESO			FUENTE	AGRESUR LTDA
PROPIETARIO:		ENRÍQUEZ MONCAYO				
TAMIZ		PESO DE LA MUESTRA	PESO MATERIAL CON CARAS FRAC.	PORCENT. CON CARAS FRACTUR.	PORCENT. RETENIDO GRADAC. ORIGINAL	CÁLCULO FINAL
PASA	RETENIDO	(Grs) A	(Grs) B	(B/A X 100) C	(%) D	(C X D) E
3/4"	1/2"	1.200,0	1.085,0	90,4	56,49	5.107,7
1/2"	3/8"	300,0	253,0	84,3	21,80	1.838,1
<b>TOTAL</b>		<b>1.500,0</b>	<b>1.338,0</b>	<b>174,8</b>	<b>78,3</b>	<b>6.945,8</b>
<div style="font-size: 2em; opacity: 0.5; position: absolute; top: 50%; left: 50%; transform: translate(-50%, -50%); pointer-events: none;">Página 1</div>				PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$ = <b>88,7 %</b>		
ESPECIFICACIÓN		BASE GRANULAR	50% MÍNIMO			
		MEZCLA ASFÁLTICA	75% MÍNIMO			
		CONCRETO	60% MÍNIMO			
OBSERVACIONES:						
8. DATOS DE ELABORACIÓN						
	25.1. ELABORADO POR:	25.1. REVISADO POR:	25.2. APROBADO POR:			
CARGO:	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio de Suelos	Director de Dependencia			
NOMBRE:						
FIRMA:						

## Anexo K. Índices de alargamiento y aplanamiento de agregados agregado grueso


	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>			1.CODIGO		
	SECCIÓN DE LABORATORIOS			2.PAGINA		
	<b>ÍNDICES DE ALARGAMIENTO Y APLANAMIENTO DE AGREGADOS</b>			3.VERSIÓN		
	INV E-230 Y 240 (5:1)			4.VIGENTE APARTIR DE:		
OBRA:	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"		MUESTRA No	1		
DESCRIPCIÓN:	AGREGADO GRUESO		FUENTE	AGRESUR LTDA		
PROPIETARIO:	ENRÍQUEZ MONCAYO					
<b>ÍNDICE DE ALARGAMIENTO</b>						
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL Part. Alargadas	PORCENTAJE Part. Alargadas	% RETENIDO Gradación Original	CÁLCULO FINAL
PASA TAMIZ	RET. TAMIZ	A (g)	B (g)	C= (B/Ax100)	D	E= (Cx D)
2"	1-1/2"	0	0	0,0	0,0	0,0
1-1/2"	1"	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1"	3/4"	0	0,0	0,0	0,0	0,0
3/4"	1/2"	1285,2	516,3	40,2	43,51	1747,9
1/2"	3/8"	443	232,7	52,5	34,69	1822,5
3/8"	1/4"	94,1	60,0	63,8	14,07	897,0
<b>TOTAL</b>		<b>1822,3</b>	<b>809,0</b>	<b>156,5</b>	<b>92,3</b>	<b>4467,3</b>
ÍNDICE DE ALARGAMIENTO =			TOTAL E / TOTAL D		48 %	
<b>ÍNDICE DE APLANAMIENTO</b>						
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA	PESO MATERIAL Part. Aplanadas	PORCENTAJE Part. Aplanadas	% RETENIDO Gradación Original	CÁLCULO FINAL
PASA TAMIZ	RET. TAMIZ	A (g)	B (g)	C= (B/Ax100)	D	E= (Cx D)
2"	1-1/2"	0	0	0,0	0,0	0,0
1-1/2"	1"	0	0	0,0	0,0	0,0
1"	3/4"	0	0	0,0	0,0	0,0
3/4"	1/2"	1285,2	330,7	25,7	43,51	1119,6
1/2"	3/8"	443	128,3	29,0	34,69	1004,8
3/8"	1/4"	94,1	25,5	27,1	14,07	381,2
<b>TOTAL</b>		<b>1822,3</b>	<b>484,5</b>	<b>81,8</b>	<b>92,3</b>	<b>2505,6</b>
ÍNDICE DE APLANAMIENTO =			TOTAL E / TOTAL D		27 %	
<b>ÍNDICE DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS</b>						
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO MUESTRA	CANTIDAD MATERIAL Part. Aplanadas y alargadas	PORCENTAJE Part. Aplanadas y alargadas		
PASA TAMIZ	RET. TAMIZ	A (Und)	B (Und)	C= (B/Ax100)		
3/4"	1/2"	100,0	4	4,0		
1/2"	3/8"	100,0	9	9,0		
PORCENTAJE DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS ( 1:5 )				6,5		
OBSERVACIONES:	NO SE RECOMIENDA PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE Y DOBLE					
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>						
	<b>25.1. ELABORADO POR:</b>	<b>25.1. REVISADO POR:</b>	<b>25.2. APROBADO POR:</b>			
CARGO:	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio de Suelos	Director de Dependencia			
NOMBRE:						
FIRMA:						

### Anexo L. Ensayo de equivalente de arena agregado grueso


	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>						1.CODIGO	
	SECCIÓN DE LABORATORIOS						2.PAGINA	
	<b>ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA</b>						3.VERSIÓN	
	INV E - 133/07						4.VIGENTE APARTIR DE:	
OBRA	TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"						MUESTRA No	1
DESCRIPCIÓN:	AGREGADO GRUESO							
PROPIETARIO:	ENRÍQUEZ MONCAYO				FUENTE	AGRESUR LTDA		
ENSAYO N°			1			2		
PROBETA	No.	1	2	3	1	2	3	
LECTURA ARCILLA	(mm)	136,0	144,0	135,0	129,0	145,0	133,0	
LECTURA ARENA	(mm)	78,0	98,0	86,0	76,0	85,0	79,0	
EQUIVALENTE DE ARENA	(%)	57	68,1	64	59	58,6	59	
PROMEDIO	(%)	63			59			
<b>Condiciones de la arena para el ensayo</b>								
Húmeda	Seca al aire x			Seca al horno				
Observaciones								
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>								
	25.1. ELABORADO POR:		25.1. REVISADO POR:		25.2. APROBADO POR:			
CARGO:	Técnico Laboratorio de Suelos		Técnico Laboratorio de Suelos		Director de Dependencia			
NOMBRE:								
FIRMA:								

### Anexo M. Gravedad específica y absorción de agregados gruesos




	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>					<b>1.CODIGO</b>	
	<b>SECCIÓN DE LABORATORIOS</b>					<b>2.PAGINA</b>	
	<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE</b>					<b>3.VERSIÓN</b>	
	<b>AGREGADOS GRUESOS</b>					<b>4.VIGENTE APARTIR DE:</b>	
<b>INV E - 223</b>							
<b>OBRA</b> TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"							
<b>DESCRIPCIÓN:</b> AGREGADO GRUESO					<b>MUESTRA No</b> 1		
<b>PROPIETARIO:</b> ENRÍQUEZ MONCAYO					<b>FUENTE</b> AGRESUR LTDA		
<b>ENSAYO No</b>							
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Promedio</b>	
Temperatura de ensayo		°C	-	-	-	-	
Peso de la muestra sss	Wsss	gr	1096,4	1284,4	920,4	1351,6	
Peso de la muestra en el agua	Wa	gr	708,9	820,7	590,7	873	
Peso de la muestra seca	Ws	gr	1084,3	1271,8	908,4	1336,7	
Ws - Wa		gr	375,4	451,1	317,7	463,7	
Wsss - Wa		gr	387,5	463,7	329,7	478,6	
<b>Densidad Nominal</b>	= Ws / Ws-Wa	gr/cm <sup>3</sup>	2,888	2,819	2,859	2,883	2,856
<b>Densidad Aparente</b>	= Ws / Wsss - Wa	gr/cm <sup>3</sup>	2,798	2,745	2,755	2,793	2,772
<b>Densidad Aparente SSS</b>	= Wsss / Wsss - Wa	gr/cm <sup>3</sup>	2,829	2,770	2,792	2,824	2,804
<b>Absorción</b>	= ( Wsss - Ws / Ws ) * 100	%	1,116	0,991	1,387	1,115	1,152
Peso canastilla		gr	137	139,5	138,1	143	
peso canastilla + muestra sss		gr	1233,4	1423,9	1058,5	1494,6	
peso muestra sss		gr	1096,4	1284,4	920,4	1351,6	
peso canastilla + muestra en el agua		gr	757	868,8	638,8	921,1	
Peso canastilla en el agua		gr	48,1	48,1	48,1	48,1	
Peso muestra en el agua		gr	708,9	820,7	590,7	873	
Peso muestra seca + recipiente		gr	1221,3	1411,3	1046,5	1479,7	
Peso recipiente		gr	137	139,5	138,1	143	
Peso muestra seca		gr	1084,3	1271,8	908,4	1336,7	
<b>Observaciones</b>							
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>							
	<b>25.1. ELABORADO POR:</b>		<b>25.1. REVISADO POR:</b>		<b>25.2. APROBADO POR:</b>		
<b>CARGO:</b>	Técnico Laboratorio de Suelos		Técnico Laboratorio de Suelos		Director de Dependencia		
<b>NOMBRE:</b>							
<b>FIRMA:</b>							

## Anexo N. Gravedad específica y absorción de agregados finos

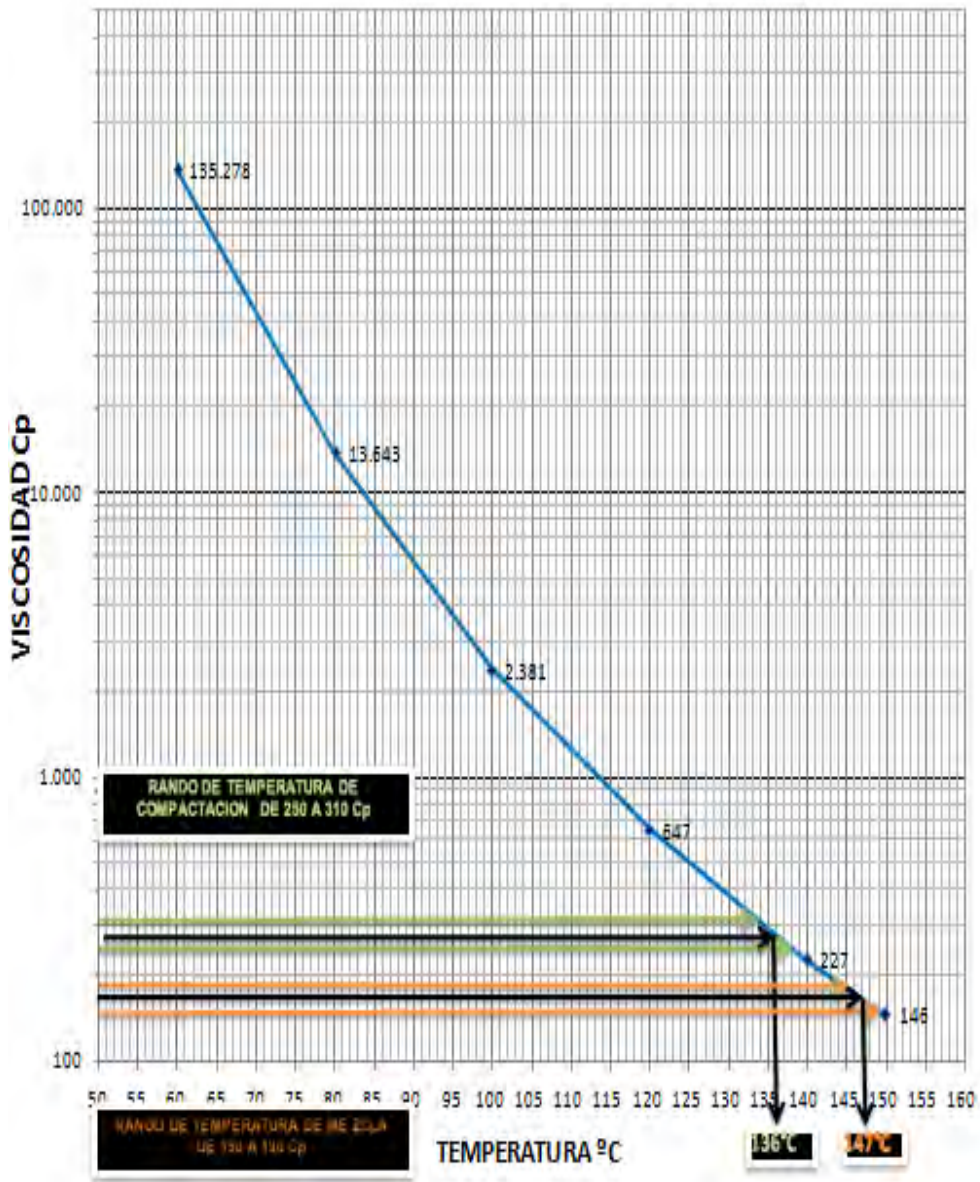
	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>				1.CODIGO	
	<b>SECCIÓN DE LABORATORIOS</b>				2.PAGINA	
	<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS</b>				3.VERSIÓN	
	<b>INV E - 222</b>				4.VIGENTE APARTIR DE:	
<b>OBRA</b> TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"						
<b>DESCRIPCIÓN:</b> AGREGADO FINO		MUESTRA No		1		
<b>PROPIETARIO:</b> ENRIQUEZ MONCAYO				<b>FUENTE</b>	AGRESUR LTDA	
<b>ENSAYO No</b>						
			1	2	3	<b>Promedio</b>
Temperatura de ensayo		°C	22	23	21	
Peso de la muestra sss		W <sub>sss</sub>	gr	250	250	250
Peso matraz + agua		W <sub>ma</sub>	gr	649,8	646,5	653,2
Peso matraz + agua + muestra		W <sub>mam</sub>	gr	811,3	807,9	814,8
Peso muestra seca		W <sub>s</sub>	gr	248,7	248,2	249,2
<b>Densidad Nominal</b> = $W_s / (W_s + W_{ma} - W_{mam})$		gr/cm <sup>3</sup>	2,852	2,859	2,845	2,8521
<b>Densidad Aparente</b> = $W_s / (W_{sss} + W_{ma} - W_{mam})$		gr/cm <sup>3</sup>	2,810	2,801	2,819	2,8102
<b>Densidad Aparente SSS</b> = $W_{sss} / (W_{sss} + W_{ma} - W_{mam})$		gr/cm <sup>3</sup>	2,825	2,822	2,828	2,8249
<b>Absorción</b> = $(W_{sss} - W_s / W_s) * 100$		%	0,523	0,725	0,321	0,5230
Peso muestra seca + recipiente		gr	392,8	391,8	393,9	
Peso recipiente		gr	144,1	143,6	144,7	
Peso muestra seca		gr	248,7	248,2	249,2	
Observaciones						
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>						
	<b>25.1. ELABORADO POR:</b>	<b>25.1. REVISADO POR:</b>	<b>25.2. APROBADO POR:</b>			
<b>CARGO:</b>	Técnico Laboratorio de Suelos	Técnico Laboratorio de Suelos	<b>Director de Dependencia</b>			
<b>NOMBRE:</b>						
<b>FIRMA:</b>						

**Anexo O. Determinación de la limpieza superficial de las partículas de agregado grueso**

	<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>			1.CODIGO
	<b>SECCIÓN DE LABORATORIOS</b>			2.PAGINA
	<b>DETERMINACION DE LA LIMPIEZA SUPERFICIAL DE LAS PARTICULAS DE AGREGADO GRUESO</b>			3.VERSIÓN
	<b>INV E - 237</b>			4.VIGENTE APARTIR DE:
<b>OBRA</b> TESIS DE GRADO "ESPECIALIZACION DE INGENIERIA DE CARRETERAS"				
<b>DESCRIPCIÓN:</b> AGREGADO GRUESO		<b>MUESTRA No</b>		1
<b>PROPIETARIO:</b> ENRIQUEZ MONCAYO		<b>FUENTE</b>		AGRESUR LTDA
<b>ENSAYO No</b>		1	2	3
Peso de la muestra para humedad inicial Mh	gr	2094		
Peso de la muestra para humedad final Ms	gr	2066,2		
Peso de la muestra para ensayo inicial Mhe	gr	1906		
Peso de la muestra para ensayo final M	gr	1793,5		
Humedad de la muestra $w = \frac{Mh - Ms}{Ms}$	gr/cm <sup>3</sup>	0,013		
Cantidad de Masa seca $Mse = \frac{Mhe}{(1 + w)}$	gr/cm <sup>3</sup>	1880,696		
<b>Impurezas</b> = Mse - M	gr/cm <sup>3</sup>	87,196		
<b>Coef. De impurezas</b> = $\frac{Mse - M}{Mse} * 100$	%	4,636		
<b>Observaciones</b> El material debe lavarse antes de implementarlo a la mezcla				
<b>8. DATOS DE ELABORACIÓN</b>				
<b>CARGO:</b>	<b>25.1. ELABORADO POR:</b> Técnico Laboratorio de Suelos	<b>25.1. REVISADO POR:</b> Técnico Laboratorio de Suelos	<b>25.2. APROBADO POR:</b> Director de Dependencia	
<b>NOMBRE:</b>				
<b>FIRMA:</b>				

