



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

MAGISTER EN INGENIERÍA VIAL

Caracterización mecánica de mezclas asfálticas a partir del ensayo
de viga semicircular simplemente apoyada.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Sozoranga Morocho, Nelson Rodrigo

DIRECTOR: Tapia Chávez, Ángel Guillermo, Mgs

LOJA - ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Master.

Ángel Guillermo Tapia Chávez.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN.

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado: Caracterización mecánica de mezclas asfálticas a partir del ensayo de viga semicircular simplemente apoyada, realizado por Sozoranga Morocho Nelson Rodrigo, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, 26 de Junio de 2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Sozoranga Morocho Nelson Rodrigo declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Caracterización mecánica de mezclas asfálticas a partir del ensayo de viga semicircular simplemente apoyada, de la titulación Maestría en Ingeniería Vial, siendo Ángel Guillermo Tapia Chávez director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f. -----

Autor: Sozoranga Morocho Nelson Rodrigo

Cedula: 1103403281

DEDICATORIA

Con amor y profundo respeto a Dios por darme la vida, a mis queridos padres Víctor Manuel y Rosa María por el apoyo y sacrificio constante, a mi amada esposa Patricia Yolanda por compartir su vida y con gran esmero acompañarme en cada momento de esta importantísima etapa de preparación, a mis dos hijos Nathaly Michelle y Nelson Rodrigo por compartir mis sueños y felicidad, a mis hermanos, sobrinos y toda mi familia que de una u otra forma contribuyeron a culminar mi profesionalización.

Nelson Rodrigo

AGRADECIMIENTO

De manera especial un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja, que a través del área de postgrados ha permitido desarrollarme personal y profesionalmente como un ente útil a la sociedad.

A todo el personal docente y administrativo del área de titulación que de una manera desinteresada contribuyeron a mi formación académica; en especial al Mgs. Alonso Rodrigo Zúñiga Z. Coordinador de la Maestría Vial por su esfuerzo, dedicación y entrega al desarrollo de esta maestría y al Mgs. Ángel G. Tapia Ch. quien con sus conocimientos y experiencia ha permitido el buen desarrollo del presente trabajo de fin de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
ESTADO DEL ARTE	5
1.1. Pavimentos.....	6
1.2. Tipos de pavimentos	7
1.2.1. Pavimento articulado:.....	7
1.2.1. Pavimento rígido:	7
1.2.2. Pavimento flexible:	7
1.2.3. Pavimento Semi-rígido:.....	8
1.3. Mezcla Asfáltica.	8
1.4. Propiedades de las mezclas asfálticas para capas de rodadura.....	9
1.5. Método Marshall.....	10
1.6. Agentes solicitantes de los pavimentos.....	11
1.7. Deterioros en pavimentos bituminosos.....	11
1.7.1. Fisuración por fatiga.....	12
1.8. Propiedades de las mezclas bituminosas vinculadas a la falla por fisura. ...	13
1.8.1.- Rigidez.	13
1.8.2.- Granulometría y tipo del árido.	14
1.8.3.- Tenacidad.....	14
1.8.4.- Energía disipada en el proceso de fractura.....	15
CAPÍTULO II.....	18

MATERIALES Y MÉTODOS	18
2.1. Método de ensayo.....	19
2.1.1.- Ensayo de viga semicircular simplemente apoyada	19
2.1.2.- Proceso de ensayo.	20
2.2. Procedimiento:	20
2.3. Equipos y métodos utilizados para la investigación	24
2.4. Materiales para diseño de mezcla asfáltica.....	27
CAPÍTULO III	28
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	28
3.1. Diseño Marshall De Mezcla Asfáltica.	29
3.2. Ensayo de viga semicircular simplemente apoyada.	30
3.3. Índice de rigidez y tenacidad de la mezcla asfáltica.	34
3.4. Energía disipada durante el proceso de fractura.	35
3.5. Análisis de resultados.	36
CONCLUSIONES.	52
RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS.	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones para realizar ensayo SCB.....	24
Tabla 2. Fajas granulométricas especificaciones MTOP.....	29
Tabla 3. Lecturas de carga y desplazamiento durante el ensayo SCB.....	33
Tabla 4. Parámetros medidos de la curva carga – desplazamiento.....	34
Tabla 5. Cálculo del Índice de Rigidez.....	34
Tabla 6. Cálculo del Índice de tenacidad.....	35
Tabla 7. Cálculo de la energía disipada en el proceso de fractura.....	36
Tabla 8. Resumen carga máxima – temperatura.....	43
Tabla 9. Resumen desplazamiento de rotura - temperatura.....	44
Tabla 10. Resumen Índice de Rigidez – temperatura.....	46
Tabla 11. Resumen Índice de Tenacidad – temperatura.....	46
Tabla 12. Resumen energía disipada – temperatura.....	48
Tabla 13. Resumen de normas utilizadas.....	49
Tabla 14. Resumen de normas utilizadas.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Energía disipada en el proceso de fractura.....	15
Figura 2. Formas de propagación de fisuras.....	21
Figura 3. Posición de probeta para ensayo SCB.....	21
Figura 4. Probeta SCB luego de realizar el ensayo.....	22
Figura 5. Máquina de Corte.....	25
Figura 6. Colocación y corte de briquetas	25
Figura 7. Preparación para corte de ranura.....	25
Figura 8. Corte de ranura en briqueta semicircular	26
Figura 9. Fabricación de base para prueba SCB.....	26
Figura 10. Base para prueba SCB	26
Figura 11. Equipo Versa Tester	27
Figura 12. Ubicación mina Catamayito.....	27
Figura 13. Probeta SCB.....	30
Figura 14. Medición de geometría de probeta SCB.....	30
Figura 15. Colocación de probetas en el horno.....	31
Figura 16. Ejecución del ensayo SCB	31
Figura 17. Probetas SCB luego del ensayo	31
Figura 18. Forma de fisura en probeta SCB.....	32
Figura 19. Fisura en probetas SCB.....	32
Figura 20. Probetas SCB ensayadas.....	32
Figura 21. Curva carga – desplazamiento del ensayo SCB.....	33
Figura 22. Curva carga desplazamiento para diferentes temperaturas, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".....	37
Figura 23. Curva carga desplazamiento para diferentes temperaturas, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".....	38
Figura 24-A. Probeta ensayada a 25°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".....	39
Figura 24-B. Probeta ensayada a 25°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".....	39
Figura 25-A. Fisura en probeta ensayada a 25°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".....	39
Figura 25-B. Fisura en probeta ensayada a 25°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".....	39
Figura 26-A. Probeta ensayada a 30°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".....	40
Figura 26-B. Probeta ensayada a 30°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".....	40
Figura 27-A. Fisura en probeta ensayada a 30°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".....	40
Figura 27-B. Fisura en probeta ensayada a 30°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".....	40
Figura 28-A. Probeta ensayada a 35°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".....	41
Figura 28-B. Probeta ensayada a 35°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".....	41
Figura 29-A. Fisura en probeta ensayada a 35°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".....	41
Figura 29-B. Fisura en probeta ensayada a 35°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".....	41
Figura 30-A. Probeta ensayada a 40°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".....	42
Figura 30-B. Probeta ensayada a 40°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".....	42
Figura 31-A. Fisura en probeta ensayada a 40°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".....	42
Figura 31-B. Fisura en probeta ensayada a 40°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".....	42

Figura 32. Carga máxima Vs Temperatura.....	43
Figura 33. Desplazamiento de rotura Vs Temperatura.....	45
Figura 34. Índice de rigidez Vs Temperatura.....	47
Figura 35. Índice de tenacidad Vs Temperatura.....	48
Figura 36. Energía disipada Vs Temperatura.....	50

RESUMEN

Entre las fallas más comunes en pavimentos asfálticos se tiene la fisuración, producida principalmente por la variación térmica y por la fatiga que sufre el material por las repetidas cargas a las que están expuestos, estas fallas se originan por micro fisuras en los materiales y a medida que evolucionan permiten la infiltración de agua, lo cual provoca que la estructura se debilite y pierda sus características estructurales y funcionales , necesitando inversiones considerables para su mantenimiento y reparación.

Por esta razón, el objetivo principal de esta investigación es establecer la viabilidad del uso del ensayo de Viga Semicircular Simplemente Apoyada (SCB) en la caracterización de mezclas asfálticas ensayadas a diferentes temperaturas, mediante la determinación del índice de rigidez y tenacidad, utilizando agregados de la mina Catamayito, asfalto AC 20 y con equipos del laboratorio de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, considerando que aun el ensayo SCB no se ha realizado a nivel local.

Palabras claves: asfaltos, método Marshall, ensayo de Viga Semicircular Simplemente Apoyada, rigidez, tenacidad.

ABSTRACT

Among the most common faults in asphalt pavements is cracking, produced mainly by thermal variation and the fatigue that suffers material by repeated charges that are exposed, these faults are caused by micro cracks in materials and they evolve to allow infiltration of water, causing the structure to weaken and lose their structural and functional characteristics requiring significant investments for its maintenance and repair.

For this reason, the main objective of this research is to establish the feasibility of the use of the test of beam Semicircular simply supported (SCB) characterization of asphalt mixtures tested at different temperatures, by determining the index of rigidity and tenacity, using equipment from the laboratory of geology and mines and engineering Civil of the Universidad Técnica Particular de Loja and aggregate mine Catamayito, asphalt AC 20 considering that even the SCB test taken at the local level.

Key words: asphalt, Marshall Method, test Semicircular beam simply supported, rigidity, toughness.

INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas el desarrollo de un país está ligado estrechamente a su componente de conectividad y por ende a un buen sistema de transporte, en este sentido las vías y carreteras juegan un rol importantísimo para el desarrollo de una ciudad y un país, ya que sirven para la movilización de personas, alimentos y muchas cosas más desde un lugar a otro.

La estructura de una vía es un elemento imprescindible para el correcto servicio y funcionamiento de la misma, por lo tanto esta estructura debe diseñarse para que brinde todas las características de seguridad y confort para los vehículos durante la vida útil para la que fue diseñada.

La capa de rodadura asfáltica es la parte de la estructura que mayor inversión requiere tanto para su construcción como para su mantenimiento, su estado de conservación es evaluado generalmente por el índice de servicio, que está en función del tiempo de viaje, consumo de combustible, deterioro en los vehículos, entre otros, pero con el pasar del tiempo las características de la capa asfáltica van degradándose progresivamente, hasta llegar a un estado donde requieren una intervención ya sea de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción según sea el caso.

De lo dicho, en varios países desarrollados se ha puesto particular énfasis en estudiar la capa de rodadura de sus vías y carreteras, enfocándose a la caracterización y análisis de los factores que influyen directamente en el pavimento asfáltico, y con esto obtener experiencias y conocimientos científicos que les permita asegurar la durabilidad de un pavimento durante la vida útil del mismo.

A pesar que en Ecuador ya se han construido varias vías con pavimentos rígidos, aun los pavimentos asfálticos son los más utilizados en nuestro medio, y su comportamiento mecánico es una característica importante durante el diseño y la vida útil, es por ello que es necesario conocer su comportamiento y plantear alternativas para evitar deterioros prematuros y gastos importantes en su mantenimiento y reparación.

Desde mucho tiempo atrás, el ensayo más utilizado para el diseño y control de mezclas asfálticas es el ensayo Marshall, el cual proporciona parámetros como estabilidad, flujo, vacíos, etc. Que ha decir de muchos investigadores son muy complejos de analizar teóricamente, por lo que hoy en día se considera que este ensayo no es suficiente para

evaluar el comportamiento de una mezcla asfáltica frente a otros tipos de deterioros como por ejemplo el de fatiga.

Actualmente una de las principales y más comunes fallas de las capas de rodadura conformadas por mezclas asfálticas en nuestro medio son las fisuras, lo cual genera la pérdida de las características funcionales y estructurales que el pavimento asfáltico debe poseer y con esto compromete la seguridad y el confort de los usuarios de las calles y carreteras.

Es importante también señalar que el medio ambiente juega un papel muy significativo en la vida útil de un pavimento, lo cual se manifiesta a través de las variaciones térmicas, lo cual hace que los materiales se comporten de manera muy diferente, es por ello que en esta investigación se realiza la prueba a diferentes temperaturas de ensayo (Valdés, Pérez-Jiménez, & Botella, 2009).

De acuerdo a lo anterior, esta investigación plantea como objetivo general, el uso del ensayo de viga semicircular simplemente apoyada como una herramienta para la caracterización de mezclas asfálticas ensayadas a diferentes temperaturas.

El ensayo de Viga Semicircular Simplemente Apoyada (SCB), es un procedimiento que permite conocer la carga máxima (F_{max}) y el desplazamiento (ΔF_{max}), que podrá ser capaz de resistir una mezcla asfáltica en la capa de pavimento antes de llegar a la falla (Paredes, Reyes-Ortiz, & Camacho-Tauta, 2014). Así mismo analizando la curva carga – desplazamiento del ensayo es posible determinar el índice de rigidez y tenacidad de la mezcla asfáltica.

Para conseguir llegar al objetivo general de esta investigación, se ha planteado los siguientes objetivos específicos: realizar una revisión de la normativa para el ensayo SCB, diseñar la mezcla asfáltica a través de la metodología Marshall, desarrollar el ensayo SCB y obtener la curva carga - desplazamiento y determinar el índice de rigidez y tenacidad de la mezcla para diferentes temperaturas de ensayo.

CAPÍTULO I
ESTADO DEL ARTE

La mezcla asfáltica es el material más utilizado en la ingeniería de pavimentos; De esto se puede identificar que en nuestra zona son varias las vías que se pretenden construir con mezcla asfáltica tal como lo indica en un comunicado el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB). Zamora-Romerillos Alto de aproximadamente 27 kilómetros, en el cantón Zamora; Palanda-La Canela, de 42 kilómetros, en el cantón Palanda; El Dorado-Mutintza-Yantzaza en el cantón Centinela del Cóndor y Yantzaza, respectivamente (10 kilómetros); y la vía Zumbi -San José en Centinela del Cóndor (Quishpe, S., La Hora, 2013).

1.1. Pavimentos.

Es una estructura de varias capas de agregados colocadas una después de otra, sobre una superficie de suelo preparada, la cual es capaz de resistir las cargas repetidas que pasan sobre ella durante su vida útil (Lanchas, Rubio, & Hidalgo, 2012).

Es importante tener en cuenta que el pavimento puede revestirse con diferentes materiales, como piedras o maderas. El término, sin embargo, suele asociarse en algunos países al asfalto, el material utilizado para construir calles, rutas y otras vías de comunicación.

Se cree que uno de los métodos más antiguos de pavimentación fue aquel que se conoce como calzada romana, creado para facilitar las comunicaciones y traslados dentro del Imperio. Esta calzada fue desarrollada en diversas etapas y algunos de sus trechos aún permanecen en buenas condiciones.

En los últimos años se ha promovido el desarrollo de pavimento que sea sostenible y que respete el medio ambiente. En este sentido cabe mencionar la creación de pavimento que combina el asfalto con el polvo de caucho que se obtiene a partir de neumáticos reciclados y la utilización del producto conocido como noxer, que tiene la capacidad de absorber la contaminación que producen los tubos de escape de los vehículos.

Dado que un gran porcentaje de los accidentes automovilísticos que tienen lugar todos los días en las grandes ciudades están relacionados con el deterioro de las calles, resulta de gran importancia prolongar la vida de los pavimentos. Esto se logra estudiando potenciales cambios en sus diseños, de manera que el desgaste producido por los vehículos afecte tan sólo la capa superficial y no genere daños de tipo estructural. Es evidente que los beneficios de dichos avances repercutirían tanto en la seguridad vial como en la economía.

Por otro lado, en países con un alto grado de industrialización, cada año crece el número de vehículos pesados que recorren sus rutas sin piedad, lo que acelera exponencialmente el

desgaste de las carreteras. Si no se busca una alternativa a la estructura actual, las interrupciones de tráfico para realizar tareas de mantenimiento y reconstrucción serán cada vez más frecuentes, lo que acarreará problemas tales como embotellamientos, contaminación acústica, mayor nivel de estrés y violencia.

1.2. Tipos de pavimentos

Básicamente existen los siguientes tipos de pavimentos:

1.2.1. Pavimento articulado:

Posee una capa de hormigón que se caracteriza por ser muy resistente y flexible. Además se le agregan varios elementos como el cemento. Todos los materiales deben ser colocados de tal manera que resulten homogéneos. Puede ser utilizado durante largos períodos de tiempo ya que resulta muy resistente ante el desgaste y el agua. Es muy utilizado para la circulación de vehículos, además para que el agua no se acumule. Algunos lugares donde se lo ve regularmente en calles, aeropuertos, entrada a puentes, cunetas, muelles, sendas peatonales, entre muchos otros.

Un gran inconveniente que es normal que se produzca en este tipo de pavimentos, se relaciona con la falla de la base. En este caso el arreglo puede resultar muy costoso.

1.2.1. Pavimento rígido:

Está colocado sobre una capa de material, está dotado de una losa de cemento hidráulica. Estos tienen la capacidad de soportar cargas pesadas gracias a su base de concreto. Estos tipos de pavimento son bastante económicos, sobre todo a la hora del mantenimiento. Además al ser muy resistente puede ser utilizado durante mucho tiempo, son fáciles para construir. Existen diversas clases de éste, algunos de ellos son reforzados, simple, pre esforzado, entre otros. Son muy utilizados en las ciudades y fábricas de trabajo industrial.

1.2.2. Pavimento flexible:

Reciben este nombre ya que pueden flexionarse o dicho de otra manera son maleables. Estos pavimentos se encuentran sostenidos sobre un par de capas flexibles y de base granular. Este resulta muy costoso, tanto en la construcción, como en el mantenimiento. Es utilizado en zonas donde hay mucho tránsito, como calles, parques de estacionamiento, veredas, entre otros (Fonseca, 2002).

1.2.3. Pavimento Semi-rígido:

Este pavimento, también conocido como pavimento compuesto, es muy similar al flexible, pero también al de tipo rígido. La parte flexible suele estar en la parte superior, mientras que la rígida en la parte inferior. Además es común que posea una capa de cemento o concreto. Gracias al cemento, es estable y puede soportar cargamentos muy pesados, como aviones o camiones.

1.3. Mezcla asfáltica.

Generalmente se fabrican en plantas asfálticas y luego se transporta al lugar donde se requiere, está conformada por materiales pétreos previamente triturados y aglomerados generalmente por asfalto que las recubre en su totalidad (Padilla, 2006).

Las mezclas asfálticas sirven como capa de rodadura en varias obras como: carreteras, aeropuertos, parqueos.

Las mezclas asfálticas para soportar directamente las acciones de los neumáticos y transmitir las cargas a las capas inferiores, proporcionando unas condiciones adecuadas de rodadura, cuando se emplean en capas superficiales; y como material con resistencia simplemente estructural o mecánica en las demás capas de los firmes. Como material simplemente estructural se pueden caracterizar de varias formas. La evaluación de parte de sus propiedades por la cohesión y el rozamiento interno es comúnmente utilizada; o por un módulo de rigidez longitudinal y un módulo transversal estabilidad y de deformación. Como en otros materiales hay que considerar también, la resistencia a la rotura, las leyes de fatiga y las deformaciones plásticas. El comportamiento de la mezcla depende de circunstancias externas a ellas mismas, tales como son el tiempo de aplicación de la carga y de la temperatura. Por esta causa su caracterización y propiedades tienen que estar vinculadas a estos factores, temperatura y duración de la carga, lo que implica la necesidad del conocimiento de la reología del material.

Las cualidades funcionales del firme residen fundamentalmente en su superficie. De su acabado y de los materiales que se hayan empleado en su construcción dependen aspectos tan interesantes y preocupantes para los usuarios como

- a) La adherencia del neumático a la superficie de rodadura.
- b) Las proyecciones de agua en tiempo de lluvia.
- c) El desgaste de los neumáticos.
- d) El ruido en el exterior y en el interior del vehículo.

- e) La comodidad y estabilidad en marcha.
- f) Las cargas dinámicas del tráfico.
- g) La resistencia a la rodadura (consumo de carburante).
- h) El envejecimiento de los vehículos.
- i) Las propiedades ópticas.

Estos aspectos funcionales de la estructura están principalmente asociados con la textura y la regularidad superficial del pavimento.

Actualmente la reología de las mezclas está bien estudiada tanto desde el punto de vista experimental como del teórico, con una consecuencia práctica inmediata: la mejor adaptación de las fórmulas de trabajo y de los materiales a las condiciones reales de cada pavimento. Por ejemplo, son fácilmente asequibles estos ajustes, según la región climática o las condiciones de velocidad de los vehículos, en los métodos de diseño de pavimentos.

Como resumen, se puede decir que en una mezcla asfáltica, en general, hay que optimizar las propiedades siguientes:

- Estabilidad.
- Durabilidad.
- Resistencia a la fatiga.

Si la mezcla se usa como capa de rodadura hay que añadir las propiedades siguientes:

- Resistencia al deslizamiento.
- Regularidad.
- Permeabilidad adecuada.
- Sonoridad.
- Color, entre otras.

1.4. Propiedades de las mezclas asfálticas para capas de rodadura.

La capa superior de un pavimento es la que debe proporcionar una superficie de rodadura segura, confortable y estética. Como todas las exigencias deseables para una superficie de rodadura no pueden optimizarse simultáneamente hay que equilibrar las propiedades contrapuestas para llegar a las soluciones más satisfactorias.

Los materiales asfálticos proporcionan superficies continuas y cómodas para la rodadura de los vehículos. No obstante, hay que establecer un balance entre la durabilidad, rugosidad, impermeabilidad, y otras características útiles o imprescindibles para el usuario. Por ejemplo, en los países fríos, en particular en el centro de Europa, se han desarrollado mezclas muy impermeables y ricas en mortero. Si estas mezclas no

proporcionan la textura adecuada, se recurre a procedimientos ajenos a la propia mezcla como son la incrustación en la superficie de gravillas o al abujardado en caliente.

En las capas de rodadura el uso de agregados de alta calidad y de aditivos se justifica por las solicitaciones a que están sometidas. Actualmente la modificación de ligantes se ha generalizado para carreteras importantes persiguiéndose la optimización de la respuesta mecánica y de la durabilidad de la mezcla. Por la misma razón, la calidad de los agregados es absolutamente imprescindible, aunque todo ello suponga un costo mayor para el pavimento (Padilla, 2006).

1.5. Método Marshall.

Es el ensayo más utilizado para el diseño y control de mezclas asfálticas, el propósito del Método Marshall es determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. El método establece densidades y contenidos óptimos de vacíos que deben ser cumplidos durante la construcción del pavimento. Los dos datos más importantes del diseño de mezclas del Método Marshall son: un análisis de vacíos - densidad, y una prueba de estabilidad – fluencia de las muestras compactadas (Valdés et al., 2009).

Es importante comprender que el Método Marshall, como procedimiento empírico, requiere que se cumplan algunas condiciones constructivas y de procedimiento para que el mismo produzca una carpeta asfáltica de calidad aceptable (Grgich, J. 2009).

El método Marshall, sólo se aplica a mezclas asfálticas (en caliente) de pavimentación que usan cemento asfáltico clasificado con viscosidad o penetración y que contienen agregados con tamaños máximos de 25.0 mm o menos. El método puede ser usado para el diseño en laboratorio, como para el control de campo de mezclas asfálticas (en caliente) de pavimentación.

El método Marshall usa muestras normalizadas de pruebas (probetas) de 64 mm (2.5”) de espesor por 103 mm (4”) de diámetro. Una serie de probetas, cada una con la misma combinación de agregados pero con diferentes tipos de asfaltos, es preparada usando un procedimiento específico para calentar, mezclar y compactar mezclas asfálticas de agregado. Los dos datos más importantes del diseño de mezclas del Método Marshall son: un análisis de la relación de vacíos-densidad, y una prueba de estabilidad-flujo de las muestras compactadas.

1.6. Agentes solicitantes de los pavimentos

Principalmente son las cargas generadas por el tráfico y las condiciones ambientales a las que está expuesto el pavimento durante su vida útil.

El tráfico solicitante es un factor de mucha importancia al determinar el daño que sufrirá un pavimento durante su vida útil.

Así mismo, las solicitaciones medioambientales son también de gran influencia en el comportamiento mecánico del pavimento. Principalmente lo que afecta las características del pavimento son: la temperatura y la humedad. La primera afecta de manera directa a la rigidez del pavimento, ya que a medida que aumenta la temperatura, la capa superior del pavimento se vuelve menos rígida y cuando disminuye se incrementa la rigidez de esta capa, generando altas tensiones superficiales de retracción en la superficie del pavimento, por otra parte la humedad y el aire producen una oxidación en el asfalto durante su vida útil lo cual también produce un aumento de rigidez de la mezcla (VALDÉS, 2011).

1.7. Deterioros en pavimentos bituminosos

Una de las causas más comunes de deterioros en los pavimentos flexibles es la fisuración, lo cual provoca una seria pérdida de las características funcionales y estructurales de un pavimento, puesto que cuando son bien pronunciados afecta directamente la seguridad y el grado de confort de los usuarios.

Las fisuras pueden presentarse de muchas maneras. Entre los más comunes se tiene la fisuración transversal, fisuración longitudinal, fisuración por fatiga conocida generalmente como (piel de cocodrilo) y fisuración en bloque, (Fonseca, 2002).

La durabilidad de las mezclas asfálticas es una propiedad básica de los pavimentos, deben presentar resistencia al agotamiento y a la acción del agua. La durabilidad potencial es la resistencia de la mezcla asfáltica a las combinaciones de cambios de temperatura y efectos de agua, por lo tanto, la baja durabilidad potencial de las capas del paquete asfáltico es una de las principales razones que más influyen en el deterioro y el agotamiento de las buenas condiciones de servicio de los pavimentos.

Muchos investigadores señalan que la falla por fisuración en los pavimentos bituminosos es un fenómeno sumamente complejo, difícil de representar por medios experimentales y que está regido por una amplia gama de factores, dentro de los cuales se puede considerar las características de los materiales constituyentes, el espesor de la capa y el proceso de ejecución de la mezcla. Por otra parte, tal como se señaló en el punto anterior, existe la

importante influencia de los agentes externos que solicitan el pavimento, que tienen que ver principalmente con las características de las cargas aplicadas y condiciones climáticas imperantes en el medioambiente (VALDÉS, 2011).

1.7.1. Fisuración por fatiga.

A esta falla, también se la conoce como “piel de cocodrilo”, se produce habitualmente en áreas del pavimento expuesto al impacto de numerosas y repetidas cargas por tráfico, en la cual la mezcla bituminosa sufre un fatigamiento, o pérdida paulatina de sus propiedades estructurales, producto de las cargas reiteradas. Generalmente se caracteriza por tener numerosas grietas interconectadas entre sí, formando trozos de ángulos agudos (Arabani & Ferdowsi, 2009).

El agrietamiento y fisuración es un mecanismo habitual de falla mecánica por fatiga de una capa de pavimento. Aparte de ello, las grietas prematuras indican un problema de diseño o de construcción de la mezcla asfáltica. Las causas son las siguientes:

- Las grietas se producen por unas tensiones mayores que la tensión de rotura de la mezcla.
- Las grietas comienzan en la zona donde la tracción por flexión es máxima y progresan bajo las cargas repetidas. Se suele formar un mapa de grietas formado por un conjunto de grietas longitudinales y transversales.
- La deformación elástica transversal se produce con las flexiones de la capa de pavimento. La grieta inicial comienza longitudinalmente al lado exterior de la huella de la rueda. Esta grieta es seguida por otra paralela en el borde interior de la huella.
- El uso del asfalto de alta viscosidad puede ocasionar que las mezclas sean menos resistentes al efecto acumulado de las flexiones.
- Los cambios extremos de temperaturas pueden causar en un pavimento cambios de volumen que producen grietas térmicas que, usualmente son transversales.
- La combinación de grietas longitudinales y de transversales, puede formar elementos o losas rectangulares independientes. Aunque la causa de este agrietamiento no sea debido a las cargas, una vez producido, las sollicitaciones del tráfico incrementarán severamente el deterioro al haber perdido las capas su continuidad física y resistente.

- También se producen grietas longitudinales en las juntas de trabajo. Ocurren cuando las juntas se compactan de forma insuficiente y/o a baja temperatura. Cuando crecen las grietas longitudinales, el agua penetra en el firme, deteriorándolo.
- Las grietas aleatorias por fatiga, se suelen formar por la fatiga de la mezcla asfáltica en alguna de las capas. Estas grietas están relacionadas con las solicitaciones del tráfico. Las grietas comienzan en la parte inferior de las capas donde las tensiones son más altas, formándose una o dos grietas longitudinales próximas a las huellas de las ruedas y terminan con un estado generalizado de superficie agrietada. Normalmente la fatiga es más acusada en la parte externa del carril con más tráfico, debido a las condiciones de borde.
- Las grietas generalizadas en las zonas de rodadura pueden ser causadas también por una inadecuada compactación, o mal diseño, de las capas inferiores que puede agravarse con la presencia de agua, más que por típico fenómeno de fatiga. En éste caso, en la capa inferior se refleja el asentamiento, deformación o agrietamiento causado por las malas prestaciones mecánicas.

1.8. Propiedades de las mezclas bituminosas vinculadas a la falla por fisura.

Entre las principales propiedades de las mezclas bituminosas que influyen en la falla por fisura es necesario analizar y comprender las siguientes.

1.8.1.- Rigidez.

Se define como la relación existente entre el esfuerzo y la deformación que sufre el pavimento al ser sometido a una carga. Para las mezclas bituminosas, el módulo de rigidez está en función de la temperatura, tiempo y tipo de carga, debido principalmente a las características visco-elastoplásticas, propias de este material. Por otro lado, la rigidez de la mezcla también es afectada por la rigidez y contenido del ligante utilizado, granulometría, y contenido de vacíos. (Villar, 2012).

El comportamiento de los materiales bajo una carga, se suele limitar a la región lineal de la curva tensión vs deformación unitaria. Esta región lineal se manifiesta en la zona de la curva pre-pico y se suele producir para valores relativamente bajos de deformación unitaria.

El módulo de rigidez es una relación entre la tensión aplicada y la deformación resultante, e indica qué tan flexible es una mezcla asfáltica: a mayor módulo de rigidez a tracción menos flexible es la mezcla asfáltica

1.8.2.- Granulometría y tipo del árido.

La granulometría y tipo del árido son muy importantes al momento que la mezcla asfáltica es solicitada por cargas de tráfico y medioambientales. Existe una influencia directa de la granulometría y tipo del árido en la estructura mineral de la mezcla asfáltica, que por una parte soporta las tensiones producto de las cargas de los vehículos, y por otra, condicionan la respuesta que es capaz de tener la mezcla frente a las tensiones inducidas producto de los gradientes térmicos (MTOP, 2003).

1.8.3.- Tenacidad.

Es la capacidad de la mezcla asfáltica para absorber energía durante la deformación, es decir, como la capacidad para soportar esfuerzos ocasionales superiores al esfuerzo máximo, sin que se produzca la rotura del material. Es una propiedad que no se identifica tanto con la dureza del material, sino más bien con la 'ausencia de fragilidad', e involucra la resistencia mecánica con la capacidad para absorber energía sin romper, lo que hace que sea una propiedad de gran valor en el diseño de las mezclas bituminosas, esto se puede entender analizando un material blando el cual se deforma con mucha facilidad y retarda la propagación de las grietas dando valores considerables de tenacidad (Villar, 2012).

Una forma de entender la tenacidad de forma cualitativa, es considerando que las grietas internas de los materiales se propagan más rápido mientras menos tenaz sea el material. Cuando un material es blando, se deforma con facilidad y la porción del material que rodea la grieta también se deforma consumiendo energía, lo que retarda la propagación de la grieta y aumenta su tenacidad. En el caso de los materiales duros, esta deformación no se produce, por lo que las grietas disponen de mucha más energía para propagarse, lo que hace que presente una menor tenacidad. No obstante esto no implica que exista una relación inversa entre dureza y tenacidad, ya que la propagación de grietas depende de otros factores, como el tipo de proceso de deformación o las dimensiones de la grieta inicial.