**Anexo P. Curva de susceptibilidad térmica del cemento asfáltico procedente de la refinería de Barrancabermeja**

**CURVA DE SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO PROCEDENTE DE LA REFINERIA DE BARRANCABERMEJA**



### Anexo Q. Factor de corrección de la estabilidad

ESPESOR ( mm )	FACTOR	ESPESOR ( mm )	FACTOR	ESPESOR ( mm )	FACTOR
31,5	3.902	36,5	3.030	41,5	2.246
31,6	3.884	36,6	3.014	41,6	2.234
31,7	3.867	36,7	2.999	41,7	2.223
31,8	3.850	36,8	2.983	41,8	2.211
31,9	3.833	36,9	2.968	41,9	2.199
32,0	3.815	37,0	2.952	42,0	2.187
32,1	3.798	37,1	2.936	42,1	2.175
32,2	3.780	37,2	2.921	42,2	2.163
32,3	3.763	37,3	2.905	42,3	2.151
32,4	3.745	37,4	2.889	42,4	2.139
32,5	3.728	37,5	2.874	42,5	2.128
32,6	3.710	37,6	2.858	42,6	2.116
32,7	3.693	37,7	2.843	42,7	2.104
32,8	3.675	37,8	2.827	42,8	2.092
32,9	3.658	37,9	2.811	42,9	2.080
33,0	3.640	38,0	2.796	43,0	2.070
33,1	3.623	38,1	2.780	43,1	2.060
33,2	3.605	38,2	2.763	43,2	2.050
33,3	3.588	38,3	2.745	43,3	2.040
33,4	3.570	38,4	2.728	43,4	2.030
33,5	3.554	38,5	2.710	43,5	2.020
33,6	3.538	38,6	2.693	43,6	2.010
33,7	3.522	38,7	2.675	43,7	2.000
33,8	3.506	38,8	2.658	43,8	1.990
33,9	3.490	38,9	2.640	43,9	1.980
34,0	3.474	39,0	2.623	44,0	1.970
34,1	3.458	39,1	2.605	44,1	1.960
34,2	3.442	39,2	2.588	44,2	1.950
34,3	3.426	39,3	2.570	44,3	1.940
34,4	3.410	39,4	2.553	44,4	1.930
34,5	3.394	39,5	2.535	44,5	1.920
34,6	3.378	39,6	2.517	44,6	1.912
34,7	3.362	39,7	2.500	44,7	1.904
34,8	3.346	39,8	2.486	44,8	1.896
34,9	3.330	39,9	2.471	44,9	1.888
35,0	3.311	40,0	2.457	45,0	1.879
35,1	3.293	40,1	2.443	45,1	1.871
35,2	3.274	40,2	2.428	45,2	1.863
35,3	3.255	40,3	2.414	45,3	1.855
35,4	3.236	40,4	2.399	45,4	1.847
35,5	3.218	40,5	2.385	45,5	1.839
35,6	3.199	40,6	2.371	45,6	1.831
35,7	3.180	40,7	2.356	45,7	1.823
35,8	3.161	40,8	2.342	45,8	1.814
35,9	3.143	40,9	2.328	45,9	1.806
36,0	3.124	41,0	2.313	46,0	1.798
36,1	3.105	41,1	2.299	46,1	1.790
36,2	3.086	41,2	2.284	46,2	1.782
36,3	3.068	41,3	2.270	46,3	1.774
36,4	3.049	41,4	2.258	46,4	1.766

ESPESOR ( mm )	FACTOR	ESPESOR ( mm )	FACTOR	ESPESOR ( mm )	FACTOR
46,5	1.758	51,5	1.435	56,5	1.216
46,6	1.750	51,6	1.430	56,6	1.213
46,7	1.742	51,7	1.425	56,7	1.209
46,8	1.734	51,8	1.420	56,8	1.205
46,9	1.726	51,9	1.415	56,9	1.201
47,0	1.718	52,0	1.410	57,0	1.198
47,1	1.710	52,1	1.405	57,1	1.194
47,2	1.702	52,2	1.400	57,2	1.190
47,3	1.694	52,3	1.395	57,3	1.187
47,4	1.686	52,4	1.390	57,4	1.184
47,5	1.678	52,5	1.386	57,5	1.181
47,6	1.670	52,6	1.381	57,6	1.178
47,7	1.663	52,7	1.377	57,7	1.174
47,8	1.656	52,8	1.373	57,8	1.171
47,9	1.649	52,9	1.368	57,9	1.168
48,0	1.643	53,0	1.364	58,0	1.165
48,1	1.636	53,1	1.359	58,1	1.162
48,2	1.629	53,2	1.355	58,2	1.159
48,3	1.622	53,3	1.351	58,3	1.156
48,4	1.615	53,4	1.346	58,4	1.153
48,5	1.608	53,5	1.342	58,5	1.149
48,6	1.601	53,6	1.338	58,6	1.146
48,7	1.594	53,7	1.333	58,7	1.143
48,8	1.588	53,8	1.329	58,8	1.140
48,9	1.581	53,9	1.324	58,9	1.137
49,0	1.574	54,0	1.320	59,0	1.134
49,1	1.567	54,1	1.316	59,1	1.131
49,2	1.560	54,2	1.311	59,2	1.128
49,3	1.554	54,3	1.307	59,3	1.124
49,4	1.549	54,4	1.303	59,4	1.121
49,5	1.543	54,5	1.298	59,5	1.118
49,6	1.538	54,6	1.294	59,6	1.115
49,7	1.532	54,7	1.289	59,7	1.112
49,8	1.526	54,8	1.285	59,8	1.109
49,9	1.521	54,9	1.281	59,9	1.106
50,0	1.515	55,0	1.276	60,0	1.103
50,1	1.509	55,1	1.272	60,1	1.099
50,2	1.504	55,2	1.268	60,2	1.096
50,3	1.498	55,3	1.263	60,3	1.093
50,4	1.493	55,4	1.259	60,4	1.090
50,5	1.487	55,5	1.254	60,5	1.087
50,6	1.481	55,6	1.250	60,6	1.084
50,7	1.476	55,7	1.246	60,7	1.081
50,8	1.470	55,8	1.243	60,8	1.078
50,9	1.465	55,9	1.239	60,9	1.074
51,0	1.460	56,0	1.235	61,0	1.071
51,1	1.455	56,1	1.231	61,1	1.068
51,2	1.450	56,2	1.228	61,2	1.065
51,3	1.445	56,3	1.224	61,3	1.062
51,4	1.440	56,4	1.220	61,4	1.059

ESPESOR ( mm )	FACTOR	ESPESOR ( mm )	FACTOR	ESPESOR ( mm )	FACTOR
61,5	1,056	66,4	0,936	71,3	0,834
61,6	1,053	66,5	0,934	71,4	0,832
61,7	1,049	66,6	0,932	71,5	0,830
61,8	1,046	66,7	0,930	71,6	0,829
61,9	1,043	66,8	0,928	71,7	0,828
62,0	1,040	66,9	0,925	71,8	0,826
62,1	1,037	67,0	0,923	71,9	0,825
62,2	1,035	67,1	0,920	72,0	0,824
62,3	1,032	67,2	0,918	72,1	0,823
62,4	1,029	67,3	0,915	72,2	0,821
62,5	1,027	67,4	0,913	72,3	0,820
62,6	1,024	67,5	0,910	72,4	0,819
62,7	1,021	67,6	0,908	72,5	0,818
62,8	1,019	67,7	0,905	72,6	0,816
62,9	1,016	67,8	0,903	72,7	0,815
63,0	1,013	67,9	0,900	72,8	0,814
63,1	1,011	68,0	0,898	72,9	0,813
63,2	1,008	68,1	0,895	73,0	0,811
63,3	1,005	68,2	0,893	73,1	0,810
63,4	1,003	68,3	0,890	73,2	0,808
63,5	1,000	68,4	0,888	73,3	0,806
63,6	0,998	68,5	0,886	73,4	0,804
63,7	0,995	68,6	0,884	73,5	0,802
63,8	0,993	68,7	0,883	73,6	0,800
63,9	0,990	68,8	0,881	73,7	0,798
64,0	0,988	68,9	0,879	73,8	0,796
64,1	0,985	69,0	0,877	73,9	0,794
64,2	0,983	69,1	0,875	74,0	0,792
64,3	0,980	69,2	0,873	74,1	0,790
64,4	0,978	69,3	0,871	74,2	0,788
64,5	0,975	69,4	0,869	74,3	0,786
64,6	0,973	69,5	0,868	74,4	0,784
64,7	0,970	69,6	0,866	74,5	0,782
64,8	0,968	69,7	0,864	74,6	0,780
64,9	0,965	69,8	0,862	74,7	0,779
65,0	0,963	69,9	0,860	74,8	0,778
65,1	0,960	70,0	0,858	74,9	0,776
65,2	0,958	70,1	0,856	75,0	0,775
65,3	0,956	70,2	0,854	75,1	0,774
65,4	0,954	70,3	0,853	75,2	0,773
65,5	0,953	70,4	0,851	75,3	0,771
65,6	0,951	70,5	0,849	75,4	0,770
65,7	0,949	70,6	0,847	75,5	0,769
65,8	0,947	70,7	0,845	75,6	0,768
65,9	0,945	70,8	0,843	75,7	0,766
66,0	0,943	70,9	0,841	75,8	0,765
66,1	0,941	71,0	0,839	75,9	0,764
66,2	0,939	71,1	0,838	76,0	0,763
66,3	0,938	71,2	0,836	76,1	0,761

## Anexo R. Factura de compra de los equipos



DIRIMPEX LTDA.

BOGOTA, D.C. Carrera 38A No. 25 -66  
 PBX:(57-1) 268 8496 - 268 6834  
 268 2815 Fax: (57 - 1 ) 268 2254  
 www.dirimpex .com  
 BOGOTA, D.C. - COLOMBIA

MEDELLIN:  
 Cra. 79A No. 45D - 91 PBX: (57-4) 250 9928  
 Tel.: 411 8121 - 411 0950

SEÑOR(S)

Javier Enriquez Bravo  
 Nit. 98.379.545  
 Carrera 32A No. 1 Oeste - 84 Barrio Primavera  
 092 7297747 / 315 3383064  
 Pasto

FACTURA DE VENTA Nº 17847  
 Bogotá D.C. Julio 07 de 2011

Fecha: \_\_\_\_\_

Contado

Condiciones de pago: \_\_\_\_\_

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNITARIO	TOTAL
AP-168	Dispositivo para extraer las briquetas del molde Marshall.	1	38.500	38.500
AP-167C	Sujetador para el molde Marshall. montado sobre base metálica de 30 cm x 30 cm x 25.4 mm con pedestal de madera con angulos para fijarlo al piso. soporte-guia para el martillo y martillo compactador Marshall.	1	1.021.000	1.021.000
AP-166	Molde metálico para compactar las briquetas de asfalto para el ensayo Marshall. de 4" ( 101.6 mm ) de diámetro con collar y base.	1	107.500	107.500
82-T1007	Anillo de carga "Controls" de 30 kN de capacidad, con comparador de carátula y carta de calibración.	1	1.883.800	1.883.800
H-1344M	Medidor de flujo para ensayo Marshall, con comparador de carátula de 2-1/4", con rango de 25 mm x 0.25 mm, en el sentido de las agujas del reloj, con freno para detección de la lectura máxima y soporte para montaje.	1	644.300	644.300
Codigo vendedor 11 Javier Erazo				
Remisión No: 15177				

Favor realizar consignación y/o transferencia en nuestras siguientes cuentas corrientes:  
**BANCOLOMBIA No. 20217500655 - CITIBANK No. 651895022**

Nit. 860.516.281-9 - Impoventas Régimen Común - Reg 03 - 1643 - 12  
 Actividad Económica I.C.A. - Comercial 5269; Servicios 5170

Facturación del No. 12.373 al 20.000 - Resolución DIAN No. 320000582047 de Julio 7 de 2009  
**SIRVASE PAGAR ESTA FACTURA CON CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE DIRIMPEX LTDA.**

Esta factura de venta se asimila en todos sus efectos a la letra de cambio y presta mérito ejecutivo de conformidad con los artículos 774 y subsiguientes del Código de Comercio. IGUALMENTE LA FIRMA DE ESTA FACTURA EQUIVALE A LA CONSTANCIA DE ENTREGA REAL Y MATERIAL DE LOS PRODUCTOS RELACIONADOS EN LA MISMA

Aceptada

\_\_\_\_\_  
 Firma y Sello

<b>SUB TOTAL \$</b>	3.695.100
<b>IMPOVENTAS 16% \$</b>	591.216
<b>TOTAL \$</b>	4.286.316

**DIRIMPEX LTDA.**  
 www.dirimpex.com

*Javier Enriquez Bravo*  
 Firma Autorizada

IMPRESO POR SERVICIOS GRAFICOS ARTES Y GRAFIC S. EN. 41.718.101-8 NIT. 139945





# DIRIMPEX LTDA. NIT: 860.516.281-9

Principal: Carrera 38A N° 25 - 66 PBX(1) 268 84 96 - Fax: (1) 268 22 54 - Bogotá D.C. - Colombia

Regional Medellín: Carrera 79A N° 45D - 91 - Teléfonos: 250 99 28 - 411 81 21 - 411 09 50

Servicio Técnico: Carrera 32 N° 15 - 87 - Teléfonos: 247 15 64 - 201 47 48 - Bogotá D.C.

REGIMEN COMUN - NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES - ACTIVIDAD ICA COMERCIAL 5246 ACTIVIDAD ICA SERVICIOS 5170

<b>CLIENTE:</b> JAVIER ENRIQUEZ BRAVO <b>NIT:</b> 98379545 <b>DIRECCION:</b> CARRERA 32A # 1 OESTE - 84 BARRIO PRIMAVERA <b>TELEFONO:</b> 0927297747 <b>CIUDAD:</b> PASTO	<b>FACTURA DE VENTA N°F1-55</b>	
	<b>FECHA FACTURA</b>	<b>FECHA VENCIMIENTO</b>
	2011/08/17	2011/08/17
	<b>CONDICIONES DE PAGO</b>	<b>ORDEN N°</b>
	CONTADO	

FACTURA POR COMPUTADOR - RESOLUCION DIAN 320000796926 DEL 17-JUN-2011. RANGO AUTORIZADO DEL F1-0 AL 2000

CODIGO	DESCRIPCION	CAN.	VLR. UNIT.	TOTAL
020516100879	Termómetro bi-metálico de carátula de 1-3/4" y bulbo de 8" de longitud con punta para penetración, graduado de 0 a 250 x 2 grados centígrados.	1	89,200.00	89,200.00
GT-100R-8	Termómetro bi-metálico de carátula de 1-3/4" y bulbo de 8" de longitud con punta para penetración, graduado de 100 a 400 x 5 grados centígrados.	1	89,200.00	89,200.00
AP-166	Molde metálico para compactar las briquetas de asfalto para el ensayo Marshall. de 4" ( 101.6 mm ) de diámetro con collar y base.	1	95,000.00	95,000.00
SM-1010	Pistón para penetración CBR de 2" ( 50.8 mm) diámetro por 4" ( 101.6 mm) de altura, con rosca según pedido, para conectarlo al anillo o la celda de carga.	1	45,000.00	45,000.00

SON: TRESCIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y CUATRO PESOS CON 00/100	<b>SUBTOTAL</b>	<b>318,400.00</b>
	<b>IVA</b>	<b>50,944.00</b>
Remisiones: .110.	<b>RETE FUENTE</b>	<b>0.00</b>
	<b>RETE IVA</b>	<b>0.00</b>
	<b>RETE ICA</b>	<b>0.00</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>369,344.00</b>

**FAVOR REALIZAR CONSIGNACION Y/O TRANSFERENCIA EN NUESTRAS SIGUIENTES CUENTAS CORRIENTES:**  
 BANCOLOMBIA N° 20217500655 - CITIBANK N° 651895022  
**SIRVASE PAGAR ESTA FACTURA CON CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE DIRIMPEX LTDA.**  
 ESTA FACTURA DE VENTA SE ASIMILA EN TODOS SUS EFECTOS A LA LETRA DE CAMBIO Y PRESTA MERITO EJECUTIVO DE CONFORMIDAD CON LOS ARTICULOS 774 Y SUBSIGUIENTES DEL CODIGO DE COMERCIO.  
 IGUALMENTE LA FIRMA DE ESTA FACTURA EQUIVALE A LAS CONSTANCIA DE ENTREGA REAL Y MATERIAL DE LOS PRODUCTOS RELACIONADOS EN LA MISMA.