La forma de concretar el concepto de tenacidad y determinar su valor, es calculando el área bajo la curva de tensión vs deformación unitaria o de forma equivalente la curva carga vs desplazamiento.

1.8.4.- Energía disipada en el proceso de fractura.

Es un parámetro propio del material y fundamental para analizar el comportamiento de un sólido durante el proceso de fractura o fisuración de una mezcla asfáltica sometida a ensayos experimentales.

De estos ensayos se puede calcular la energía disipada en el proceso de fisuración graficando la curva carga – desplazamiento, sobre la que se obtiene el trabajo total de fractura, calculado como el área bajo la curva señalada. Posteriormente al dividir este trabajo realizado por el área de ligamento o fractura de la muestra, se obtiene el valor de la energía de fractura o energía total disipada durante el proceso de fractura (Paredes et al., 2014).

En la curva carga desplazamiento, se observa un estado de equilibrio cuando no existen esfuerzos aplicados al material. Sin embargo, una vez que se aplica una carga cuasi estática y monótonica, la tensión incrementa hasta llegar a un límite superior conocido como resistencia máxima teórica a tracción del material, y seguidamente la carga comienza a decrecer hasta llegar a cero. En este contexto, durante la aplicación de la fuerza se realiza un trabajo, que se almacena en forma de energía de deformación hasta la separación de las partes, momento en el cual esa energía de deformación se transforma en energía de fractura, relajándose cada una de las partes de las tensiones soportadas

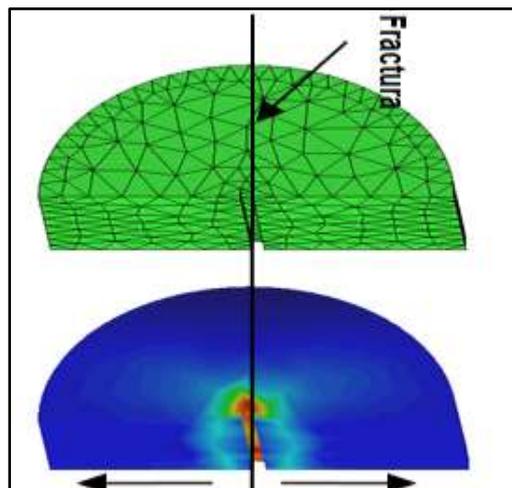


Figura 1. Energía disipada en el proceso de fractura.

Fuente: Evaluación del proceso de fisuración en las mezclas bituminosas mediante el desarrollo de un nuevo ensayo experimental- ensayo fénix -

Para evaluar la resistencia a la fractura de una probeta semicircular a través del ensayo de viga semicircular simplemente apoyada se calcula el parámetro J_c , el cual se define como la tasa de energía liberada de deformación crítica, Según las investigaciones realizadas por Mull et al, en el año 2002, señala que J_c es el parámetro más apropiado para caracterizar la

resistencia de un material a la propagación de una fisura, indicando que para altos valores de J_c mayor es la resistencia a la fractura del material.

La ecuación que nos permite calcular el valor de J_c es la siguiente:

$$J_c = -\left(\frac{1}{b}\right) \frac{dU}{da}$$

[Ecuación 1]

Donde:

$J_c = G_D$: energía de deformación crítica, en KJ/m²

b: Espesor de la probeta, en m

a: Profundidad de la ranura, en m

U: Energía hasta la falla, en KN-m o KJ

Es precisamente esta respuesta dúctil de la mezcla bituminosa la que interesa tener en cuenta en el diseño de mezclas resistentes a la fisuración. No necesitamos sólo una alta energía disipada, sino que, además, ésta provenga en su mayoría de la zona de rotura de la probeta, después de la carga máxima.

Esto indicaría que la mezcla es capaz de alcanzar una mayor deformación hasta su rotura, manteniendo parte de su resistencia desde que se inicia su fallo hasta que éste realmente se produce.

Considerando el concepto de J_c , que es la energía liberada durante el proceso de fisuración dividido para la superficie de fractura Valdez (2011) nos da la siguiente expresión:

$$G_D = \frac{W_D}{h \cdot l}$$

[Ecuación 2]

Donde,

$J_c = G_D$ = energía disipada en el proceso de fisuración, J/m²;

WD= trabajo disipado en el proceso de fisuración, KN-mm;

h= espesor de la probeta, m;

l= ancho de la probeta sobre la ranura (m)

Para determinar el valor del trabajo disipado durante el proceso de fractura (WD), se utiliza la siguiente expresión:

$$W_D = \int_0^{\Delta R} F \cdot du$$

[Ecuación 3]

Donde,

F= carga, KN;

u= desplazamiento, mm;

ΔR = desplazamiento a F = 0,1 KN post pico, mm.

Empleando el concepto de trabajo disipado durante el proceso de fractura se tiene que este valor es igual al área bajo la curva carga desplazamiento hasta que la carga ha bajado hasta 0,1 KN, lo cual permite determinar directamente este valor de las gráficas de cada ensayo.

Según investigaciones realizados por Mostafa E., Louay N. Mohammad, Hao Ying, and Samuel Cooper, en su investigación: Modeling and Evaluation of the Cracking Resistance of Asphalt Mixtures Using the Semi-Circular Bending Test at Intermediate Temperatures, consideran un valor mínimo de $J_c = 0,65$ KJ/M² como criterio de falla para una mezcla asfáltica.

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Método de ensayo

Este trabajo consiste en el estudio y análisis de una nueva alternativa para la caracterización de mezclas asfálticas a través del ensayo de viga semicircular simplemente apoyada (SCB), que a la fecha no se realiza en este sector del país.

La deficiente y mala calidad en las capas de rodadura que se observan en la mayoría de las calles de la ciudad de Loja, es preocupante y a pesar de realizar varias reparaciones y mantenimientos no se ha solucionado este gran problema que afecta la seguridad y confort tanto de vehículos como peatones. Esto ha motivado a realizar esta investigación con propósito de contribuir con una herramienta que permita caracterizar el comportamiento de una mezcla asfáltica antes de ser colocada en obra y con esto tomar una decisión de rediseño y/o aprobación de la mezcla que se utilizara como capa de rodadura de una calle.

La metodología se basa en la revisión y análisis de normas, artículos y más documentos de investigación que se han realizado en otros países, con la posibilidad de replicar el ensayo SCB en nuestra ciudad, y continuar con la línea de investigación realizando el ensayo variando los parámetros y condiciones del ensayo, buscando siempre la innovación y contribuir al desarrollo del conocimiento.

2.1.1.- Ensayo de viga semicircular simplemente apoyada

El ensayo de viga semicircular simplemente apoyada (SCB, acrónimo en inglés de Semi-Circular Bending) fue desarrollado en Australia por Lim, I. L., Johnston, I. W. y Choi, S. K. para estudiar las fracturas en análisis de rocas en el año 1993. Posteriormente, En Estados Unidos se utilizaron para estudiar la resistencia al agrietamiento y la fractura de mezclas asfálticas por Molenaar, J. Lui, X. y Molenaar, A. (2003).

Basándose en los resultados obtenidos y por lo sencillo de la metodología del ensayo, se ha generado y facilitado una plataforma adecuada para que múltiples investigadores caractericen las propiedades de fractura y fatiga de mezclas asfálticas con diferentes condiciones (Paredes et al., 2014).

Este ensayo ha sido desarrollado para medir la resistencia a la fisuración de una mezcla asfáltica tras ser sometida a una carga, el cual ha sido aplicado en numerosas investigaciones. Este ensayo tiene la ventaja que es de fácil aplicación y que de un testigo se puede obtener dos muestras, reduciendo con esto los testigos a extraer para realizar el ensayo (Lanchas et al., 2012).

El ensayo de viga semicircular a flexión, SCB, ha sido aplicado en varios estudios, sin embargo, la forma de aplicación de la carga produce un complejo estado tensional que afecta en el proceso de propagación de la fisura, generando un efecto de arco con altos esfuerzos de compresión en la localidad cercana a la fisura (Valdés et al., 2009).

2.1.2.- Proceso de ensayo.

Realizar el ensayo con la maquina VERSA TESTER, del laboratorio de suelos de la Universidad Técnica Particular de Loja, la cual nos permite desarrollar una velocidad de 1,016 mm/min, con temperaturas inducidas a las probetas de 25°C, 30°C, 35°C, 40°C, y con medición de los parámetros carga máxima, desplazamiento a carga máxima, con lo cual se puede determinar la energía liberada durante el proceso de fisuración, índice de rigidez a tracción, e índice de tenacidad de las mezclas asfálticas.

Valdés, Pérez y Botella en el año 2011, en su investigación sobre el desarrollo del ensayo Fénix, plantearon los parámetros de la curva carga-desplazamiento, donde muestran el comportamiento frente a la fatiga y la fractura de las mezclas asfálticas, como el índice de rigidez a la tracción (IRT), el índice de tenacidad (IT), la energía elástica (W_{Fmax}) y de fluencia (W_s) (Lanchas et al., 2012).

2.2. Procedimiento:

Para realizar este ensayo se ha empleado la Norma PNE-pr EN 12697-44.

- Fabricar muestras cilíndricas (briquetas) a través del método Marshall.
- Cortar las briquetas en dos partes iguales, de tal forma que se obtengan dos semicírculos.
- Realizar una entalladura de aproximadamente 5 -10 mm en la mitad de la muestra, cuyo objetivo es inducir el plano de falla durante el ensayo.
- Colocar la muestra centrada y simplemente apoyada en el dispositivo para el ensayo, el cual establece que exista una distancia entre apoyos igual al 80% de la longitud del diámetro, tal como se indica en la figura 2.

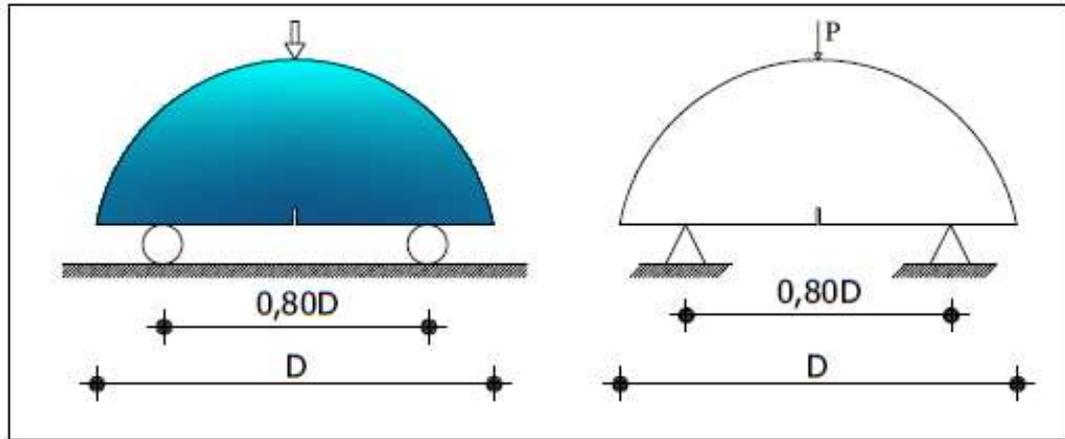


Figura 2. Posición de probeta para ensayo SCB.

Fuente: Resistencia a la fatiga y agrietamiento en mezclas asfálticas.

Elaborado: El Autor

- Aplicar una carga constante en el centro de la luz de la muestra hasta llegar a la falla, a una velocidad de 1,016 mm/min y a una temperatura definida, según se indica en la figura 3.

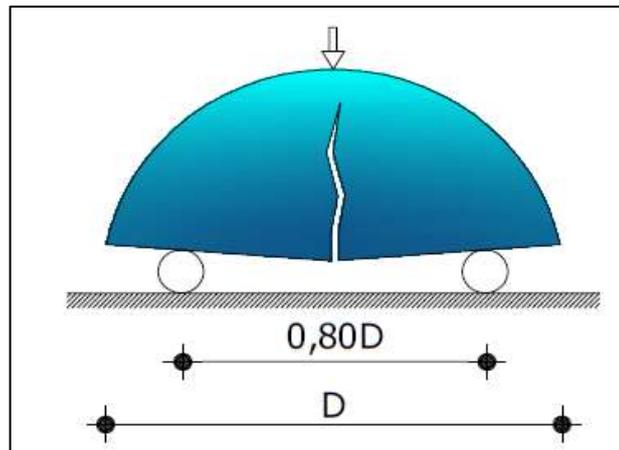


Figura 3. Probeta SCB luego de realizar el ensayo.

Fuente: Resistencia a la fatiga y agrietamiento en mezclas asfálticas.

Elaborado: El Autor

Durante la ejecución del ensayo registrar las lecturas de los deformímetros de carga y desplazamiento vertical.

- Una vez ensayado la probeta graficar la curva carga – desplazamiento, colocando en ordenadas la carga y el desplazamiento en el eje de abscisas, de la gráfica se obtienen la carga máxima y el desplazamiento, variables para estudiar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas, como muestra la figura 4.

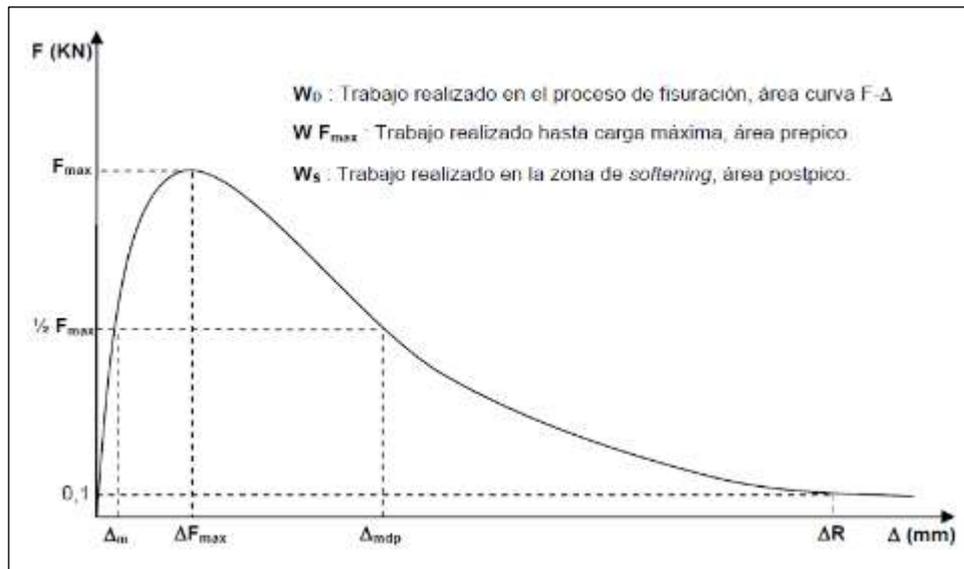


Figura 4. Carga – desplazamiento del ensayo SCB.

Fuente: Evaluación del proceso de fisuración en las mezclas bituminosas - ensayo fénix.

- Determinar los siguientes parámetros de la curva carga – desplazamiento:
 - ✓ Carga máxima (F_{max}) (KN).- Es la carga máxima registrada en el ensayo.
 - ✓ Desplazamiento a carga máxima (ΔF_{max}) (mm).- Es el desplazamiento registrado desde el inicio de la carga hasta que alcanza la carga máxima.
 - ✓ Desplazamiento al 50% F_{max} prepico (Δ_m) (mm). Es el desplazamiento correspondiente a la mitad de la carga máxima alcanzada, antes del pico.
 - ✓ Desplazamiento al 50% F_{max} postpico (Δ_{mdp}) (mm).- Es el desplazamiento registrado por la muestra una vez que la carga ha bajado a la mitad del valor de su carga máxima.

Este parámetro indica la capacidad que tiene la mezcla evaluada de admitir desplazamientos, puesto que a medida que las mezclas son más dúctiles, más deformables, se obtienen mayores valores de (Δ_{mdp}), mientras que en mezclas más frágiles se obtienen valores menores de (Δ_{mdp}).

 - ✓ Desplazamiento de rotura (ΔR): Es el desplazamiento en el cual la carga ha bajado hasta los 0,1 KN. Este parámetro indica un valor importante, puesto que permite

calcular las energías disipadas en el proceso de fractura de las mezclas, y a su vez, permite distinguir entre mezclas con iguales energías disipadas, diferenciando las más frágiles de las más dúctiles.

- ✓ Energía total (W_D) (KN-mm).- Trabajo realizado en el proceso de fisuración, área bajo la curva F- Δ , este parámetro nos permite evaluar la resistencia a la fractura de una mezcla asfáltica.
- ✓ Energía elástica (WF_{max}) (KN-mm).- Trabajo realizado hasta la carga máxima, área prepico.
- ✓ Energía de fluencia (W_s) (KN-mm).- Trabajo realizado en la zona de ablandamiento, área postpico.
- ✓ Índice de rigidez a la tracción (I_{RT}) (KN/mm).- Se define como la relación entre la mitad de la carga máxima, $\frac{1}{2} F_{max}$, y el desplazamiento a la carga máxima, (Δm). Este índice muestra que tan flexible o rígido es la mezcla asfáltica evaluada, se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_{RT} = \frac{\frac{1}{2} * F_{max}}{\Delta m} \quad \text{[Ecuación 4]}$$

Donde:

I_{RT} : Índice de rigidez a la tracción (KN/mm)

F_{max} : Carga máxima registrada (KN)

Δm : Desplazamiento antes a la carga máxima a $\frac{1}{2} F_{max}$. (mm)

- ✓ Índice de tenacidad (I_T) [(J/m²)*mm).- Se define como la energía disipada en el proceso de ablandamiento multiplicado por un valor de fragilidad, el cual corresponde al desplazamiento realizado desde la carga máxima F_{max} , hasta que la carga ha bajado a la mitad de su valor máximo.

Este índice tiene la finalidad de evaluar la tenacidad de la mezcla asfáltica, considerándose esta como la capacidad de la mezcla de mantener unidos sus componentes una vez que ha alcanzado su resistencia máxima. Por tanto, a medida que este parámetro aumenta, la mezcla es más tenaz, y por otra parte, a medida que este factor disminuye, la mezcla tienen un comportamiento más frágil, se calcula con la siguiente expresión:

$$I_T = \frac{W_D - W_{Fmax}}{h * l} * (\Delta mdp - \Delta Fmax) \quad \text{[Ecuación 5]}$$

Donde:

I_T : índice de tenacidad [(J/m²)*mm]

W_D .- Trabajo realizado en el proceso de fisuración, área bajo la curva carga-desplazamiento (KN-mm)

W_{Fmax} .- Trabajo realizado hasta la carga máxima, (KN-mm)

ΔF_{max} .- desplazamiento a F_{max} (mm)

Δmdp .- desplazamiento a $\frac{1}{2} F_{max}$ postpico (mm)

h .- espesor de la probeta (m)

l .- ancho de la probeta sobre la ranura (m)

Según (Nsengiyumva, 2015), luego de haber realizado muchísimos y minuciosos análisis ha logrado determinar los rangos para las condiciones de ejecución del ensayo.

Tabla 1. Requerimientos para realizar ensayo SCB.

Parámetros de la muestra	Valor recomendado
Espesor (mm)	40 – 50
Longitud muesca (mm)	5 – 15
Tasa de carga (mm/min)	1 – 5
Temperatura (°C)	15 – 40
Número de probetas	5 - 6
Coefficiente de variación (%)	≤ 15

Fuente: Development of Semi-Circular Bending (SCB), 2015.

Elaborado por: Autor.

2.3. Equipos y métodos utilizados para la investigación

Para realizar la presente investigación considerar el siguiente proceso:

- Caracterizar los agregados y diseñar según metodología Marshall dos mezclas asfálticas, con propósito de comparar su comportamiento mecánico, para ello se empleó la Planta asfáltica del Ilustre Municipio de Loja, ubicado en el sector La Tenería.

Una vez obtenido los diseños de las mezclas en laboratorio, fabricar las briquetas para adecuarlas según ensayo SCB.

- Preparar la probeta para ensayo SCB, utilizando la máquina de corte de rocas LAPRO SLAB SAW 18, de la Universidad Técnica Particular de Loja, según indican la figuras 5, 6 y 7.



Figura 5. Máquina de Corte.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 6. Colocación y corte de briquetas.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 7. Preparación para corte de ranura.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 8. Corte de ranura en briqueta semicircular.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

- Fabricar la base para colocar la probeta semicilíndrica, según norma PNE-prEN 12697-44.



Figura 9. Fabricación de base para prueba SCB.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 10. Base para prueba SCB.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

- Calibrar la maquina universal VERSA TESTER, con anillos de carga y deformímetros.



Figura 11. Maquina Versa Tester.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

- Calibrar horno con temperaturas adecuadas para cada ensayo.

2.4. Materiales para diseño de mezcla asfáltica

Para diseño de mezcla asfáltica se utiliza materiales pétreos provenientes de la mina “Catamayito” del cantón Catamayo, de la provincia de Loja.



Coordenadas
678897,00 Este
9554222,00 Norte

FIGURA 12. Ubicación mina Catamayito.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

Utilizar asfalto AC-20 proveniente de la producción nacional, sin ninguna modificación, el mismo que se almacena en planta asfáltica del Ilustre Municipio de Loja.

CAPÍTULO III
ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1. Diseño Marshall de mezcla asfáltica.

Para realizar el diseño de la mezcla asfáltica se solicita mediante trámite N°- 2017-EXT-5833, las instalaciones del Municipio de Loja, ubicado en el sector La Tenería, desarrollando las siguientes actividades:

- Muestrear agregados triturados de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", y arena para realizar mezcla asfáltica.
- Realizar análisis granulométrico de los agregados pétreos según la norma ASTM C 136.
- Determinar gravedad específica de los agregados pétreos según la norma ASTM C-84 y C-85.
- Realizar la combinación de agregados pétreos considerando los tamaños máximos nominales de acuerdo a la Norma ASTM D 3515.
- Según especificaciones generales establecidas por el Ministerio de Transportes y Obras Publicas en su sección VIII-377-378, se propone las gradaciones de $\frac{3}{4}$ " y de $\frac{1}{2}$ ", para el diseño y análisis de dos mezclas asfálticas, como indica la tabla 2.

Tabla 2. Fajas granulométricas especificaciones MTOP.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{8}$ "	N°4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
$\frac{3}{4}$ " (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
$\frac{1}{2}$ " (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
$\frac{3}{8}$ " (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
N° 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
N° 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
N° 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
N° 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
N° 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
N° 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
N° 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

Fuente: Especificaciones técnicas MOP-001-F-2002.

Elaborado por: Autor.

- Obtener curva granulométrica de áridos y realizar diseño de la mezcla asfáltica, según la Norma AASHTO T 245, para determinar el contenido óptimo de asfalto.

El diseño de la mezcla asfáltica determina un valor óptimo de contenido de asfalto, para faja granulométrica de $\frac{3}{4}$ " es de 5,6% y para la mezcla con materiales de $\frac{1}{2}$ " se tiene un óptimo contenido de asfalto de 5,7%, la caracterización de agregados y diseño de mezcla asfáltica se puede observar en anexos 1 al 20.

3.2. Ensayo de viga semicircular simplemente apoyada.

Con los diseños de mezclas asfálticas preparar 20 briquetas con diseño de $\frac{3}{4}$ ", para obtener 40 probetas SCB y ensayar 10 probetas para cada temperatura y 40 briquetas con diseño de $\frac{1}{2}$ " para obtener 80 probetas SCB, para ensayar 20 probetas con cada temperatura de 25, 30, 35 y 40°C, respectivamente, de la siguiente manera:

- Determinar la geometría de cada probeta SCB.



Figura 13. Probeta SCB.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 14. Medición de geometría de probeta SCB.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

- Colocar probetas SCB al horno para inducir la temperatura de ensayo.



Figura 15. Colocar probetas en el horno.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

- Realizar ensayo SCB a una velocidad de 1,016 mm/min, registrar las lecturas del anillo de carga y dial de desplazamiento, hasta que la probeta falle totalmente.



Figura 16. Ejecución del ensayo SCB.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 17. Probeta SCB luego del ensayo.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor



Figura 18. Fisura en probeta luego del ensayo SCB.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 19. Probetas con fisura luego del ensayo SCB.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

- Analizar la probeta SCB luego de cada ensayo realizado.



Figura 20. Probetas luego del ensayo SCB.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

Tabla 3. Lecturas de carga y desplazamiento durante el ensayo SCB.

DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA	CARGA
(0,001)pulg	(mm)		Kg	KN
0	0	0	0	0
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	2,20	10,87	0,11
20	0,51	5,00	24,70	0,24
30	0,76	8,00	39,52	0,39
40	1,02	11,20	55,33	0,54
50	1,27	14,10	69,65	0,68
60	1,52	17,20	84,97	0,83
70	1,78	18,10	89,41	0,88
80	2,03	17,00	83,98	0,82
90	2,29	14,00	69,16	0,68
100	2,54	10,50	51,87	0,51
110	2,79	8,50	41,99	0,41
120	3,05	6,80	33,59	0,33
130	3,30	5,30	26,18	0,26
140	3,56	4,80	23,71	0,23
150	3,81	3,00	14,82	0,15
160	4,06	2,20	10,87	0,11
170	4,32	1,20	5,93	0,06
180	4,57	1,10	5,43	0,05
190	4,83	1,10	5,43	0,05

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

- Utilizar el programa AutoCAD para graficar la curva Carga – Desplazamiento para cada probeta ensayada.

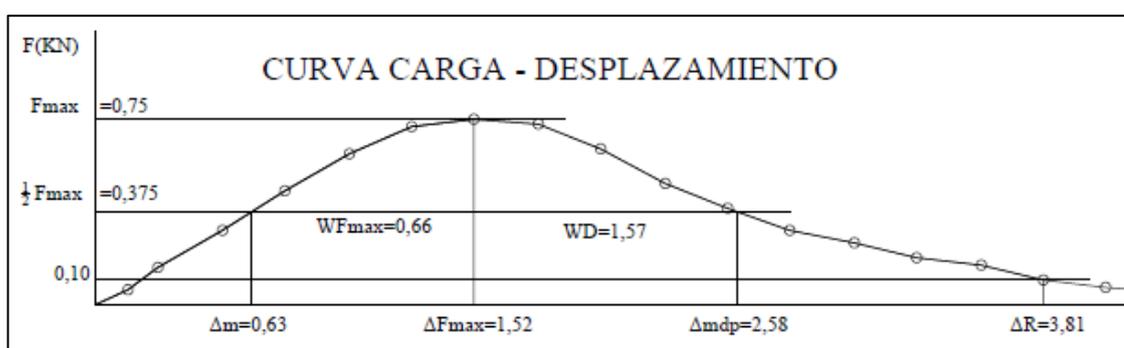


Figura 21. Curva carga desplazamiento luego del ensayo SCB.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

- De la curva Carga – Desplazamiento obtener los parámetros para cálculo de índices de Rigidez y Tenacidad, la figura y parámetros de cada ensayo se encuentran en anexos del 21 al 100 para mezcla de 1/2" y 125 al 164 para mezcla de 3/4" respectivamente.

Tabla 4. Parámetros obtenidos de la curva carga – desplazamiento.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F- Δ WD (kN-mm)	ΔF_{max} (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δm_{dp} (mm)
0,75	0,375	0,63	3,81	1,57	1,52	0,66	2,58

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

3.3. Índice de rigidez y tenacidad de la mezcla asfáltica.

Con los parámetros obtenidos de la Curva Carga – Desplazamiento, determinar los Índices de Rigidez y Tenacidad de la mezcla asfáltica para cada temperatura de ensayo.

El índice de rigidez para cada mezcla asfáltica se calcula con la ecuación 4, de la siguiente forma:

Tabla 5. Cálculo del índice de rigidez.

MUESTRA Nº.	Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)
1-A	0,88	0,44	0,85	0,52
1-B	0,65	0,33	0,56	0,58
2-A	0,90	0,45	1,31	0,34
2-B	0,95	0,48	0,56	0,85
3-A	0,60	0,30	0,73	0,41
16-A	1,50	0,75	1,02	0,74
16-B	1,16	0,58	0,76	0,76
17-A	2,06	1,03	1,41	0,73
17-B	1,50	0,75	0,99	0,76
18-A	1,21	0,61	0,83	0,73
18-B	1,57	0,79	1,02	0,77
19-A	1,60	0,80	1,01	0,79
19-B	1,40	0,70	0,95	0,74
20-A	1,50	0,75	1,04	0,72
20-B	1,21	0,61	0,83	0,73
21-A	1,26	0,63	0,87	0,72
21-B	1,36	0,68	0,66	1,03
22-A	1,44	0,72	1,07	0,67
22-B	1,31	0,66	0,87	0,75
23-A	1,45	0,73	1,01	0,72

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

El índice de tenacidad para cada mezcla se calcula con la ecuación 5, de la siguiente forma:

Tabla 6. Cálculo del índice de tenacidad.

MUESTRA N°.	ΔR (mm)	Área curva F- Δ WD (kN-mm)	ΔF_{max} (mm)	Área prepico WF $_{max}$ (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Δm_{dp} (mm)	ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m ²)*mm]
1-A	4,11	1,81	1,78	0,82	0,060	0,045	2,71	0,34
1-B	4,02	1,60	1,27	0,46	0,061	0,042	3,30	0,89
2-A	3,56	1,59	2,29	0,92	0,058	0,043	3,05	0,20
2-B	2,03	0,96	1,27	0,60	0,057	0,042	1,71	0,07
3-A	3,16	1,07	1,78	0,61	0,053	0,043	2,54	0,15
16-A	3,81	2,97	2,03	1,52	0,061	0,043	2,98	0,52
16-B	3,98	2,37	1,78	1,12	0,060	0,041	2,79	0,52
17-A	3,87	4,06	2,54	2,42	0,059	0,046	3,36	0,49
17-B	3,88	2,94	2,03	1,52	0,061	0,043	2,95	0,50
18-A	3,97	2,58	2,03	1,40	0,059	0,038	2,94	0,48
18-B	4,06	3,19	2,03	1,66	0,057	0,043	2,88	0,53
19-A	3,98	3,21	2,03	1,74	0,062	0,040	2,87	0,50
19-B	4,00	3,00	2,03	1,54	0,066	0,040	3,02	0,54
20-A	3,91	3,20	2,29	1,85	0,055	0,042	3,18	0,53
20-B	3,87	2,51	2,03	1,39	0,053	0,035	2,89	0,52
21-A	3,87	2,25	1,78	0,66	0,058	0,036	2,48	0,53
21-B	3,91	2,95	1,78	1,43	0,058	0,044	2,87	0,65
22-A	4,02	2,83	2,03	1,41	0,063	0,039	2,93	0,52
22-B	4,05	2,81	2,03	1,43	0,063	0,043	3,02	0,51
23-A	4,02	2,68	1,78	1,25	0,059	0,041	2,65	0,51

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

La tabla 5 y 6, indican los resultados de índice de rigidez y tenacidad para mezcla asfáltica con materiales de ½”, ensayados a 25°C, los demás resultados están en anexos 101 al 116 para mezcla de ½” y 165 al 180 para mezcla de ¾” respectivamente.

3.4. Energía disipada durante el proceso de fractura.

Para determinar la energía disipada durante el proceso de fractura utilizamos la ecuación 2, los resultados comparar con el valor mínimo considerado como criterio de falla, que es de 0,65 KJ/M2, según recomienda Mostafa E., Louay N. Mohammad, Hao Ying, and Samuel Cooper, en su investigación: Modeling and Evaluation of the Cracking Resistance of Asphalt Mixtures Using the Semi-Circular Bending Test at Intermediate Temperatures.

La tabla 7, indica los valores obtenidos de energía disipada durante el proceso de fractura de la probeta ensayada a 25°C, con materiales pétreos de ½”, los resultados del resto de ensayos se pueden observar en anexos 103 al 116 para mezcla de ½” y 168 al 180 para mezcla de ¾”.

Tabla 7. Cálculo de la energía disipada en el proceso de fractura.