**DIRIMPEX**

www.dirimpex.com

DIRIMPEX LTDA

ACEPTADA COMPRADOR

FECHA DE RECIBIDO

## Anexo S. Características del cemento asfáltico procedente de la refinería de Barrancabermeja empleado en el diseño de la mezcla



**GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA**  
**COORDINACION INSPECCION DE CALIDAD**  
**Reporte de resultados de ensayo de laboratorio**

11/06/2011 10:44:04 AM

Producto: ASFALTO 60/70  
 Número de muestra: 203.021.872  
 Fecha de Va.Bo: 09-05-2011 21:08:15  
 Almacenamiento: K0200

Va Bo: SI

ANALISIS	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	METODO
VISCOSIDAD A 60 C	cP	150000	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 80 C	cP	150000	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 90 C	cP	15000	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 100 C	cP	2784	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 135 C	cP	302.5	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 150 C	cP	150.5	REPORTAR	
DUCTILIDAD	cm	140	100 MINIMO	ASTM D 113 D
GRAVEDAD API	Grados API	7.2	REPORTAR	ASTM D 4062
GRAVEDAD API	Grados API	7.2	REPORTAR	ASTM D 4062
DENSIDAD A 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	1018.8	REPORTAR	
PENETRACION A 25 C (77 F)	mm/10	70	60 MINIMO -70 MAXIM	ASTM D 5
PENETRACION A 30 C (77 F)	mm/10	70	60 MINIMO -70 MAXIM	ASTM D 5
INDICE DE PENETRACION	NA	-1	REPORTAR	
PERDIDA DE MASA (RTFOT)	g/100g	0.33	1 MAXIMO	ASTM D 2672
PUNTO ABLANDAMIENTO	°C	47.6	45 MINIMO -55 MAXIM	ASTM D 36
PUNTO DE INFLAMACION	°C	302	232 MINIMO	ASTM D 92
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	%	96.9	99 MINIMO	ASTM D 2042
VaBo	NA	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
VaBo	NA	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
COMENTARIO	NA	NINGUNO	REPORTAR	

VaBo Nombre:

Claudia Patricia Martínez Hernández

NOTA: Si letra alguna duda en cuanto al producto favor comunicarse con la Gerencia de Comercialización:  
 \* COORDINACIÓN DE COMERCIALIZACION BARRANCABERMEJA, P.O. BOX 366000000 FAX (057)322 5071 Refinería ECOPETROL.  
 \* COORDINACIÓN DE PETROQUIMICOS E INDUSTRIALES BOGOTÁ (057)234 5001/5002/5003/5004/5005 FAX (057)231 5006/5038 Calle 37 No. 7-43 Piso 8  
 \* COORDINACIÓN DE COMESTIBLES BOGOTÁ (057)234 5001/5002/5003/5004 FAX (057)231 5005/5038 Calle 37 N.E. 7-43 Piso 8  
 Para solicitar un reclamo se requiere comunicación escrita informando producto, No. de Factura y Opción del Reclamo, adjuntando muestra del producto si aplica un galón, Solución 2 (Baja). Para el Peticionario adicionar el número de lote.

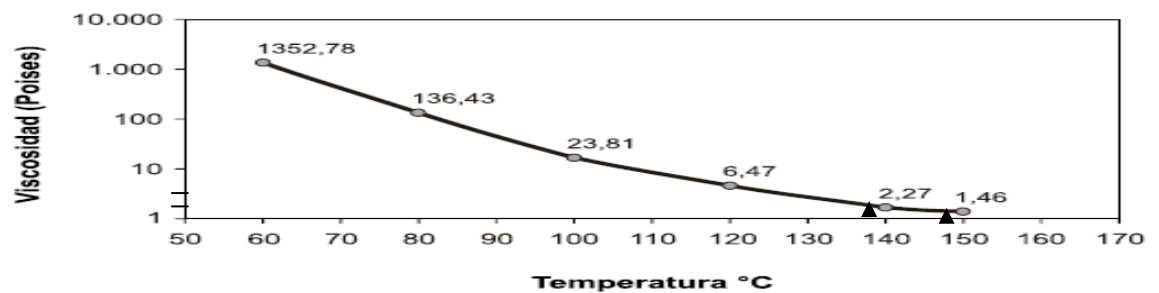
Las marcas ASTM D 119, ASTM D 1262, UNE EN 14111, ASTM D 2716, ASTM D 2555, ASTM D 1773, ASTM D 6971, EN 14076, ASTM D 3686, BS EN 14107, NF EN 14636, UNE EN 14703, ASTM D 3336, ASTM D3078, ASTM D327, ASTM D674, ASTM D2709, BS EN 12662, ASTM E 393, ISO 3891, ASTM D5965, ASTM D2270, STANDARD METHODOS 4930 D - C, STANDARD METHODOS 4930 D - I, ASTM D 5134, STANDARD METHODOS 4930 H65, STANDARD METHODOS 4930 C02, STANDARD METHODOS 5026 C, STANDARD METHODOS 5026 C, STANDARD METHODOS 5030 R, STANDARD METHODOS 8209 F, ASTM D 1111, ASTM D 1067, ASTM D 1126, ASTM D 1293, ASTM D 1476, BS 2545 S, BS 2546 C, BS 2546 D, ASTM D-3076, ASTM D 1180, ASTM D 1763, ASTM D 5, ASTM D 36, ASTM D 4402, ASTM D 3940, ASTM D 5875, ASTM D 113, ASTM D 8046, ASTM D 4176, ASTM D664, ASTM D 1477, ASTM D488, ASTM D 1036, ASTM D 92, ASTM D 1262, ASTM D 1462, ASTM D 946, ASTM D 1462, ASTM D 946, ASTM D 1768, ASTM D 4377, ASTM D 4887, ASTM D 7169, ASTM D 3284 A y B, ASTM D 1078, ASTM D 3887, ASTM D 366, ASTM D 613, ASTM D 6468, ASTM D 4737, ASTM D 6217, ASTM D 6962, ASTM D1768, ASTM D1135, UNE EN 14112, ASTM D2709, ASTM D2166, ASTM D1066, ASTM D-3276, ASTM D6658, ASTM D2402, ASTM D 968, ASTM D 673, ASTM D 2362, ASTM D 1262, ASTM D 968, UCP 382, ASTM D 9191, ASTM D 2166, ASTM D 2709, ASTM D 2689, ASTM D 1036, ASTM D 3082, ASTM D 4887, ASTM D 1262, ASTM D 968, ASTM D 6658, ASTM D 387, ASTM D 1036, ASTM D 4828, UCP 382, ASTM D 1216, ASTM D 968, ASTM D 66, ASTM D 464, ASTM D 4062, ASTM D 5885, ASTM D 67, ASTM D 449 procedimiento A y B, ASTM D 2276, ASTM D 464, ASTM D 96, ASTM D 3027, ASTM D 4294, ASTM D 3622, ASTM D 1768 Procedimiento A y B, ASTM D 5875, ASTM D 1046, ASTM D 2709, ASTM D 1467, ASTM D 67, ASTM D 721, ASTM D268, CIO-CD-138 de BOP, ASTM D 3391, CONY CP 32 Identificado EOP, ASTM D878, ASTM D2713, ASTM D 1262, ASTM D 789, ASTM D 6295, ASTM D 1627, ASTM D 6499, ASTM D 1262, ASTM D 136, ASTM D 1319, ASTM D 3168, ASTM D 2366, ASTM D 3042, ASTM D 3664, ASTM D 414, ASTM D 1041, ASTM D 1032, ASTM D 968, ASTM D 3289, ASTM D 698, ASTM D 66, ASTM D 1371, se encuentran disponibles bajo la norma ISO 17025 VERIFICAR 2008, según certificado de acreditación del 23 de Junio de 2010, emitido por el ORGANISMO NACIONAL DE Acreditación de COLOMBIA - ONAC.



Producto : Asfalto 60/70				
<b>Grado</b>	Asfalto Líquido			
<b>Referencia</b>	ASTM D 1437			
<b>Actualización</b>	Marzo 1, 2005			
Características	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
Ductibilidad a 25 °C, 5 cm/min	cm	D 113	100	
Penetración a 25 °C, 100 g 5 s	mm/10	D 5	60	70
Punto de ablandamiento	°C	D 36	45	55
Punto de inflamación	°C	D 92	232	
Solubilidad en Tricloroetileno	g/100g	D 2042	99	
Pérdida de masa	g/100	D 2872		1,0

### CEMENTO ASFALTICO 60-70

**Curva de Temperatura (°C) vs Viscosidad (Paises)**



	MIN	MAX
Temperatura de Mezclado, °C	145	149
Temperatura de Compactación, °C	135	139

# Anexo T. Carta de calibración del fabricante del anillo de carga "controls" de 30 kn de capacidad



## TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING

CARICO / LOAD	DEFFLESSIONE / INDEX DEL RING	TEMPERATURA / TEMPERATURE	SERIAL	CAT N.	TI1007	06020921	DATA / DATE	20.02.06	PAG. /	1			
LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING			
1	0,0124	36	0,4477	71	0,8930	106	1,3184	141	1,7537	176	2,1890	211	2,6243
2	0,0248	37	0,4601	72	0,8955	107	1,3308	142	1,7661	177	2,2014	212	2,6368
3	0,0373	38	0,4726	73	0,9079	108	1,3432	143	1,7786	178	2,2139	213	2,6492
4	0,0497	39	0,4850	74	0,9203	109	1,3557	144	1,7910	179	2,2263	214	2,6616
5	0,0621	40	0,4975	75	0,9328	110	1,3681	145	1,8034	180	2,2388	215	2,6741
6	0,0746	41	0,5099	76	0,9452	111	1,3805	146	1,8159	181	2,2512	216	2,6865
7	0,0870	42	0,5223	77	0,9577	112	1,3930	147	1,8283	182	2,2636	217	2,6990
8	0,0995	43	0,5348	78	0,9701	113	1,4054	148	1,8407	183	2,2761	218	2,7114
9	0,1119	44	0,5472	79	0,9825	114	1,4179	149	1,8532	184	2,2885	219	2,7238
10	0,1243	45	0,5597	80	0,9950	115	1,4303	150	1,8656	185	2,3009	220	2,7363
11	0,1368	46	0,5721	81	1,0074	116	1,4427	151	1,8781	186	2,3134	221	2,7487
12	0,1492	47	0,5845	82	1,0199	117	1,4552	152	1,8905	187	2,3258	222	2,7611
13	0,1616	48	0,5970	83	1,0323	118	1,4676	153	1,9029	188	2,3383	223	2,7736
14	0,1741	49	0,6094	84	1,0447	119	1,4800	154	1,9154	189	2,3507	224	2,7860
15	0,1865	50	0,6218	85	1,0572	120	1,4925	155	1,9278	190	2,3631	225	2,7985
16	0,1990	51	0,6343	86	1,0696	121	1,5049	156	1,9402	191	2,3756	226	2,8109
17	0,2114	52	0,6467	87	1,0820	122	1,5174	157	1,9527	192	2,3880	227	2,8233
18	0,2238	53	0,6592	88	1,0945	123	1,5298	158	1,9651	193	2,4004	228	2,8358
19	0,2363	54	0,6716	89	1,1069	124	1,5422	159	1,9776	194	2,4129	229	2,8482
20	0,2487	55	0,6840	90	1,1194	125	1,5547	160	1,9900	195	2,4253	230	2,8606
21	0,2611	56	0,6965	91	1,1318	126	1,5671	161	2,0024	196	2,4378	231	2,8731
22	0,2736	57	0,7089	92	1,1442	127	1,5796	162	2,0149	197	2,4502	232	2,8855
23	0,2860	58	0,7213	93	1,1567	128	1,5920	163	2,0273	198	2,4626	233	2,8980
24	0,2985	59	0,7338	94	1,1691	129	1,6044	164	2,0398	199	2,4751	234	2,9104
25	0,3109	60	0,7462	95	1,1815	130	1,6169	165	2,0522	200	2,4875	235	2,9228
26	0,3233	61	0,7587	96	1,1940	131	1,6293	166	2,0646	201	2,5000	236	2,9353
27	0,3358	62	0,7711	97	1,2064	132	1,6417	167	2,0771	202	2,5124	237	2,9477
28	0,3482	63	0,7835	98	1,2189	133	1,6542	168	2,0895	203	2,5248	238	2,9601
29	0,3606	64	0,7960	99	1,2313	134	1,6666	169	2,1019	204	2,5373	239	2,9726
30	0,3731	65	0,8084	100	1,2437	135	1,6791	170	2,1144	205	2,5497	240	2,9850
31	0,3855	66	0,8208	101	1,2562	136	1,6915	171	2,1268	206	2,5621	241	2,9975
32	0,3980	67	0,8333	102	1,2686	137	1,7039	172	2,1393	207	2,5746	242	3,0099
33	0,4104	68	0,8457	103	1,2810	138	1,7164	173	2,1517	208	2,5870	243	3,0223
34	0,4228	69	0,8582	104	1,2935	139	1,7288	174	2,1641	209	2,5995	244	3,0348
35	0,4353	70	0,8706	105	1,3059	140	1,7412	175	2,1766	210	2,6119	245	3,0472



MILANO - ITALY

**TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO**  
**CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING**

CAT. N. **T1007** SERIAL **06020921**

CARICO / SEVERAL **30 kN** DEFLESSIONE / MAX. DEFL. PER COLUMN **2471** TEMPERATURA / TEMPERATURE **20** DATA / DATE **20.02.06** PAG. **2**

LETT. COMP. / DIAL READINGS	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READINGS	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READINGS	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READINGS	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READINGS	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READINGS	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READINGS	CARICO / LOAD
246	3,0597	281	3,4950	316	3,9303	351	4,3656	386	4,8009	421	5,2328	456	5,6617
247	3,0721	282	3,5074	317	3,9427	352	4,3781	387	4,8134	422	5,2450	457	5,6740
248	3,0845	283	3,5199	318	3,9552	353	4,3905	388	4,8258	423	5,2573	458	5,6862
249	3,0970	284	3,5323	319	3,9676	354	4,4029	389	4,8383	424	5,2696	459	5,6985
250	3,1094	285	3,5447	320	3,9800	355	4,4154	390	4,8507	425	5,2818	460	5,7107
251	3,1218	286	3,5572	321	3,9925	356	4,4278	391	4,8631	426	5,2941	461	5,7230
252	3,1343	287	3,5696	322	4,0049	357	4,4402	392	4,8756	427	5,3063	462	5,7352
253	3,1467	288	3,5820	323	4,0174	358	4,4527	393	4,8880	428	5,3186	463	5,7475
254	3,1592	289	3,5945	324	4,0298	359	4,4651	394	4,9004	429	5,3308	464	5,7598
255	3,1716	290	3,6069	325	4,0422	360	4,4776	395	4,9129	430	5,3431	465	5,7720
256	3,1840	291	3,6194	326	4,0547	361	4,4900	396	4,9253	431	5,3553	466	5,7843
257	3,1965	292	3,6318	327	4,0671	362	4,5024	397	4,9378	432	5,3676	467	5,7965
258	3,2089	293	3,6442	328	4,0796	363	4,5149	398	4,9502	433	5,3799	468	5,8088
259	3,2213	294	3,6567	329	4,0920	364	4,5273	399	4,9626	434	5,3921	469	5,8210
260	3,2338	295	3,6691	330	4,1044	365	4,5398	400	4,9751	435	5,4044	470	5,8333
261	3,2462	296	3,6815	331	4,1169	366	4,5522	401	4,9875	436	5,4166	471	5,8455
262	3,2587	297	3,6940	332	4,1293	367	4,5646	402	5,0000	437	5,4289	472	5,8578
263	3,2711	298	3,7064	333	4,1417	368	4,5771	403	5,0122	438	5,4411	473	5,8700
264	3,2835	299	3,7189	334	4,1542	369	4,5895	404	5,0245	439	5,4534	474	5,8823
265	3,2960	300	3,7313	335	4,1666	370	4,6019	405	5,0367	440	5,4656	475	5,8946
266	3,3084	301	3,7437	336	4,1791	371	4,6144	406	5,0490	441	5,4779	476	5,9068
267	3,3208	302	3,7562	337	4,1915	372	4,6268	407	5,0612	442	5,4901	477	5,9191
268	3,3333	303	3,7686	338	4,2039	373	4,6393	408	5,0735	443	5,5024	478	5,9313
269	3,3457	304	3,7810	339	4,2164	374	4,6517	409	5,0857	444	5,5147	479	5,9436
270	3,3582	305	3,7935	340	4,2288	375	4,6641	410	5,0980	445	5,5269	480	5,9558
271	3,3706	306	3,8059	341	4,2412	376	4,6766	411	5,1102	446	5,5392	481	5,9681
272	3,3830	307	3,8184	342	4,2537	377	4,6890	412	5,1225	447	5,5514	482	5,9803
273	3,3955	308	3,8308	343	4,2661	378	4,7014	413	5,1348	448	5,5637	483	5,9926
274	3,4079	309	3,8432	344	4,2786	379	4,7139	414	5,1470	449	5,5759	484	6,0049
275	3,4203	310	3,8557	345	4,2910	380	4,7263	415	5,1593	450	5,5882	485	6,0171
276	3,4328	311	3,8681	346	4,3034	381	4,7388	416	5,1715	451	5,6004	486	6,0294
277	3,4452	312	3,8805	347	4,3159	382	4,7512	417	5,1838	452	5,6127	487	6,0416
278	3,4577	313	3,8930	348	4,3283	383	4,7636	418	5,1960	453	5,6250	488	6,0539
279	3,4701	314	3,9054	349	4,3407	384	4,7761	419	5,2083	454	5,6372	489	6,0661
280	3,4825	315	3,9179	350	4,3532	385	4,7885	420	5,2205	455	5,6495	490	6,0784



TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO  
CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING

CAT. N. T1007 SERIAL 06020921

CARICO / ANALOGICO 30 KN DEFLESSIONE / MAX PER PERIODO 2471 TEMPERATURA / TEMPERATURE 20 DATA / DATE 20.02.06 PAG. 3

LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD
491	6,0906	526	6,5196	561	6,9485	596	7,3774	631	7,8063	666	8,2352	701	8,6642				
492	6,1029	527	6,5318	562	6,9607	597	7,3897	632	7,8186	667	8,2475	702	8,6764				
493	6,1151	528	6,5441	563	6,9730	598	7,4019	633	7,8308	668	8,2598	703	8,6887				
494	6,1274	529	6,5563	564	6,9852	599	7,4142	634	7,8431	669	8,2720	704	8,7009				
495	6,1397	530	6,5686	565	6,9975	600	7,4264	635	7,8553	670	8,2843	705	8,7132				
496	6,1519	531	6,5808	566	7,0098	601	7,4387	636	7,8676	671	8,2965	706	8,7254				
497	6,1642	532	6,5931	567	7,0220	602	7,4509	637	7,8799	672	8,3088	707	8,7377				
498	6,1764	533	6,6053	568	7,0343	603	7,4632	638	7,8921	673	8,3210	708	8,7500				
499	6,1887	534	6,6176	569	7,0465	604	7,4754	639	7,9044	674	8,3333	709	8,7622				
500	6,2009	535	6,6299	570	7,0588	605	7,4877	640	7,9166	675	8,3455	710	8,7745				
501	6,2132	536	6,6421	571	7,0710	606	7,5000	641	7,9289	676	8,3578	711	8,7867				
502	6,2254	537	6,6544	572	7,0833	607	7,5122	642	7,9411	677	8,3700	712	8,7990				
503	6,2377	538	6,6666	573	7,0955	608	7,5245	643	7,9534	678	8,3823	713	8,8112				
504	6,2500	539	6,6789	574	7,1078	609	7,5367	644	7,9656	679	8,3946	714	8,8235				
505	6,2622	540	6,6911	575	7,1200	610	7,5490	645	7,9779	680	8,4068	715	8,8357				
506	6,2745	541	6,7034	576	7,1323	611	7,5612	646	7,9901	681	8,4191	716	8,8480				
507	6,2867	542	6,7156	577	7,1446	612	7,5735	647	8,0024	682	8,4313	717	8,8602				
508	6,2990	543	6,7279	578	7,1568	613	7,5857	648	8,0147	683	8,4436	718	8,8725				
509	6,3112	544	6,7401	579	7,1691	614	7,5980	649	8,0269	684	8,4558	719	8,8848				
510	6,3235	545	6,7524	580	7,1813	615	7,6102	650	8,0392	685	8,4681	720	8,8970				
511	6,3357	546	6,7647	581	7,1936	616	7,6225	651	8,0514	686	8,4803	721	8,9093				
512	6,3480	547	6,7769	582	7,2058	617	7,6348	652	8,0637	687	8,4926	722	8,9215				
513	6,3602	548	6,7892	583	7,2181	618	7,6470	653	8,0759	688	8,5049	723	8,9338				
514	6,3725	549	6,8014	584	7,2303	619	7,6593	654	8,0882	689	8,5171	724	8,9460				
515	6,3848	550	6,8137	585	7,2426	620	7,6715	655	8,1004	690	8,5294	725	8,9583				
516	6,3970	551	6,8259	586	7,2549	621	7,6838	656	8,1127	691	8,5416	726	8,9705				
517	6,4093	552	6,8382	587	7,2671	622	7,6960	657	8,1250	692	8,5539	727	8,9828				
518	6,4215	553	6,8504	588	7,2794	623	7,7083	658	8,1372	693	8,5661	728	8,9950				
519	6,4338	554	6,8627	589	7,2916	624	7,7205	659	8,1495	694	8,5784	729	9,0073				
520	6,4460	555	6,8750	590	7,3039	625	7,7328	660	8,1617	695	8,5906	730	9,0196				
521	6,4583	556	6,8872	591	7,3161	626	7,7450	661	8,1740	696	8,6029	731	9,0318				
522	6,4705	557	6,8995	592	7,3284	627	7,7573	662	8,1862	697	8,6151	732	9,0441				
523	6,4828	558	6,9117	593	7,3406	628	7,7696	663	8,1985	698	8,6274	733	9,0563				
524	6,4950	559	6,9240	594	7,3529	629	7,7818	664	8,2107	699	8,6397	734	9,0686				
525	6,5073	560	6,9362	595	7,3651	630	7,7941	665	8,2230	700	8,6519	735	9,0808				



**TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO**  
**CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING**

CAT. N. **T1007** SERIAL **06020921**

CARICO / LOAD **30 KN** DEFLESSIONE / MAXIMUM DEVIATION **2471** TEMPERATURA / TEMPERATURE **20** DATA / DATE **20.02.06** PAG. **4**

LETT. COMP. FINAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. FINAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. FINAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. FINAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. FINAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. FINAL READING	CARICO / LOAD		
736	9,0931	771	9,5220	806	9,9509	841	10,3799	876	10,8088	911	11,2377	946	11,6666
737	9,1053	772	9,5343	807	9,9632	842	10,3921	877	10,8210	912	11,2500	947	11,6789
738	9,1176	773	9,5465	808	9,9754	843	10,4044	878	10,8333	913	11,2622	948	11,6911
739	9,1299	774	9,5588	809	9,9877	844	10,4166	879	10,8455	914	11,2745	949	11,7034
740	9,1421	775	9,5710	810	10,0000	845	10,4289	880	10,8578	915	11,2867	950	11,7156
741	9,1544	776	9,5833	811	10,0122	846	10,4411	881	10,8700	916	11,2990	951	11,7279
742	9,1666	777	9,5955	812	10,0245	847	10,4534	882	10,8823	917	11,3112	952	11,7401
743	9,1789	778	9,6078	813	10,0367	848	10,4656	883	10,8946	918	11,3235	953	11,7524
744	9,1911	779	9,6200	814	10,0490	849	10,4779	884	10,9068	919	11,3357	954	11,7647
745	9,2034	780	9,6323	815	10,0612	850	10,4901	885	10,9191	920	11,3480	955	11,7769
746	9,2156	781	9,6446	816	10,0735	851	10,5024	886	10,9313	921	11,3602	956	11,7892
747	9,2279	782	9,6568	817	10,0857	852	10,5147	887	10,9436	922	11,3725	957	11,8014
748	9,2401	783	9,6691	818	10,0980	853	10,5269	888	10,9558	923	11,3848	958	11,8137
749	9,2524	784	9,6813	819	10,1102	854	10,5392	889	10,9681	924	11,3970	959	11,8259
750	9,2647	785	9,6936	820	10,1225	855	10,5514	890	10,9803	925	11,4093	960	11,8382
751	9,2769	786	9,7058	821	10,1348	856	10,5637	891	10,9926	926	11,4215	961	11,8504
752	9,2892	787	9,7181	822	10,1470	857	10,5759	892	11,0049	927	11,4338	962	11,8627
753	9,3014	788	9,7303	823	10,1593	858	10,5882	893	11,0171	928	11,4460	963	11,8750
754	9,3137	789	9,7426	824	10,1715	859	10,6004	894	11,0294	929	11,4583	964	11,8872
755	9,3259	790	9,7549	825	10,1838	860	10,6127	895	11,0416	930	11,4705	965	11,8995
756	9,3382	791	9,7671	826	10,1960	861	10,6250	896	11,0539	931	11,4828	966	11,9117
757	9,3504	792	9,7794	827	10,2083	862	10,6372	897	11,0661	932	11,4950	967	11,9240
758	9,3627	793	9,7916	828	10,2205	863	10,6495	898	11,0784	933	11,5073	968	11,9362
759	9,3750	794	9,8039	829	10,2328	864	10,6617	899	11,0906	934	11,5196	969	11,9485
760	9,3872	795	9,8161	830	10,2450	865	10,6740	900	11,1029	935	11,5318	970	11,9607
761	9,3995	796	9,8284	831	10,2573	866	10,6862	901	11,1151	936	11,5441	971	11,9730
762	9,4117	797	9,8406	832	10,2696	867	10,6985	902	11,1274	937	11,5563	972	11,9852
763	9,4240	798	9,8529	833	10,2818	868	10,7107	903	11,1397	938	11,5686	973	11,9975
764	9,4362	799	9,8651	834	10,2941	869	10,7230	904	11,1519	939	11,5808	974	12,0098
765	9,4485	800	9,8774	835	10,3063	870	10,7352	905	11,1642	940	11,5931	975	12,0220
766	9,4607	801	9,8897	836	10,3186	871	10,7475	906	11,1764	941	11,6053	976	12,0343
767	9,4730	802	9,9019	837	10,3308	872	10,7598	907	11,1887	942	11,6176	977	12,0465
768	9,4852	803	9,9142	838	10,3431	873	10,7720	908	11,2009	943	11,6299	978	12,0588
769	9,4975	804	9,9264	839	10,3553	874	10,7843	909	11,2132	944	11,6421	979	12,0710
770	9,5098	805	9,9387	840	10,3676	875	10,7965	910	11,2254	945	11,6544	980	12,0833



**TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO**  
**CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING**

CAT. N. **T11007** SERIAL **06020921**

CARICO / **30 KN** DEFLESSIONE / **2471** TEMPERATURA / **20** DATA / **20.02.06** PAG. **5**

LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	DEFLESSIONE / DEFLECTION	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	TEMPERATURA / TEMPERATURE	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD
981	12,0955	1016	1051	12,9490	1086	1121	13,7985	1156	14,2233
982	12,1078	1017	1052	12,9611	1087	1122	13,8106	1157	14,2354
983	12,1200	1018	1053	12,9733	1088	1123	13,8228	1158	14,2475
984	12,1323	1019	1054	12,9854	1089	1124	13,8349	1159	14,2597
985	12,1446	1020	1055	12,9975	1090	1125	13,8470	1160	14,2718
986	12,1568	1021	1056	13,0097	1091	1126	13,8592	1161	14,2839
987	12,1691	1022	1057	13,0218	1092	1127	13,8713	1162	14,2961
988	12,1813	1023	1058	13,0339	1093	1128	13,8834	1163	14,3082
989	12,1936	1024	1059	13,0461	1094	1129	13,8956	1164	14,3203
990	12,2058	1025	1060	13,0582	1095	1130	13,9077	1165	14,3325
991	12,2181	1026	1061	13,0703	1096	1131	13,9199	1166	14,3446
992	12,2303	1027	1062	13,0825	1097	1132	13,9320	1167	14,3567
993	12,2426	1028	1063	13,0946	1098	1133	13,9441	1168	14,3689
994	12,2549	1029	1064	13,1067	1099	1134	13,9563	1169	14,3810
995	12,2671	1030	1065	13,1189	1100	1135	13,9684	1170	14,3932
996	12,2794	1031	1066	13,1310	1101	1136	13,9805	1171	14,4053
997	12,2916	1032	1067	13,1432	1102	1137	13,9927	1172	14,4174
998	12,3039	1033	1068	13,1553	1103	1138	14,0048	1173	14,4296
999	12,3161	1034	1069	13,1674	1104	1139	14,0169	1174	14,4417
1000	12,3284	1035	1070	13,1796	1105	1140	14,0291	1175	14,4538
1001	12,3406	1036	1071	13,1917	1106	1141	14,0412	1176	14,4660
1002	12,3529	1037	1072	13,2038	1107	1142	14,0533	1177	14,4781
1003	12,3651	1038	1073	13,2160	1108	1143	14,0655	1178	14,4902
1004	12,3774	1039	1074	13,2281	1109	1144	14,0776	1179	14,5024
1005	12,3897	1040	1075	13,2402	1110	1145	14,0898	1180	14,5145
1006	12,4019	1041	1076	13,2524	1111	1146	14,1019	1181	14,5266
1007	12,4142	1042	1077	13,2645	1112	1147	14,1140	1182	14,5388
1008	12,4264	1043	1078	13,2766	1113	1148	14,1262	1183	14,5509
1009	12,4387	1044	1079	13,2888	1114	1149	14,1383	1184	14,5631
1010	12,4509	1045	1080	13,3009	1115	1150	14,1504	1185	14,5752
1011	12,4632	1046	1081	13,3131	1116	1151	14,1626	1186	14,5873
1012	12,4754	1047	1082	13,3252	1117	1152	14,1747	1187	14,5995
1013	12,4877	1048	1083	13,3373	1118	1153	14,1868	1188	14,6116
1014	12,5000	1049	1084	13,3495	1119	1154	14,1990	1189	14,6237
1015	12,5121	1050	1085	13,3616	1120	1155	14,2111	1190	14,6359



TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO  
CALCULATION CHART FOR LOAD MEASURING RING



CAT. N. T1007 SERIAL 06020921

CARICO / ACT. LOAD 30 KN DEFLESSIONE / MAX. DEFLECT. VALUE 2471 TEMPERATURA / TEMPERATURE 20 DATA / DATE 20.02.06 PAG. 6

LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	DEFLESSIONE / MAX. DEFLECT. VALUE	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	TEMPERATURA / TEMPERATURE	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	DATA / DATE	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD
1226	15,0724	1261	15,4951	1296	15,9178	1331	16,3405	1366	16,7632	1401	17,1859	1436	17,6097	
1227	15,0845	1262	15,5072	1297	15,9299	1332	16,3526	1367	16,7753	1402	17,1980	1437	17,6219	
1228	15,0966	1263	15,5193	1298	15,9420	1333	16,3647	1368	16,7874	1403	17,2101	1438	17,6341	
1229	15,1086	1264	15,5314	1299	15,9541	1334	16,3768	1369	16,7995	1404	17,2222	1439	17,6463	
1230	15,1207	1265	15,5434	1300	15,9661	1335	16,3888	1370	16,8115	1405	17,2342	1440	17,6585	
1231	15,1328	1266	15,5555	1301	15,9782	1336	16,4009	1371	16,8236	1406	17,2463	1441	17,6707	
1232	15,1449	1267	15,5676	1302	15,9903	1337	16,4130	1372	16,8357	1407	17,2584	1442	17,6829	
1233	15,1570	1268	15,5797	1303	16,0024	1338	16,4251	1373	16,8478	1408	17,2705	1443	17,6951	
1234	15,1690	1269	15,5917	1304	16,0144	1339	16,4371	1374	16,8599	1409	17,2826	1444	17,7073	
1235	15,1811	1270	15,6038	1305	16,0265	1340	16,4492	1375	16,8719	1410	17,2946	1445	17,7195	
1236	15,1932	1271	15,6159	1306	16,0386	1341	16,4613	1376	16,8840	1411	17,3067	1446	17,7317	
1237	15,2053	1272	15,6280	1307	16,0507	1342	16,4734	1377	16,8961	1412	17,3188	1447	17,7439	
1238	15,2173	1273	15,6400	1308	16,0628	1343	16,4855	1378	16,9082	1413	17,3309	1448	17,7560	
1239	15,2294	1274	15,6521	1309	16,0748	1344	16,4975	1379	16,9202	1414	17,3429	1449	17,7682	
1240	15,2415	1275	15,6642	1310	16,0869	1345	16,5096	1380	16,9323	1415	17,3550	1450	17,7804	
1241	15,2536	1276	15,6763	1311	16,0990	1346	16,5217	1381	16,9444	1416	17,3671	1451	17,7926	
1242	15,2657	1277	15,6884	1312	16,1111	1347	16,5338	1382	16,9565	1417	17,3792	1452	17,8048	
1243	15,2777	1278	15,7004	1313	16,1231	1348	16,5458	1383	16,9685	1418	17,3913	1453	17,8170	
1244	15,2898	1279	15,7125	1314	16,1352	1349	16,5579	1384	16,9806	1419	17,4033	1454	17,8292	
1245	15,3019	1280	15,7246	1315	16,1473	1350	16,5700	1385	16,9927	1420	17,4154	1455	17,8414	
1246	15,3140	1281	15,7367	1316	16,1594	1351	16,5821	1386	17,0048	1421	17,4275	1456	17,8536	
1247	15,3260	1282	15,7487	1317	16,1714	1352	16,5942	1387	17,0169	1422	17,4396	1457	17,8658	
1248	15,3381	1283	15,7608	1318	16,1835	1353	16,6062	1388	17,0289	1423	17,4516	1458	17,8780	
1249	15,3502	1284	15,7729	1319	16,1956	1354	16,6183	1389	17,0410	1424	17,4637	1459	17,8902	
1250	15,3623	1285	15,7850	1320	16,2077	1355	16,6304	1390	17,0531	1425	17,4758	1460	17,9024	
1251	15,3743	1286	15,7971	1321	16,2198	1356	16,6425	1391	17,0652	1426	17,4879	1461	17,9146	
1252	15,3864	1287	15,8091	1322	16,2318	1357	16,6545	1392	17,0772	1427	17,5000	1462	17,9268	
1253	15,3985	1288	15,8212	1323	16,2439	1358	16,6666	1393	17,0893	1428	17,5121	1463	17,9390	
1254	15,4106	1289	15,8333	1324	16,2560	1359	16,6787	1394	17,1014	1429	17,5243	1464	17,9512	
1255	15,4227	1290	15,8454	1325	16,2681	1360	16,6908	1395	17,1135	1430	17,5365	1465	17,9634	
1256	15,4347	1291	15,8574	1326	16,2801	1361	16,7028	1396	17,1256	1431	17,5487	1466	17,9756	
1257	15,4468	1292	15,8695	1327	16,2922	1362	16,7149	1397	17,1376	1432	17,5609	1467	17,9878	
1258	15,4589	1293	15,8816	1328	16,3043	1363	16,7270	1398	17,1497	1433	17,5731	1468	17,9999	
1259	15,4710	1294	15,8937	1329	16,3164	1364	16,7391	1399	17,1618	1434	17,5853	1469	18,0121	
1260	15,4830	1295	15,9057	1330	16,3285	1365	16,7512	1400	17,1739	1435	17,5975	1470	18,0243	



MILANO - ITALY

**TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO**  
**CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING**

CAT. N. **TI007** SERIAL **06020921**

CARICO / LOAD **30 KN** DEFLESSIONE / MAX. DEFLECTION **2471** TEMPERATURA / TEMPERATURE **20** DATA / DATE **20.02.06** PAG. **7**

LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD
1471	18,0365	1506	18,4634	1541	18,8902	1576	19,3170	1611	19,7439	1646	20,1658	1681	20,5805
1472	18,0487	1507	18,4756	1542	18,9024	1577	19,3292	1612	19,7560	1647	20,1777	1682	20,5924
1473	18,0609	1508	18,4878	1543	18,9146	1578	19,3414	1613	19,7682	1648	20,1895	1683	20,6042
1474	18,0731	1509	18,4999	1544	18,9268	1579	19,3536	1614	19,7804	1649	20,2014	1684	20,6161
1475	18,0853	1510	18,5121	1545	18,9390	1580	19,3658	1615	19,7926	1650	20,2132	1685	20,6279
1476	18,0975	1511	18,5243	1546	18,9512	1581	19,3780	1616	19,8048	1651	20,2251	1686	20,6398
1477	18,1097	1512	18,5365	1547	18,9634	1582	19,3902	1617	19,8170	1652	20,2369	1687	20,6516
1478	18,1219	1513	18,5487	1548	18,9756	1583	19,4024	1618	19,8292	1653	20,2488	1688	20,6635
1479	18,1341	1514	18,5609	1549	18,9878	1584	19,4146	1619	19,8414	1654	20,2606	1689	20,6753
1480	18,1463	1515	18,5731	1550	18,9999	1585	19,4268	1620	19,8536	1655	20,2725	1690	20,6872
1481	18,1585	1516	18,5853	1551	19,0121	1586	19,4390	1621	19,8658	1656	20,2843	1691	20,6990
1482	18,1707	1517	18,5975	1552	19,0243	1587	19,4512	1622	19,8780	1657	20,2962	1692	20,7109
1483	18,1829	1518	18,6097	1553	19,0365	1588	19,4634	1623	19,8902	1658	20,3080	1693	20,7227
1484	18,1951	1519	18,6219	1554	19,0487	1589	19,4756	1624	19,9024	1659	20,3199	1694	20,7345
1485	18,2073	1520	18,6341	1555	19,0609	1590	19,4878	1625	19,9146	1660	20,3317	1695	20,7464
1486	18,2195	1521	18,6463	1556	19,0731	1591	19,4999	1626	19,9268	1661	20,3436	1696	20,7582
1487	18,2317	1522	18,6585	1557	19,0853	1592	19,5121	1627	19,9390	1662	20,3554	1697	20,7701
1488	18,2439	1523	18,6707	1558	19,0975	1593	19,5243	1628	19,9512	1663	20,3672	1698	20,7819
1489	18,2560	1524	18,6829	1559	19,1097	1594	19,5365	1629	19,9634	1664	20,3791	1699	20,7938
1490	18,2682	1525	18,6951	1560	19,1219	1595	19,5487	1630	19,9756	1665	20,3909	1700	20,8056
1491	18,2804	1526	18,7073	1561	19,1341	1596	19,5609	1631	19,9878	1666	20,4028	1701	20,8175
1492	18,2926	1527	18,7195	1562	19,1463	1597	19,5731	1632	20,0000	1667	20,4146	1702	20,8293
1493	18,3048	1528	18,7317	1563	19,1585	1598	19,5853	1633	20,0118	1668	20,4265	1703	20,8412
1494	18,3170	1529	18,7439	1564	19,1707	1599	19,5975	1634	20,0236	1669	20,4383	1704	20,8530
1495	18,3292	1530	18,7560	1565	19,1829	1600	19,6097	1635	20,0355	1670	20,4502	1705	20,8649
1496	18,3414	1531	18,7682	1566	19,1951	1601	19,6219	1636	20,0473	1671	20,4620	1706	20,8767
1497	18,3536	1532	18,7804	1567	19,2073	1602	19,6341	1637	20,0592	1672	20,4739	1707	20,8886
1498	18,3658	1533	18,7926	1568	19,2195	1603	19,6463	1638	20,0710	1673	20,4857	1708	20,9004
1499	18,3780	1534	18,8048	1569	19,2317	1604	19,6585	1639	20,0829	1674	20,4976	1709	20,9123
1500	18,3902	1535	18,8170	1570	19,2439	1605	19,6707	1640	20,0947	1675	20,5094	1710	20,9241
1501	18,4024	1536	18,8292	1571	19,2560	1606	19,6829	1641	20,1066	1676	20,5213	1711	20,9360
1502	18,4146	1537	18,8414	1572	19,2682	1607	19,6951	1642	20,1184	1677	20,5331	1712	20,9478
1503	18,4268	1538	18,8536	1573	19,2804	1608	19,7073	1643	20,1303	1678	20,5450	1713	20,9597
1504	18,4390	1539	18,8658	1574	19,2926	1609	19,7195	1644	20,1421	1679	20,5568	1714	20,9715
1505	18,4512	1540	18,8780	1575	19,3048	1610	19,7317	1645	20,1540	1680	20,5687	1715	20,9834



**TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO**  
**CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING**

CAT. N.  SERIAL

CARICO / **30 KN** DEFLESSIONE / **1000 μm** TEMPERATURA / **20** DATA / **20\_02\_06** PAG. **8**

LEFT COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	DEFLESSIONE / DEFLECTION	LEFT COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	TEMPERATURA / TEMPERATURE	LEFT COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LEFT COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	DATA / DATE	LEFT COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD	LEFT COMP. DIAL READING	CARICO / LOAD
1716	20,9952	1751	21,4099	1786	21,8246	1821	22,2393	1856	22,6570	1891	23,0797	1926	23,5024	
1717	21,0071	1752	21,4218	1787	21,8364	1822	22,2511	1857	22,6690	1892	23,0917	1927	23,5144	
1718	21,0189	1753	21,4336	1788	21,8483	1823	22,2630	1858	22,6811	1893	23,1038	1928	23,5265	
1719	21,0308	1754	21,4454	1789	21,8601	1824	22,2748	1859	22,6932	1894	23,1159	1929	23,5386	
1720	21,0426	1755	21,4573	1790	21,8720	1825	22,2867	1860	22,7053	1895	23,1280	1930	23,5507	
1721	21,0545	1756	21,4691	1791	21,8838	1826	22,2985	1861	22,7173	1896	23,1400	1931	23,5628	
1722	21,0663	1757	21,4810	1792	21,8957	1827	22,3104	1862	22,7294	1897	23,1521	1932	23,5748	
1723	21,0781	1758	21,4928	1793	21,9075	1828	22,3222	1863	22,7415	1898	23,1642	1933	23,5869	
1724	21,0900	1759	21,5047	1794	21,9194	1829	22,3341	1864	22,7536	1899	23,1763	1934	23,5990	
1725	21,1018	1760	21,5165	1795	21,9312	1830	22,3459	1865	22,7657	1900	23,1884	1935	23,6111	
1726	21,1137	1761	21,5284	1796	21,9431	1831	22,3578	1866	22,7777	1901	23,2004	1936	23,6231	
1727	21,1255	1762	21,5402	1797	21,9549	1832	22,3696	1867	22,7898	1902	23,2125	1937	23,6352	
1728	21,1374	1763	21,5521	1798	21,9668	1833	22,3815	1868	22,8019	1903	23,2246	1938	23,6473	
1729	21,1492	1764	21,5639	1799	21,9786	1834	22,3933	1869	22,8140	1904	23,2367	1939	23,6594	
1730	21,1611	1765	21,5758	1800	21,9905	1835	22,4052	1870	22,8260	1905	23,2487	1940	23,6714	
1731	21,1729	1766	21,5876	1801	22,0023	1836	22,4170	1871	22,8381	1906	23,2608	1941	23,6835	
1732	21,1848	1767	21,5995	1802	22,0142	1837	22,4289	1872	22,8502	1907	23,2729	1942	23,6956	
1733	21,1966	1768	21,6113	1803	22,0260	1838	22,4407	1873	22,8623	1908	23,2850	1943	23,7077	
1734	21,2085	1769	21,6232	1804	22,0379	1839	22,4526	1874	22,8743	1909	23,2971	1944	23,7198	
1735	21,2203	1770	21,6350	1805	22,0497	1840	22,4644	1875	22,8864	1910	23,3091	1945	23,7318	
1736	21,2322	1771	21,6469	1806	22,0616	1841	22,4763	1876	22,8985	1911	23,3212	1946	23,7439	
1737	21,2440	1772	21,6587	1807	22,0734	1842	22,4881	1877	22,9106	1912	23,3333	1947	23,7560	
1738	21,2559	1773	21,6706	1808	22,0853	1843	22,5000	1878	22,9227	1913	23,3454	1948	23,7681	
1739	21,2677	1774	21,6824	1809	22,0971	1844	22,5120	1879	22,9347	1914	23,3574	1949	23,7801	
1740	21,2796	1775	21,6943	1810	22,1090	1845	22,5241	1880	22,9468	1915	23,3695	1950	23,7922	
1741	21,2914	1776	21,7061	1811	22,1208	1846	22,5362	1881	22,9589	1916	23,3816	1951	23,8043	
1742	21,3033	1777	21,7180	1812	22,1327	1847	22,5483	1882	22,9710	1917	23,3937	1952	23,8164	
1743	21,3151	1778	21,7298	1813	22,1445	1848	22,5603	1883	22,9830	1918	23,4057	1953	23,8285	
1744	21,3270	1779	21,7417	1814	22,1563	1849	22,5724	1884	22,9951	1919	23,4178	1954	23,8405	
1745	21,3388	1780	21,7535	1815	22,1682	1850	22,5845	1885	23,0072	1920	23,4299	1955	23,8526	
1746	21,3507	1781	21,7654	1816	22,1800	1851	22,5966	1886	23,0193	1921	23,4420	1956	23,8647	
1747	21,3625	1782	21,7772	1817	22,1919	1852	22,6086	1887	23,0314	1922	23,4541	1957	23,8768	
1748	21,3744	1783	21,7890	1818	22,2037	1853	22,6207	1888	23,0434	1923	23,4661	1958	23,8888	
1749	21,3862	1784	21,8009	1819	22,2156	1854	22,6328	1889	23,0555	1924	23,4782	1959	23,9009	
1750	21,3981	1785	21,8127	1820	22,2274	1855	22,6449	1890	23,0676	1925	23,4903	1960	23,9130	



TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO  
CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING

CAT. N.  SERIAL  DATA DATE  DATA DATE  TEMPERATURA / TEMPERATURE  TEMPERATURA / TEMPERATURE  DEFLESSIONE / DEFL. PLAC. RING  DEFLESSIONE / DEFL. PLAC. RING  CARICO / CARICO LOAD  CARICO / CARICO LOAD  PAG.  PAG.

LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD
1961	23,9251	1996	24,3478	2031	24,7705	2066	25,1913	2101	25,6100	2136	26,0287	2171	26,4473		
1962	23,9371	1997	24,3599	2032	24,7826	2067	25,2033	2102	25,6220	2137	26,0406	2172	26,4593		
1963	23,9492	1998	24,3719	2033	24,7946	2068	25,2153	2103	25,6339	2138	26,0526	2173	26,4712		
1964	23,9613	1999	24,3840	2034	24,8067	2069	25,2272	2104	25,6459	2139	26,0645	2174	26,4832		
1965	23,9734	2000	24,3961	2035	24,8188	2070	25,2392	2105	25,6578	2140	26,0765	2175	26,4952		
1966	23,9855	2001	24,4082	2036	24,8309	2071	25,2511	2106	25,6698	2141	26,0885	2176	26,5071		
1967	23,9975	2002	24,4202	2037	24,8429	2072	25,2631	2107	25,6818	2142	26,1004	2177	26,5191		
1968	24,0096	2003	24,4323	2038	24,8550	2073	25,2751	2108	25,6937	2143	26,1124	2178	26,5311		
1969	24,0217	2004	24,4444	2039	24,8671	2074	25,2870	2109	25,7057	2144	26,1244	2179	26,5430		
1970	24,0338	2005	24,4565	2040	24,8792	2075	25,2990	2110	25,7177	2145	26,1363	2180	26,5550		
1971	24,0458	2006	24,4685	2041	24,8913	2076	25,3110	2111	25,7296	2146	26,1483	2181	26,5669		
1972	24,0579	2007	24,4806	2042	24,9033	2077	25,3229	2112	25,7416	2147	26,1602	2182	26,5789		
1973	24,0700	2008	24,4927	2043	24,9154	2078	25,3349	2113	25,7535	2148	26,1722	2183	26,5909		
1974	24,0821	2009	24,5048	2044	24,9275	2079	25,3468	2114	25,7655	2149	26,1842	2184	26,6028		
1975	24,0942	2010	24,5169	2045	24,9396	2080	25,3588	2115	25,7775	2150	26,1961	2185	26,6148		
1976	24,1062	2011	24,5289	2046	24,9516	2081	25,3708	2116	25,7894	2151	26,2081	2186	26,6267		
1977	24,1183	2012	24,5410	2047	24,9637	2082	25,3827	2117	25,8014	2152	26,2200	2187	26,6387		
1978	24,1304	2013	24,5531	2048	24,9758	2083	25,3947	2118	25,8133	2153	26,2320	2188	26,6507		
1979	24,1425	2014	24,5652	2049	24,9879	2084	25,4066	2119	25,8253	2154	26,2440	2189	26,6626		
1980	24,1545	2015	24,5772	2050	25,0000	2085	25,4186	2120	25,8373	2155	26,2559	2190	26,6746		
1981	24,1666	2016	24,5893	2051	25,0119	2086	25,4306	2121	25,8492	2156	26,2679	2191	26,6866		
1982	24,1787	2017	24,6014	2052	25,0239	2087	25,4425	2122	25,8612	2157	26,2799	2192	26,6985		
1983	24,1908	2018	24,6135	2053	25,0358	2088	25,4545	2123	25,8732	2158	26,2918	2193	26,7105		
1984	24,2028	2019	24,6256	2054	25,0478	2089	25,4665	2124	25,8851	2159	26,3038	2194	26,7224		
1985	24,2149	2020	24,6376	2055	25,0598	2090	25,4784	2125	25,8971	2160	26,3157	2195	26,7344		
1986	24,2270	2021	24,6497	2056	25,0717	2091	25,4904	2126	25,9090	2161	26,3277	2196	26,7464		
1987	24,2391	2022	24,6618	2057	25,0837	2092	25,5023	2127	25,9210	2162	26,3397	2197	26,7583		
1988	24,2512	2023	24,6739	2058	25,0956	2093	25,5143	2128	25,9330	2163	26,3516	2198	26,7703		
1989	24,2632	2024	24,6859	2059	25,1076	2094	25,5263	2129	25,9449	2164	26,3636	2199	26,7822		
1990	24,2753	2025	24,6980	2060	25,1196	2095	25,5382	2130	25,9569	2165	26,3755	2200	26,7942		
1991	24,2874	2026	24,7101	2061	25,1315	2096	25,5502	2131	25,9688	2166	26,3875	2201	26,8062		
1992	24,2995	2027	24,7222	2062	25,1435	2097	25,5622	2132	25,9808	2167	26,3995	2202	26,8181		
1993	24,3115	2028	24,7342	2063	25,1555	2098	25,5741	2133	25,9928	2168	26,4114	2203	26,8301		
1994	24,3236	2029	24,7463	2064	25,1674	2099	25,5861	2134	26,0047	2169	26,4234	2204	26,8421		
1995	24,3357	2030	24,7584	2065	25,1794	2100	25,5980	2135	26,0167	2170	26,4354	2205	26,8540		

TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO  
 CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING



CAT. N. T1007 SERIAL 06020921

CARICO / LOAD 30 KN DEFLESSIONE / AS DEFLECTION 2471 TEMPERATURA / TEMPERATURE 20 DATA / DATE 20.02.06 PAG. 10

LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD	LETT. COMP. / DIAL READING	CARICO / LOAD
2206	26,8660	2241	27,2846	2276	27,7014	2311	28,1161	2346	28,5308	2381	28,9454	2416	29,3601
2207	26,8779	2242	27,2966	2277	27,7132	2312	28,1279	2347	28,5426	2382	28,9573	2417	29,3720
2208	26,8899	2243	27,3086	2278	27,7251	2313	28,1398	2348	28,5545	2383	28,9691	2418	29,3838
2209	26,9019	2244	27,3205	2279	27,7369	2314	28,1516	2349	28,5663	2384	28,9810	2419	29,3957
2210	26,9138	2245	27,3325	2280	27,7488	2315	28,1635	2350	28,5781	2385	28,9928	2420	29,4075
2211	26,9258	2246	27,3444	2281	27,7606	2316	28,1753	2351	28,5900	2386	29,0047	2421	29,4194
2212	26,9377	2247	27,3564	2282	27,7725	2317	28,1872	2352	28,6018	2387	29,0165	2422	29,4312
2213	26,9497	2248	27,3684	2283	27,7843	2318	28,1990	2353	28,6137	2388	29,0284	2423	29,4431
2214	26,9617	2249	27,3803	2284	27,7962	2319	28,2109	2354	28,6255	2389	29,0402	2424	29,4549
2215	26,9736	2250	27,3923	2285	27,8080	2320	28,2227	2355	28,6374	2390	29,0521	2425	29,4668
2216	26,9856	2251	27,4043	2286	27,8199	2321	28,2345	2356	28,6492	2391	29,0639	2426	29,4786
2217	26,9976	2252	27,4162	2287	27,8317	2322	28,2464	2357	28,6611	2392	29,0758	2427	29,4905
2218	27,0095	2253	27,4282	2288	27,8435	2323	28,2582	2358	28,6729	2393	29,0876	2428	29,5023
2219	27,0215	2254	27,4401	2289	27,8554	2324	28,2701	2359	28,6848	2394	29,0995	2429	29,5142
2220	27,0334	2255	27,4521	2290	27,8672	2325	28,2819	2360	28,6966	2395	29,1113	2430	29,5260
2221	27,0454	2256	27,4641	2291	27,8791	2326	28,2938	2361	28,7085	2396	29,1232	2431	29,5379
2222	27,0574	2257	27,4760	2292	27,8909	2327	28,3056	2362	28,7203	2397	29,1350	2432	29,5497
2223	27,0693	2258	27,4880	2293	27,9028	2328	28,3175	2363	28,7322	2398	29,1469	2433	29,5616
2224	27,0813	2259	27,5000	2294	27,9146	2329	28,3293	2364	28,7440	2399	29,1587	2434	29,5734
2225	27,0933	2260	27,5118	2295	27,9265	2330	28,3412	2365	28,7559	2400	29,1706	2435	29,5853
2226	27,1052	2261	27,5236	2296	27,9383	2331	28,3530	2366	28,7677	2401	29,1824	2436	29,5971
2227	27,1172	2262	27,5355	2297	27,9502	2332	28,3649	2367	28,7796	2402	29,1943	2437	29,6090
2228	27,1291	2263	27,5473	2298	27,9620	2333	28,3767	2368	28,7914	2403	29,2061	2438	29,6208
2229	27,1411	2264	27,5592	2299	27,9739	2334	28,3886	2369	28,8033	2404	29,2180	2439	29,6327
2230	27,1531	2265	27,5710	2300	27,9857	2335	28,4004	2370	28,8151	2405	29,2298	2440	29,6445
2231	27,1650	2266	27,5829	2301	27,9976	2336	28,4123	2371	28,8270	2406	29,2417	2441	29,6563
2232	27,1770	2267	27,5947	2302	28,0094	2337	28,4241	2372	28,8388	2407	29,2535	2442	29,6682
2233	27,1889	2268	27,6066	2303	28,0213	2338	28,4360	2373	28,8507	2408	29,2654	2443	29,6800
2234	27,2009	2269	27,6184	2304	28,0331	2339	28,4478	2374	28,8625	2409	29,2772	2444	29,6919
2235	27,2129	2270	27,6303	2305	28,0450	2340	28,4597	2375	28,8744	2410	29,2890	2445	29,7037
2236	27,2248	2271	27,6421	2306	28,0568	2341	28,4715	2376	28,8862	2411	29,3009	2446	29,7156
2237	27,2368	2272	27,6540	2307	28,0687	2342	28,4834	2377	28,8981	2412	29,3127	2447	29,7274
2238	27,2488	2273	27,6658	2308	28,0805	2343	28,4952	2378	28,9099	2413	29,3246	2448	29,7393
2239	27,2607	2274	27,6777	2309	28,0924	2344	28,5071	2379	28,9218	2414	29,3364	2449	29,7511
2240	27,2727	2275	27,6895	2310	28,1042	2345	28,5189	2380	28,9336	2415	29,3483	2450	29,7630



TABELLA DI TARATURA PER ANELLO DINAMOMETRICO  
 CALIBRATION CHART FOR LOAD MEASURING RING

CAT. N. **T1007** SERIAL **06020921**

CARICO / LOAD **30 KN** DEFLESSIONE / DEPRESSION **2471** TEMPERATURA / TEMPERATURE **20** DATA / DATE **20.02.06** PAG. **11**

LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	DEFLESSIONE / DEPRESSION	TEMPERATURA / TEMPERATURE	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	DEFLESSIONE / DEPRESSION	TEMPERATURA / TEMPERATURE	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	DEFLESSIONE / DEPRESSION	TEMPERATURA / TEMPERATURE	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	DEFLESSIONE / DEPRESSION	TEMPERATURA / TEMPERATURE	LETT. COMP. DIAL. READING	CARICO / LOAD	DEFLESSIONE / DEPRESSION	TEMPERATURA / TEMPERATURE	
2451	29,7748																			
2452	29,7867																			
2453	29,7985																			
2454	29,8104																			
2455	29,8222																			
2456	29,8341																			
2457	29,8459																			
2458	29,8578																			
2459	29,8696																			
2460	29,8815																			
2461	29,8933																			
2462	29,9052																			
2463	29,9170																			
2464	29,9289																			
2465	29,9407																			
2466	29,9526																			
2467	29,9644																			
2468	29,9763																			
2469	29,9881																			
2470	30,0000																			

**Anexo U. Certificado y carta de calibración del anillo de carga “controls” de 30 kn de capacidad realizado por Rosseberg & Reingeniería S.A.S**



*Rosseberg  
&  
Reingeniería S.A.S.*



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
Certificate of Calibration

NUMERO : F 2252  
Number  
PAG: 1 de 3

INSTRUMENTO Apparatus	Anillo deCarga
FABRICANTE Manufacturer	Controls
MODELO Model	T 1007
NUMERO DE SERIE Serial Number	602094
INDICACIÓN Indication	Análoga
RANGO DE MEDICIÓN Measurement Range	1,28 kN ..... 30,00 kN
SOLICITANTE Customer	Universidad de Nariño
DIRECCIÓN Address	Universidad de Nariño
FECHA DE CALIBRACIÓN Calibration Date	23 de Agosto de 2012

NUMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS : 3  
Number of pages of this Certificate and Documents Attached

Este certificado de calibración solo puede ser reproducido totalmente con la autorización del laboratorio de metrología de Rosseberg & Representaciones Ltda. Los certificados de calibración no son válidos sin las firmas y estampilla de calibración.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory of metrology Rosseberg & Representaciones Ltda. Calibration certificates without signature and seal are not valid.*

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

*The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing laboratory no responsibility for damages ensuing mis use of the calibrated instruments.*

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

*The user is responsible for having the apparatus calibrated at apropiate intervals*

Carrera 65 No. 70 - 09 - PBX: 225 51 43 - Tels: 225 1309 - 660 2493 - 240 1735  
E-mail:ventasryrsas@hotmail.com - www.ryr.com.co • Bogotá, D. C. - Colombia



Certificate of Calibration  
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NUMERO: F 2252  
Number:  
PAG: 2 de 3

FECHA DE CALIBRACIÓN: 23 de Agosto de 2012

Temperatura Ambiente Inicial 16,0 °C  
Final 16,0 °C

Dirección de la carga: Compresión						Limite inferior de la escala del instrumento de medición		Errores encontrados %					
Indicación de la máquina: Análoga						Resolución (r)		Resolución relativa de la máquina de ensayo (a) %					
Indicación del Instrumento Patrón (F) en kN						2,6 kN		al 10% = 0,43					
						0,0128 kN		al 20% = 0,21					
CARGA (%)	L1	Girar Celda 120° L2	Girar Celda 120° L3	L4	Reversibilidad F0 F1 L2 Descendente	PROMEDIO L1, L2 Y L3	Indicación del instrumento a calibrar (Fi)	Errores encontrados %					
								Resolución relativa (a)	Reversibilidad (v)	Repetibilidad (b)	Exactitud (q)	Accesorios	
4	1,3	1,3	1,3			1,3	1,28	1,0					
8	2,6	2,6	2,6			2,6	2,56	0,5		0,0		-3,4	
13	3,9	3,9	3,9			3,9	3,81	0,3		0,4		-1,3	
17	5,1	5,1	5,1			5,1	5,06	0,3		0,0		-1,1	
21	6,3	6,3	6,3			6,3	6,31	0,2		0,0		-0,1	
25	7,5	7,5	7,5			7,5	7,55	0,2		0,0		0,0	
29	8,8	8,8	8,8			8,8	8,79	0,1		0,1		0,3	
33	10,0	10,0	10,0			10,0	10,01	0,1		0,1		0,2	
41	12,5	12,5	12,5			12,5	12,45	0,1		0,0		0,0	
50	14,9	14,9	14,9			14,9	14,85	0,1		0,0		-0,1	

Indicación Residual de la maquina de ensayo sin carga (F <sub>0</sub> ):				
L1	L2	L3	L4	
0,00	0,00	0,00		

	Cero F <sub>0</sub>	Reversibilidad (v)	Repetibilidad (b)	Exactitud (q)	Accesorios
Máximos errores encontrados (%)	0,000	No se determino	0,4	-3,38	No se determino
Máximos errores permitido para clase : 1	± 0,1	± 1,5	1,0	± 1,0	1,50
Norma Técnica Colombiana NTC 3761 Primera actualización 2002-09-18 Numeral:	6.4.5	6.4.8	6.5.2	6.5.1	6.4.6





# Rosseberg & Reingeniería S.A.S.



INTERNACIONAL

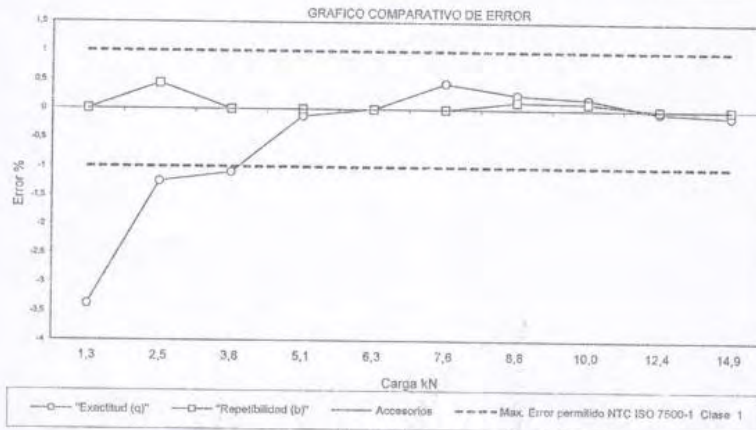
CERTIFICADO DE CALIBRACION  
Certificate of Calibration

NUMERO: F 2252

Number:

PAG: 3 de 3

FECHA DE CALIBRACION: 23-ago-12



ACORDE A LOS ERRORES RELATIVOS MAXIMOS PRESENTADOS Y SEGUN LAS PRESCRIPCIONES DE LA NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 3761, LA MAQUINA DE ENSAYO CALIBRADA SE CLASIFICA COMO:

CLASE 1 DE 20 % HASTA EL 100 % DE SU CAPACIDAD MAXIMA

**TRAZABILIDAD :**

EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE R & R LTDA, ASEGURA EL MANTENIMIENTO DE LA TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES DE TRABAJO UTILIZADOS EN LAS MEDICIONES.  
EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE R & R LTDA, CUSTODIA Y MANTIENE ESTOS PATRONES, LOS CUALES HAN SIDO CERTIFICADOS POR CENAM, ACORDE A LO ESTABLECIDO EN LA NORMA EUROPEA EN-10.002-3.  
Equipos utilizados en la calibración

Equipo	Fabricante	Modelo	Serie	Capacidad	Cert. No	Fecha Cal.	Entidad Cert.
Celda de carga	ELE	HP1 0HB	2378-05-1211	50 kN	CNM-210-298/20	2011/06/02	CENAM

**OBSERVACIONES :**

- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: F 2252
- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.
- La máquina de ensayos deberá ser calibrada inmediatamente despues de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.
- Si la máquina de ensayos es reubicada, se deberá repetir la calibración. Igualmente, cuando exista razón de duda con respecto a la exactitud de la carga, independientemente del tiempo transcurrido desde la última calibración.
- Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración R & R LTDA, no se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.

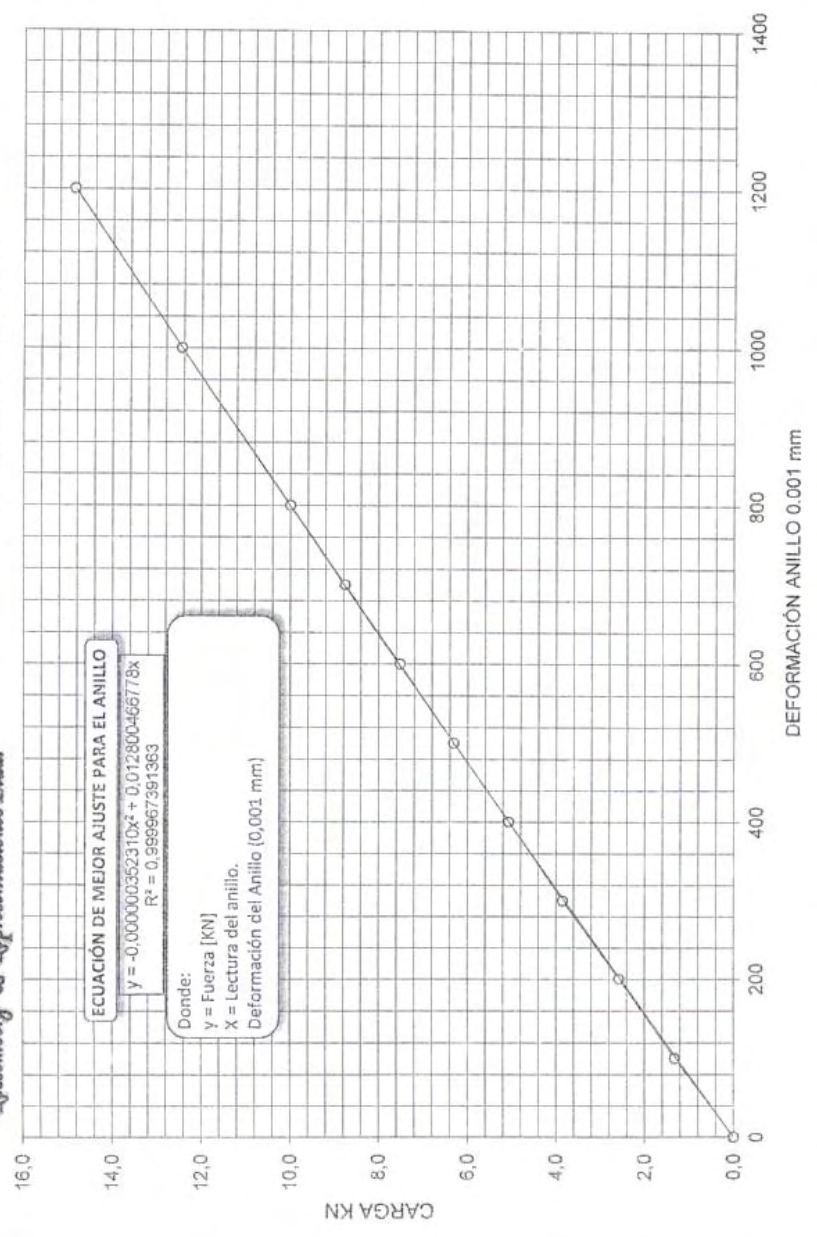
FIRMA(S) AUTORIZADA(S)  
AUTHORIZED SIGNATURE (S)

REVISADO POR  
  
Rosseberg Indaburo M.  
JEFE LABORATORIO

LABORATORIO DE METROLOGIA  
  
Rodrigo González M.  
TÉCNICO LABORATORIO

Carrera 65 No. 70 - 09 - PBX: 225 51 43 - Tels: 225 1309 - 660 2493 - 240 1735  
E-mail:ventasryrsas@hotmail.com - www.ryr.com.co • Bogotá, D. C. - Colombia

GRÁFICO COMPARATIVO CARGA VS DEFORMACIÓN  
ANILLO DE CARGA CONTROLS SERIE 0602094  
CAPACIDAD MÁXIMA 30 KN





**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**

Fabricante  
Capacidad

Def. Máxima  
Controlis

Serie

Fecha de calibración  
23 de Agosto de 2012

30 kN 2200 Divisiones Modelo T1007

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
10	0,128	41	0,524	72	0,920	103	1,315	134	1,709	165	2,102		
11	0,141	42	0,537	73	0,933	104	1,327	135	1,722	166	2,115		
12	0,154	43	0,550	74	0,945	105	1,340	136	1,734	167	2,128		
13	0,166	44	0,563	75	0,958	106	1,353	137	1,747	168	2,141		
14	0,179	45	0,575	76	0,971	107	1,366	138	1,760	169	2,153		
15	0,192	46	0,588	77	0,984	108	1,378	139	1,772	170	2,166		
16	0,205	47	0,501	78	0,996	109	1,391	140	1,785	171	2,179		
17	0,218	48	0,514	79	1,009	110	1,404	141	1,798	172	2,191		
18	0,230	49	0,526	80	1,022	111	1,417	142	1,811	173	2,204		
19	0,243	50	0,538	81	1,035	112	1,429	143	1,823	174	2,217		
20	0,256	51	0,552	82	1,047	113	1,442	144	1,836	175	2,229		
21	0,269	52	0,565	83	1,060	114	1,455	145	1,849	176	2,242		
22	0,281	53	0,577	84	1,073	115	1,467	146	1,861	177	2,255		
23	0,294	54	0,590	85	1,085	116	1,480	147	1,874	178	2,267		
24	0,307	55	0,703	86	1,098	117	1,493	148	1,887	179	2,280		
25	0,320	56	0,716	87	1,111	118	1,506	149	1,899	180	2,293		
26	0,333	57	0,728	88	1,124	119	1,518	150	1,912	181	2,305		
27	0,345	58	0,741	89	1,136	120	1,531	151	1,925	182	2,318		
28	0,358	59	0,754	90	1,148	121	1,544	152	1,938	183	2,331		
29	0,371	60	0,767	91	1,162	122	1,556	153	1,950	184	2,343		
30	0,384	61	0,780	92	1,175	123	1,569	154	1,963	185	2,356		
31	0,396	62	0,792	93	1,187	124	1,582	155	1,976	186	2,369		
32	0,409	63	0,805	94	1,200	125	1,595	156	1,988	187	2,381		
33	0,422	64	0,818	95	1,213	126	1,607	157	2,001	188	2,394		
34	0,435	65	0,831	96	1,226	127	1,620	158	2,014	189	2,407		
35	0,448	66	0,843	97	1,238	128	1,633	159	2,026	190	2,419		
36	0,460	67	0,856	98	1,251	129	1,645	160	2,039	191	2,432		
37	0,473	68	0,869	99	1,264	130	1,658	161	2,052	192	2,445		
38	0,486	69	0,882	100	1,277	131	1,671	162	2,064	193	2,457		
39	0,499	70	0,894	101	1,289	132	1,684	163	2,077	194	2,470		
40	0,511	71	0,907	102	1,302	133	1,696	164	2,090	195	2,483		



Rosenberg & Representaciones Ltda.