MUESTRA N°.	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Energía disipada Jc (J/m ²)	Energía disipada Jc (KJ/M ²)	Minimo Jc (KJ/M ²)	
1-A	1,81	0,06	0,045	667,04	0,67	0,65	
1-B	1,60	0,06	0,042	618,62	0,62		
2-A	1,59	0,06	0,043	633,11	0,63		
2-B	0,96	0,06	0,042	394,45	0,39		
3-A	1,07	0,05	0,043	470,14	0,47		
16-A	2,97	0,06	0,043	1123,70	1,12		
16-B	2,37	0,06	0,041	968,90	0,97		
17-A	4,06	0,06	0,046	1489,47	1,49		
17-B	2,94	0,06	0,043	1126,09	1,13		
18-A	2,58	0,06	0,038	1146,54	1,15		
18-B	3,19	0,06	0,043	1310,71	1,31		
19-A	3,21	0,06	0,040	1293,43	1,29		
19-B	3,00	0,07	0,040	1130,71	1,13		
20-A	3,20	0,06	0,042	1401,97	1,40		
20-B	2,51	0,05	0,035	1351,88	1,35		
21-A	2,25	0,06	0,036	1066,84	1,07		
21-B	2,95	0,06	0,044	1152,71	1,15		
22-A	2,83	0,06	0,039	1144,54	1,14		
22-B	2,81	0,06	0,043	1056,19	1,06		
23-A	2,68	0,06	0,041	1106,57	1,11		
PROMEDIO:					1,03		

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

3.5. Análisis de resultados.

Luego de obtener los parámetros del ensayo SCB, analizar el comportamiento de cada mezcla asfáltica tanto para diseño de ¾” como para diseño de ½”, para cada temperatura de ensayo.

Con la curva carga desplazamiento analizar la sensibilidad del ensayo, para evidenciar el comportamiento y variación de las propiedades de cada mezcla asfáltica al variar la temperatura de ensayo a 25°C, 30°C, 35°C y 40°C.

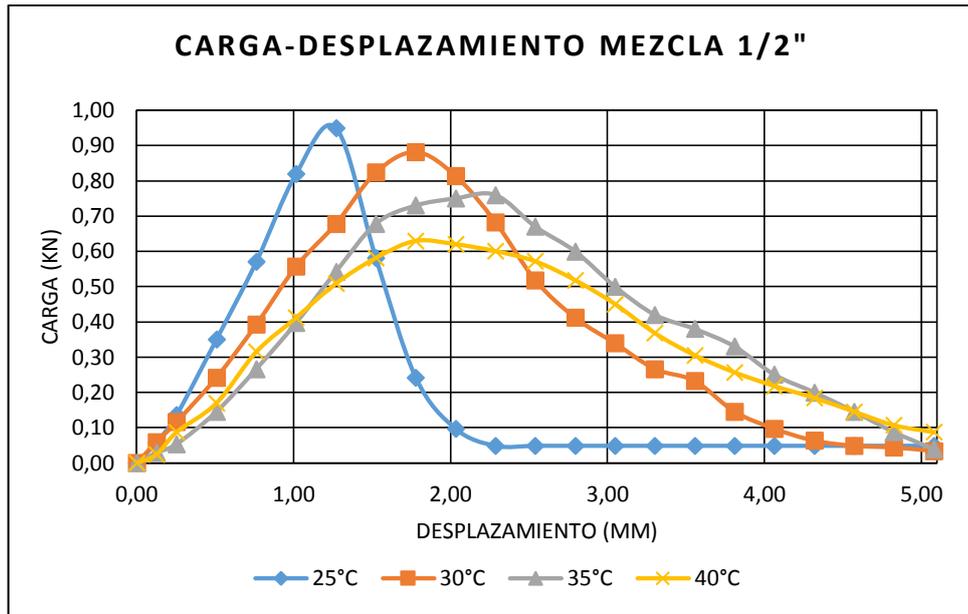


Figura 22. Curva carga desplazamiento para diferentes temperaturas, mezcla 1/2".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

La figura 22, curva carga desplazamiento para mezcla con materiales de 1/2", indica que a menor temperatura la mezcla presenta un comportamiento más frágil, es claro que a 25°C, la carga adquiere un valor superior y sube aceleradamente hasta alcanzar su valor máximo y luego descender rápidamente, mientras que para valores de temperaturas de 30, 35 y 40°C, su comportamiento es más flexible y similar, produciendo curvas homogéneas pero con valores de carga menores respectivamente.

Con relación a la capacidad de deformación de la mezcla asfáltica con materiales de 1/2", para las probetas ensayadas a 30°C, 35°C y 40°C, presentan un comportamiento más dúctil que para la probeta ensayada a 25°C, esto se evidencia al observar el comportamiento descendente en la cola de la curva para cada temperatura de ensayo.

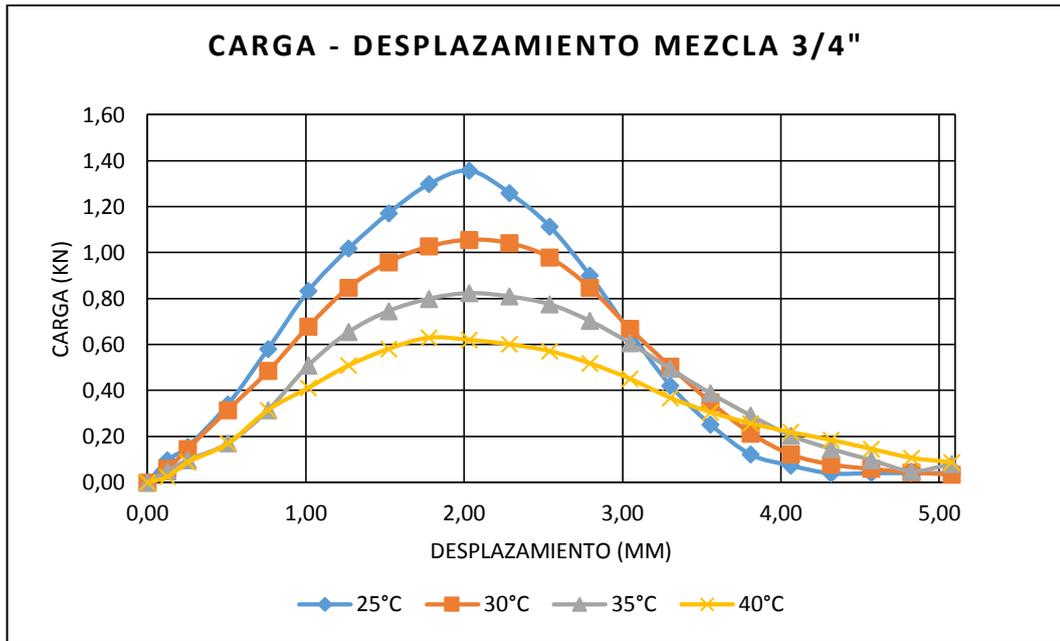


Figura 23. Curva carga desplazamiento para diferentes temperaturas, mezcla 3/4"

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

La figura 23, curva carga desplazamiento para mezcla con materiales de 3/4", indica un comportamiento similar para todas las temperaturas de ensayo, a diferencia que para la mezcla con materiales de 1/2", que presenta un comportamiento diferente para el ensayo SCB a 25°C, que sube aceleradamente y luego desciende rápidamente, así mismo para la mezcla de 3/4" es evidente que a 25°C de temperatura de ensayo, la carga tiene un valor superior que para valores de temperaturas de 30, 35 y 40°C, respectivamente, pero la capacidad de deformación es similar para todas las temperaturas de ensayo, esto se evidencia en las curvas homogéneas de la gráfica, y así mismo la carga disminuye conforme se incrementa la temperatura de ensayo.

Al analizar la pendiente de caída de las curvas, para las dos mezclas estudiadas, se tiene que para la mezcla de 1/2" a temperatura de 25°C de ensayo, la pendiente es prácticamente vertical ya que la rotura se produce de forma frágil. Al incrementar la temperatura de ensayo, la rotura es más dúctil en las dos mezclas estudiadas y la pendiente post-pico se va tendiendo con un desplazamiento de rotura mayor.

La sensibilidad del ensayo SCB frente a la variación de temperaturas de ejecución para cada mezcla asfáltica, se puede apreciar en las siguientes figuras.

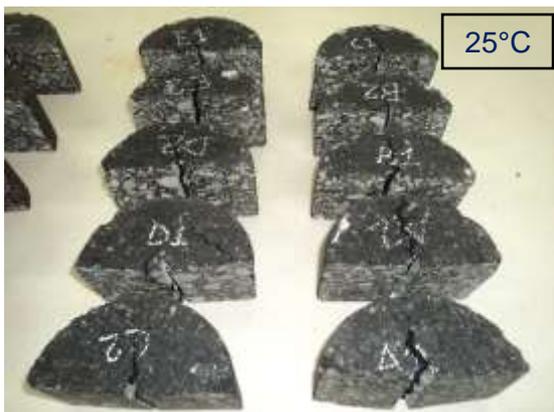


Figura 24-A. Probetas a 25°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 24-B. Probetas a 25°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

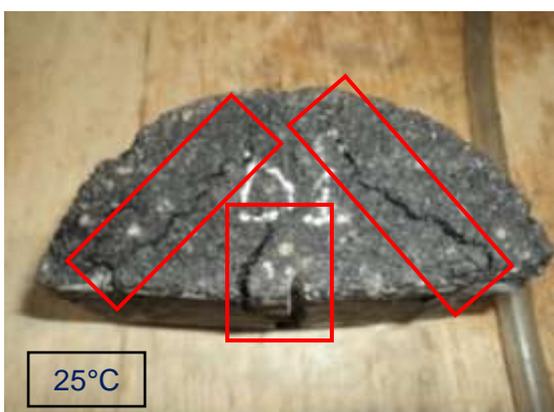


Figura 25-A. Fisura a 25°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

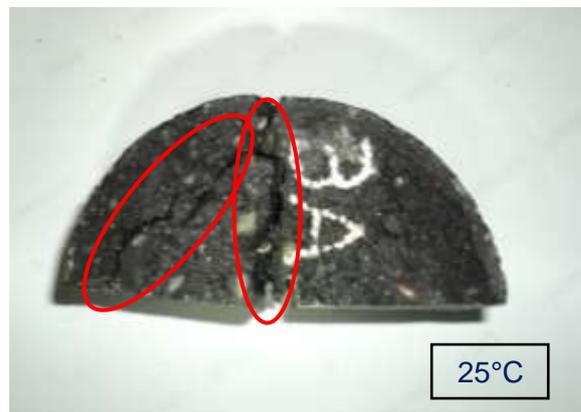


Figura 25-B. Fisura a 25°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

La figura 25-A y 25-B, para mezcla de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " respectivamente, muestran que a temperatura de ensayo de 25°C, la fisura se produce bruscamente en toda la probeta, dejando áridos fracturados a medida que progresa la fisura, e incluso por la gran rigidez y fragilidad de la mezcla asfáltica se producen fisuras fuera del plano de falla inducido, para la mezcla de $\frac{3}{4}$ " a diferencia de la mezcla de $\frac{1}{2}$ " se producen fisuras exactamente en los puntos de apoyo de la base prolongándose en dirección del apoyo superior, y una tercera fisura se produce fuera de la ranura provocada para inducir el plano de falla, analizando la probeta ensayada este comportamiento se debe a la presencia de material pétreo grueso que provoca una mayor resistencia en la probeta produciendo la fisura directamente en los puntos de contacto de la probeta con el dispositivo de ensayo, esto demuestra claramente el comportamiento mucho más frágil de la mezcla asfáltica con materiales de $\frac{3}{4}$ " que la mezcla con materiales de $\frac{1}{2}$ ", así

como también las dos mezclas asfálticas a menor temperatura experimentan una mayor fragilidad que a mayor temperatura de ensayo.

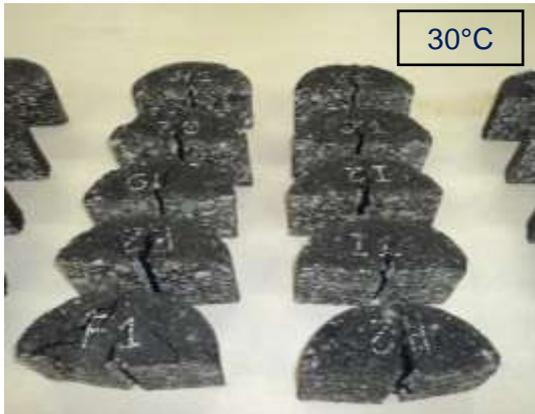


Figura 26-A. Probetas a 30°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 26-B. Probetas a 30°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

Las figuras 26-A y 26-B, ilustran fácilmente la forma de las fisuras en la superficie de las probetas ensayadas a 30°C, para las dos mezclas las fisuras son menos pronunciadas y se producen siguiendo el plano de falla inducido.



Figura 27-A. Fisura a 30°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 27-B. Fisura a 30°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

La figura 27- A y 27-B, para mezcla de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", respectivamente, muestran claramente que a una temperatura de ensayo de 30°C, la fisura es menos pronunciada y se produce en el plano de falla inducido, así mismo observando la probeta ensayada se verifica que la fisura se produce siguiendo los contornos de los agregados ya sin fracturarlos, pero aún la fisura se propaga en toda la probeta aunque con menor intensidad, este comportamiento demuestra que para las dos mezclas analizadas al incrementar la temperatura de ensayo estas van

adquiriendo flexibilidad y perdiendo su estado frágil, así mismo se puede argumentar también que a esta temperatura de ensayo la mezcla ha incrementado su tenacidad.



Figura 28-A. Probetas a 35°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 28-B. Probetas a 35°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 29-A. Fisura a 35°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 29-B. Fisura a 35°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

La figura 29-A y 29-B, para mezcla de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " respectivamente, muestran que a 35°C de temperatura de ensayo las dos mezclas son bastante flexibles, la fisura es poco pronunciada y no llega al borde de la probeta, este comportamiento es similar para las dos mezclas analizadas, así mismo es evidente que al incrementar la temperatura de ensayo ha disminuido notablemente la rigidez de las mezclas asfálticas y por otro lado su tenacidad ha incrementado lo que hace que la mezcla se mantenga unida como una sola masa asfáltica.



Figura 30-A. Probetas a 40°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 30-B. Probetas a 40°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

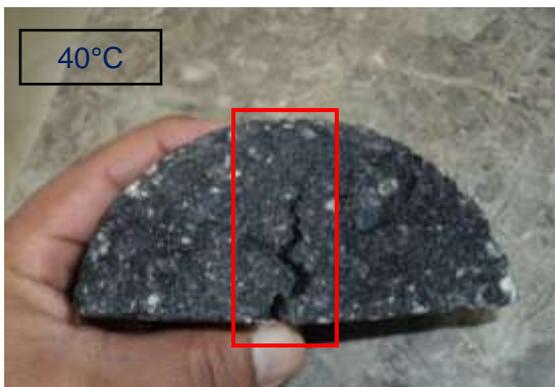


Figura 31-A. Fisura a 40°C, mezcla de $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.



Figura 31-B. Fisura a 40°C, mezcla de $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

La figura 31-A y 31-B, para mezcla de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " respectivamente, muestran que a 40°C de temperatura de ensayo las dos mezclas son bastante flexibles y la fisura apenas se produce en el plano de falla inducido y no avanza ni se propaga con mayor longitud en la probeta, esto se debe a que la mezcla asfáltica por el incremento de temperatura ha disminuido notablemente su rigidez y su consistencia es más flexible.

Así mismo la investigación permite analizar el comportamiento de las dos mezclas asfálticas para los parámetros de carga máxima y desplazamiento de rotura, para las diferentes temperaturas de ensayo, la tabla 8 indica un resumen de la carga máxima para las dos mezclas y los valores para cada probeta se pueden observar en los anexos 101 al 116 para mezcla de $\frac{1}{2}$ " y 165 al 180 para mezcla de $\frac{3}{4}$ " respectivamente.

Tabla 8. Resumen carga máxima – temperatura.

CARGA MÁXIMA - TEMPERATURA		
TEMPERATURA (°C)	CARGA MÁXIMA (KN) MEZCLA DE 1/2"	CARGA MÁXIMA (KN) MEZCLA DE 3/4"
25	1,28	1,58
30	1,05	1,24
35	0,87	1,05
40	0,69	0,79

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

La figura 32, representa el comportamiento de la probeta SCB sometida a carga al variar la temperatura de ensayo, para la mezcla de 1/2" a una temperatura de 25°C, la carga alcanza un valor de 1,28 KN, que es mayor que para el resto de ensayos, al realizar la prueba a 30°C la carga disminuye su valor a 1,05 KN, luego al incrementar la temperatura a 35°C nuevamente baja hasta llegar a 0,87 KN, y para ensayo realizado a 40°C la carga baja más aun llegando a 0,69 KN, mientras que para la mezcla de 3/4" la carga alcanza valores de 1,58 KN; 1,24 KN; 1,05 KN y 0,79 KN para temperaturas de 25, 30, 35 y 40°C respectivamente.

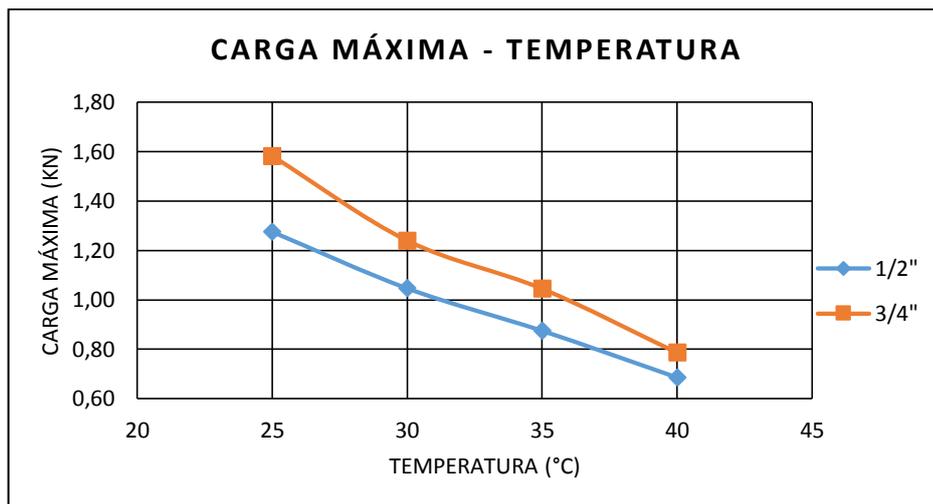


Figura 32. Carga máxima Vs Temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

Estos valores de carga máxima obtenidos indican que para temperatura de 25°C de ensayo, las dos mezclas alcanzan su punto más alto con respecto a la carga que puede soportar, esto se debe principalmente a que a esta temperatura de ensayo la mezcla presenta un comportamiento rígido para los dos casos y luego desciende paulatinamente a medida que se

incrementa cada temperatura de ensayo, debido básicamente al comportamiento flexible y a la pérdida de rigidez de la mezcla.

Al analizar los valores de carga para las dos mezclas estudiadas se evidencia que la mezcla de ¾", soporta mayor carga que la mezcla de ½", en cada temperatura de ensayo, este comportamiento se da debido al contenido de materiales pétreos de mayor dimensión en la mezcla, lo que proporciona una mejor trabazón de los agregados y por lo tanto una mayor resistencia a la carga aplicada.

La tabla 9, indica un resumen del desplazamiento de rotura para cada mezcla a diferentes temperaturas de ensayo, el resultado de cada probeta se encuentran en anexos 101 al 116 para mezcla de ½" y 165 al 180 para mezcla de ¾" respectivamente.

Tabla 9. Resumen desplazamiento de rotura – temperatura.

DESPLAZAMIENTO DE ROTURA - TEMPERATURA		
TEMPERATURA (°C)	DESPLAZAMIENTO DE ROTURA (mm) MEZCLA DE 1/2"	DESPLAZAMIENTO DE ROTURA (mm) MEZCLA DE 3/4"
25	3,96	3,88
30	4,27	4,17
35	4,50	4,39
40	4,93	4,67

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

En la figura 33, se analiza el desplazamiento de rotura de las probetas SCB de las dos mezclas estudiadas, los valores obtenidos para los dos casos nos indica como incrementa el desplazamiento de rotura a medida que sube la temperatura de ensayo, para la mezcla de ½" se tiene que a 25°C de temperatura de ensayo, el desplazamiento de rotura se produce a 3,96 mm, mientras que para el ensayo realizado a 30°C, 35°C y 40°C, el desplazamiento de rotura se produce a 4,27 mm; 4,50 mm y 4,93 mm respectivamente, mientras que para la mezcla de ¾" el desplazamiento se produce a 3,88 mm; 4,17 mm; 4,39 mm y 4,67 mm para temperaturas de ensayo de 25, 30, 35 y 40°C respectivamente, evidenciando en los dos casos un incremento en el desplazamiento de rotura conforme sube la temperatura de ensayo, esto demuestra claramente que la mezcla asfáltica posee un comportamiento visco-elástico, lo cual le permite un comportamiento flexible al incremento de temperatura.

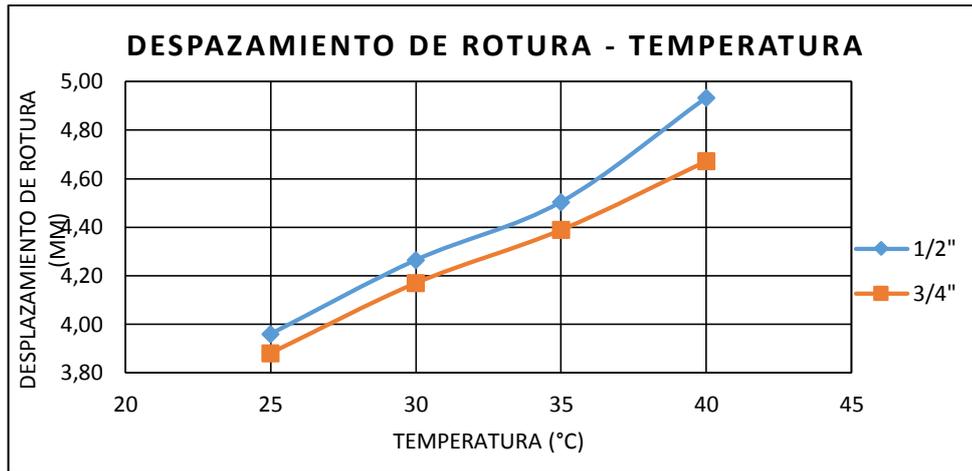


Figura 33. Desplazamiento de rotura Vs Temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

Analizando los valores del desplazamiento de rotura para las dos mezclas estudiadas se evidencia que la mezcla de $\frac{3}{4}$ ", adquiere valores menores de desplazamiento de rotura que la mezcla de $\frac{1}{2}$ ", en cada temperatura de ensayo, este comportamiento es debido a la presencia de materiales pétreos de mayor dimensión en la mezcla de $\frac{3}{4}$ ", lo que produce que la mezcla posea menor flexibilidad y por lo tanto alcanzando su desplazamiento de rotura con un menor recorrido.

A diferencia con la carga máxima que soporta la mezcla de $\frac{3}{4}$ ", la presencia de materiales pétreos más gruesos le dan mayor resistencia a una fuerza aplicada, pero en cambio el desplazamiento de rotura se produce más temprano que para la mezcla de $\frac{1}{2}$ ", esto por la presencia de mayor cantidad de materiales finos en la mezcla de $\frac{1}{2}$ ", que le proporcionan mejor flexibilidad y mayor desplazamiento de rotura.

Para analizar el índice de rigidez y tenacidad para cada mezcla estudiada a diferentes temperaturas de ensayo se ha procedido a realizar una estadística de todos los resultados obtenidos, lo cual ha permitido seleccionar de mejor manera los resultados y así tener parámetros más reales y luego determinar el coeficiente de variación de los resultados obtenidos para validar la investigación.

El análisis estadístico se realiza utilizando diagramas de caja, que permite medir la tendencia central de los resultados obtenidos, y basada en cuartiles ayuda a presentar un conjunto de datos, para ello es necesario los siguientes estadísticos: valor mínimo, Q1 (primer cuartil), mediana, Q3 (tercer cuartil) y valor máximo, de la siguiente forma.

Ordenar de menor a mayor los resultados tanto del índice de rigidez como de tenacidad para cada mezcla estudiada y a diferente temperatura de ensayo, para cada caso determinar la mediana, el primer y tercer cuartil (Q1 y Q3 respectivamente), luego calcular el rango intercuartil restando (Q3-Q1), para obtener los límites internos del conjunto de datos. Con los datos ubicados dentro de los límites internos calculamos la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación, la tabla 10 indica el análisis estadístico del índice de rigidez a 25°C, para mezcla asfáltica de 3/4", los demás resultados están en anexos 117 al 124 para mezcla de 1/2" y anexo 181 al 188 para mezcla de 3/4" respectivamente.

Tabla 10. Análisis estadístico del índice de rigidez.

T= 25°C	GRANULOMETRÍA 3/4"								
ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,79	0,732								
0,82	0,781					0,781			
0,80	0,791		0,791		0,75	0,791			
0,82	0,792					0,792			
0,79	0,794	0,798		0,025		0,794	0,80	0,01	1,79
0,78	0,802					0,802			
0,79	0,813					0,813			
0,82	0,815		0,815		0,85	0,815			
0,81	0,816					0,816			
0,73	0,824					0,824			

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

Con el análisis estadístico del índice de rigidez y tenacidad para las dos mezclas estudiadas a diferentes temperaturas analizar el comportamiento de la mezcla asfáltica, la tabla 11 indica un resumen de los resultados de índice de rigidez obtenido para cada mezcla a diferente temperatura de ensayo.

Tabla 11. Resumen índice de rigidez – temperatura.

ÍNDICE DE RIGIDEZ - TEMPERATURA		
TEMPERATURA (°C)	ÍNDICE DE RIGIDEZ (KN/mm) MEZCLA DE 1/2"	ÍNDICE DE RIGIDEZ (KN/mm) MEZCLA DE 3/4"
25	0,75	0,80
30	0,57	0,67
35	0,48	0,57
40	0,39	0,48

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

En la figura 34, se representa el comportamiento del índice de rigidez de las dos mezclas estudiadas a medida que se incrementa la temperatura de ensayo, para la mezcla de 1/2" se tiene que a 25°C el valor de índice de rigidez es de 0,75 KN/mm, valor mayor que para los ensayos realizados a 30°C que es 0,57 KN/mm, 35°C que es 0,48 KN/mm y 40°C que es 39 KN/mm, respectivamente, así mismo para la mezcla de 3/4" se tiene valores de índice de rigidez de 0,80 KN/mm; 0,67 KN/mm; 0,57 KN/mm y 0,48 KN/mm para temperaturas de 25, 30, 35 y 40°C respectivamente, este comportamiento de la rigidez se debe a que a menor temperatura la mezcla asfáltica posee mayor resistencia a la fisura y por lo tanto brinda mayores valores de índice de rigidez, también es evidente que la mezcla al estar expuesta a mayor temperatura se vuelve más flexible perdiendo su rigidez y haciéndose más blanda.

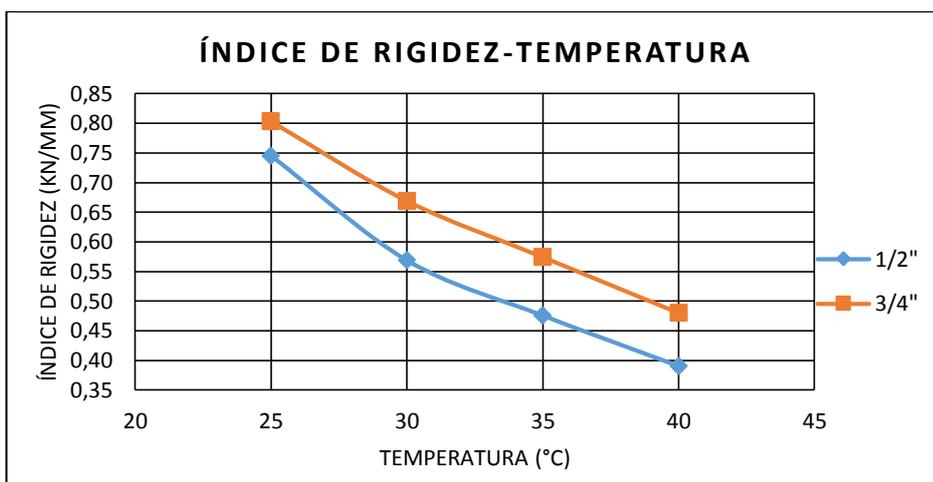


Figura 34. Índice de rigidez Vs Temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

Al analizar los valores del índice de rigidez de las dos mezclas se tiene que las probetas con mezcla de 3/4" poseen valores superiores de índice de rigidez que las probetas fabricadas con mezcla de 1/2", esto nos indica claramente que la mezcla de 1/2" es más flexible que la mezcla de 3/4".

Así mismo el índice de rigidez de la mezcla asfáltica está relacionada con el valor de carga máxima, comparando los valores de carga de la mezcla de 3/4" son superiores que la carga de la mezcla de 1/2", lo cual también refleja valores superiores de índice de rigidez para la mezcla de 3/4" que para la mezcla de 1/2".

La tabla 12 indica un resumen de los resultados de índice de tenacidad obtenido para cada mezcla a diferente temperatura de ensayo.

Tabla 12. Resumen índice de tenacidad – temperatura.

ÍNDICE DE TENACIDAD - TEMPERTURA		
TEMPERATURA (°C)	ÍNDICE DE TENACIDAD (J/m ²)*mm MEZCLA DE 1/2"	ÍNDICE DE TENACIDAD (J/m ²)*mm MEZCLA DE 3/4"
25	0,51	0,43
30	0,61	0,55
35	0,67	0,60
40	0,77	0,69

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

En la figura 35, se representa el comportamiento del valor del índice de tenacidad para las dos mezclas estudiadas, así se tiene que para la mezcla de 1/2" a 25°C de temperatura de ensayo el índice de tenacidad es de 0,51 (J/m²)*mm, valor menor que para 30°C que es de 0,61 (J/m²)*mm, para 35°C es de 0,67 (J/m²)*mm y para 40°C de temperatura de ensayo es de 0,77 (J/m²)*mm respectivamente, mientras que para la mezcla de 3/4" se tiene índices de tenacidad de 0,43 (J/m²)*mm; 0,55 (J/m²)*mm; 0,60 (J/m²)*mm y 0,69 (J/m²)*mm respectivamente, para las dos mezclas estudiadas el índice de tenacidad incrementa conforme sube la temperatura de ensayo, esto se produce debido al comportamiento visco-elástico del asfalto que hace que a mayores temperaturas las partículas de la mezcla se mantengan muy unidas entre sí y por lo tanto tengan un valor mayor de índice de tenacidad.

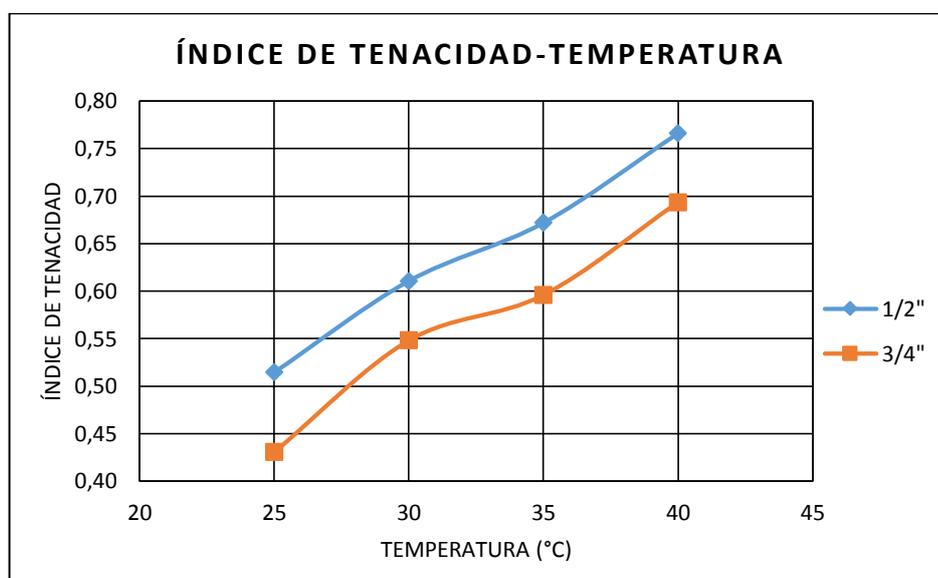


Figura 35. Índice de tenacidad Vs Temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

Al comparar las curvas de la figura 35, se tiene que las probetas elaboradas con mezcla de 1/2" tienen valores de índice de tenacidad más elevados que la mezcla de 3/4", esto se explica por la razón que la mezcla de 1/2" al ser menos rígida permite mantener más unidas sus componentes haciendo que la mezcla sea más tenaz.