Fabricante  
Capacidad

**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**

30 kN Def. Máxima      2200 Divisiones      Serie      602094 Modelo      T1007  
 Controls      Fecha de calibración      23 de Agosto de 2012

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
196	2,495	227	2,688	258	3,279	289	3,670	320	4,060	351	4,450
197	2,508	228	2,900	259	3,292	290	3,683	321	4,073	352	4,462
198	2,521	229	2,913	260	3,304	291	3,695	322	4,085	353	4,475
199	2,533	230	2,925	261	3,317	292	3,708	323	4,098	354	4,487
200	2,546	231	2,938	262	3,330	293	3,720	324	4,110	355	4,500
201	2,559	232	2,951	263	3,342	294	3,733	325	4,123	356	4,512
202	2,571	233	2,963	264	3,355	295	3,745	326	4,136	357	4,525
203	2,584	234	2,976	265	3,367	296	3,758	327	4,148	358	4,537
204	2,597	235	2,989	266	3,380	297	3,771	328	4,161	359	4,550
205	2,609	236	3,001	267	3,393	298	3,783	329	4,173	360	4,563
206	2,622	237	3,014	268	3,405	299	3,796	330	4,186	361	4,575
207	2,635	238	3,027	269	3,418	300	3,808	331	4,198	362	4,588
208	2,647	239	3,039	270	3,430	301	3,821	332	4,211	363	4,600
209	2,660	240	3,052	271	3,443	302	3,834	333	4,223	364	4,613
210	2,673	241	3,064	272	3,456	303	3,846	334	4,236	365	4,625
211	2,685	242	3,077	273	3,468	304	3,859	335	4,249	366	4,638
212	2,698	243	3,090	274	3,481	305	3,871	336	4,261	367	4,650
213	2,711	244	3,102	275	3,493	306	3,884	337	4,274	368	4,663
214	2,723	245	3,115	276	3,506	307	3,897	338	4,286	369	4,675
215	2,736	246	3,128	277	3,519	308	3,909	339	4,299	370	4,688
216	2,748	247	3,140	278	3,531	309	3,922	340	4,311	371	4,700
217	2,761	248	3,153	279	3,544	310	3,934	341	4,324	372	4,713
218	2,774	249	3,165	280	3,557	311	3,947	342	4,337	373	4,725
219	2,786	250	3,178	281	3,569	312	3,959	343	4,349	374	4,738
220	2,799	251	3,191	282	3,582	313	3,972	344	4,362	375	4,751
221	2,812	252	3,203	283	3,594	314	3,985	345	4,374	376	4,763
222	2,824	253	3,216	284	3,607	315	3,997	346	4,387	377	4,776
223	2,837	254	3,229	285	3,620	316	4,010	347	4,399	378	4,788
224	2,850	255	3,241	286	3,632	317	4,022	348	4,412	379	4,801
225	2,862	256	3,254	287	3,645	318	4,035	349	4,424	380	4,813
226	2,875	257	3,266	288	3,657	319	4,047	350	4,437	381	4,826



**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**

Fabricante: **Rosenberg & Representaciones Ltda.**      Def. Máxima: **30 kN**      Divisiones: **2200**      Modelo: **T1007**  
 Capacidad:      Fecha de calibración: **23 de Agosto de 2012**      Serie: **602094**

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
568	7,157	599	7,541	630	7,924	661	8,307	692	8,689	723	9,071
569	7,169	600	7,553	631	7,937	662	8,320	693	8,702	724	9,083
570	7,182	601	7,566	632	7,949	663	8,332	694	8,714	725	9,095
571	7,194	602	7,578	633	7,962	664	8,344	695	8,726	726	9,107
572	7,207	603	7,591	634	7,974	665	8,357	696	8,738	727	9,120
573	7,219	604	7,603	635	7,986	666	8,369	697	8,751	728	9,132
574	7,231	605	7,615	636	7,999	667	8,381	698	8,763	729	9,144
575	7,244	606	7,628	637	8,011	668	8,394	699	8,775	730	9,157
576	7,256	607	7,640	638	8,023	669	8,406	700	8,788	731	9,169
577	7,269	608	7,652	639	8,036	670	8,418	701	8,800	732	9,181
578	7,281	609	7,665	640	8,048	671	8,430	702	8,812	733	9,193
579	7,293	610	7,677	641	8,060	672	8,443	703	8,825	734	9,206
580	7,306	611	7,690	642	8,073	673	8,455	704	8,837	735	9,218
581	7,318	612	7,702	643	8,085	674	8,467	705	8,849	736	9,230
582	7,331	613	7,714	644	8,097	675	8,480	706	8,862	737	9,243
583	7,343	614	7,727	645	8,110	676	8,492	707	8,874	738	9,255
584	7,355	615	7,739	646	8,122	677	8,504	708	8,886	739	9,267
585	7,368	616	7,751	647	8,134	678	8,517	709	8,898	740	9,279
586	7,380	617	7,764	648	8,147	679	8,529	710	8,911	741	9,292
587	7,392	618	7,776	649	8,159	680	8,541	711	8,923	742	9,304
588	7,405	619	7,788	650	8,171	681	8,554	712	8,935	743	9,316
589	7,417	620	7,801	651	8,184	682	8,566	713	8,948	744	9,329
590	7,430	621	7,813	652	8,196	683	8,578	714	8,960	745	9,341
591	7,442	622	7,826	653	8,208	684	8,591	715	8,972	746	9,353
592	7,454	623	7,838	654	8,221	685	8,603	716	8,985	747	9,365
593	7,467	624	7,850	655	8,233	686	8,615	717	8,997	748	9,378
594	7,479	625	7,863	656	8,245	687	8,628	718	9,009	749	9,390
595	7,492	626	7,875	657	8,258	688	8,640	719	9,021	750	9,402
596	7,504	627	7,887	658	8,270	689	8,652	720	9,034	751	9,414
597	7,516	628	7,900	659	8,283	690	8,665	721	9,046	752	9,427
598	7,529	629	7,912	660	8,295	691	8,677	722	9,058	753	9,439

**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**



Fabricante  
Capacidad

30 kN Def. Máxima

Controls 2200 Divisiones

Fecha de calibración 23 de Agosto de 2012

Modelo TT1007

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
382	4.838	413	5.226	444	5.614	475	6.001	506	6.387	537	6.772	568	7.157
383	4.851	414	5.239	445	5.626	476	6.013	507	6.399	538	6.785	569	7.169
384	4.863	415	5.252	446	5.639	477	6.026	508	6.412	539	6.797	570	7.181
385	4.876	416	5.264	447	5.651	478	6.038	509	6.424	540	6.810	571	7.193
386	4.888	417	5.277	448	5.664	479	6.051	510	6.437	541	6.822	572	7.205
387	4.901	418	5.289	449	5.676	480	6.063	511	6.449	542	6.834	573	7.217
388	4.914	419	5.302	450	5.689	481	6.076	512	6.461	543	6.847	574	7.229
389	4.926	420	5.314	451	5.701	482	6.088	513	6.474	544	6.859	575	7.241
390	4.939	421	5.327	452	5.714	483	6.100	514	6.486	545	6.872	576	7.253
391	4.951	422	5.339	453	5.726	484	6.113	515	6.499	546	6.884	577	7.265
392	4.964	423	5.352	454	5.739	485	6.125	516	6.511	547	6.896	578	7.277
393	4.976	424	5.364	455	5.751	486	6.138	517	6.524	548	6.909	579	7.289
394	4.989	425	5.377	456	5.764	487	6.150	518	6.536	549	6.921	580	7.301
395	5.001	426	5.389	457	5.776	488	6.163	519	6.549	550	6.934	581	7.313
396	5.014	427	5.402	458	5.789	489	6.175	520	6.561	551	6.946	582	7.325
397	5.026	428	5.414	459	5.801	490	6.188	521	6.573	552	6.959	583	7.337
398	5.039	429	5.427	460	5.814	491	6.200	522	6.586	553	6.971	584	7.349
399	5.051	430	5.439	461	5.826	492	6.213	523	6.598	554	6.983	585	7.361
400	5.064	431	5.452	462	5.839	493	6.225	524	6.611	555	6.996	586	7.373
401	5.076	432	5.464	463	5.851	494	6.237	525	6.623	556	7.008	587	7.385
402	5.089	433	5.477	464	5.864	495	6.250	526	6.636	557	7.021	588	7.397
403	5.101	434	5.489	465	5.876	496	6.262	527	6.648	558	7.033	589	7.409
404	5.114	435	5.502	466	5.889	497	6.275	528	6.660	559	7.045	590	7.421
405	5.126	436	5.514	467	5.901	498	6.287	529	6.673	560	7.058	591	7.433
406	5.139	437	5.527	468	5.913	499	6.300	530	6.685	561	7.070	592	7.445
407	5.151	438	5.539	469	5.926	500	6.312	531	6.698	562	7.083	593	7.457
408	5.164	439	5.552	470	5.938	501	6.325	532	6.710	563	7.095	594	7.469
409	5.176	440	5.564	471	5.951	502	6.337	533	6.723	564	7.107	595	7.481
410	5.189	441	5.576	472	5.963	503	6.349	534	6.735	565	7.120	596	7.493
411	5.201	442	5.589	473	5.976	504	6.362	535	6.747	566	7.132	597	7.505
412	5.214	443	5.601	474	5.988	505	6.374	536	6.760	567	7.145	598	7.517



**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**

Fabricante: 30 kN Def. Máxima: 2200 Divisiones Controls: 602094 Modelo T1007  
 Capacidad: 30 kN Fecha de calibración: 23 de Agosto de 2012

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
754	9,451	785	9,831	816	10,211	847	10,589	878	10,967	909	11,345		
755	9,464	786	9,844	817	10,223	848	10,501	879	10,979	910	11,357		
756	9,476	787	9,856	818	10,235	849	10,614	880	10,982	911	11,369		
757	9,488	788	9,868	819	10,247	850	10,626	881	11,004	912	11,381		
758	9,500	789	9,880	820	10,259	851	10,638	882	11,016	913	11,393		
759	9,513	790	9,892	821	10,272	852	10,650	883	11,028	914	11,405		
760	9,525	791	9,905	822	10,284	853	10,662	884	11,040	915	11,417		
761	9,537	792	9,917	823	10,296	854	10,675	885	11,052	916	11,430		
762	9,549	793	9,929	824	10,308	855	10,687	886	11,065	917	11,442		
763	9,562	794	9,941	825	10,321	856	10,699	887	11,077	918	11,454		
764	9,574	795	9,954	826	10,333	857	10,711	888	11,089	919	11,466		
765	9,586	796	9,966	827	10,345	858	10,723	889	11,101	920	11,478		
766	9,598	797	9,978	828	10,357	859	10,736	890	11,113	921	11,490		
767	9,611	798	9,990	829	10,369	860	10,748	891	11,126	922	11,503		
768	9,623	799	10,003	830	10,382	861	10,760	892	11,138	923	11,515		
769	9,635	800	10,015	831	10,394	862	10,772	893	11,150	924	11,527		
770	9,647	801	10,027	832	10,406	863	10,784	894	11,162	925	11,539		
771	9,660	802	10,039	833	10,418	864	10,797	895	11,174	926	11,551		
772	9,672	803	10,052	834	10,431	865	10,809	896	11,186	927	11,563		
773	9,684	804	10,064	835	10,443	866	10,821	897	11,199	928	11,575		
774	9,697	805	10,076	836	10,455	867	10,833	898	11,211	929	11,588		
775	9,709	806	10,088	837	10,467	868	10,845	899	11,223	930	11,600		
776	9,721	807	10,101	838	10,479	869	10,858	900	11,235	931	11,612		
777	9,733	808	10,113	839	10,492	870	10,870	901	11,247	932	11,624		
778	9,746	809	10,125	840	10,504	871	10,882	902	11,259	933	11,636		
779	9,758	810	10,137	841	10,516	872	10,894	903	11,272	934	11,648		
780	9,770	811	10,149	842	10,528	873	10,906	904	11,284	935	11,660		
781	9,782	812	10,162	843	10,540	874	10,918	905	11,296	936	11,673		
782	9,795	813	10,174	844	10,553	875	10,931	906	11,308	937	11,685		
783	9,807	814	10,186	845	10,565	876	10,943	907	11,320	938	11,697		
784	9,819	815	10,198	846	10,577	877	10,955	908	11,332	939	11,709		



**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**

Fabricante: **30 kN**      Def. Máxima: **2200 Divisiones**      Fecha de calibración: **23 de Agosto de 2012**  
 Capacidad: **30 kN**      Control: **2200 Divisiones**      Serie: **e02094**      Modelo: **T1007**

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
940	11,721	971	12,097	1002	12,472	1033	12,847	1064	13,221	1095	13,594	1095	13,594
941	11,733	972	12,109	1003	12,484	1034	12,859	1065	13,233	1096	13,606	1096	13,606
942	11,745	973	12,121	1004	12,497	1035	12,871	1066	13,246	1097	13,618	1097	13,618
943	11,758	974	12,133	1005	12,509	1036	12,883	1067	13,257	1098	13,630	1098	13,630
944	11,770	975	12,146	1006	12,521	1037	12,895	1068	13,269	1099	13,642	1099	13,642
945	11,782	976	12,158	1007	12,533	1038	12,907	1069	13,281	1100	13,654	1100	13,654
946	11,794	977	12,170	1008	12,545	1039	12,919	1070	13,293	1101	13,666	1101	13,666
947	11,806	978	12,182	1009	12,557	1040	12,931	1071	13,305	1102	13,678	1102	13,678
948	11,818	979	12,194	1010	12,569	1041	12,943	1072	13,317	1103	13,690	1103	13,690
949	11,830	980	12,206	1011	12,581	1042	12,956	1073	13,329	1104	13,702	1104	13,702
950	11,842	981	12,218	1012	12,593	1043	12,968	1074	13,341	1105	13,714	1105	13,714
951	11,855	982	12,230	1013	12,605	1044	12,980	1075	13,353	1106	13,726	1106	13,726
952	11,867	983	12,242	1014	12,617	1045	12,992	1076	13,365	1107	13,738	1107	13,738
953	11,879	984	12,255	1015	12,630	1046	13,004	1077	13,377	1108	13,750	1108	13,750
954	11,891	985	12,267	1016	12,642	1047	13,016	1078	13,389	1109	13,762	1109	13,762
955	11,903	986	12,279	1017	12,654	1048	13,028	1079	13,402	1110	13,774	1110	13,774
956	11,915	987	12,291	1018	12,666	1049	13,040	1080	13,414	1111	13,786	1111	13,786
957	11,927	988	12,303	1019	12,678	1050	13,052	1081	13,426	1112	13,798	1112	13,798
958	11,940	989	12,315	1020	12,690	1051	13,064	1082	13,438	1113	13,810	1113	13,810
959	11,952	990	12,327	1021	12,702	1052	13,076	1083	13,450	1114	13,823	1114	13,823
960	11,964	991	12,339	1022	12,714	1053	13,088	1084	13,462	1115	13,835	1115	13,835
961	11,976	992	12,351	1023	12,726	1054	13,100	1085	13,474	1116	13,847	1116	13,847
962	11,988	993	12,363	1024	12,738	1055	13,112	1086	13,486	1117	13,859	1117	13,859
963	12,000	994	12,376	1025	12,750	1056	13,124	1087	13,498	1118	13,871	1118	13,871
964	12,012	995	12,388	1026	12,762	1057	13,136	1088	13,510	1119	13,883	1119	13,883
965	12,024	996	12,400	1027	12,774	1058	13,149	1089	13,522	1120	13,895	1120	13,895
966	12,036	997	12,412	1028	12,787	1059	13,161	1090	13,534	1121	13,907	1121	13,907
967	12,049	998	12,424	1029	12,799	1060	13,173	1091	13,546	1122	13,919	1122	13,919
968	12,061	999	12,436	1030	12,811	1061	13,185	1092	13,558	1123	13,931	1123	13,931
969	12,073	1000	12,448	1031	12,823	1062	13,197	1093	13,570	1124	13,943	1124	13,943
970	12,085	1001	12,460	1032	12,835	1063	13,209	1094	13,582	1125	13,955	1125	13,955





**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**

Fabricante: **Controlis**      Def. Máxima: **2200 Divisiones**      Modelo: **T11007**  
 Capacidad: **30 kN**      Fecha de calibración: **23 de Agosto de 2012**

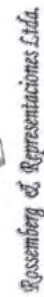
Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
1126	13,967	1157	14,339	1188	14,710	1219	15,080	1250	15,450	1281	15,819
1127	13,979	1158	14,351	1189	14,722	1220	15,092	1251	15,462	1282	15,831
1128	13,991	1159	14,362	1190	14,734	1221	15,104	1252	15,474	1283	15,843
1129	14,003	1160	14,374	1191	14,746	1222	15,116	1253	15,486	1284	15,855
1130	14,015	1161	14,386	1192	14,758	1223	15,128	1254	15,498	1285	15,867
1131	14,027	1162	14,398	1193	14,770	1224	15,140	1255	15,510	1286	15,879
1132	14,039	1163	14,410	1194	14,781	1225	15,152	1256	15,522	1287	15,891
1133	14,051	1164	14,422	1195	14,793	1226	15,164	1257	15,534	1288	15,903
1134	14,063	1165	14,434	1196	14,805	1227	15,176	1258	15,545	1289	15,914
1135	14,075	1166	14,446	1197	14,817	1228	15,188	1259	15,557	1290	15,926
1136	14,087	1167	14,458	1198	14,829	1229	15,200	1260	15,569	1291	15,938
1137	14,099	1168	14,470	1199	14,841	1230	15,212	1261	15,581	1292	15,950
1138	14,111	1169	14,482	1200	14,853	1231	15,223	1262	15,593	1293	15,962
1139	14,123	1170	14,494	1201	14,865	1232	15,235	1263	15,605	1294	15,974
1140	14,135	1171	14,506	1202	14,877	1233	15,247	1264	15,617	1295	15,986
1141	14,147	1172	14,518	1203	14,889	1234	15,259	1265	15,629	1296	15,998
1142	14,159	1173	14,530	1204	14,901	1235	15,271	1266	15,641	1297	16,010
1143	14,171	1174	14,542	1205	14,913	1236	15,283	1267	15,653	1298	16,021
1144	14,183	1175	14,554	1206	14,925	1237	15,295	1268	15,665	1299	16,033
1145	14,195	1176	14,566	1207	14,937	1238	15,307	1269	15,676	1300	16,045
1146	14,207	1177	14,578	1208	14,949	1239	15,319	1270	15,688	1301	16,057
1147	14,219	1178	14,590	1209	14,961	1240	15,331	1271	15,700	1302	16,069
1148	14,231	1179	14,602	1210	14,973	1241	15,343	1272	15,712	1303	16,081
1149	14,243	1180	14,614	1211	14,985	1242	15,355	1273	15,724	1304	16,093
1150	14,255	1181	14,626	1212	14,997	1243	15,367	1274	15,736	1305	16,105
1151	14,267	1182	14,638	1213	15,009	1244	15,379	1275	15,748	1306	16,116
1152	14,279	1183	14,650	1214	15,021	1245	15,391	1276	15,760	1307	16,128
1153	14,291	1184	14,662	1215	15,032	1246	15,402	1277	15,772	1308	16,140
1154	14,303	1185	14,674	1216	15,044	1247	15,414	1278	15,784	1309	16,152
1155	14,315	1186	14,686	1217	15,056	1248	15,426	1279	15,795	1310	16,164
1156	14,327	1187	14,698	1218	15,068	1249	15,438	1280	15,807	1311	16,176

**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**

**Rosenberg & Representaciones Ltda.**      Fabricante      30 kN      Def. Máxima      Controls      2200 Divisiones      Serie      602094      Modelo      T1007

Fecha de calibración      23 de Agosto de 2012

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
1312	16,188	1343	16,556	1374	16,923	1405	17,289	1436	17,655	1467	18,020	1498	18,382
1313	16,200	1344	16,567	1375	16,935	1406	17,301	1437	17,667	1468	18,032	1499	18,394
1314	16,212	1345	16,579	1376	16,946	1407	17,313	1438	17,679	1469	18,044	1500	18,406
1315	16,223	1346	16,591	1377	16,958	1408	17,325	1439	17,690	1470	18,055	1501	18,418
1316	16,235	1347	16,603	1378	16,970	1409	17,336	1440	17,702	1471	18,067	1502	18,430
1317	16,247	1348	16,615	1379	16,982	1410	17,348	1441	17,714	1472	18,079	1503	18,442
1318	16,259	1349	16,627	1380	16,994	1411	17,360	1442	17,726	1473	18,091	1504	18,454
1319	16,271	1350	16,639	1381	17,006	1412	17,372	1443	17,737	1474	18,102	1505	18,466
1320	16,283	1351	16,650	1382	17,017	1413	17,384	1444	17,749	1475	18,114	1506	18,478
1321	16,295	1352	16,662	1383	17,029	1414	17,395	1445	17,761	1476	18,126	1507	18,490
1322	16,306	1353	16,674	1384	17,041	1415	17,407	1446	17,773	1477	18,138	1508	18,502
1323	16,318	1354	16,686	1385	17,053	1416	17,419	1447	17,785	1478	18,149	1509	18,514
1324	16,330	1355	16,698	1386	17,065	1417	17,431	1448	17,796	1479	18,161	1510	18,526
1325	16,342	1356	16,710	1387	17,076	1418	17,443	1449	17,808	1480	18,173	1511	18,538
1326	16,354	1357	16,721	1388	17,088	1419	17,454	1450	17,820	1481	18,185	1512	18,550
1327	16,366	1358	16,733	1389	17,100	1420	17,466	1451	17,832	1482	18,197	1513	18,562
1328	16,378	1359	16,745	1390	17,112	1421	17,478	1452	17,844	1483	18,208	1514	18,574
1329	16,390	1360	16,757	1391	17,124	1422	17,490	1453	17,855	1484	18,220	1515	18,586
1330	16,401	1361	16,769	1392	17,136	1423	17,502	1454	17,867	1485	18,232	1516	18,598
1331	16,413	1362	16,781	1393	17,147	1424	17,513	1455	17,879	1486	18,244	1517	18,610
1332	16,425	1363	16,793	1394	17,159	1425	17,525	1456	17,891	1487	18,255	1518	18,622
1333	16,437	1364	16,804	1395	17,171	1426	17,537	1457	17,902	1488	18,267	1519	18,634
1334	16,449	1365	16,816	1396	17,183	1427	17,549	1458	17,914	1489	18,279	1520	18,646
1335	16,461	1366	16,828	1397	17,195	1428	17,561	1459	17,926	1490	18,291	1521	18,658
1336	16,473	1367	16,840	1398	17,206	1429	17,572	1460	17,938	1491	18,302	1522	18,670
1337	16,484	1368	16,852	1399	17,218	1430	17,584	1461	17,949	1492	18,314	1523	18,682
1338	16,496	1369	16,864	1400	17,230	1431	17,596	1462	17,961	1493	18,326	1524	18,694
1339	16,508	1370	16,875	1401	17,242	1432	17,608	1463	17,973	1494	18,338	1525	18,706
1340	16,520	1371	16,887	1402	17,254	1433	17,620	1464	17,985	1495	18,349	1526	18,718
1341	16,532	1372	16,899	1403	17,266	1434	17,631	1465	17,997	1496	18,361	1527	18,730
1342	16,544	1373	16,911	1404	17,277	1435	17,643	1466	18,008	1497	18,373	1528	18,742



CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA

30 kN Def. Máxima 2200 Divisiones Fecha de calibración 23 de Agosto de 2012 Modelo T1007

Fabricante Controla

Table with 12 columns: Lectura Dial 0,001 mm, Fuerza kN, Lectura Dial 0,001 mm, Fuerza kN, Lectura Dial 0,001 mm, Fuerza kN, Lectura Dial 0,001 mm, Fuerza kN, Lectura Dial 0,001 mm, Fuerza kN, Lectura Dial 0,001 mm, Fuerza kN. It contains calibration data for a 30 kN load cell.

**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**



Fabricante  
Capacidad

Def. Máxima  
Controls

2200 Divisiones

Serie

Fecha de calibración  
Modelo

23 de Agosto de 2012  
T1007

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
1684	20,557	1715	20,917	1746	21,276	1777	21,634	1808	21,992	1839	22,349		
1685	20,568	1716	20,928	1747	21,287	1778	21,645	1809	22,003	1840	22,360		
1686	20,580	1717	20,940	1748	21,299	1779	21,657	1810	22,015	1841	22,372		
1687	20,592	1718	20,951	1749	21,310	1780	21,669	1811	22,026	1842	22,383		
1688	20,603	1719	20,963	1750	21,322	1781	21,680	1812	22,038	1843	22,395		
1689	20,615	1720	20,975	1751	21,333	1782	21,692	1813	22,049	1844	22,406		
1690	20,627	1721	20,986	1752	21,345	1783	21,703	1814	22,061	1845	22,418		
1691	20,638	1722	20,998	1753	21,357	1784	21,715	1815	22,072	1846	22,429		
1692	20,650	1723	21,009	1754	21,368	1785	21,726	1816	22,084	1847	22,441		
1693	20,661	1724	21,021	1755	21,380	1786	21,738	1817	22,095	1848	22,452		
1694	20,673	1725	21,032	1756	21,391	1787	21,749	1818	22,107	1849	22,464		
1695	20,685	1726	21,044	1757	21,403	1788	21,761	1819	22,118	1850	22,475		
1696	20,696	1727	21,056	1758	21,414	1789	21,772	1820	22,130	1851	22,487		
1697	20,708	1728	21,067	1759	21,426	1790	21,784	1821	22,141	1852	22,498		
1698	20,719	1729	21,079	1760	21,438	1791	21,796	1822	22,153	1853	22,510		
1699	20,731	1730	21,090	1761	21,449	1792	21,807	1823	22,164	1854	22,521		
1700	20,743	1731	21,102	1762	21,461	1793	21,819	1824	22,176	1855	22,533		
1701	20,754	1732	21,114	1763	21,472	1794	21,830	1825	22,187	1856	22,544		
1702	20,766	1733	21,125	1764	21,484	1795	21,842	1826	22,199	1857	22,556		
1703	20,777	1734	21,137	1765	21,495	1796	21,853	1827	22,210	1858	22,567		
1704	20,789	1735	21,148	1766	21,507	1797	21,865	1828	22,222	1859	22,579		
1705	20,801	1736	21,160	1767	21,518	1798	21,876	1829	22,233	1860	22,590		
1706	20,812	1737	21,171	1768	21,530	1799	21,888	1830	22,245	1861	22,602		
1707	20,824	1738	21,183	1769	21,542	1800	21,899	1831	22,257	1862	22,613		
1708	20,835	1739	21,195	1770	21,553	1801	21,911	1832	22,268	1863	22,624		
1709	20,847	1740	21,206	1771	21,565	1802	21,922	1833	22,280	1864	22,636		
1710	20,859	1741	21,218	1772	21,576	1803	21,934	1834	22,291	1865	22,647		
1711	20,870	1742	21,229	1773	21,588	1804	21,945	1835	22,303	1866	22,659		
1712	20,882	1743	21,241	1774	21,599	1805	21,957	1836	22,314	1867	22,670		
1713	20,893	1744	21,252	1775	21,611	1806	21,969	1837	22,326	1868	22,682		
1714	20,905	1745	21,264	1776	21,622	1807	21,980	1838	22,337	1869	22,693		



**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**

Fabricante  
Capacidad

Def. Máxima

Controls  
2200 Divisiones

Fecha de calibración  
Serie

23 de Agosto de 2012  
602094, Modelo  
T1007

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
1870	22,705	1901	23,061	1932	23,415	1963	23,770	1994	24,123	2025	24,476		
1871	22,716	1902	23,072	1933	23,427	1964	23,781	1995	24,135	2026	24,488		
1872	22,728	1903	23,083	1934	23,438	1965	23,793	1996	24,146	2027	24,498		
1873	22,739	1904	23,095	1935	23,450	1966	23,804	1997	24,158	2028	24,510		
1874	22,751	1905	23,106	1936	23,461	1967	23,815	1998	24,169	2029	24,522		
1875	22,762	1906	23,118	1937	23,473	1968	23,827	1999	24,180	2030	24,533		
1876	22,774	1907	23,129	1938	23,484	1969	23,838	2000	24,192	2031	24,544		
1877	22,785	1908	23,141	1939	23,496	1970	23,850	2001	24,203	2032	24,556		
1878	22,797	1909	23,152	1940	23,507	1971	23,861	2002	24,214	2033	24,567		
1879	22,808	1910	23,164	1941	23,518	1972	23,872	2003	24,226	2034	24,579		
1880	22,820	1911	23,175	1942	23,530	1973	23,884	2004	24,237	2035	24,590		
1881	22,831	1912	23,187	1943	23,541	1974	23,895	2005	24,249	2036	24,601		
1882	22,843	1913	23,198	1944	23,553	1975	23,907	2006	24,260	2037	24,613		
1883	22,854	1914	23,209	1945	23,564	1976	23,918	2007	24,271	2038	24,624		
1884	22,866	1915	23,221	1946	23,576	1977	23,930	2008	24,283	2039	24,635		
1885	22,877	1916	23,232	1947	23,587	1978	23,941	2009	24,294	2040	24,647		
1886	22,889	1917	23,244	1948	23,598	1979	23,952	2010	24,306	2041	24,658		
1887	22,900	1918	23,255	1949	23,610	1980	23,964	2011	24,317	2042	24,670		
1888	22,911	1919	23,267	1950	23,621	1981	23,975	2012	24,328	2043	24,681		
1889	22,923	1920	23,278	1951	23,633	1982	23,987	2013	24,340	2044	24,692		
1890	22,934	1921	23,290	1952	23,644	1983	23,998	2014	24,351	2045	24,704		
1891	22,946	1922	23,301	1953	23,656	1984	24,009	2015	24,362	2046	24,715		
1892	22,957	1923	23,312	1954	23,667	1985	24,021	2016	24,374	2047	24,726		
1893	22,969	1924	23,324	1955	23,678	1986	24,032	2017	24,385	2048	24,738		
1894	22,980	1925	23,335	1956	23,690	1987	24,044	2018	24,397	2049	24,749		
1895	22,992	1926	23,347	1957	23,701	1988	24,055	2019	24,408	2050	24,760		
1896	23,003	1927	23,358	1958	23,713	1989	24,066	2020	24,419	2051	24,772		
1897	23,015	1928	23,370	1959	23,724	1990	24,078	2021	24,431	2052	24,783		
1898	23,026	1929	23,381	1960	23,735	1991	24,089	2022	24,442	2053	24,794		
1899	23,038	1930	23,393	1961	23,747	1992	24,101	2023	24,454	2054	24,806		
1900	23,049	1931	23,404	1962	23,758	1993	24,112	2024	24,465	2055	24,817		



**CARTA DE CALIBRACIÓN ANILLO DE CARGA**

Fabricante: **Controls**      Def. Máxima: **2200 Divisiones**      Modelo: **T1007**  
 Capacidad: **30 kN**      Fecha de calibración: **23 de Agosto de 2012**

Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN	Lectura Dial 0,001 mm	Fuerza kN
2056	24,828	2087	25,160	2118	25,531	2149	25,881	2180	26,231		
2057	24,840	2088	25,191	2119	25,542	2150	25,892	2181	26,242		
2058	24,851	2089	25,203	2120	25,554	2151	25,904	2182	26,253		
2059	24,863	2090	25,214	2121	25,565	2152	25,915	2183	26,264		
2060	24,874	2091	25,225	2122	25,576	2153	25,926	2184	26,276		
2061	24,885	2092	25,237	2123	25,587	2154	25,938	2185	26,287		
2062	24,897	2093	25,248	2124	25,599	2155	25,949	2186	26,298		
2063	24,908	2094	25,259	2125	25,610	2156	25,960	2187	26,310		
2064	24,919	2095	25,271	2126	25,621	2157	25,971	2188	26,321		
2065	24,931	2096	25,282	2127	25,633	2158	25,983	2189	26,332		
2066	24,942	2097	25,293	2128	25,644	2159	25,994	2190	26,343		
2067	24,953	2098	25,305	2129	25,655	2160	26,005	2191	26,355		
2068	24,965	2099	25,316	2130	25,667	2161	26,017	2192	26,366		
2069	24,976	2100	25,327	2131	25,678	2162	26,028	2193	26,377		
2070	24,987	2101	25,339	2132	25,689	2163	26,039	2194	26,388		
2071	24,999	2102	25,350	2133	25,700	2164	26,050	2195	26,400		
2072	25,010	2103	25,361	2134	25,712	2165	26,062	2196	26,411		
2073	25,021	2104	25,373	2135	25,723	2166	26,073	2197	26,422		
2074	25,033	2105	25,384	2136	25,734	2167	26,084	2198	26,433		
2075	25,044	2106	25,395	2137	25,746	2168	26,095	2199	26,445		
2076	25,055	2107	25,407	2138	25,757	2169	26,107	2200	26,456		
2077	25,067	2108	25,418	2139	25,768	2170	26,118				
2078	25,078	2109	25,429	2140	25,780	2171	26,129				
2079	25,089	2110	25,440	2141	25,791	2172	26,141				
2080	25,101	2111	25,452	2142	25,802	2173	26,152				
2081	25,112	2112	25,463	2143	25,813	2174	26,163				
2082	25,123	2113	25,474	2144	25,825	2175	26,174				
2083	25,135	2114	25,486	2145	25,836	2176	26,186				
2084	25,146	2115	25,497	2146	25,847	2177	26,197				
2085	25,157	2116	25,508	2147	25,859	2178	26,208				
2086	25,169	2117	25,520	2148	25,870	2179	26,219				