Así mismo el ensayo SCB permite analizar el índice de rigidez y tenacidad en función de la granulometría utilizada para la mezcla asfáltica, así para la mezcla de 1/2" se tiene que es menos rígida pero más tenaz a diferencia que la mezcla de 3/4" que es más rígida pero su tenacidad es menor, esto se explica al observar el desplazamiento que se produce en la curva post-pico, que analiza el rango elástico y plástico del material una vez que alcanza su máxima resistencia.

Para evaluar el comportamiento de las dos mezclas asfálticas es necesario determinar el valor de energía disipada durante el proceso de fractura, la tabla 13 indica un resumen del valor de la energía disipada para cada mezcla a diferentes temperaturas de ensayo, el resultado de cada probeta se encuentra en anexo 103 al 116 para mezcla de 1/2" y 168 al 180 para mezcla de 3/4".

Tabla 13. Resumen energía disipada – temperatura.

ENERGÍA DISIPADA - TEMPERATURA		
TEMPERATURA (°c)	ENERGÍA DISIPADA (KJ/M2) MEZCLA DE 1/2"	ENERGÍA DISIPADA (KJ/M2) MEZCLA DE 3/4"
25	1,03	1,19
30	0,92	0,99
35	0,82	0,91
40	0,72	0,80

Fuente: Ensayo SCB.

Elaborado por: Autor.

La figura 36, indica el comportamiento de las dos mezclas asfálticas estudiadas, representado a través de la energía disipada durante el proceso de fractura al hacer incrementar la temperatura de ensayo, así se tiene que para la mezcla de 1/2" a 25°C de temperatura de ensayo la energía disipada es de 1,03 KJ/m2, para 30°C la energía disipada es de 0,92 KJ/m2, mientras que para 35°C el valor de energía disipada es de 0,82 KJ/m2, y para 40°C de temperatura de ensayo el valor de energía disipada baja a 0,72 KJ/m2, mientras que para la mezcla de 3/4" la energía disipada es de 1,19 KJ/m2; 0,99 KJ/m2; 0,91 KJ/m2; y 0,80 KJ/m2 para temperaturas de ensayo de 25, 30, 35 y 40°C respectivamente, esto nos indica que el valor de energía disipada varía con la temperatura de ensayo, es así que para las dos mezclas

estudiadas a menor temperatura de ensayo se tiene mayor valor de energía disipada y mientras sube la temperatura de ensayo la energía disipada disminuye su valor.

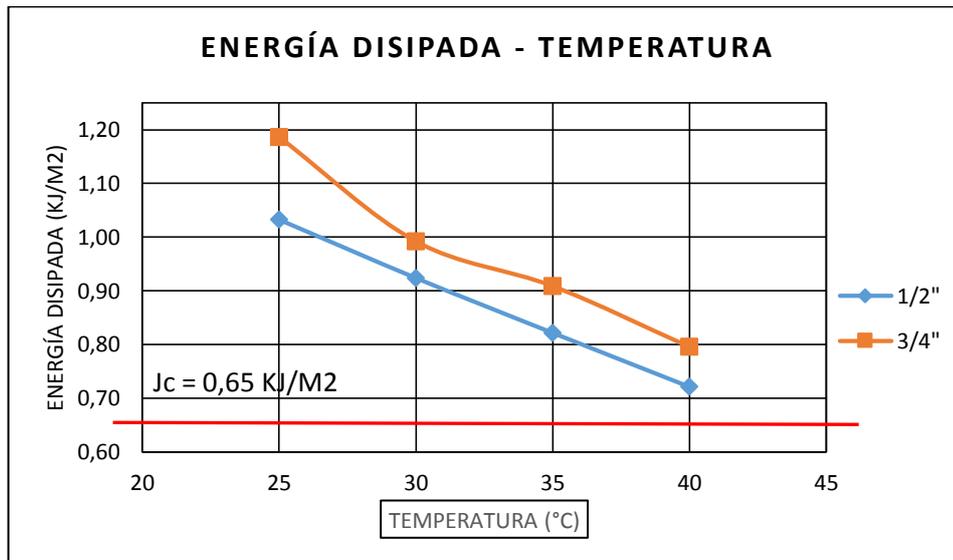


Figura 36. Energía disipada Vs Temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

Al comparar las curvas de la figura 36, se tiene que las probetas elaboradas con mezcla de $\frac{1}{2}$ " tienen valores de energía disipada menores que la mezcla de $\frac{3}{4}$ ", esto se explica por la razón que la mezcla de $\frac{1}{2}$ " al ser menos rígida no presenta mayor resistencia a la fractura y por lo tanto el trabajo realizado hasta la falla de la probeta también es menor, además si consideramos la granulometría de cada mezcla podemos deducir que al tener la presencia de agregados más gruesos en las probetas con mezcla de $\frac{3}{4}$ ", estos le permiten tener mayor resistencia, mayor rigidez y por lo tanto mayor energía disipada que las probetas elaboradas con materiales de $\frac{1}{2}$ ".

Así mismo comparando los valores de energía disipada durante el proceso de fractura para las dos mezclas estudiadas, nos da valores superior al parámetro mínimo recomendado como criterio de falla que es $0,65 \text{ KJ/m}^2$, esto nos indica que cuanto mayor es la energía disipada mayor es la resistencia a la fisuración y las mezclas asfálticas analizadas cumplen este parámetro que es muy importante a la hora de valorar la cohesión de la mezcla, pues tiene en cuenta todo el proceso de rotura del material tras la carga máxima, que en los materiales bituminosos es de gran importancia.

Normas utilizadas en la presente investigación:

Tabla 14. Resumen de normas utilizadas.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	NORMA
1	Análisis granulométrico	ASTM C 136
2	Tamaños máximos nominales para la selección de los agregados	ASTM D 3515
3	Peso específico y absorción agregado fino	ASTM C 85
4	Peso específico y absorción agregado grueso	ASTM C 84
5	Diseño de mezclas por el método Marshall e interpretación de resultados	AASHTO T 245
6	Ensayo Rice (Densidad teórica máxima)	ASTM D 2041-03
7	Peso específico bulk de las briquetas compactadas	ASTM D 1188-96
8	Relación Estabilidad / Flujo Marshall	INVIAS ENV 748
9	Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 44: Propagación de fisuras por ensayo de curvatura semicircular	PNE-prEN 12697-44.

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Autor.

CONCLUSIONES.

- Fabricar todo el dispositivo que permita asentar la probeta para ensayo SCB, esto es la base con dos apoyos circulares y el apoyo superior también circular que permite acoplar todo el dispositivo con la maquina VERSA TESTER, esto se realiza con materiales y mano de obra local, de acuerdo a la norma PNE-prEN 12697-44.
- El ensayo SCB se realiza aplicando una carga constante para temperaturas de 25°C, 30°C, 35°C y 40°C, a una velocidad de 1,016 mm/min, para cada diseño de mezcla asfáltica.
- El método utilizado para el ensayo SCB permite varias ventajas tales como:
 - ✓ Se necesitan menor cantidad de briquetas para obtener probetas de ensayo SCB.
 - ✓ El armado del equipo es sencillo y el ensayo se lo realiza rápidamente.
 - ✓ Se puede realizar ensayos con diferentes mezclas asfálticas variando la temperatura y analizar su comportamiento.
- Una vez realizado el ensayo SCB, graficar la curva carga desplazamiento utilizando la herramienta AutoCAD, para obtener fácilmente los parámetros como carga máxima, desplazamientos y área bajo la curva para cada ensayo, ya que estos valores no se puede determinar con precisión utilizando la hoja electrónica Excel.
- En la figura 21, se puede distinguir tres tipos de desplazamientos que pueden considerarse de rotura; el primero corresponde al desplazamiento ($\Delta F_{max} = 1,52$ mm) que se produce cuando se alcanza el valor máximo de la fuerza a tracción ($F_{m\acute{a}x} = 0,75$ KN); el segundo, corresponde al desplazamiento ($1/2 F_{m\acute{a}x} = 2,58$ mm) que se alcanza cuando la carga máxima se ha reducido un (50% $F_{m\acute{a}x} = 0,375$ KN) en la curva post-pico y el tercero corresponde al desplazamiento total ($\Delta R = 3,81$ mm), cuando la fuerza a tracción se reduce a 0,1 KN.
- En la figura 32, se analiza el comportamiento de las probetas SCB sometidas a carga haciendo variar la temperatura de ensayo, comparando los valores de carga para las dos mezclas estudiadas se evidencia que la mezcla de $\frac{3}{4}$ " , soporta mayor carga que la mezcla de $\frac{1}{2}$ " en cada temperatura de ensayo, este comportamiento se da debido al contenido de materiales pétreos de mayor dimensión en la mezcla, lo que proporciona una mejor trabazón de los agregados y por lo tanto una mayor resistencia a la carga aplicada, así mismo con estos valores se puede determinar fácilmente que mientras se incrementa la

temperatura de ensayo el valor de carga máxima va disminuyendo a medida que la mezcla se va haciendo flexible y menos resistente, esto debido a que pierde su rigidez y se vuelve más elástica.

- La fuerza máxima que es capaz de soportar la mezcla asfáltica, está relacionada con la temperatura. A menor temperatura para las dos mezclas estudiadas soportan una mayor fuerza que a temperaturas más elevadas, lo cual se observa claramente en la figura 22 y 23 respectivamente, a 25°C la mezcla soporta una mayor fuerza que para 30, 35 y 40°C de temperatura de ensayo, igual comportamiento se tiene con el desplazamiento de rotura, a medida que incrementa la temperatura de ensayo de la mezcla asfáltica también incrementa el valor del desplazamiento de rotura.
- Con la figura 33, se analiza el desplazamiento de rotura de las probetas SCB de las dos mezclas estudiadas haciendo variar la temperatura de ensayo. Comparando los valores del desplazamiento de rotura para las dos mezclas estudiadas se evidencia que la mezcla de $\frac{3}{4}$ ", adquiere valores menores de desplazamiento de rotura que la mezcla de $\frac{1}{2}$ ", en cada temperatura de ensayo, este comportamiento es debido a la presencia de materiales pétreos de mayor dimensión en la mezcla de $\frac{3}{4}$ ", lo que produce que la mezcla posea mayor rigidez y por ende menor flexibilidad y por lo tanto alcanzando su desplazamiento de rotura con un menor recorrido. Así mismo se puede concluir que a medida que se incrementa la temperatura de ensayo también se incrementa el desplazamiento de rotura, esto se puede deducir fácilmente debido a la viscosidad del asfalto que hace que la mezcla asfáltica mantenga sus componentes ligadas evitando así la separación de las mismas.
- El análisis estadístico realizado a los resultados obtenidos, han permitido determinar una buena medida de tendencia central, ya que analizando el rango intercuartil, presenta valores bien bajos, lo que significa que los resultados no están muy dispersos del valor medio, lo cual permiten ubicar valores extremos muy aceptables, y por lo tanto la desviación estándar calculada indica una medida del grado de dispersión muy real con respecto al valor promedio.
- La figura 34, representa el comportamiento del índice de rigidez de las dos mezclas estudiadas, variando la temperatura de ensayo, al comparar los valores del índice de rigidez de las dos mezclas se tiene que las probetas con mezcla de $\frac{3}{4}$ " poseen valores superiores de índice de rigidez que las probetas fabricadas con mezcla de $\frac{1}{2}$ ", esto nos indica claramente que la mezcla de $\frac{1}{2}$ " es más flexible que la mezcla de $\frac{3}{4}$ ". Así mismo el índice de rigidez de la mezcla asfáltica está relacionada con el valor de carga máxima,

comparando los valores de carga de la mezcla de $\frac{3}{4}$ " son superiores que la carga de la mezcla de $\frac{1}{2}$ ", lo cual también refleja valores superiores de índice de rigidez para la mezcla de $\frac{3}{4}$ ". Así mismo la figura 34 demuestra claramente que a medida que se incrementa la temperatura de ensayo las dos mezclas asfálticas bajan simultáneamente su índice de rigidez, volviéndose más dúctiles y flexibles.

- La figura 35, representa el comportamiento del índice de tenacidad para las dos mezclas estudiadas al variar la temperatura de ensayo, comparando los valores se tiene que las probetas elaboradas con mezcla de $\frac{1}{2}$ " tienen valores de índice de tenacidad más elevados que la mezcla de $\frac{3}{4}$ ", esto se explica por la razón que la mezcla de $\frac{1}{2}$ " al ser menos rígida permite mantener más unidas sus componentes haciendo que la mezcla sea más tenaz, así mismo es evidente que a medida que se incrementa la temperatura también se incrementa la tenacidad de las dos mezclas estudiadas, pero a su vez disminuye su índice de rigidez, produciéndose un comportamiento visco-elástico de la mezcla asfáltica.
- La figura 36, indica el comportamiento de las dos mezclas asfálticas estudiadas, representado a través de la energía disipada durante el proceso de fractura al hacer incrementar la temperatura de ensayo, al comparar las curvas de la figura 36, se tiene que las probetas elaboradas con mezcla de $\frac{1}{2}$ " tienen valores de energía disipada menores que la mezcla de $\frac{3}{4}$ ", esto se explica por la razón que la mezcla de $\frac{1}{2}$ " al ser menos rígida no presenta mayor resistencia a la fractura y por lo tanto el trabajo realizado hasta la falla de la probeta también es menor, además si consideramos la granulometría de cada mezcla podemos deducir que al tener la presencia de agregados más gruesos en las probetas con mezcla de $\frac{3}{4}$ ", estos le permiten tener mayor resistencia, mayor rigidez y por lo tanto mayor energía disipada que las probetas elaboradas con materiales de $\frac{1}{2}$ ", lo cual nos indica claramente la susceptibilidad del ensayo SCB al variar la temperatura de ensayo.
- El parámetro J_c obtenido en la investigación nos indica que las dos mezclas asfálticas analizadas, variando la temperatura de ensayo a 25, 30, 35 y 40°C, presenta buena resistencia a la fisuración debido a su valor superior al mínimo recomendado como tasa crítica de liberación de energía de fractura que es 0,65 KJ/m², obteniéndose una mejor resistencia a la fisuración de la mezcla asfáltica para temperatura de ensayo de 25°C, en las dos mezclas, debido a que a esta temperatura de ensayo el valor de la energía de fractura se encuentra con un valor mayor al mínimo recomendado como criterio de falla.
- El ensayo SCB permite caracterizar las mezclas asfálticas con el índice de rigidez y tenacidad en función de la granulometría de la mezcla y variando la temperatura de ensayo

a 25, 30, 35 y 40°C, así la mezcla con granulometría de $\frac{1}{2}$ " soporta menor valor de carga, es menos rígida pero más tenaz, a diferencia que la mezcla de $\frac{3}{4}$ " que soporta mayor valor de carga, es más rígida pero su tenacidad es menor.

- Los equipos del laboratorio de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, poseen todas las condiciones técnicas necesarias para desarrollar el ensayo SCB y continuar con la línea de investigación para futuros proyectos.

RECOMENDACIONES.

- Para la caracterización de los agregados se recomienda realizar un buen muestreo de los áridos ya que al hacerlo indebidamente no se obtendrán materiales representativos, lo cual ocasionara retrasos y un diseño deficiente de la mezcla asfáltica.
- Al realizar las briquetas, es recomendable controlar el número de golpes, energía y temperatura de compactación para cada una, ya que son parámetros significativos en los resultados Marshall y en especial para la caracterización de la mezcla asfáltica a través del ensayo SCB.
- Al realizar el corte de las briquetas para obtener probetas SCB es recomendable fijar muy bien la briqueta a cortar para obtener un corte totalmente perpendicular y sin afectar los bordes de las probetas, ya que esto afecta directamente en la aplicación de carga del ensayo SCB.
- Antes de realizar el ensayo de Viga Semicircular Simplemente Apoyada es muy importante verificar cada temperatura de ensayo, se recomienda realizar control con un termómetro digital para verificar la temperatura en el interior del horno, así mismo es muy importante que antes de iniciar con la prueba SCB se introduzca al horno el equipo de apoyo de la probeta con propósito que adquiera temperatura propia y no adquiera temperatura de la probeta de ensayo.
- Durante la ejecución del ensayo es muy importante considerar el tiempo desde que la probeta sale del horno hasta que termina el ensayo, se recomienda realizarlo en menos de 2 minutos a fin de evitar que la probeta pierda temperatura y fracase la prueba.
- Para la aplicación de carga se recomienda utilizar el anillo de carga con serie 0.100-3649, el cual permite ejecutar de una manera óptima el ensayo SCB.
- Para obtener los parámetros de la curva carga – desplazamiento es recomendable realizar la gráfica en programas como AutoCAD, con la finalidad de poder medir directamente los valores de la gráfica, caso que las gráficas de Excel no permiten realizarlo con exactitud.
- Para obtener valores confiables de los ensayos realizados es recomendable realizar un análisis estadístico de los resultados, esto permitirá desechar valores que se encuentren

dentro del rango de valores válidos y proporcionara confiabilidad en los resultados obtenidos.

- Se recomienda a futuro ampliar la línea de investigación a partir del ensayo de Viga Semicircular Simplemente Apoyada, empleando otros materiales áridos, modificando el cemento asfáltico, variando la velocidad del ensayo para correlacionar resultados con otros ensayos, modificar valores de temperatura más bajos y/o altos dependiendo del clima donde se colocará la mezcla asfáltica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alia, M., Behbahani, H., Fazaeli, H. & Rezaifar, M. (2015). Experimental study on mode I fracture toughness of different asphalt mixtures.
- Alvarez, A., & Ovalles, E. (2012). Análisis de sistemas asfalto - agregado a partir de mediciones de energía superficial libre.
- Anguas, P. (2004). Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas.
- Arabani, M., & Ferdowsi, B. (2009). Evaluating The Semi-Circular Bending Test For Hma Mixtures, 22(1).
- Blazejowski, K. (2016). Resistencia a la fatiga y agrietamiento de mezclas asfálticas con diferentes betunes.
- Boaventura, R. (2010). Aplicación de normas Europeas en mezclas bituminosas.
- Campaña, G., La Hora. (2008). Analizan Asfalto ecuatoriano.
- Curipoma, C. (2015). Evaluación de la condición superficial del pavimento flexible mediante un análisis comparativo entre la metodología planteada por la normativa ecuatoriana NEVI 2012 y la metodología planteada por la normativa AASHTO.
- Fonseca, A. M. (2002). *Ingeniería De Pavimentos*. (U. C. de Colombia, Ed.) (2002nd ed.). Colombia.
- Grgich, E. Q. (2009). Análisis estadístico de resultados de ensayo de pavimentos asfálticos, http://catalogo.latu.org.uy/doc_num.php?explnum_id=1126
- Garrote, E. (2010). EL ensayo de tracción directa.
- Higuera, C., Camargo, X., & Suarez, E. (2015). Effect of aging on the properties of asphalt and asphalt mixture.

- Huamán, N. (2001). La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú.
- IPC Global. (2016). SCB Tester-Stand-Alone. Semi-Circular Bend Test System.
- Jimenez, M. A. (2013). Overlay test: Equipo de laboratorio para evaluar la resistencia al agrietamiento en mezclas asfálticas.
- Lanchas, S., Rubio, B., & Hidalgo, F. Y. E. (2012). Diseño de Mezcla SMA, Como Capa De Rodadura E Intermedia , Para empleo en españa.
http://www.proyectosma.eu/modules/mastop_publish/files/files_5087beb14dcf8.pdf
- Lind, D. Marchal, W and Wathen, S. (2015). Estadistic aplicada a los negocios y la economia.
- Mohammad, H. (2013). Effect of characteristic specifications on fracture toughness of asphalt concrete materials.
- Molenaar, J. and Molenaar, A. (2000). Fracture toughness of asphalt in the Semi-Circular Bend Test
- MTOP. (2003). Especificaciones generales para la construccion de caminos y puentes 2003
MTOP. Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones.
- Noguera, A. & Miro, R. (2011). Efecto de la tenacidad del asfalto en la resistencia a fatiga de las mezclas asfálticas.
- Nsengiyumva, G. (2015). Development of Semi-Circular Bending (SCB) Fracture Test for Bituminous Mixtures.
- Padilla, A. (2006). Mezclas asfálticas., 39–64.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>
- Palacios, J. (2015). Estudio comparativo de pruebas de fatiga dinámicas y pruebas de tracción indirecta bajo cargas monotónicas en mezclas asfálticas.
- Palma, G., Wahr, D., Perez, F. & Estay, V. (2010). Estudio del comportamiento a fatiga de mezclas asfálticas mediante el ensayo BTB.

- Paredes, L. A., Reyes-Ortiz, Ó. J., & Camacho-Tauta, J. F. (2014). Comportamiento de mezclas asfálticas densas a partir del ensayo de viga semicircular simplemente apoyada. *Revista Tecnura*, 18(41), 103.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.3.a08>
- Quishpe, S. (2013). MTOP entrega autorizacion para estudios viales _ Noticias Zamora _ La Hora Noticias de Ecuador,
http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101480927/1/Retraso_en_asfalto_de_vias_rurales_en_la_provincia.html#.WBZirMkhGV8
- Reyes, O., Alvarez, A., & Limón, P. (2012). Effect Of The Failure Criterion On The Laboratory Fatigue Response Prediction Of Hot-Mix Asphalt Mixtures.
- Reyes, O., Camacho, J., & Londoño, A. (2013). Caracterización mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo.
- Reyes, O., Camacho, J., & Reyes, F. (2005). Influencia de la temperatura y nivel de energía de compactación en las propiedades dinámicas de una mezcla asfáltica.
- Rondon, H., & Reyes, F. (2012). Evaluacion de las propiedades mecanicas de una mezcla densa en caliente modificada con asfaltita.
- Rondon, H., & Reyes, F. (2009). Influencia de las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá sobre el comportamiento mecánicos de una mezcla asfáltica.
- Valdes, G. (2011). Evaluación Del Proceso De Fisuración En Las Mezclas Bituminosas Mediante El Desarrollo De Un Nuevo Ensayo Experimental - Ensayo Fénix -, 169.
- Valdés, G., Pérez-Jiménez, F., & Botella, R. (2009). Ensayo Fénix, una Nueva Metodología para Medir la Resistencia a la Fisuración en Mezclas Asfálticas. *Revista de La Construcción*, 8(1), 114–125.
<http://upcommons.upc.edu/handle/2117/10510>
- Valdez, G., Perez-Jiménez, & Calabi, F. (2012). La fisuración en pavimentos asfálticos y sus mecanismos de deterioro.

Valdez, G., Perez-Jiménez, & Martinez, A. (2012). Influencia de la temperatura y tipo de mezcla asfáltica en el comportamiento a fatiga de los pavimentos flexibles

Valle, E., La Hora, Diario. (2013a). Las calles lojanas estan llenas de baches: Pais : La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo. LOJA.

<http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101540670#.WAI6-skhGV8>

Villar, E. G. (2012). Capítulo 3 el ensayo de tracción directa, 15–35.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3324/55872-9.pdf?sequence=9>

ANEXOS.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MUESTRA:	Triturado de 3/4	NORMA:	ASTM- C 136
OBRA:	Diseño de Mezcla Asfáltica	REALIZADO:	Ing. Nelson R. Sozoranga
LUGAR	La Teneria	FECHA:	01/03/2017
PROCEDENCIA AGREGADOS:	Mina Catamayito		

Agregado 3/4"

Tamices	Peso	Peso Ret.	% retenido	% Pasa
	Retenido	Acumulado	acumulado	
1	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	7,00	7,00	0,27	99,73
1/2	1.337,00	1.344,00	51,99	48,01
3/8	520,00	1.864,00	72,11	27,89
4	715,00	2.579,00	99,77	0,23
8	2,00	2.581,00	99,85	0,15
16	0,00	2.581,00	99,85	0,15
30	1,00	2.582,00	99,88	0,12
50	0,00	2.582,00	99,88	0,12
100	0,00	2.582,00	99,88	0,12
200	2,00	2.584,00	99,96	0,04
TOTAL	2.585,00			

Nelson R. Sozoranga M.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MUESTRA: Triturado de 1/2"

NORMA: ASTM- C 136

OBRA: Diseño de Mezcla Asfáltica

REALIZADO: Ing. Nelson R. Sozoranga

LUGAR: La Teneria

FECHA: 01/03/2017

AGREGADOS: Mina Catamayito

Agregado 1/2"

Tamices	Peso Retenido	Peso Ret. Acumulado	% retenido acumulado	% Pasa
1	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2	10,00	10,00	0,45	99,55
3/8	1.541,00	1.551,00	69,93	30,07
4	660,00	2.211,00	99,68	0,32
8	2,00	2.213,00	99,77	0,23
16	1,00	2.214,00	99,82	0,18
30	0,00	2.214,00	99,82	0,18
50	1,00	2.215,00	99,86	0,14
100	0,00	2.215,00	99,86	0,14
200	0,00	2.215,00	99,86	0,14
TOTAL	2.218,00			

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 3



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MUESTRA: Triturado de 3/8

NORMA: ASTM- C 136

OBRA: Diseño de Mezcla Asfáltica

REALIZADO: Ing. Nelson R. Sozoranga

LUGAR: Urbanización APUL

FECHA: 01/03/2017

AGREGADOS: Mina Catamayito

Agregado 3/8"

Tamices	Peso	Peso	% retenido acumulado	% Pasa
	Retenido	Ret. Acumulado		
1"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	2,00	2,00	0,05	99,95
3/8"	125,00	127,00	2,96	97,04
4"	1.844,00	1.971,00	46,00	54,00
8"	599,00	2.570,00	59,98	40,02
16"	505,00	3.075,00	71,76	28,24
30"	228,00	3.303,00	77,08	22,92
50"	424,00	3.727,00	86,98	13,02
100"	30,00	3.757,00	87,68	12,32
200"	356,00	4.113,00	95,99	4,01
TOTAL	4.285,00			

Nelson R. Sozoranga M.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MUESTRA: Arena

NORMA: ASTM- C 136

OBRA: Diseño de Mezcla Asfáltica

REALIZADO: Ing. Nelson R. Sozoranga

LUGAR: La Teneria

FECHA: 01/03/2017

PROCEDENCIA AGREGADOS: Mina Catamayito

Arena

Tamices	Peso	Peso	% retenido acumulado	% Pasa
	Retenido	Ret. Acum.		
1	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	11,00	11,00	0,00	100,00
1/2	9,00	20,00	0,42	99,58
3/8	432,00	452,00	9,46	90,54
4	408,00	860,00	18,00	82,00
8	1.098,00	1.958,00	40,98	59,02
16	1.638,00	3.596,00	75,26	24,74
30	185,00	3.781,00	79,13	20,87
50	40,00	3.821,00	79,97	20,03
100	128,00	3.949,00	82,65	17,35
200	495,00	4.444,00	93,01	6,99
TOTAL	4.778,00			

Nelson R. Sozoranga M.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

MUESTRA: Triturado 3/4
OBRA: Diseño de mezcla asfáltica
LUGAR: La Tenería
PROCEDENCIA AGREGADOS: Mina Catamayito

REALIZADO: Ing. Nelson Sozoranga
FECHA: 2-mar.-17

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDO No 1 TRITUTADO 3/4"

Material Arido # 1 (material triturado de 3/4")

GRAVEDADES ESPECIFICAS AGREGADO 3/4"

AGREGADO GRUESO

Material que pasa por el tamiz 1" y es retenido en el tamiz #4

Ensayo número	1	2	
Masa de la muestra en el aire estado sss: B	762,84	621,72	
Masa de la muestra sumergida en agua: C	482,85	389,47	
Masa de la muestra seca al horno en gr. A	754,97	619,81	
Densidad real (estado sss) Gravedad especifica Dsss en gr/cc	2,725	2,677	
Densidad seca (estado seco) Gravedad esp de masa Ds en gr/cc	2,696	2,669	
Gravedad especifica Aparente	2,774	2,691	
Porcentaje de absorción Pa en %	1,042	0,308	
Valor promedio: Dsss =	2,701	Ds =	2,683

Nelson R. Sozoranga M.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

MUESTRA: Triturado 1/2"
OBRA: Diseño de mezcla asfáltica
LUGAR: La Tenería
PROCEDENCIA AGREGADOS: Mina Catamayito

REALIZADO: Ing. Nelson Sozoranga
FECHA: 2-mar.-17

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDO 1/2"

Material (material triturado de 1/2")

GRAVEDADES ESPECIFICAS AGREGADO 1/2"

AGREGADO GRUESO

Material que pasa por el tamiz 1" y es retenido en el tamiz #4

Ensayo número	1	2
Masa de la muestra en el aire estado sss: B	750,35	700,20
Masa de la muestra sumergida en agua: C	470,85	438,35
Masa de la muestra seca al horno en gr. A	742,97	694,50
Densidad real (estado sss) Gravedad especifica Dsss en	2,685	2,674
Densidad seca (estado seco) Gravedad esp de masa Ds	2,658	2,652
Gravedad especifica Aparente	2,730	2,711
Porcentaje de absorción Pa en %	0,993	0,821
Valor promed Dsss =	2,679	Ds =
		2,655

Nelson R. Sozoranga M.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

MUESTRA: Triturado 3/8
OBRA: Diseño de mezcla asfáltica
LUGAR: La Tenería
PROCEDENCIA AGREGADOS: Mina Catamayito
REALIZADO: Ing. Nelson Sozoranga
FECHA: 2-mar.-17

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDO No 2 TRITUTADO 3/8"

Material Arido # 2 (material triturado de 3/8")

GRAVEDADES ESPECIFICAS AGREGADO 3/8"

AGREGADO GRUESO

Material retenido en el tamiz #4

Ensayo número	1
Masa de la muestra en el aire estado sss: B	604,68
Masa de la muestra sumergida en agua: C	368,71
Masa de la muestra seca al horno en gr. A	595,20
Densidad real (estado sss) Gravedad especifica Dsss en gr/cc	2,563
Densidad seca (estado seco) Gravedad esp de masa Ds en gr/cc	2,522
Gravedad especifica Aparente	2,628
Porcentaje de absorción Pa en %	1,593
Valor promedio: Dsss =	2,563
Ds =	2,522

AGREGADO FINO

Material que pasa por el tamiz #4

Ensayo número	1
Masa de la muestra de ensayo (sss) en gr.	500,00
Masa del matraz más agua en gramos: B	1285,89
Masa del matraz más agua más muestra: C	1598,34
Masa de la muestra seca al horno en gr. A	490,21
Densidad real (estado sss) Gravedad especifica Dsss en gr/cc	2,666
Densidad seca (estado seco) Gravedad esp de masa Ds en gr/cc	2,614
Gravedad especifica Aparente	2,758
Porcentaje de absorción Pa en %	1,997
Valor promedio: Dsss =	2,666
Ds =	2,614

Nelson R. Sozoranga M.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

MUESTRA: Arena
OBRA: Diseño de Mezcla Asfáltica
LUGAR: La Teneria
PROCEDENCIA AGREGADOS: Mina Catamayito
REALIZADO: Ing. Nelson Sozoranga
FECHA: 2-mar.-17

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDO No 3 ARENA GRUESA CRIVADA”

Material Arido # 3 (Arena crivada)

GRAVEDADES ESPECIFICAS ARENA

AGREGADO GRUESO

Material retenido en el tamiz #4

Ensayo número	1
Masa de la muestra en el aire estado sss: B	600,49
Masa de la muestra sumergida en agua: C	380,81
Masa de la muestra seca al horno en gr. A	596,66
Densidad real (estado sss) Gravedad especifica Dsss en gr/cc	2,733
Densidad seca (estado seco) Gravedad esp de masa Ds en gr/cc	2,716
Gravedad especifica Aparente	2,764
Porcentaje de absorción Pa en %	0,642
Valor promedio: Dsss =	2,733
Ds =	2,716

AGREGADO FINO

Material que pasa por el tamiz #4

Ensayo número	1
Masa de la muestra de ensayo (sss) en gr.	500,00
Masa del matraz más agua en gramos: B	1285,69
Masa del matraz más agua más muestra: C	1594,35
Masa de la muestra seca al horno en gr. A	490,81
Densidad real (estado sss) Gravedad especifica Dsss en gr/cc	2,613
Densidad seca (estado seco) Gravedad esp de masa Ds en gr/cc	2,565
Gravedad especifica Aparente	2,695
Porcentaje de absorción Pa en %	1,873
Valor promedio: Dsss =	2,613
Ds =	2,565

Nelson R. Sozoranga M.



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

MUESTRA: Mezcla agregados
OBRA: Diseño Mezcla Asfáltica
LUGAR: La Teneria
PROCEDENCIA AGREGADOS: Mina Catamayito

REALIZADO: Ing. Nelson Sozoranga
FECHA: 2-mar.-17

GRAVEDADES ESPECIFICAS MEZCLA ASFÁLTICA

GRAVEDAD BULK

ARIDO # 2 Tres Octavos

	100		±	
	46,00	+	54,00	
	2,522		2,614	
				2,571

ARIDO # 3 Arena

	100		±	
	18,00	+	82,00	
	2,716		2,565	
				2,591

GRAVEDAD ESPECIFICA MEZCLA

		100		±	
	15	+	25	+	60
	2,683		2,571		2,591
					2,598

Nelson R. Sozoranga M.



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

MUESTRA: Mezcla agregados
OBRA: Diseño Mezcla Asfáltica
LUGAR: La Teneria
PROCEDENCIA AGREGADOS: Mina Catamayito

REALIZADO: Ing. Nelson Sozoranga
FECHA: 2-mar.-17

GRAVEDADES ESPECIFICAS MEZCLA ASFÁLTICA

GRAVEDAD BULK

ARIDO # 2 Tres Octavos

	100		±		2,571
46,00	+	54,00			
2,522		2,614			

ARIDO # 3 Arena

	100		±		2,591
18,00	+	82,00			
2,716		2,565			

GRAVEDAD ESPECIFICA MEZCLA

		100			±		2,605
16	+	14	+	44	+	26	
2,683		2,655		2,571		2,591	

Nelson R. Sozoranga M.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

FAJA GRANULOMÉTRICA DE 1/2"

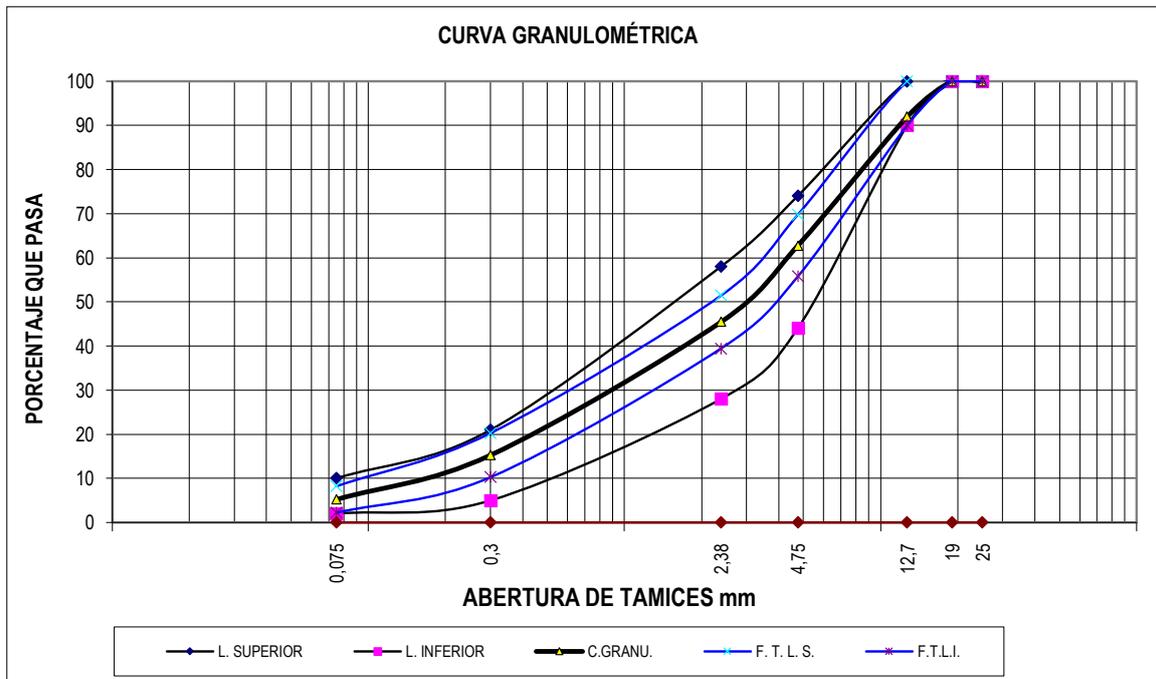
PROYECTO: TESIS DE GRADO
 LUGAR: LA TENERIA
 REALIZADO: NELSON SOZORANGA

FECHA: 03/03/2017
 OBRA: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

GRADUACIÓN DEL MATERIAL								
FRACCIÓN	TAMANO DEL TAMIZ (PORCENTAJE QUE PASA)							
	1"	3/4"	1/2"	Nº 4	Nº 8	Nº 50	Nº 200	
Triturado 3/4"	100,0	99,7	48,0	0,2	0,2	0,1	0,0	
Triturado 3/8"	100,0	100,0	100,0	54,0	40,0	13,0	4,0	
Arena	100,0	100,0	99,6	82,0	59,0	20,0	7,0	

GRADUACIÓN COMBINADA DE LA MEZCLA.								
FRACCIÓN	Porcentaje usado	TAMANO DEL TAMIZ (PORCENTAJE QUE PASA)						
		1"	3/4"	1/2"	Nº 4	Nº 8	Nº 50	Nº 200
Triturado 3/4"	15%	15,0	15,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Triturado 3/8"	25%	25,0	25,0	25,0	13,5	10,0	3,3	1,0
Arena	60%	60,0	60,0	59,7	49,2	35,4	12,0	4,2
	100%							

MEZCLA OBTENIDA		100	100	92	63	45	15	5
ESPECIFICACION MOP-001-F-2000	L. Superior	100	100	100	74	58	21	10
	L. inferior	100	100	90	44	28	5	2
TOLERANCIA (+/-)		8	8	8	7	6	5	3
FAJA DE TRABAJO	L. Superior	100	100	100	70	51	20	8
	L. inferior	100	100	90	56	39	10	2



Nelson R. Sozoranga M.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: TESIS DE GRADO
LUGAR: LA TENERIA
REALIZADO: NELSON SOZORANGA

NORMA: ASHTO T-245---ASTM D-1559-89
PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS MINA CATAMAYITO

RESULTADO DE PRUEBAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE (GRANULOMETRÍA 1/2") MÉTODO MARSHALL

Número de golpes por lado 75
Gravedad Especifica del C.A. (Ge) 1,015
Gravedad Especifica Bulk promedio de agregados 2,598
Grado del Cemento asfáltico: 85 - 100

MUESTRA	FECHA	% de Asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN	DENSIDAD			% VOLUMEN			V. A. M.	Asfalto absorbido	V.F.A. %	Porcentaje asfalto efectivo	ESPESOR	FACTOR CORREC.	ESTABILIDAD			FLUJO 0.01"
			AIRE SECO	AIRE S.S.S.	AGUA S.S.S.		BULK Probeta	Máximo Teórico	RICE	AGREG.	VACIOS	C. A.							DIAL	TABLA	CORREG.	
1	06/03/2017	4,50	1274	1278	727	551	2,312									6,80	0,89	210	2000	1780	11	
2			1301	1305	750	555	2,345									6,80	0,89	175	1700	1513	10	
3			1370	1371	792	580	2,363									7,10	0,83	211	2020	1677	11	
Promedio							2,340	2,428	2,498	86,02	6,33	7,66	13,98	1,22	54,77	3,34					1657	11
1	06/03/2017	5,00	1303	1305	753	552	2,362									6,80	0,89	220	2110	1878	11	
2			1355	1356	782	574	2,360									7,10	0,83	255	2462	2043	13	
3			1345	1345	777	568	2,368									6,94	0,86	280	2670	2296	11	
Promedio							2,363	2,410	2,480	86,42	4,71	8,88	13,58	1,23	65,34	3,83					2073	12
1	06/03/2017	5,50	1325	1325	811	514	2,577									6,33	1,00	231	2230	2230	13	
2			1307	1309	757	552	2,367									6,80	0,89	268	2570	2287	13	
3			1396	1397	765	632	2,208									7,60	0,76	300	2880	2189	12	
Promedio							2,384	2,393	2,460	86,72	3,08	10,20	13,28	1,21	76,80	4,36					2235	13
1	06/03/2017	6,00	1268	1269	735	534	2,375									6,50	0,96	237	2280	2189	16	
2			1339	1340	780	560	2,393									6,94	0,86	235	2260	1944	15	
3			1303	1304	756	548	2,380									6,80	0,89	268	2565	2283	15	
Promedio							2,382	2,376	2,436	86,20	2,20	11,60	13,80	1,11	84,06	4,96					2138	15
1	06/03/2017	6,50	1297	1298	750	548	2,368									6,80	0,89	230	2200	1958	19	
2			1373	1374	796	578	2,376									7,10	0,83	273	2620	2175	20	
3			1452	1453	844	609	2,384									7,44	0,78	241	2310	1802	18	
Promedio							2,376	2,359	2,419	85,52	1,77	12,71	14,48	1,13	87,78	5,45					1978	19
ESPECIFICACIÓN										3 - 5			15 -			1800 -			8 - 16			

Nelson Sozoranga



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

ENSAYO RICE (GRANULOMETRÍA 1/2")

MUESTRA: Producción Planta
OBRA: Diseño de Mezcla Asfáltica
LUGAR: La Teneria
PROCEDENCIA AGREGADOS: Mina Catamayito
REALIZADO: Ing. Nelson R. Sozoranga
FECHA: 03/03/2017

Contenido de asfalto: 4,5

Peso del material (g) : A	700,04
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7701,8
RICE =	2,498

Contenido de asfalto: 5

Peso del material (g) : A	700,15
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7699,8
RICE =	2,480

Contenido de asfalto: 5,5

Peso del material (g) : A	700,23
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7697,6
RICE =	2,460

Contenido de asfalto: 6

Peso del material (g) : A	700,43
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7694,9
RICE =	2,436

Contenido de asfalto: 6,5

Peso del material (g) : A	700,31
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7692,8
RICE =	2,419

Nelson R. Sozoranga M.

CALIBRACIÓN EQUIPO MARSHALL

PHONE: 708/456-6300
 FAX: 708/456-0137

ESTABLISHED 19

HUMBOLDT MFG. CO.

MANUFACTURERS

SCIENTIFIC INSTRUMENTS TESTING EQUIPMENT
 LABORATORY  APPARATUS

7300 WEST AGATITE
 NORRIDGE, IL 60656-4704

STABILITY CORRELATION RATIO
 FOR MARSHALL METHOD

VOLUME OF SPECIMEN IN CUBIC CENTIMETERS	APPROXIMATE THICKNESS OF SPECIMEN IN		CORRELATION RATIO
	INCHES	MILLIMETERS	
200-213	1	25.4	5.56
214-225	1-1/16	27.0	5.00
226-237	1-1/8	28.6	4.55
238-250	1-3/16	30.2	4.17
251-264	1-1/4	31.8	3.85
265-276	1-5/16	33.4	3.57
277-289	1-3/8	34.9	3.33
290-301	1-7/16	36.5	3.03
302-316	1-1/2	38.1	2.78
317-328	1-9/16	39.7	2.50
329-340	1-5/8	41.3	2.27
341-353	1-11/16	42.9	2.08
354-367	1-3/4	44.5	1.92
368-379	1-13/16	46.0	1.79
380-392	1-7/8	47.6	1.67
393-405	1-15/16	49.2	1.56
406-420	2	50.8	1.47
421-431	2-1/16	52.4	1.39
432-443	2-1/8	54.0	1.32
444-456	2-3/16	55.6	1.25
457-470	2-1/4	57.2	1.19
471-482	2-5/16	58.7	1.14
483-495	2-3/8	60.3	1.09
496-508	2-7/16	61.9	1.04
509-522	2-1/2	63.5	1.00
523-535	2-9/16	65.1	0.96
536-546	2-5/8	66.7	0.93
547-559	2-11/16	68.3	0.89
560-573	2-3/4	69.9	0.86
574-585	2-13/16	71.4	0.83
586-598	2-7/8	73.0	0.81
599-610	2-15/16	74.6	0.78
611-625	3	76.2	0.76

- NOTES: 1. THE MEASURED STABILITY OF A SPECIMEN MULTIPLIED BY THE RATIO FOR THE THICKNESS OF THE SPECIMEN EQUALS THE CORRECTED STABILITY FOR A 2-1/2-IN SPECIMEN.
2. VOLUME-THICKNESS RELATIONSHIP IS BASED ON A SPECIMEN DIAMETER OF 4 IN.

ANEXO 15

CALIBRACIÓN EQUIPO MARSHALL

HUMBOLDT MFG. CO.
7300 W. AGATITE AVE.
NORRIDGE, IL 60706

7 AUG 20

RECOMMEND RECALIBRATION ONE YEAR FROM START OF USE AFTER LAST CALIBRATION
CALIBRATION FOR MODEL H-4454.100 11000 LBF SERIAL 2317 BY *B. Stuchman*
CALIBRATED USING LOAD CELL 626314 CAL. DATE 10/11/07 DEFLT=.0001 in.

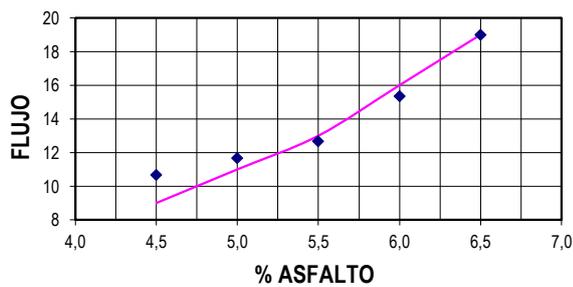
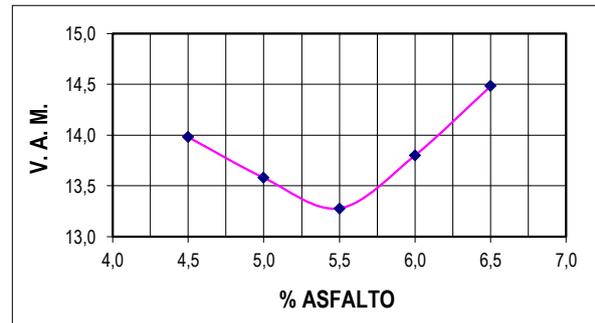
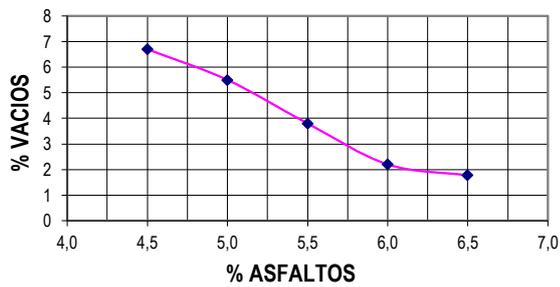
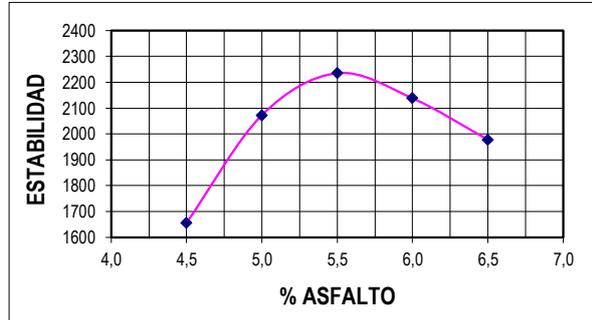
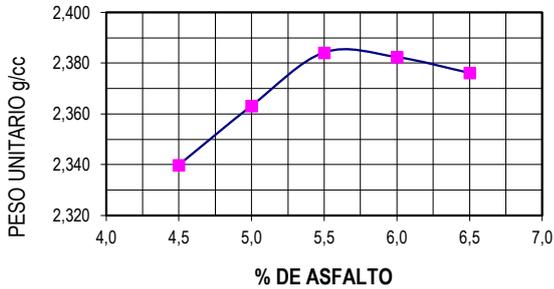
LBF	DEFLT	LBF	DEFLT	LBF	DEFLT	LBF	DEFLT	LBF	DEFLT
0	.4	1000	104.2	3500	366.4	6000	632.1	8500	901.3
20	2.4	1050	109.4	3550	371.7	6050	637.4	8550	906.8
40	4.5	1100	114.7	3600	376.9	6100	642.8	8600	912.2
60	6.6	1150	119.9	3650	382.2	6150	648.1	8650	917.6
80	8.7	1200	125.1	3700	387.5	6200	653.5	8700	923.0
100	10.7	1250	130.3	3750	392.8	6250	658.9	8750	928.5
120	12.8	1300	135.5	3800	398.1	6300	664.2	8800	933.9
140	14.9	1350	140.7	3850	403.4	6350	669.6	8850	939.3
160	17.0	1400	145.9	3900	408.7	6400	674.9	8900	944.8
180	19.0	1450	151.2	3950	414.0	6450	680.3	8950	950.2
200	21.1	1500	156.4	4000	419.2	6500	685.7	9000	955.6
220	23.2	1550	161.6	4050	424.5	6550	691.0	9050	961.1
240	25.2	1600	166.8	4100	429.8	6600	696.4	9100	966.5
260	27.3	1650	172.1	4150	435.1	6650	701.8	9150	971.9
280	29.4	1700	177.3	4200	440.4	6700	707.1	9200	977.4
300	31.5	1750	182.5	4250	445.7	6750	712.5	9250	982.8
320	33.5	1800	187.7	4300	451.0	6800	717.9	9300	988.3
340	35.6	1850	193.0	4350	456.3	6850	723.2	9350	993.7
360	37.7	1900	198.2	4400	461.6	6900	728.6	9400	999.1
380	39.8	1950	203.4	4450	466.9	6950	734.0	9450	1004.6
400	41.9	2000	208.7	4500	472.2	7000	739.4	9500	1010.0
420	43.9	2050	213.9	4550	477.5	7050	744.7	9550	1015.5
440	46.0	2100	219.1	4600	482.9	7100	750.1	9600	1020.9
460	48.1	2150	224.4	4650	488.2	7150	755.5	9650	1026.4
480	50.2	2200	229.6	4700	493.5	7200	760.9	9700	1031.9
500	52.2	2250	234.9	4750	498.8	7250	766.3	9750	1037.3
520	54.3	2300	240.1	4800	504.1	7300	771.7	9800	1042.8
540	56.4	2350	245.4	4850	509.4	7350	777.0	9850	1048.2
560	58.5	2400	250.6	4900	514.7	7400	782.4	9900	1053.7
580	60.5	2450	255.9	4950	520.1	7450	787.8	9950	1059.1
600	62.6	2500	261.1	5000	525.4	7500	793.2	10000	1064.6
620	64.7	2550	266.4	5050	530.7	7550	798.6	10050	1070.1
640	66.8	2600	271.6	5100	536.0	7600	804.0	10100	1075.5
660	68.9	2650	276.9	5150	541.4	7650	809.4	10150	1081.0
680	70.9	2700	282.1	5200	546.7	7700	814.8	10200	1086.5
700	73.0	2750	287.4	5250	552.0	7750	820.2	10250	1091.9
720	75.1	2800	292.6	5300	557.3	7800	825.6	10300	1097.4
740	77.2	2850	297.9	5350	562.7	7850	831.0	10350	1102.9
760	79.3	2900	303.1	5400	568.0	7900	836.4	10400	1108.4
780	81.3	2950	308.4	5450	573.3	7950	841.8	10450	1113.8
800	83.4	3000	313.7	5500	578.7	8000	847.2	10500	1119.3
820	85.5	3050	318.9	5550	584.0	8050	852.6	10550	1124.8
840	87.6	3100	324.2	5600	589.3	8100	858.0	10600	1130.3
860	89.7	3150	329.5	5650	594.7	8150	863.4	10650	1135.7
880	91.7	3200	334.7	5700	600.0	8200	868.8	10700	1141.2
900	93.8	3250	340.0	5750	605.4	8250	874.3	10750	1146.7
920	95.9	3300	345.3	5800	610.7	8300	879.7	10800	1152.2
940	98.0	3350	350.6	5850	616.0	8350	885.1	10850	1157.7
960	100.1	3400	355.8	5900	621.4	8400	890.5	10900	1163.2
980	102.2	3450	361.1	5950	626.7	8450	895.9	10950	1168.7

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: TESIS DE GRADO
 LUGAR: LA TENERIA
 REALIZA: ING. NELSON SOZORANGA

FECHA 03/03/2017
 OBRA: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

ÓPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO (GRANULOMETRÍA 1/2")



PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO

Peso unitario	5,7
Porcentaje de vacios	5,7
Estabilidad	5,6

PROMEDIO **5,7 %**

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

FAJA GRANULOMÉTRICA DE 3/4"

PROYECTO: TESIS DE GRADO

LUGAR: LA TENERIA

REALIZADO: NELSON SOZORANGA

FECHA: 14/06/2017

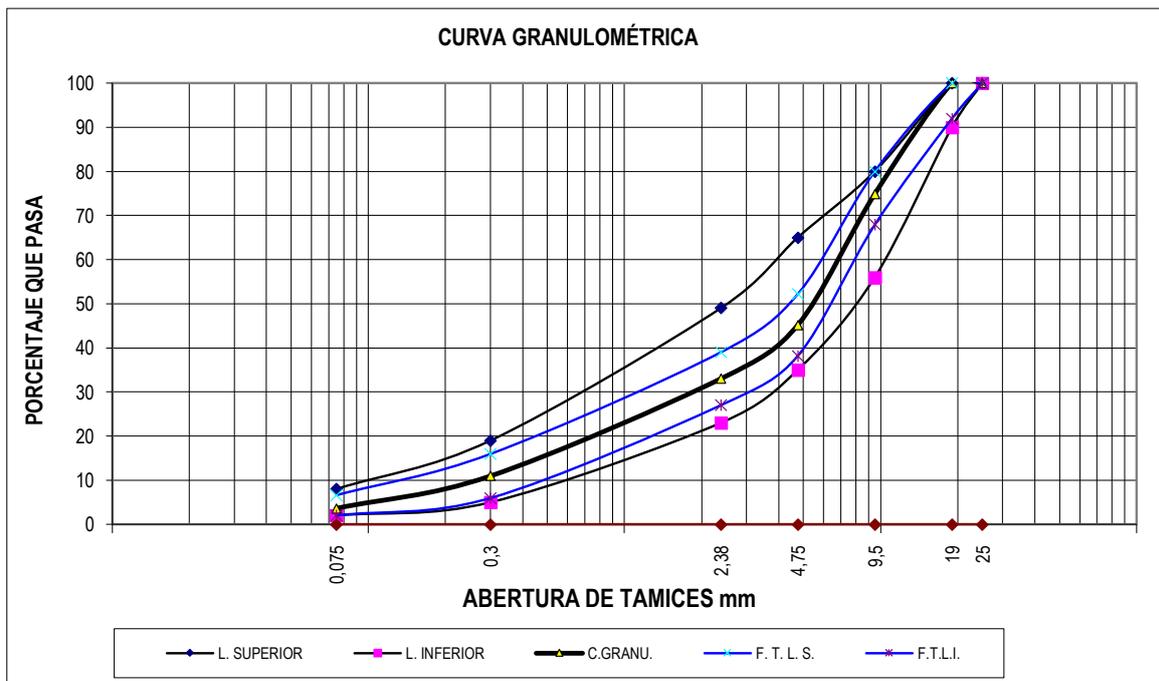
OBRA: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

GRADUACIÓN DEL MATERIAL								
FRACCIÓN	TAMANO DEL TAMIZ (PORCENTAJE QUE PASA)							
	1"	3/4"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 50	Nº 200	
Triturado 3/4"	100,0	99,7	27,9	0,2	0,2	0,1	0,0	
Triturado 1/2"	100,0	100,0	30,1	0,3	0,2	0,1	0,1	
Triturado 3/8"	100,0	100,0	97,0	54,0	40,0	13,0	4,0	
Arena	100,0	100,0	90,5	82,0	59,0	20,0	7,0	

GRADUACION COMBINADA DE LA MEZCLA.								
FRACCIÓN	Porcentaje usado	TAMANO DEL TAMIZ (PORCENTAJE QUE PASA)						
		1"	3/4"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 50	Nº 200
Triturado 3/4"	16%	16,0	16,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Triturado 1/2"	14%	14,0	14,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Triturado 3/8"	44%	44,0	44,0	42,7	23,8	17,6	5,7	1,8
Arena	26%	26,0	26,0	23,5	21,3	15,3	5,2	1,8
	100%							

MEZCLA OBTENIDA		100	100	75	45	33	11	4
ESPECIFICACION	L. Superior	100	100	80	65	49	19	8
MOP-001-F-2000	L inferior	100	90	56	35	23	5	2
TOLERANCIA (+/-)		8	8	7	7	6	5	3

FAJA DE TRABAJO		100	100	80	52	39	16	7
	L. Superior	100	100	80	52	39	16	7
	L inferior	100	92	68	38	27	6	2



Nelson R. Sozoranga M.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: TESIS DE GRADO
LUGAR: LA TENERIA
REALIZADO: NELSON SOZORANGA

NORMA: ASHTO T-245---ASTM D-1559-89
PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS MINA CATAMAYITO

RESULTADO DE PRUEBAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE (GRANULOMETRÍA 3/4") MÉTODO MARSHALL

Número de golpes por lado 75
Gravedad Especifica del C.A. (Ge) 1,015
Gravedad Especifica Bulk promedio de agregados 2,605
Grado del Cemento asfáltico: 85 - 100

MUESTRA	FECHA	% de Asfalto	PESO MUESTRA			VOLUMEN	DENSIDAD			% VOLUMEN			V. A. M.	Asfalto absorbido	V.F.A. %	Porcentaje asfalto efectivo	ESPESOR	FACTOR CORREC.	ESTABILIDAD			FLUJO 0.01"
			AIRE SECO	AIRE S.S.S.	AGUA S.S.S.		BULK Probeta	Máximo Teórico	RICE	AGREG.	VACIOS	C. A.							DIAL	TABLA	CORREG.	
1	15/06/2017	4,50	1296	1296	726	570	2,274									6,20	1,04	165	1600	1664	9	
2			1322	1323	751	572	2,313									6,50	0,96	182	1750	1680	8	
3			1393	1389	782	607	2,294									6,40	1,00	161	1550	1550	9	
Promedio							2,294	2,433	2,465	84,08	6,96	8,96	15,92	0,55	56,30	3,97					1631	9
1		5,00	1321	1323	758	565	2,340									6,50	0,96	215	2050	1968	11	
2			1373	1374	785	589	2,330									6,40	1,00	220	2100	2100	11	
3			1363	1363	764	599	2,274									6,60	0,92	230	2200	2024	12	
Promedio							2,315	2,416	2,444	84,41	5,30	10,30	15,59	0,50	66,03	4,52					2031	11
1		5,50	1343	1343	795	548	2,449									6,30	0,99	231	2230	2208	14	
2			1325	1327	755	572	2,317									6,50	0,96	245	2350	2256	13	
3			1414	1415	785	630	2,244									6,50	0,96	235	2250	2160	12	
Promedio							2,336	2,398	2,431	84,76	3,89	11,35	15,24	0,59	74,49	4,94					2208	13
1		6,00	1286	1287	740	547	2,353									6,60	0,92	237	2280	2098	16	
2			1357	1358	785	573	2,369									6,2	1,04	208	2000	2080	16	
3			1321	1322	755	567	2,331									6,30	0,99	220	2100	2079	15	
Promedio							2,351	2,381	2,411	84,83	2,49	12,68	15,17	0,55	83,58	5,48					2086	16
1		6,50	1315	1316	754	562	2,342									6,40	1,00	200	1900	1900	18	
2			1391	1392	796	596	2,335									6,30	0,99	210	2000	1980	19	
3			1470	1471	850	621	2,367									6,40	1,00	205	1950	1950	18	
Promedio							2,348	2,364	2,397	84,28	2,04	13,68	15,72	0,62	87,03	5,92					1943	18
ESPECIFICACIÓN										3 - 5			15 -			1800 -			8 - 16			

Nelson Sozoranga



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

ENSAYO RICE (GRANULOMETRÍA 3/4")

MUESTRA: Producción Planta
OBRA: Diseño de Mezcla Asfáltica
LUGAR: La Teneria
PROCEDENCIA AGREGADOS: Mina Catamayito

REALIZADO: Ing. Nelson R. Sozoranga
FECHA: 15/06/2017

Contenido de asfalto: 4,5

Peso del material (g) : A	700,49
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7698,3
RICE =	2,465

Contenido de asfalto: 5

Peso del material (g) : A	700,32
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7695,8
RICE =	2,444

Contenido de asfalto: 5,5

Peso del material (g) : A	700,53
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7694,4
RICE =	2,431

Contenido de asfalto: 6

Peso del material (g) : A	700,15
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7691,7
RICE =	2,411

Contenido de asfalto: 6,5

Peso del material (g) : A	700,11
Peso del recipiente + agua (g) : B	7282
Peso del material + recipiente + agua (g) : C	7690
RICE =	2,397

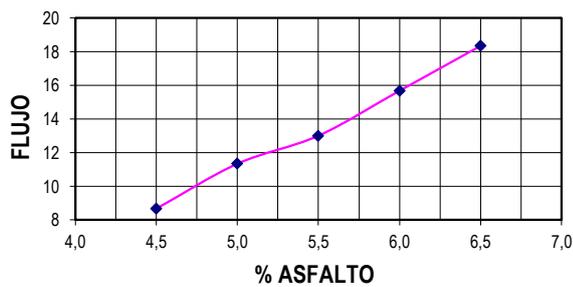
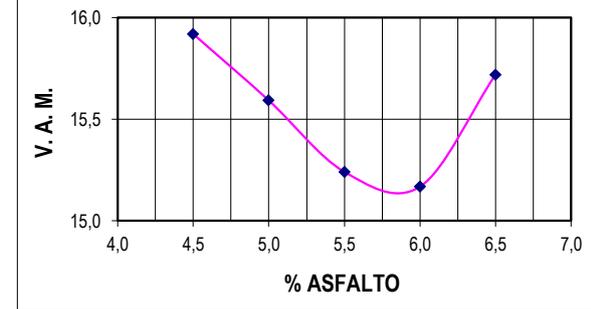
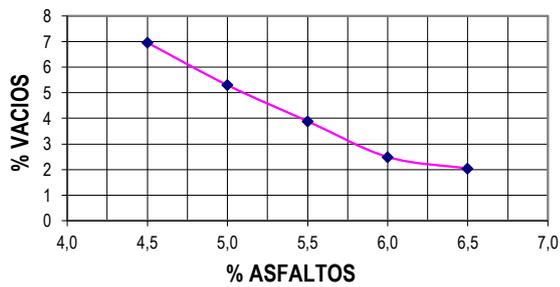
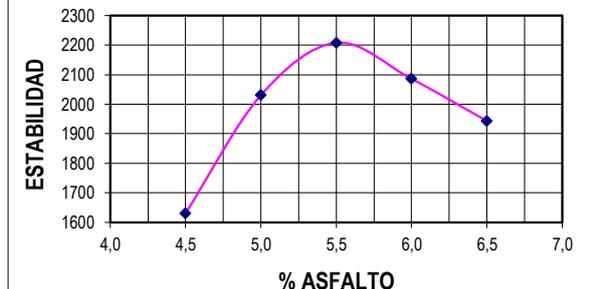
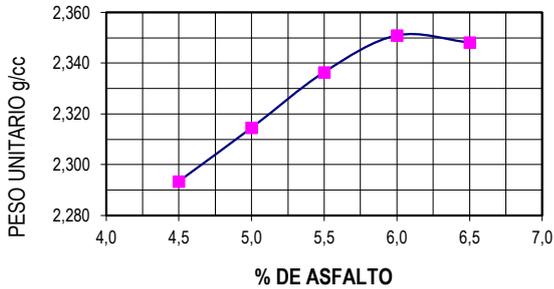
Nelson R. Sozoranga M.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: TESIS DE GRADO
 LUGAR: LA TENERIA
 REALIZA: ING. NELSON SOZORANGA

FECHA 15/06/2017
 OBRA: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

ÓPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO (GRANULOMETRÍA 3/4")



PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO

Peso unitario	6,0
Porcentaje de vacios	5,4
Estabilidad	5,5

PROMEDIO **5,6 %**



ENSAYO DE VIGA SEMICIRCULAR SIMPLEMENTE APOYADO

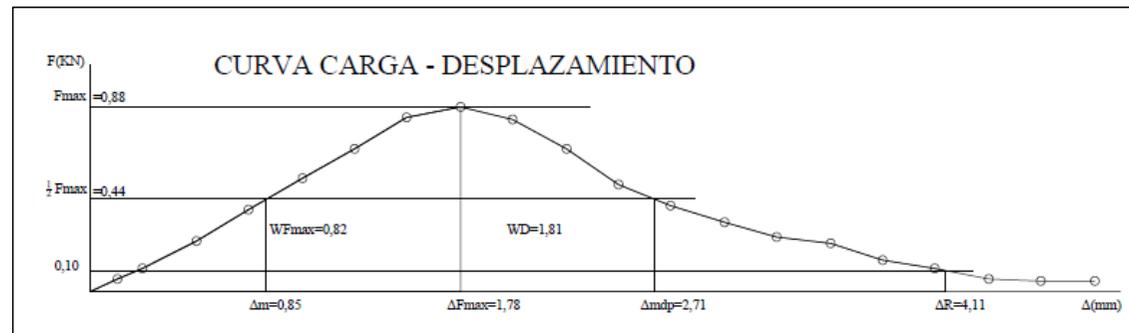
EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 KG

TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA:	1-A	GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN	
(0,001)pulg	(mm)				
5	0,13	1,20	5,93	0,06	
10	0,25	2,20	10,87	0,11	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	8,00	39,52	0,39	
40	1,02	11,20	55,33	0,54	
50	1,27	14,10	69,65	0,68	
60	1,52	17,20	84,97	0,83	
70	1,78	18,10	89,41	0,88	
80	2,03	17,00	83,98	0,82	
90	2,29	14,00	69,16	0,68	
100	2,54	10,50	51,87	0,51	
110	2,79	8,50	41,99	0,41	
120	3,05	6,80	33,59	0,33	
130	3,30	5,30	26,18	0,26	
140	3,56	4,80	23,71	0,23	
150	3,81	3,00	14,82	0,15	
160	4,06	2,20	10,87	0,11	
170	4,32	1,20	5,93	0,06	
180	4,57	1,10	5,43	0,05	
190	4,83	1,10	5,43	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

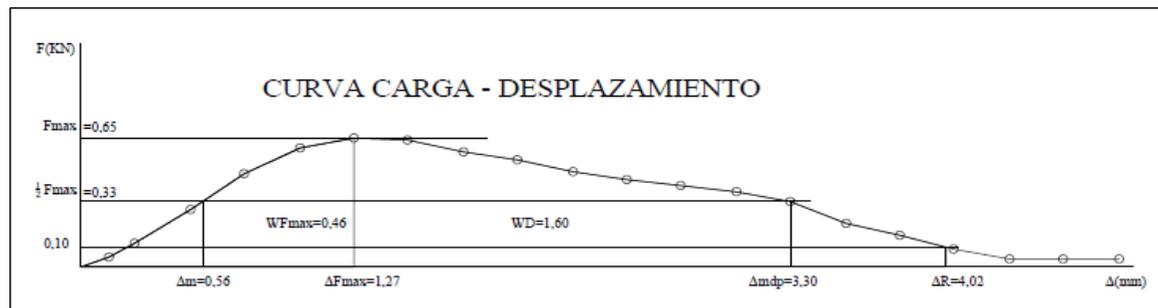
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2 Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico Wfmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,88	0,44	0,85	4,11	1,81	1,78	0,82	2,71

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 22

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 1-B GRANULOMETRÍA 1/2"		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
DESPLAZAMIENTO VERTICAL				
(0,001) pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,50	12,35	0,12
20	0,51	6,00	29,64	0,29
30	0,76	9,80	48,41	0,47
40	1,02	12,40	61,26	0,60
50	1,27	13,50	66,69	0,65
60	1,52	13,20	65,21	0,64
70	1,78	12,00	59,28	0,58
80	2,03	11,20	55,33	0,54
90	2,29	10,00	49,40	0,48
100	2,54	9,00	44,46	0,44
110	2,79	8,50	41,99	0,41
120	3,05	7,80	38,53	0,38
130	3,30	6,80	33,59	0,33
140	3,56	4,50	22,23	0,22
150	3,81	3,20	15,81	0,16
160	4,06	1,80	8,89	0,09
170	4,32	0,80	3,95	0,04
180	4,57	0,80	3,95	0,04
190	4,83	0,80	3,95	0,04
200	5,08	0,80	3,95	0,04



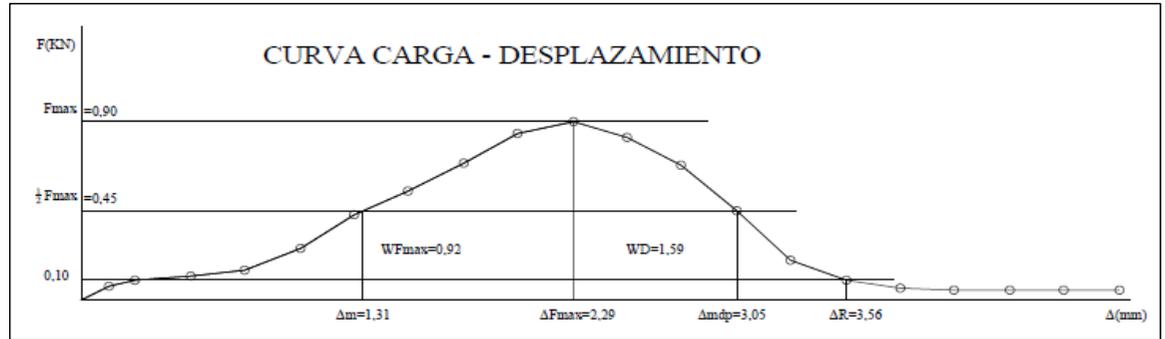
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2 Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,65	0,33	0,56	4,02	1,60	1,27	0,46	3,30

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 23

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 2-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,40	6,92	0,07	
10	0,25	2,00	9,88	0,10	
20	0,51	2,50	12,35	0,12	
30	0,76	3,00	14,82	0,15	
40	1,02	5,40	26,68	0,26	
50	1,27	8,80	43,47	0,43	
60	1,52	11,30	55,82	0,55	
70	1,78	14,20	70,15	0,69	
80	2,03	17,40	85,96	0,84	
90	2,29	18,50	91,39	0,90	
100	2,54	16,90	83,49	0,82	
110	2,79	14,10	69,65	0,68	
120	3,05	9,20	45,45	0,45	
130	3,30	6,50	32,11	0,31	
140	3,56	4,20	20,75	0,20	
150	3,81	2,10	10,37	0,10	
160	4,06	1,30	6,42	0,06	
170	4,32	1,00	4,94	0,05	
180	4,57	1,00	4,94	0,05	
190	4,83	1,00	4,94	0,05	
200	5,08	1,00	4,94	0,05	



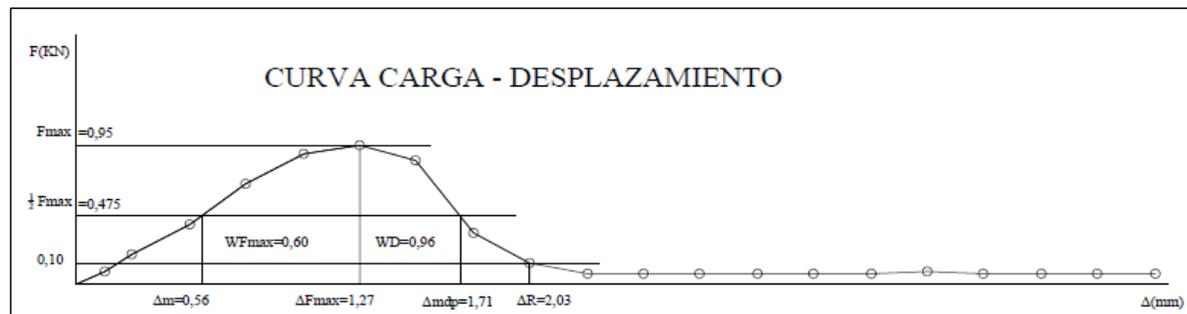
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,90	0,45	1,31	3,56	1,59	2,29	0,92	3,05

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 24

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 2-B GRANULOMETRÍA 1/2"				
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	2,80	13,83	0,14
20	0,51	7,30	36,06	0,35
30	0,76	11,80	58,29	0,57
40	1,02	17,00	83,98	0,82
50	1,27	19,60	96,82	0,95
60	1,52	12,00	59,28	0,58
70	1,78	5,00	24,70	0,24
80	2,03	2,00	9,88	0,10
90	2,29	1,00	4,94	0,05
100	2,54	1,00	4,94	0,05
110	2,79	1,00	4,94	0,05
120	3,05	1,00	4,94	0,05
130	3,30	1,00	4,94	0,05
140	3,56	1,00	4,94	0,05
150	3,81	1,00	4,94	0,05
160	4,06	1,00	4,94	0,05
170	4,32	1,00	4,94	0,05
180	4,57	1,00	4,94	0,05
190	4,83	1,00	4,94	0,05
200	5,08	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

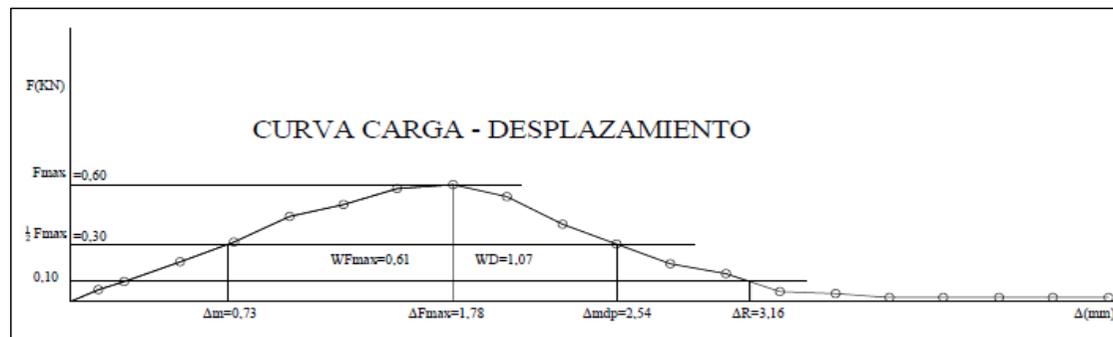
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmδp (mm)
0,95	0,475	0,56	2,03	0,96	1,27	0,6	1,71

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 25

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 3-A GRANULOMETRÍA 1/2"				
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	4,10	20,25	0,20
30	0,76	6,20	30,63	0,30
40	1,02	8,80	43,47	0,43
50	1,27	10,20	50,39	0,49
60	1,52	11,80	58,29	0,57
70	1,78	12,40	61,26	0,60
80	2,03	11,00	54,34	0,53
90	2,29	8,00	39,52	0,39
100	2,54	6,00	29,64	0,29
110	2,79	4,00	19,76	0,19
120	3,05	2,80	13,83	0,14
130	3,30	1,00	4,94	0,05
140	3,56	0,80	3,95	0,04
150	3,81	0,50	2,47	0,02
160	4,06	0,50	2,47	0,02
170	4,32	0,50	2,47	0,02
180	4,57	0,50	2,47	0,02
190	4,83	0,50	2,47	0,02
200	5,08	0,50	2,47	0,02



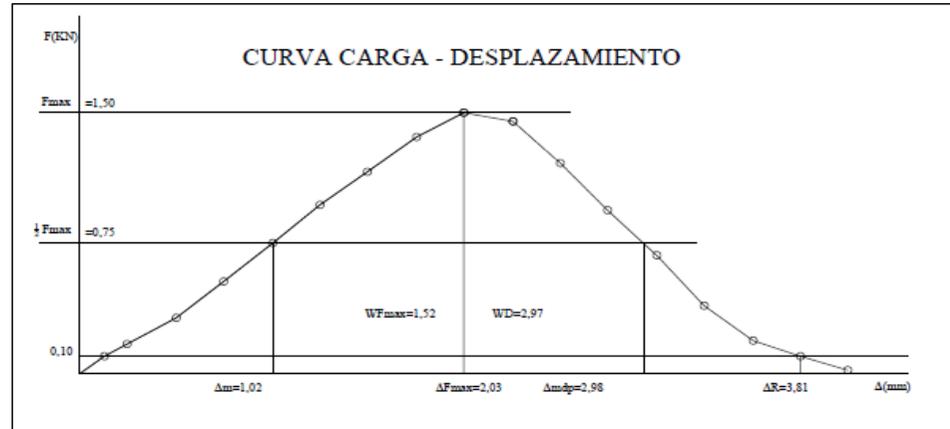
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,60	0,30	0,73	3,16	1,07	1,78	0,61	2,54

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 26

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 16-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	2,00	9,88	0,10
10	0,25	3,50	17,29	0,17
20	0,51	6,60	32,60	0,32
30	0,76	11,00	54,34	0,53
40	1,02	15,50	76,57	0,75
50	1,27	20,00	98,80	0,97
60	1,52	24,00	118,56	1,16
70	1,78	28,00	138,32	1,36
80	2,03	31,00	153,14	1,50
90	2,29	30,00	148,20	1,45
100	2,54	25,00	123,50	1,21
110	2,79	19,50	96,33	0,94
120	3,05	14,00	69,16	0,68
130	3,30	8,00	39,52	0,39
140	3,56	4,00	19,76	0,19
150	3,81	2,00	9,88	0,10
160	4,06	0,50	2,47	0,02



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

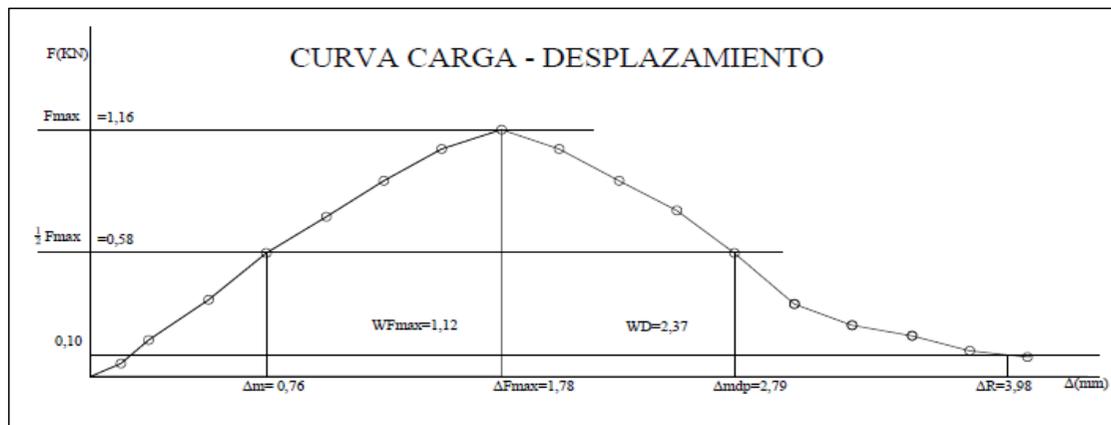
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,50	0,75	1,02	3,81	2,97	2,03	1,52	2,98

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 27

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 16-B GRANULOMETRÍA 1/2"		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
DESPLAZAMIENTO VERTICAL				
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	3,50	17,29	0,17
20	0,51	7,50	37,05	0,36
30	0,76	12,00	59,28	0,58
40	1,02	15,50	76,57	0,75
50	1,27	19,00	93,86	0,92
60	1,52	22,00	108,68	1,07
70	1,78	24,00	118,56	1,16
80	2,03	22,00	108,68	1,07
90	2,29	19,00	93,86	0,92
100	2,54	16,00	79,04	0,78
110	2,79	12,00	59,28	0,58
120	3,05	7,00	34,58	0,34
130	3,30	5,00	24,70	0,24
140	3,56	4,00	19,76	0,19
150	3,81	2,50	12,35	0,12
160	4,06	1,80	8,89	0,09
170	4,32	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,16	0,58	0,76	3,98	2,37	1,78	1,12	2,79

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 28

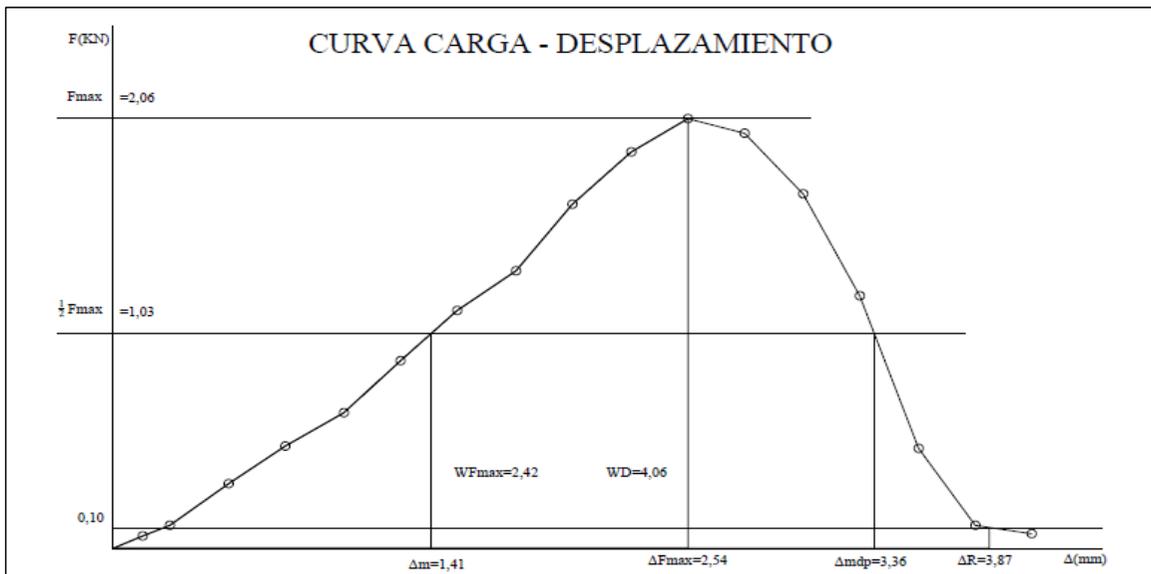
EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 17-A GRANULOMETRÍA 1/2"				
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001) pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	2,30	11,36	0,11
20	0,51	6,40	31,62	0,31
30	0,76	10,10	49,89	0,49
40	1,02	13,50	66,69	0,65
50	1,27	18,60	91,88	0,90
60	1,52	23,50	116,09	1,14
70	1,78	27,50	135,85	1,33
80	2,03	34,00	167,96	1,65
90	2,29	39,20	193,65	1,90
100	2,54	42,50	209,95	2,06
110	2,79	41,00	202,54	1,99
120	3,05	35,00	172,90	1,70
130	3,30	25,00	123,50	1,21
140	3,56	10,00	49,40	0,48
150	3,81	2,20	10,87	0,11
160	4,06	1,50	7,41	0,07



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

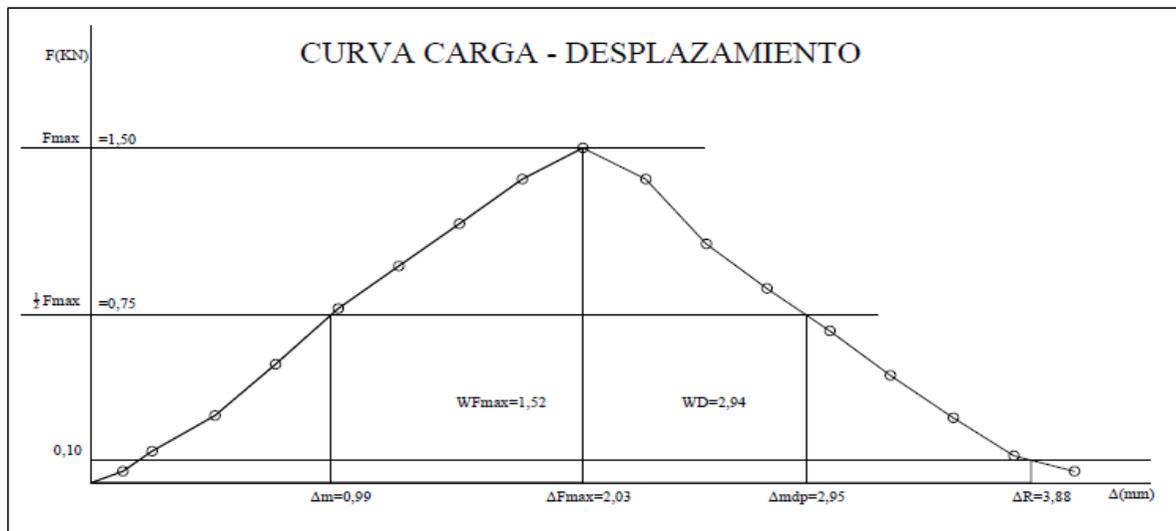
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
2,06	1,03	1,41	3,87	4,06	2,54	2,42	3,36

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 29

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 17-B GRANULOMETRÍA 1/2"				
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,10	5,43	0,05
10	0,25	2,80	13,83	0,14
20	0,51	6,20	30,63	0,30
30	0,76	11,00	54,34	0,53
40	1,02	16,00	79,04	0,78
50	1,27	20,00	98,80	0,97
60	1,52	24,00	118,56	1,16
70	1,78	28,00	138,32	1,36
80	2,03	31,00	153,14	1,50
90	2,29	28,00	138,32	1,36
100	2,54	22,00	108,68	1,07
110	2,79	18,00	88,92	0,87
120	3,05	14,00	69,16	0,68
130	3,30	10,00	49,40	0,48
140	3,56	6,00	29,64	0,29
150	3,81	2,50	12,35	0,12
160	4,06	1,00	4,94	0,05



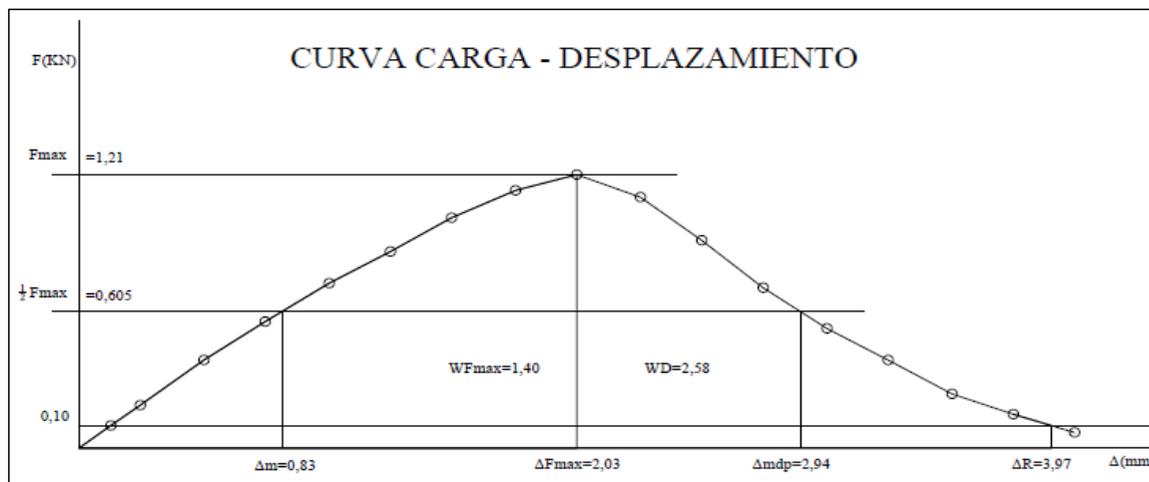
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,50	0,75	0,99	3,88	2,94	2,03	1,52	2,95

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 30

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 18-A GRANULOMETRÍA 1/2"					
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	2,00	9,88	0,10	
10	0,25	4,00	19,76	0,19	
20	0,51	8,00	39,52	0,39	
30	0,76	11,50	56,81	0,56	
40	1,02	15,00	74,10	0,73	
50	1,27	18,00	88,92	0,87	
60	1,52	21,00	103,74	1,02	
70	1,78	23,50	116,09	1,14	
80	2,03	25,00	123,50	1,21	
90	2,29	23,00	113,62	1,11	
100	2,54	19,00	93,86	0,92	
110	2,79	14,60	72,12	0,71	
120	3,05	11,00	54,34	0,53	
130	3,30	8,00	39,52	0,39	
140	3,56	5,00	24,70	0,24	
150	3,81	3,00	14,82	0,15	
160	4,06	1,50	7,41	0,07	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

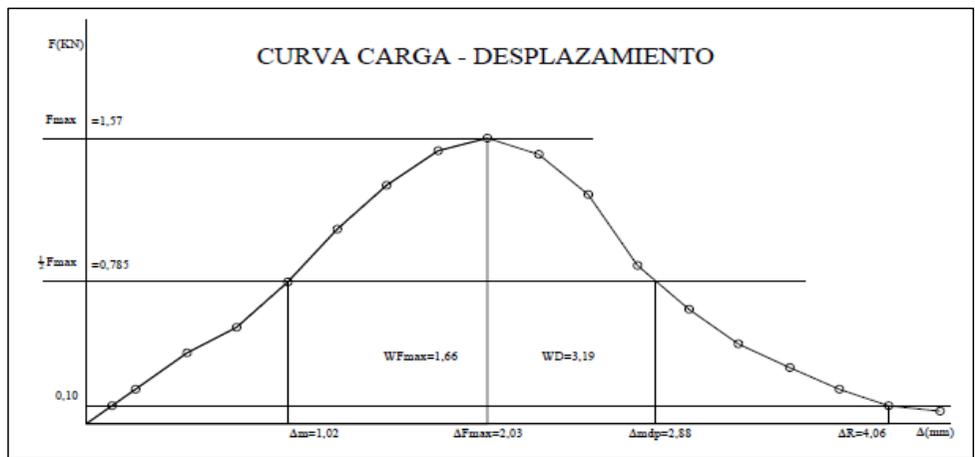
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico Wfmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,21	0,61	0,83	3,97	2,58	2,03	1,4	2,94

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 31

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 18-B GRANULOMETRÍA 1/2"		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
DESPLAZAMIENTO VERTICAL (0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	2,10	10,37	0,10
10	0,25	4,00	19,76	0,19
20	0,51	8,00	39,52	0,39
30	0,76	11,00	54,34	0,53
40	1,02	16,00	79,04	0,78
50	1,27	22,00	108,68	1,07
60	1,52	27,00	133,38	1,31
70	1,78	31,00	153,14	1,50
80	2,03	32,50	160,55	1,57
90	2,29	30,50	150,67	1,48
100	2,54	26,00	128,44	1,26
110	2,79	18,00	88,92	0,87
120	3,05	13,00	64,22	0,63
130	3,30	9,00	44,46	0,44
140	3,56	6,50	32,11	0,31
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	2,00	9,88	0,10
170	4,32	1,50	7,41	0,07
180	4,57	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

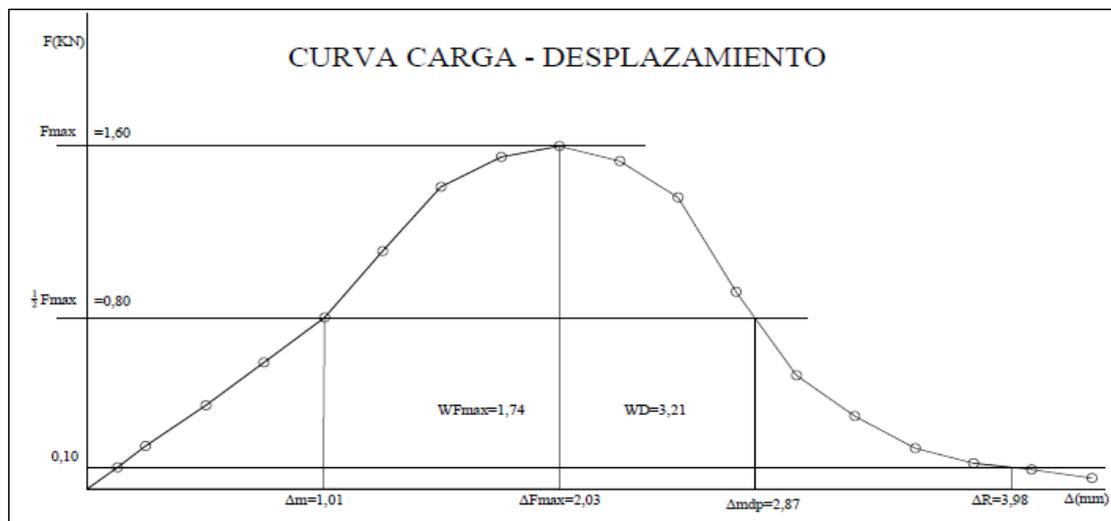
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,57	0,79	1,02	4,06	3,19	2,03	1,66	2,88

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 32

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 19-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	2,10	10,37	0,10	
10	0,25	4,10	20,25	0,20	
20	0,51	8,00	39,52	0,39	
30	0,76	12,20	60,27	0,59	
40	1,02	16,60	82,00	0,80	
50	1,27	23,00	113,62	1,11	
60	1,52	29,20	144,25	1,41	
70	1,78	32,00	158,08	1,55	
80	2,03	33,00	163,02	1,60	
90	2,29	31,50	155,61	1,53	
100	2,54	28,00	138,32	1,36	
110	2,79	19,00	93,86	0,92	
120	3,05	11,00	54,34	0,53	
130	3,30	7,00	34,58	0,34	
140	3,56	4,00	19,76	0,19	
150	3,81	2,50	12,35	0,12	
160	4,06	1,80	8,89	0,09	
170	4,32	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

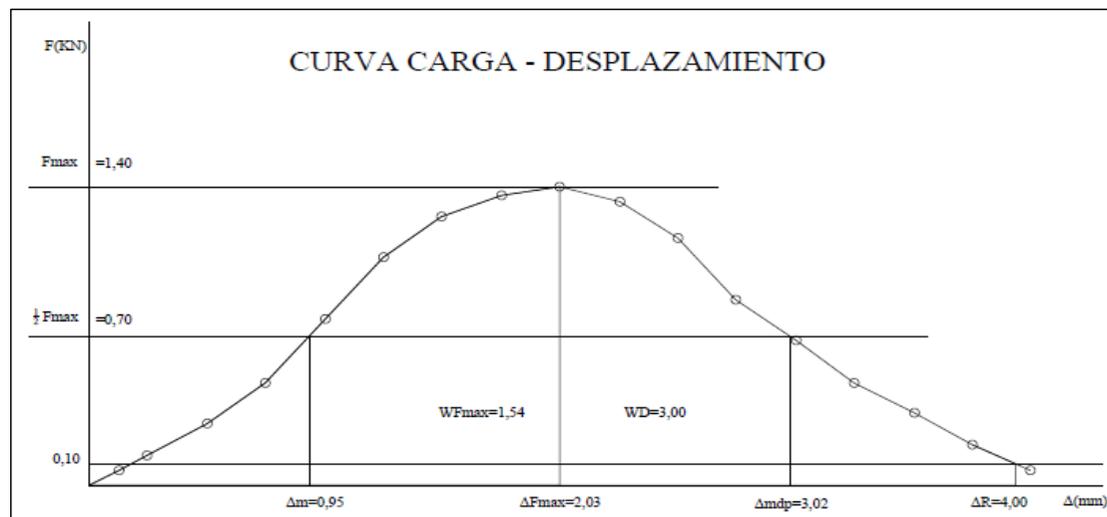
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,60	0,80	1,01	3,98	3,21	2,03	1,74	2,87

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 33

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 19-B GRANULOMETRÍA 1/2"				
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,50	7,41	0,07
10	0,25	2,80	13,83	0,14
20	0,51	6,00	29,64	0,29
30	0,76	10,00	49,40	0,48
40	1,02	16,00	79,04	0,78
50	1,27	22,00	108,68	1,07
60	1,52	26,00	128,44	1,26
70	1,78	28,00	138,32	1,36
80	2,03	29,00	143,26	1,40
90	2,29	27,50	135,85	1,33
100	2,54	24,00	118,56	1,16
110	2,79	18,00	88,92	0,87
120	3,05	14,00	69,16	0,68
130	3,30	10,00	49,40	0,48
140	3,56	7,00	34,58	0,34
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	1,50	7,41	0,07
170	4,32	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

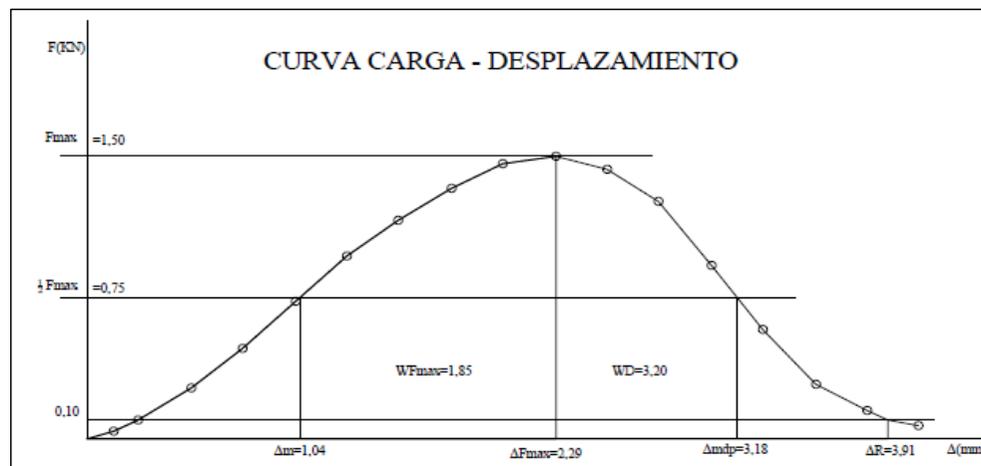
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,40	0,70	0,95	4,00	3,00	2,03	1,54	3,02

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 34

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 20-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	5,50	27,17	0,27
30	0,76	10,00	49,40	0,48
40	1,02	15,00	74,10	0,73
50	1,27	20,00	98,80	0,97
60	1,52	24,00	118,56	1,16
70	1,78	27,50	135,85	1,33
80	2,03	30,00	148,20	1,45
90	2,29	31,00	153,14	1,50
100	2,54	29,50	145,73	1,43
110	2,79	26,00	128,44	1,26
120	3,05	19,00	93,86	0,92
130	3,30	12,00	59,28	0,58
140	3,56	6,00	29,64	0,29
150	3,81	3,00	14,82	0,15
160	4,06	1,50	7,41	0,07
170	4,32	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

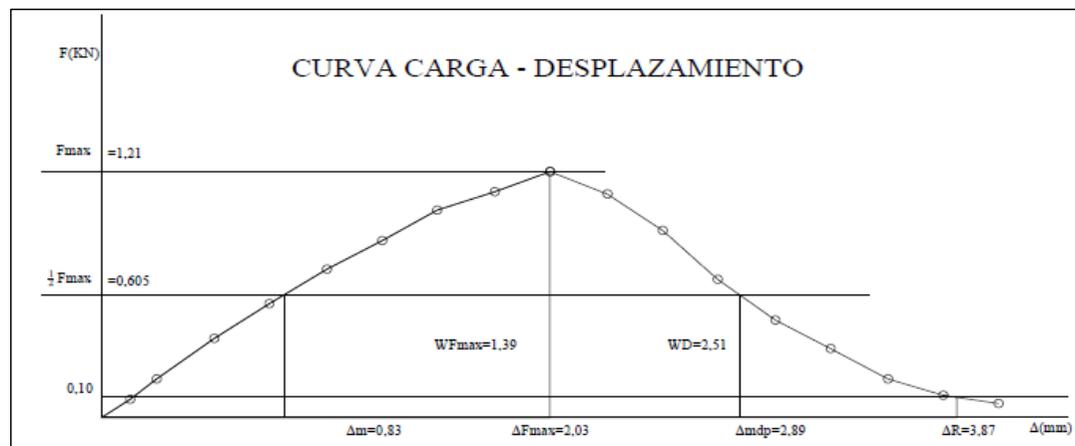
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico Wfmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,50	0,75	1,04	3,91	3,2	2,29	1,85	3,18

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 35

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 20-B GRANULOMETRÍA 1/2"				
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,80	8,89	0,09
10	0,25	4,00	19,76	0,19
20	0,51	8,00	39,52	0,39
30	0,76	11,50	56,81	0,56
40	1,02	15,00	74,10	0,73
50	1,27	18,00	88,92	0,87
60	1,52	21,00	103,74	1,02
70	1,78	23,00	113,62	1,11
80	2,03	25,00	123,50	1,21
90	2,29	23,00	113,62	1,11
100	2,54	19,00	93,86	0,92
110	2,79	14,00	69,16	0,68
120	3,05	10,00	49,40	0,48
130	3,30	7,00	34,58	0,34
140	3,56	4,00	19,76	0,19
150	3,81	2,20	10,87	0,11
160	4,06	1,50	7,41	0,07



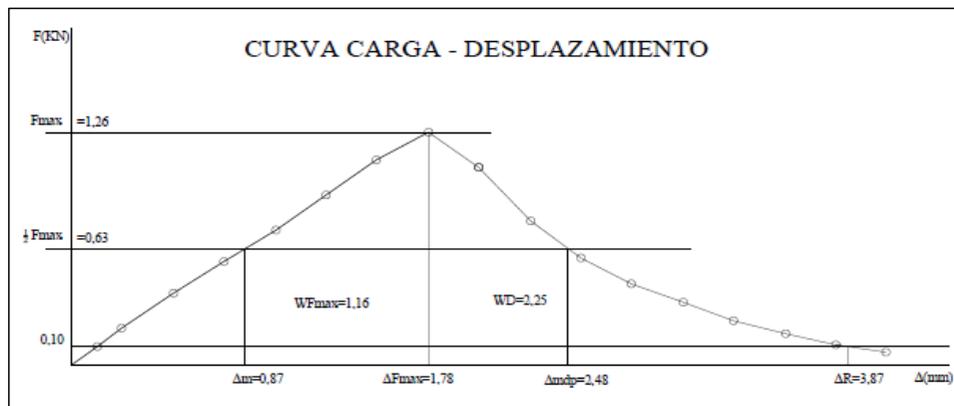
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,21	0,605	0,83	3,87	2,51	2,03	1,39	2,89

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 36

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 21-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	2,00	9,88	0,10	
10	0,25	4,20	20,75	0,20	
20	0,51	8,00	39,52	0,39	
30	0,76	11,50	56,81	0,56	
40	1,02	15,00	74,10	0,73	
50	1,27	19,00	93,86	0,92	
60	1,52	23,00	113,62	1,11	
70	1,78	26,00	128,44	1,26	
80	2,03	22,00	108,68	1,07	
90	2,29	16,00	79,04	0,78	
100	2,54	12,00	59,28	0,58	
110	2,79	9,00	44,46	0,44	
120	3,05	7,00	34,58	0,34	
130	3,30	5,00	24,70	0,24	
140	3,56	3,50	17,29	0,17	
150	3,81	2,20	10,87	0,11	
160	4,06	1,50	7,41	0,07	



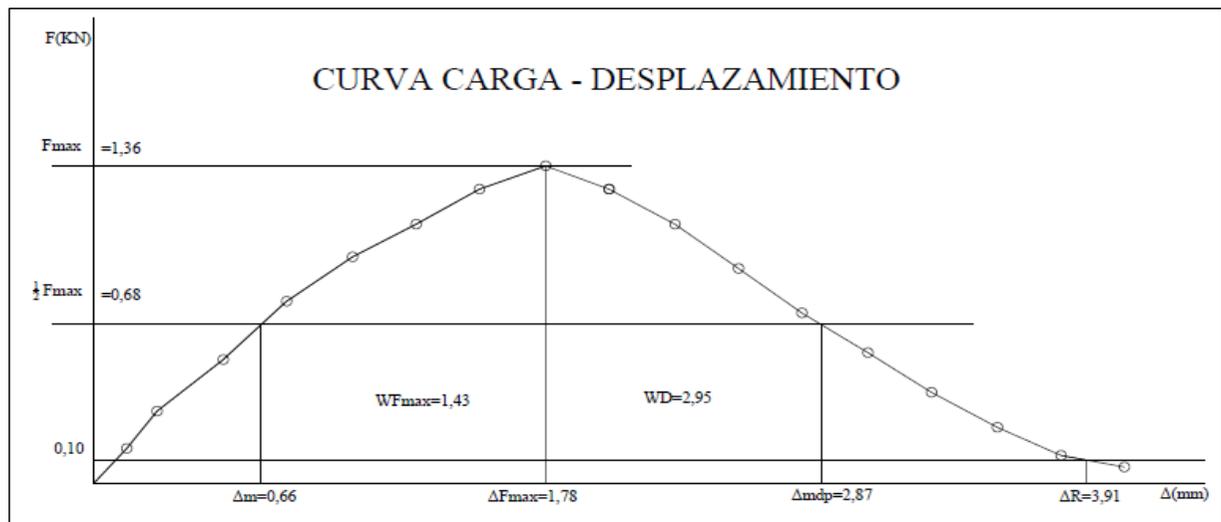
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,26	0,63	0,87	3,87	2,25	1,78	1,16	2,48

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 37

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 21-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	3,00	14,82	0,15	
10	0,25	6,30	31,12	0,31	
20	0,51	11,00	54,34	0,53	
30	0,76	16,00	79,04	0,78	
40	1,02	20,00	98,80	0,97	
50	1,27	23,00	113,62	1,11	
60	1,52	26,00	128,44	1,26	
70	1,78	28,00	138,32	1,36	
80	2,03	26,00	128,44	1,26	
90	2,29	23,00	113,62	1,11	
100	2,54	19,00	93,86	0,92	
110	2,79	15,00	74,10	0,73	
120	3,05	11,50	56,81	0,56	
130	3,30	8,00	39,52	0,39	
140	3,56	5,00	24,70	0,24	
150	3,81	2,50	12,35	0,12	
160	4,06	1,50	7,41	0,07	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

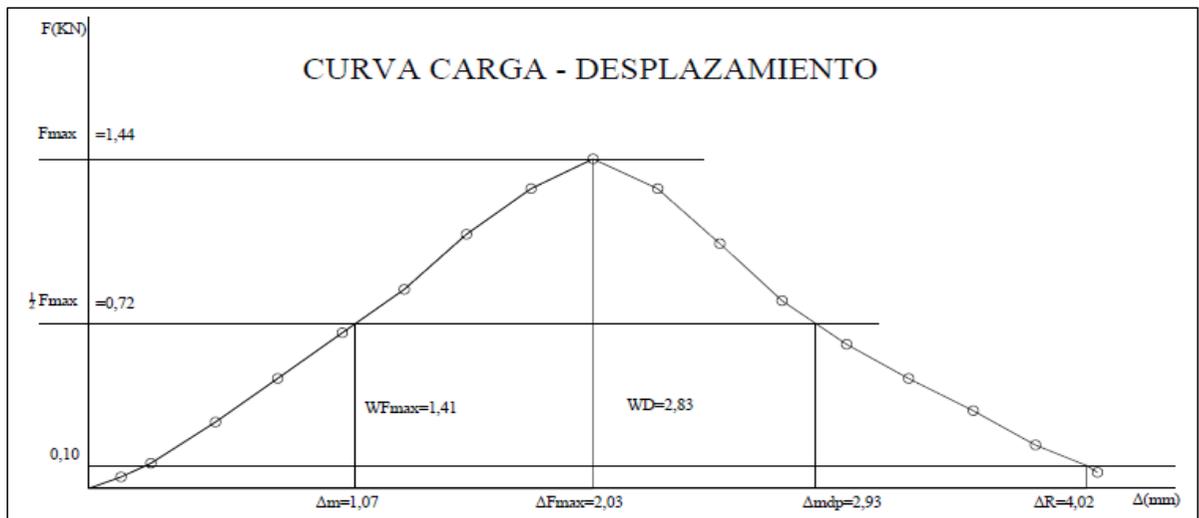
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,36	0,68	0,66	3,91	2,95	1,78	1,43	2,87

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 38

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 22-A GRANULOMETRÍA 1/2"				
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,10	5,43	0,05
10	0,25	2,20	10,87	0,11
20	0,51	6,00	29,64	0,29
30	0,76	10,00	49,40	0,48
40	1,02	14,00	69,16	0,68
50	1,27	18,00	88,92	0,87
60	1,52	23,00	113,62	1,11
70	1,78	27,00	133,38	1,31
80	2,03	29,80	147,21	1,44
90	2,29	27,00	133,38	1,31
100	2,54	22,00	108,68	1,07
110	2,79	17,00	83,98	0,82
120	3,05	13,00	64,22	0,63
130	3,30	10,00	49,40	0,48
140	3,56	7,00	34,58	0,34
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	1,50	7,41	0,07



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

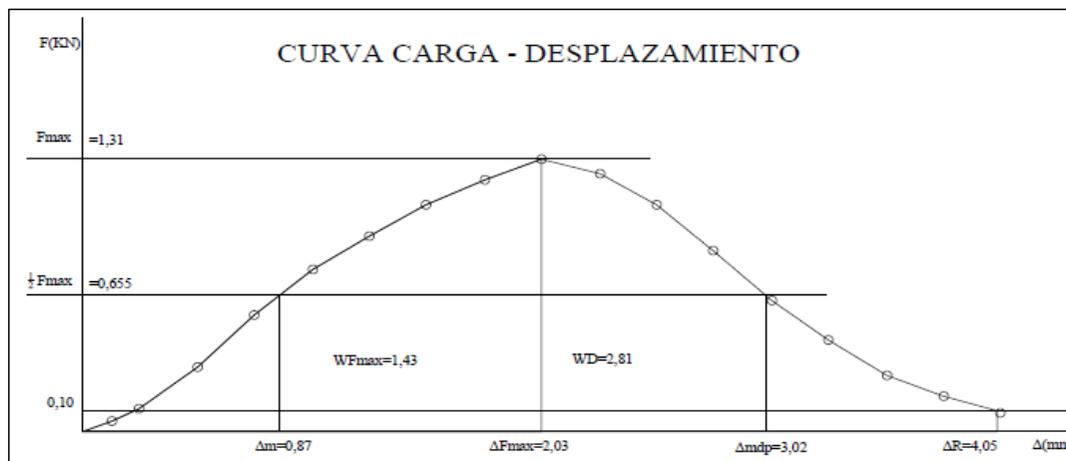
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,44	0,72	1,07	4,02	2,83	2,03	1,41	2,93

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 39

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 22-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001) pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,20	10,87	0,11
20	0,51	6,50	32,11	0,31
30	0,76	11,50	56,81	0,56
40	1,02	16,00	79,04	0,78
50	1,27	19,50	96,33	0,94
60	1,52	22,50	111,15	1,09
70	1,78	25,00	123,50	1,21
80	2,03	27,00	133,38	1,31
90	2,29	25,50	125,97	1,24
100	2,54	22,50	111,15	1,09
110	2,79	18,00	88,92	0,87
120	3,05	13,00	64,22	0,63
130	3,30	9,00	44,46	0,44
140	3,56	5,50	27,17	0,27
150	3,81	3,50	17,29	0,17
160	4,06	1,80	8,89	0,09
170	4,32	0,50	2,47	0,02



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

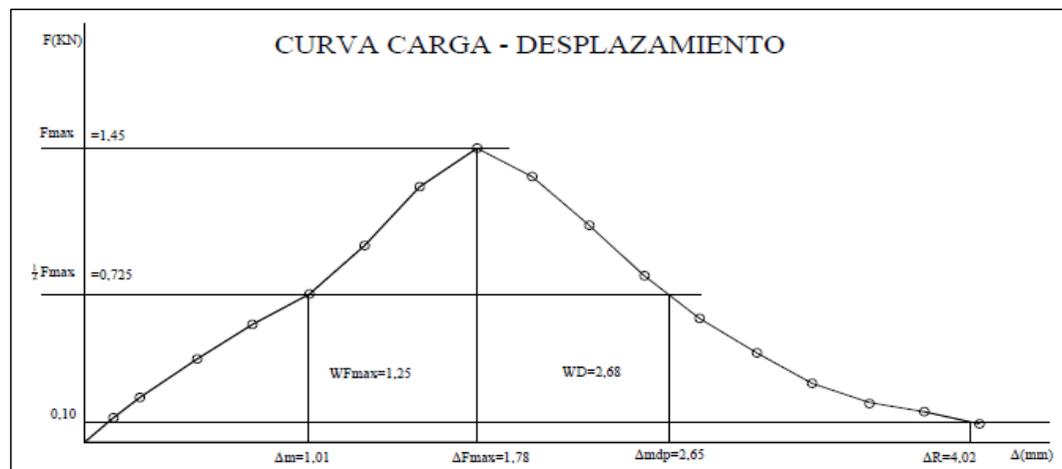
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico Wfmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,31	0,655	0,87	4,05	2,81	2,03	1,43	3,02

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 40

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: 23-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	2,50	12,35	0,12
10	0,25	4,60	22,72	0,22
20	0,51	8,50	41,99	0,41
30	0,76	12,00	59,28	0,58
40	1,02	15,00	74,10	0,73
50	1,27	20,00	98,80	0,97
60	1,52	26,00	128,44	1,26
70	1,78	30,00	148,20	1,45
80	2,03	27,00	133,38	1,31
90	2,29	22,00	108,68	1,07
100	2,54	17,00	83,98	0,82
110	2,79	12,50	61,75	0,61
120	3,05	9,00	44,46	0,44
130	3,30	6,00	29,64	0,29
140	3,56	4,00	19,76	0,19
150	3,81	3,00	14,82	0,15
160	4,06	1,80	8,89	0,09



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico Wfmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,45	0,725	1,01	4,02	2,68	1,78	1,25	2,65

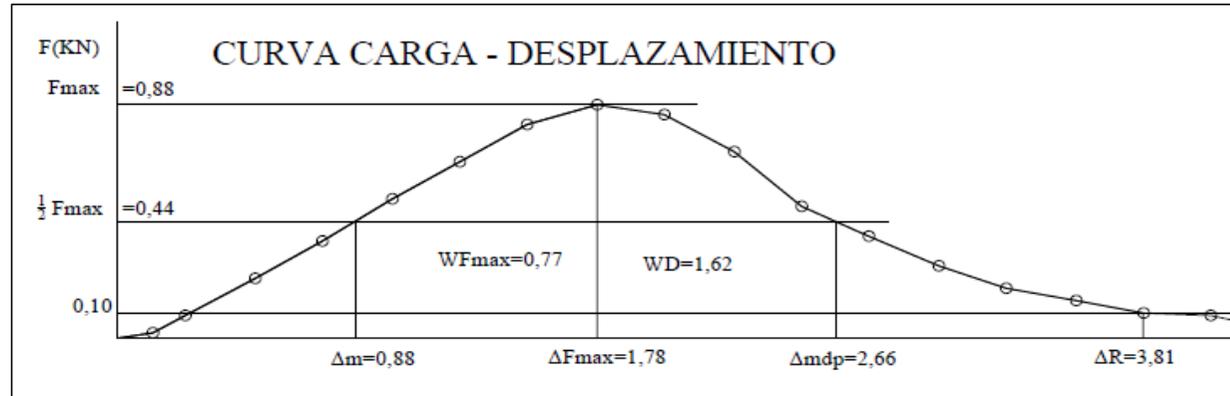
Nelson R. Sozoranga M.



ENSAYO DE VIGA SEMICIRCULAR SIMPLEMENTE APOYADO

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 3-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,23	6,08	0,06	
10	0,25	2,40	11,86	0,12	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	8,10	40,01	0,39	
40	1,02	11,50	56,81	0,56	
50	1,27	14,00	69,16	0,68	
60	1,52	17,00	83,98	0,82	
70	1,78	18,20	89,91	0,88	
80	2,03	16,80	82,99	0,81	
90	2,29	14,10	69,65	0,68	
100	2,54	10,70	52,86	0,52	
110	2,79	8,50	41,99	0,41	
120	3,05	7,00	34,58	0,34	
130	3,30	5,50	27,17	0,27	
140	3,56	4,80	23,71	0,23	
150	3,81	3,00	14,82	0,15	
160	4,06	2,00	9,88	0,10	
170	4,32	1,30	6,42	0,06	
180	4,57	1,00	4,94	0,05	
190	4,83	0,90	4,45	0,04	
200	5,08	0,70	3,46	0,03	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,88	0,44	0,88	3,81	1,62	1,78	0,77	2,66

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 42

EQUIPO: VERSA TESTER

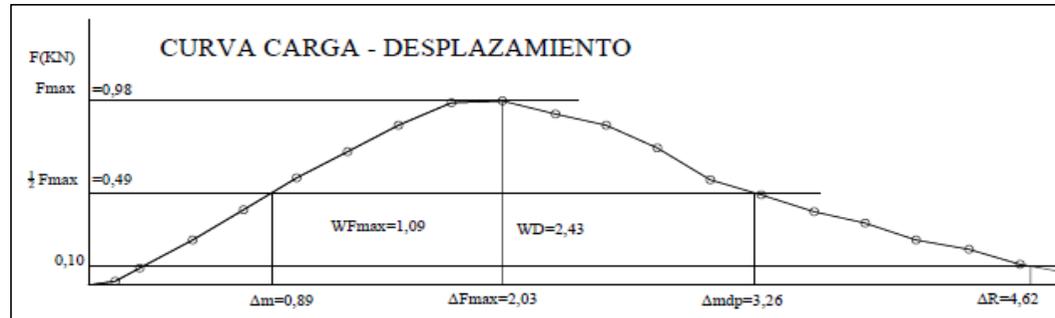
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 4-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	0,50	2,47	0,02	
10	0,25	1,80	8,89	0,09	
20	0,51	4,90	24,21	0,24	
30	0,76	8,30	41,00	0,40	
40	1,02	11,70	57,80	0,57	
50	1,27	14,70	72,62	0,71	
60	1,52	17,60	86,94	0,85	
70	1,78	20,00	98,80	0,97	
80	2,03	20,20	99,79	0,98	
90	2,29	18,80	92,87	0,91	
100	2,54	17,50	86,45	0,85	
110	2,79	15,00	74,10	0,73	
120	3,05	11,50	56,81	0,56	
130	3,30	10,00	49,40	0,48	
140	3,56	8,00	39,52	0,39	
150	3,81	6,80	33,59	0,33	
160	4,06	5,00	24,70	0,24	
170	4,32	4,00	19,76	0,19	
180	4,57	2,20	10,87	0,11	
190	4,83	1,30	6,42	0,06	
200	5,08	0,60	2,96	0,03	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F- Δ WD (kN-mm)	ΔF_{max} (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δm_{dp} (mm)
0,98	0,49	0,89	4,62	2,43	2,03	1,09	3,26

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 43

EQUIPO: VERSA TESTER

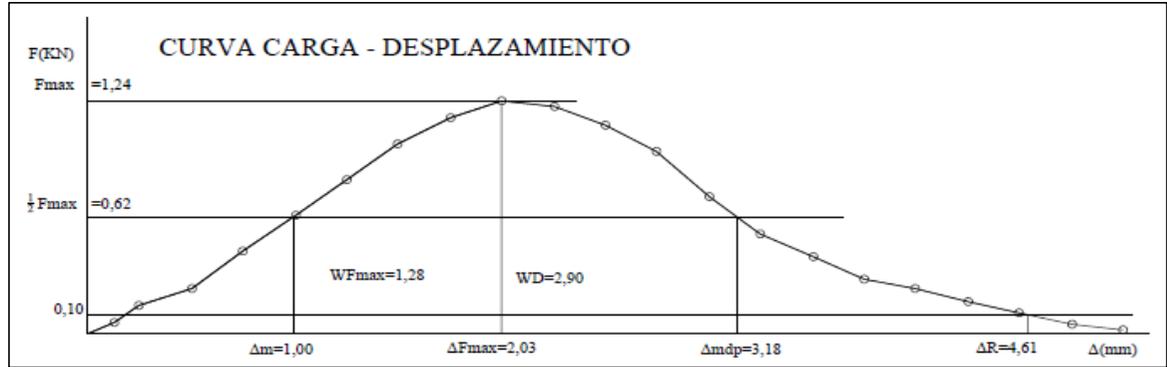
VELOCIDAD: $0,04 \cdot 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 4-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,30	6,42	0,06	
10	0,25	3,00	14,82	0,15	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	9,00	44,46	0,44	
40	1,02	13,00	64,22	0,63	
50	1,27	17,00	83,98	0,82	
60	1,52	20,80	102,75	1,01	
70	1,78	23,80	117,57	1,15	
80	2,03	25,50	125,97	1,24	
90	2,29	25,00	123,50	1,21	
100	2,54	23,00	113,62	1,11	
110	2,79	20,00	98,80	0,97	
120	3,05	15,00	74,10	0,73	
130	3,30	11,00	54,34	0,53	
140	3,56	8,50	41,99	0,41	
150	3,81	6,00	29,64	0,29	
160	4,06	5,00	24,70	0,24	
170	4,32	3,60	17,78	0,17	
180	4,57	2,20	10,87	0,11	
190	4,83	1,00	4,94	0,05	
200	5,08	0,50	2,47	0,02	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,24	0,62	1,00	4,61	2,90	2,03	1,28	3,18

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 44

EQUIPO: VERSA TESTER

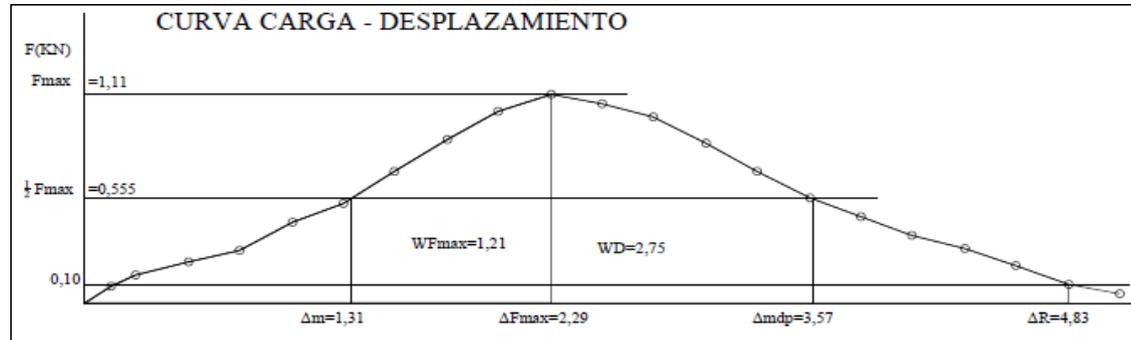
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 5-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)		Kg	kN
5	0,13	1,80	8,89	0,09
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	4,50	22,23	0,22
30	0,76	5,80	28,65	0,28
40	1,02	8,80	43,47	0,43
50	1,27	11,00	54,34	0,53
60	1,52	14,50	71,63	0,70
70	1,78	18,00	88,92	0,87
80	2,03	21,00	103,74	1,02
90	2,29	23,00	113,62	1,11
100	2,54	21,80	107,69	1,06
110	2,79	20,50	101,27	0,99
120	3,05	17,50	86,45	0,85
130	3,30	14,50	71,63	0,70
140	3,56	11,50	56,81	0,56
150	3,81	9,50	46,93	0,46
160	4,06	7,50	37,05	0,36
170	4,32	6,00	29,64	0,29
180	4,57	4,20	20,75	0,20
190	4,83	2,00	9,88	0,10
200	5,08	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

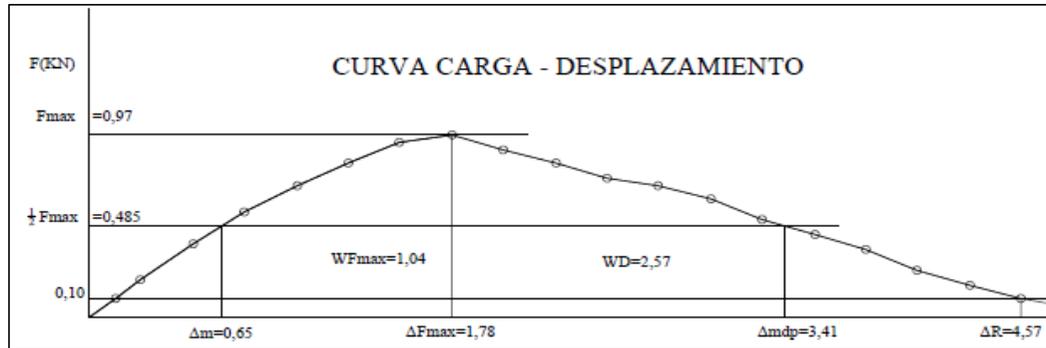
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,11	0,555	1,31	4,83	2,75	2,29	1,21	3,57

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 45

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 5-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	2,20	10,87	0,11	
10	0,25	4,20	20,75	0,20	
20	0,51	8,10	40,01	0,39	
30	0,76	11,60	57,30	0,56	
40	1,02	14,50	71,63	0,70	
50	1,27	17,00	83,98	0,82	
60	1,52	19,20	94,85	0,93	
70	1,78	20,00	98,80	0,97	
80	2,03	18,30	90,40	0,89	
90	2,29	17,00	83,98	0,82	
100	2,54	15,20	75,09	0,74	
110	2,79	14,40	71,14	0,70	
120	3,05	13,00	64,22	0,63	
130	3,30	10,80	53,35	0,52	
140	3,56	9,00	44,46	0,44	
150	3,81	7,50	37,05	0,36	
160	4,06	5,20	25,69	0,25	
170	4,32	3,50	17,29	0,17	
180	4,57	2,00	9,88	0,10	
190	4,83	1,00	4,94	0,05	
200	5,08	1,00	4,94	0,05	
210	5,33	1,00	4,94	0,05	
220	5,59	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,97	0,485	0,65	4,57	2,57	1,78	1,04	3,41

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 46

EQUIPO: VERSA TESTER

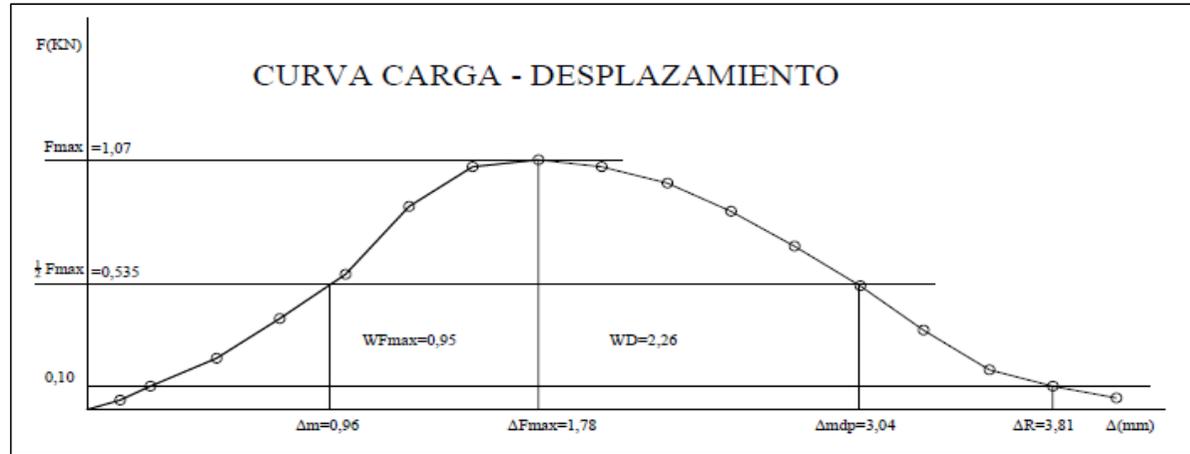
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 23-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	0,80	3,95	0,04	
10	0,25	2,10	10,37	0,10	
20	0,51	4,60	22,72	0,22	
30	0,76	8,00	39,52	0,39	
40	1,02	12,00	59,28	0,58	
50	1,27	18,00	88,92	0,87	
60	1,52	21,20	104,73	1,03	
70	1,78	22,00	108,68	1,07	
80	2,03	21,50	106,21	1,04	
90	2,29	20,00	98,80	0,97	
100	2,54	17,50	86,45	0,85	
110	2,79	14,50	71,63	0,70	
120	3,05	11,00	54,34	0,53	
130	3,30	7,00	34,58	0,34	
140	3,56	3,50	17,29	0,17	
150	3,81	2,00	9,88	0,10	
160	4,06	1,00	4,94	0,05	
170	4,32	0,50	2,47	0,02	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,07	0,535	0,96	3,81	2,26	1,78	0,95	3,04

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 47

EQUIPO: VERSA TESTER

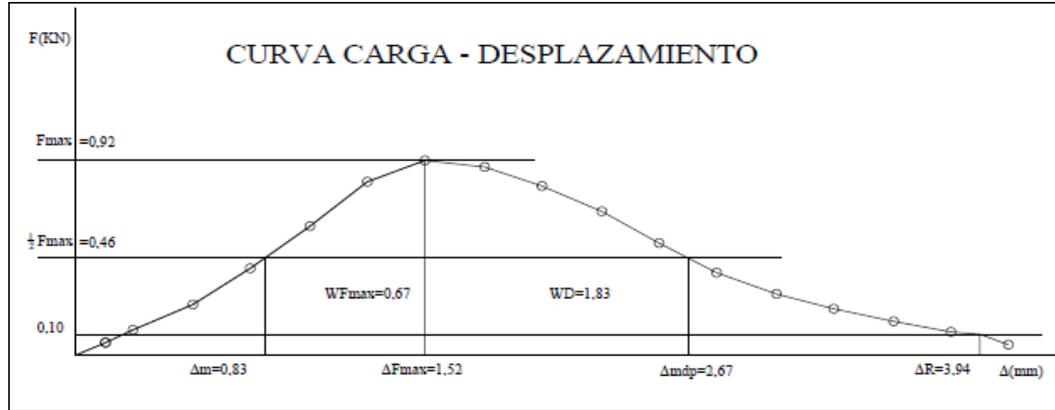
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 24-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,20	5,93	0,06	
10	0,25	2,50	12,35	0,12	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	8,50	41,99	0,41	
40	1,02	12,50	61,75	0,61	
50	1,27	17,00	83,98	0,82	
60	1,52	19,00	93,86	0,92	
70	1,78	18,30	90,40	0,89	
80	2,03	16,50	81,51	0,80	
90	2,29	14,00	69,16	0,68	
100	2,54	11,00	54,34	0,53	
110	2,79	8,00	39,52	0,39	
120	3,05	6,00	29,64	0,29	
130	3,30	4,50	22,23	0,22	
140	3,56	3,20	15,81	0,16	
150	3,81	2,20	10,87	0,11	
160	4,06	1,00	4,94	0,05	
170	4,32	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,92	0,46	0,83	3,94	1,83	1,52	0,67	2,67

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 48

EQUIPO: VERSA TESTER

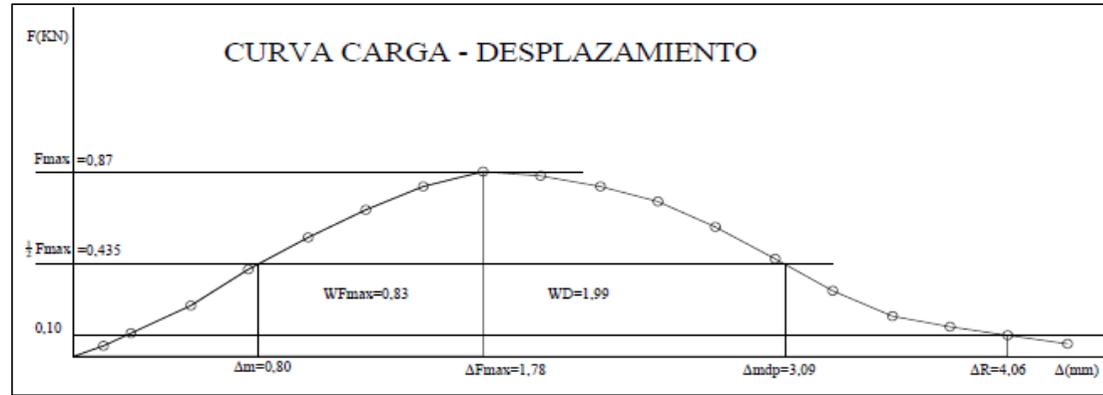
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 24-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,10	5,43	0,05	
10	0,25	2,20	10,87	0,11	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	8,50	41,99	0,41	
40	1,02	11,50	56,81	0,56	
50	1,27	14,30	70,64	0,69	
60	1,52	16,50	81,51	0,80	
70	1,78	18,00	88,92	0,87	
80	2,03	17,50	86,45	0,85	
90	2,29	16,50	81,51	0,80	
100	2,54	15,00	74,10	0,73	
110	2,79	12,50	61,75	0,61	
120	3,05	9,50	46,93	0,46	
130	3,30	6,50	32,11	0,31	
140	3,56	4,00	19,76	0,19	
150	3,81	2,80	13,83	0,14	
160	4,06	2,00	9,88	0,10	
170	4,32	1,20	5,93	0,06	
180	4,57	0,50	2,47	0,02	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,87	0,435	0,8	4,06	1,99	1,78	0,83	3,09

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 49

EQUIPO: VERSA TESTER

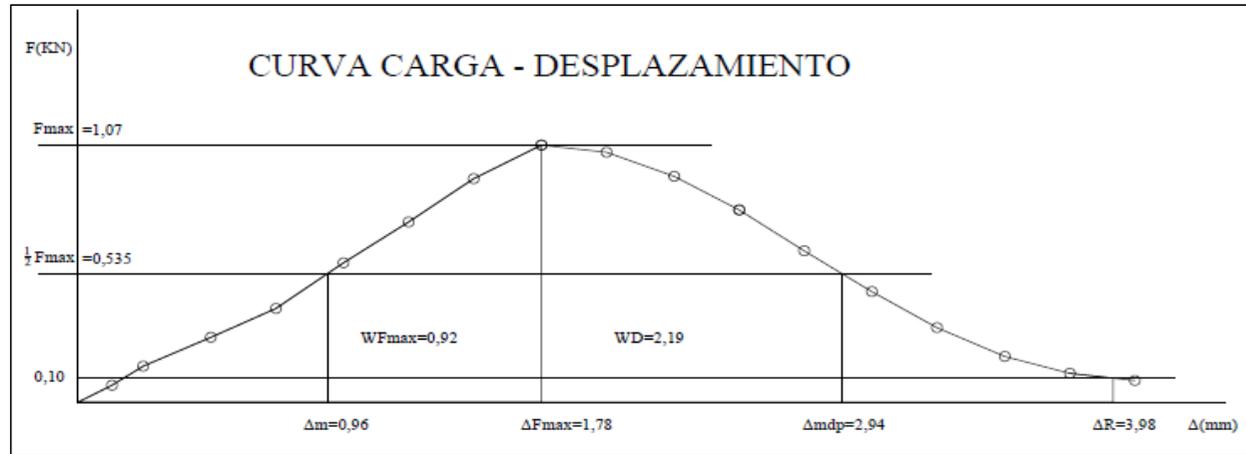
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 25-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,50	7,41	0,07
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	5,50	27,17	0,27
30	0,76	8,00	39,52	0,39
40	1,02	12,00	59,28	0,58
50	1,27	15,50	76,57	0,75
60	1,52	19,20	94,85	0,93
70	1,78	22,00	108,68	1,07
80	2,03	21,50	106,21	1,04
90	2,29	19,40	95,84	0,94
100	2,54	16,50	81,51	0,80
110	2,79	13,00	64,22	0,63
120	3,05	9,50	46,93	0,46
130	3,30	6,50	32,11	0,31
140	3,56	4,00	19,76	0,19
150	3,81	2,50	12,35	0,12
160	4,06	1,80	8,89	0,09
170	4,32	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2 Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,07	0,535	0,96	3,98	2,19	1,78	0,92	2,94

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 50

EQUIPO: VERSA TESTER

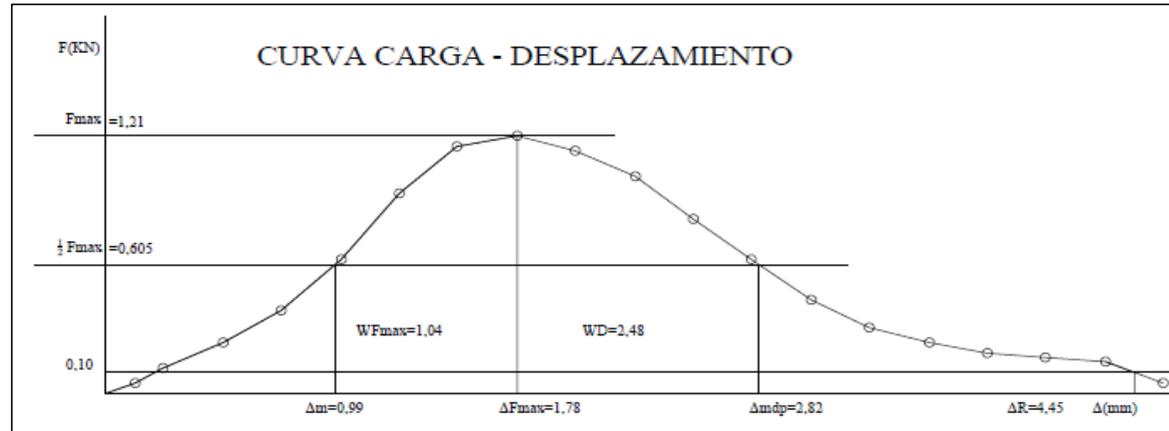
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA:	25-B	GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,10	5,43	0,05
10	0,25	2,50	12,35	0,12
20	0,51	5,00	24,70	0,24
30	0,76	8,00	39,52	0,39
40	1,02	13,00	64,22	0,63
50	1,27	19,50	96,33	0,94
60	1,52	24,00	118,56	1,16
70	1,78	25,00	123,50	1,21
80	2,03	23,50	116,09	1,14
90	2,29	21,00	103,74	1,02
100	2,54	17,00	83,98	0,82
110	2,79	13,00	64,22	0,63
120	3,05	9,00	44,46	0,44
130	3,30	6,50	32,11	0,31
140	3,56	5,00	24,70	0,24
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	3,50	17,29	0,17
170	4,32	3,00	14,82	0,15
180	4,57	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WDFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,21	0,605	0,99	4,45	2,48	1,78	1,04	2,82

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 51

EQUIPO: VERSA TESTER

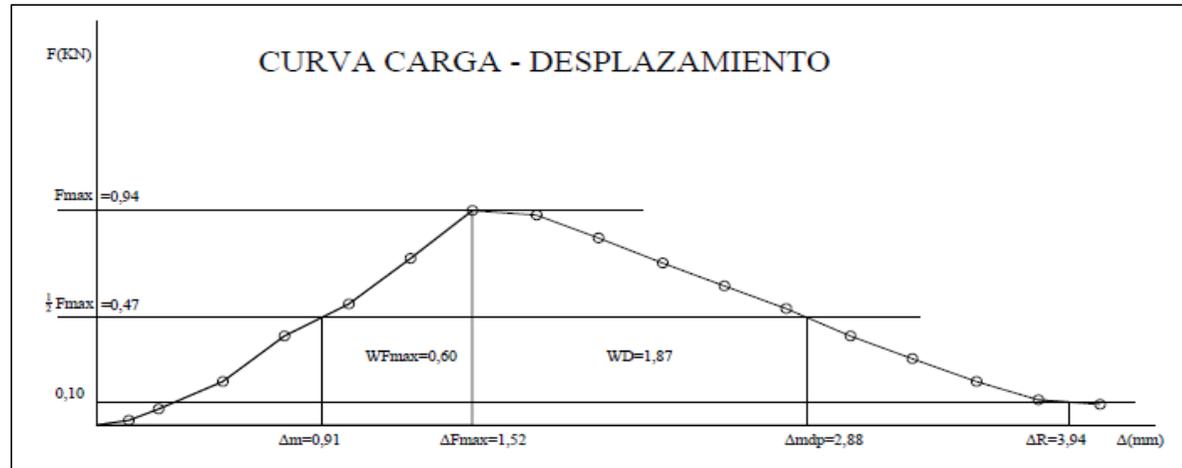
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA:		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,50	2,47	0,02
10	0,25	1,50	7,41	0,07
20	0,51	4,00	19,76	0,19
30	0,76	8,00	39,52	0,39
40	1,02	11,00	54,34	0,53
50	1,27	15,10	74,59	0,73
60	1,52	19,50	96,33	0,94
70	1,78	19,00	93,86	0,92
80	2,03	17,00	83,98	0,82
90	2,29	14,60	72,12	0,71
100	2,54	12,50	61,75	0,61
110	2,79	10,50	51,87	0,51
120	3,05	8,00	39,52	0,39
130	3,30	6,00	29,64	0,29
140	3,56	4,00	19,76	0,19
150	3,81	2,20	10,87	0,11
160	4,06	1,80	8,89	0,09



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,94	0,47	0,91	3,94	1,87	1,52	0,6	2,88

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 52

EQUIPO: VERSA TESTER

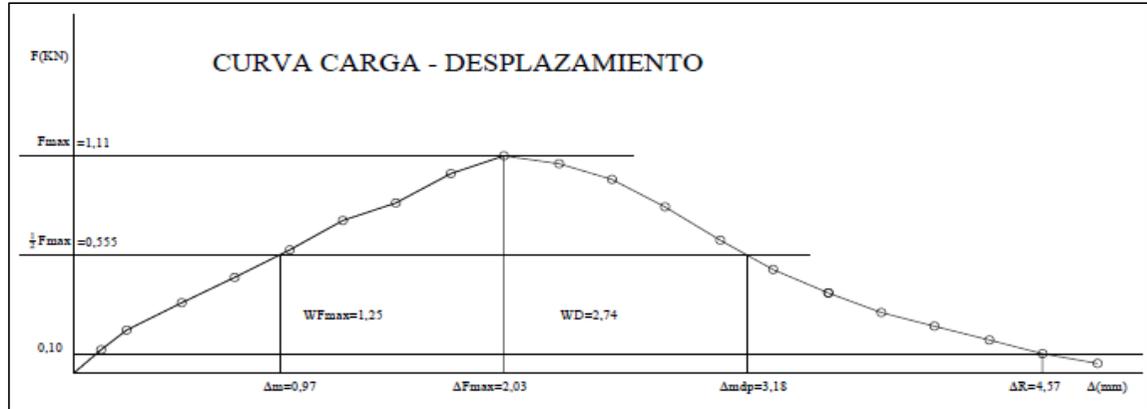
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 26-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	2,50	12,35	0,12	
10	0,25	4,50	22,23	0,22	
20	0,51	7,50	37,05	0,36	
30	0,76	10,20	50,39	0,49	
40	1,02	13,00	64,22	0,63	
50	1,27	16,00	79,04	0,78	
60	1,52	18,00	88,92	0,87	
70	1,78	21,00	103,74	1,02	
80	2,03	23,00	113,62	1,11	
90	2,29	22,00	108,68	1,07	
100	2,54	20,50	101,27	0,99	
110	2,79	17,50	86,45	0,85	
120	3,05	14,00	69,16	0,68	
130	3,30	11,00	54,34	0,53	
140	3,56	8,50	41,99	0,41	
150	3,81	6,50	32,11	0,31	
160	4,06	5,00	24,70	0,24	
170	4,32	3,50	17,29	0,17	
180	4,57	2,00	9,88	0,10	
190	4,83	1,00	4,94	0,05	
200	5,08	0,50	2,47	0,02	



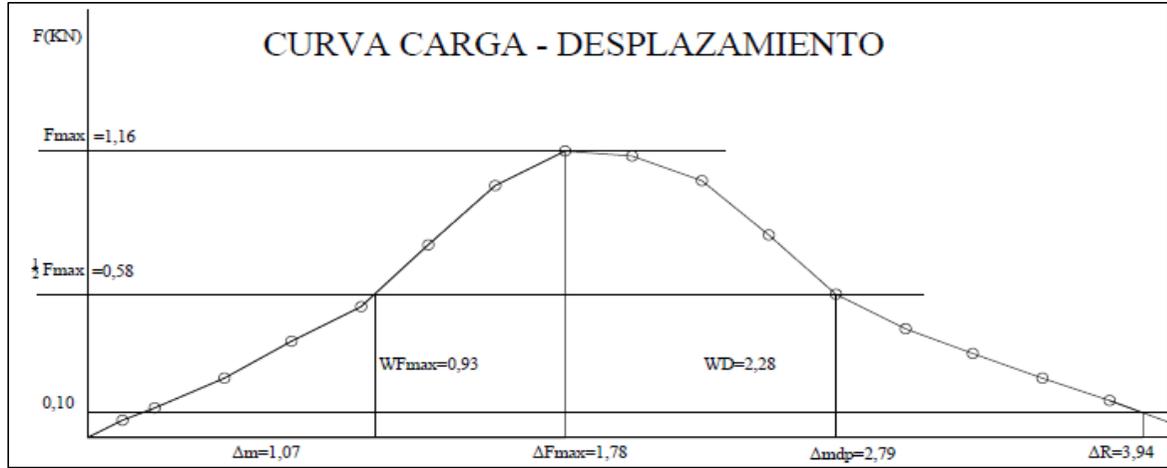
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,11	0,555	0,97	4,57	2,74	2,03	1,25	3,18

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 53

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 27-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,50	7,41	0,07	
10	0,25	2,50	12,35	0,12	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	8,00	39,52	0,39	
40	1,02	11,00	54,34	0,53	
50	1,27	16,00	79,04	0,78	
60	1,52	21,00	103,74	1,02	
70	1,78	24,00	118,56	1,16	
80	2,03	23,50	116,09	1,14	
90	2,29	21,50	106,21	1,04	
100	2,54	17,00	83,98	0,82	
110	2,79	12,00	59,28	0,58	
120	3,05	9,00	44,46	0,44	
130	3,30	7,00	34,58	0,34	
140	3,56	5,00	24,70	0,24	
150	3,81	3,00	14,82	0,15	
160	4,06	1,00	4,94	0,05	
170	4,32	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,16	0,58	1,07	3,94	2,28	1,78	0,93	2,79

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 54

EQUIPO: VERSA TESTER

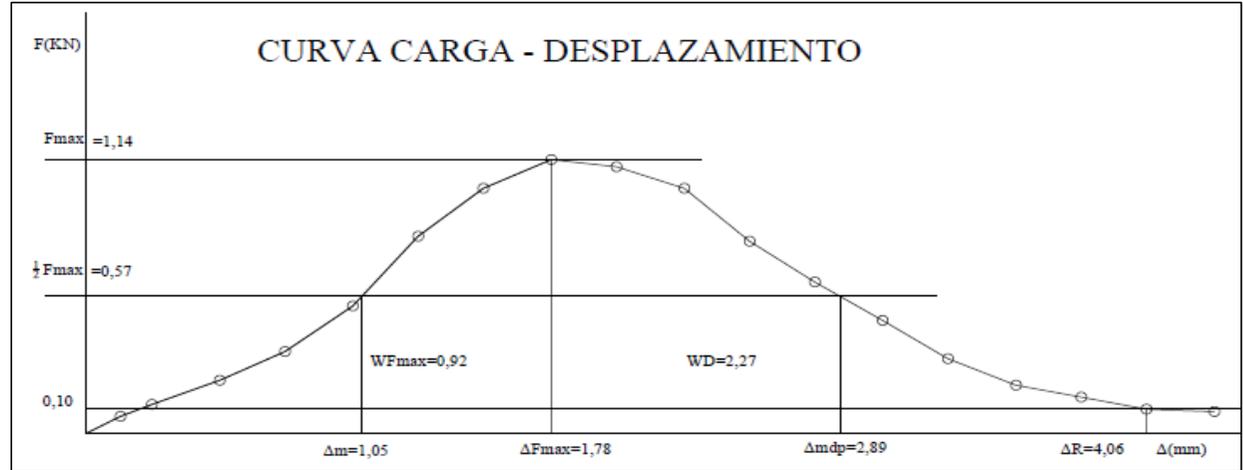
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 27-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,50	7,41	0,07	
10	0,25	2,50	12,35	0,12	
20	0,51	4,50	22,23	0,22	
30	0,76	7,00	34,58	0,34	
40	1,02	11,00	54,34	0,53	
50	1,27	17,00	83,98	0,82	
60	1,52	21,00	103,74	1,02	
70	1,78	23,50	116,09	1,14	
80	2,03	23,00	113,62	1,11	
90	2,29	21,00	103,74	1,02	
100	2,54	16,50	81,51	0,80	
110	2,79	13,00	64,22	0,63	
120	3,05	9,80	48,41	0,47	
130	3,30	6,50	32,11	0,31	
140	3,56	4,20	20,75	0,20	
150	3,81	3,00	14,82	0,15	
160	4,06	2,00	9,88	0,10	
170	4,32	1,80	8,89	0,09	
180	4,57	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,14	0,57	1,05	4,06	2,27	1,78	0,92	2,89

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 55

EQUIPO: VERSA TESTER

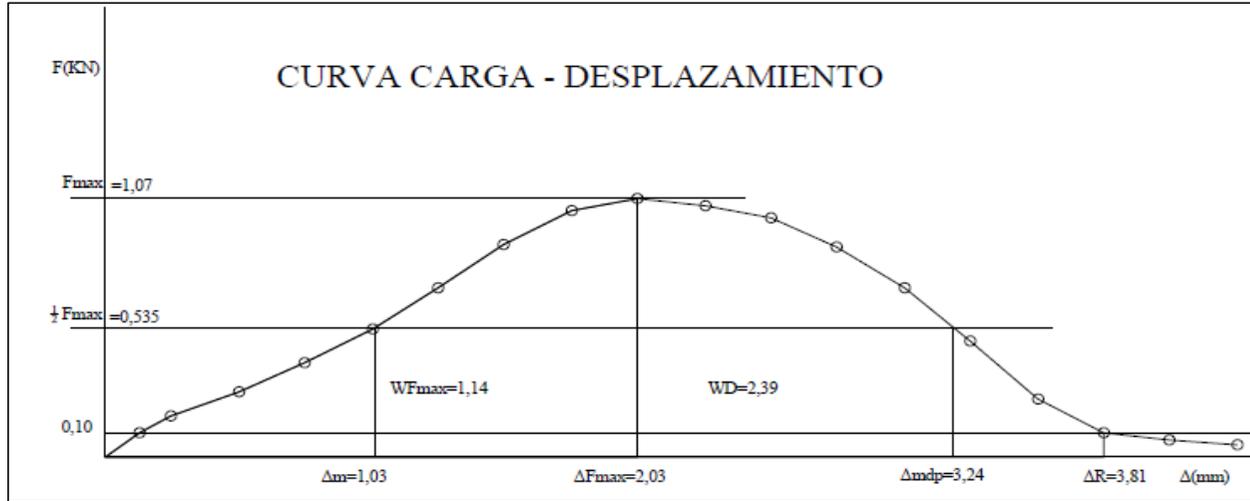
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 28-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	2,00	9,88	0,10
10	0,25	3,50	17,29	0,17
20	0,51	5,50	27,17	0,27
30	0,76	8,00	39,52	0,39
40	1,02	11,00	54,34	0,53
50	1,27	14,50	71,63	0,70
60	1,52	18,20	89,91	0,88
70	1,78	21,00	103,74	1,02
80	2,03	22,00	108,68	1,07
90	2,29	21,50	106,21	1,04
100	2,54	20,50	101,27	0,99
110	2,79	18,00	88,92	0,87
120	3,05	14,50	71,63	0,70
130	3,30	10,00	49,40	0,48
140	3,56	5,00	24,70	0,24
150	3,81	2,00	9,88	0,10
160	4,06	1,50	7,41	0,07
170	4,32	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,07	0,535	1,03	3,81	2,39	2,03	1,14	3,24

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 56

EQUIPO: VERSA TESTER

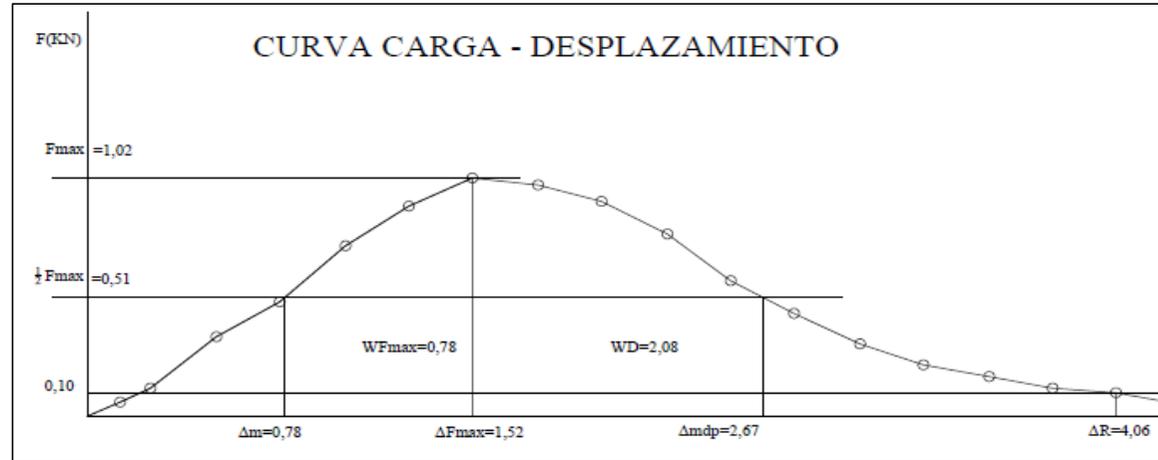
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 28-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	2,50	12,35	0,12
20	0,51	7,00	34,58	0,34
30	0,76	10,20	50,39	0,49
40	1,02	15,00	74,10	0,73
50	1,27	18,50	91,39	0,90
60	1,52	21,00	103,74	1,02
70	1,78	20,50	101,27	0,99
80	2,03	19,00	93,86	0,92
90	2,29	16,00	79,04	0,78
100	2,54	12,00	59,28	0,58
110	2,79	9,00	44,46	0,44
120	3,05	6,50	32,11	0,31
130	3,30	4,50	22,23	0,22
140	3,56	3,50	17,29	0,17
150	3,81	2,50	12,35	0,12
160	4,06	2,00	9,88	0,10
170	4,32	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima F_{max} (kN)	$1/2 F_{max}$ (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F- Δ WD (kN-mm)	ΔF_{max} (mm)	Área prepico WF_{max} (kN-mm)	Δm_{dp} (mm)
1,02	0,51	0,78	4,06	2,08	1,52	0,78	2,67

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 57

EQUIPO: VERSA TESTER

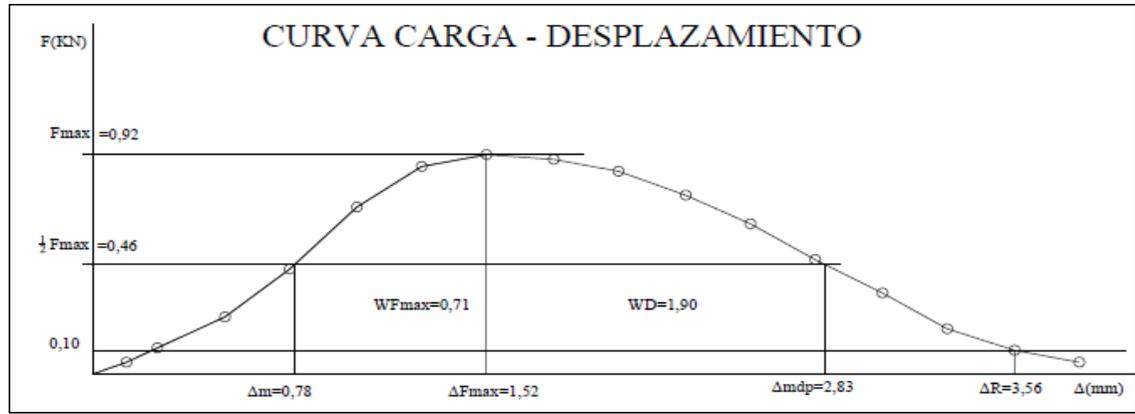
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 29-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,10	5,43	0,05	
10	0,25	2,30	11,36	0,11	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	9,00	44,46	0,44	
40	1,02	14,50	71,63	0,70	
50	1,27	18,00	88,92	0,87	
60	1,52	19,00	93,86	0,92	
70	1,78	18,50	91,39	0,90	
80	2,03	17,50	86,45	0,85	
90	2,29	15,50	76,57	0,75	
100	2,54	13,00	64,22	0,63	
110	2,79	10,00	49,40	0,48	
120	3,05	7,00	34,58	0,34	
130	3,30	4,00	19,76	0,19	
140	3,56	2,00	9,88	0,10	
150	3,81	1,00	4,94	0,05	
160	4,06	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,92	0,46	0,78	3,56	1,90	1,52	0,71	2,83

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 58

EQUIPO: VERSA TESTER

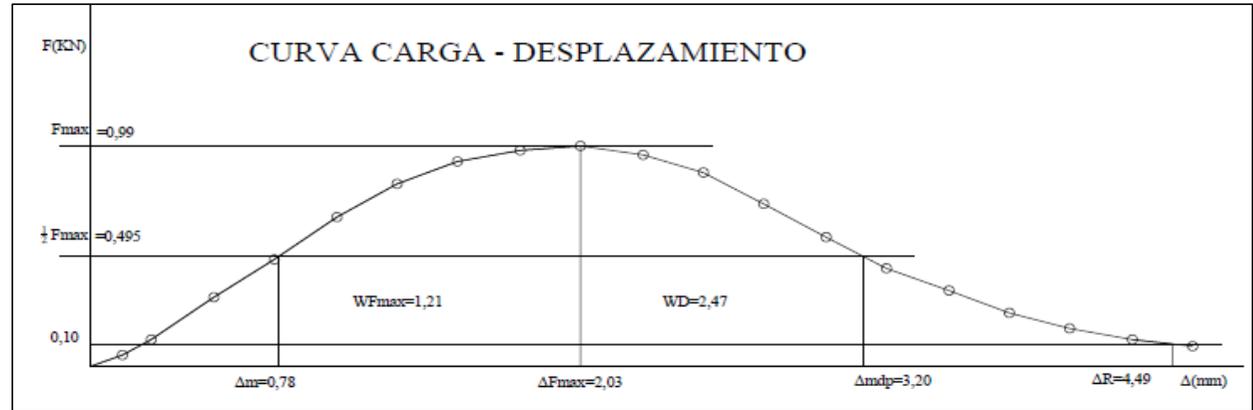
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 29-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	2,50	12,35	0,12	
20	0,51	6,50	32,11	0,31	
30	0,76	10,00	49,40	0,48	
40	1,02	13,80	68,17	0,67	
50	1,27	17,00	83,98	0,82	
60	1,52	19,00	93,86	0,92	
70	1,78	20,00	98,80	0,97	
80	2,03	20,50	101,27	0,99	
90	2,29	19,60	96,82	0,95	
100	2,54	18,00	88,92	0,87	
110	2,79	15,00	74,10	0,73	
120	3,05	12,00	59,28	0,58	
130	3,30	9,00	44,46	0,44	
140	3,56	7,00	34,58	0,34	
150	3,81	5,00	24,70	0,24	
160	4,06	3,50	17,29	0,17	
170	4,32	2,50	12,35	0,12	
180	4,57	1,80	8,89	0,09	
190	4,83	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,99	0,495	0,78	4,49	2,47	2,03	1,21	3,2

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 59

EQUIPO: VERSA TESTER

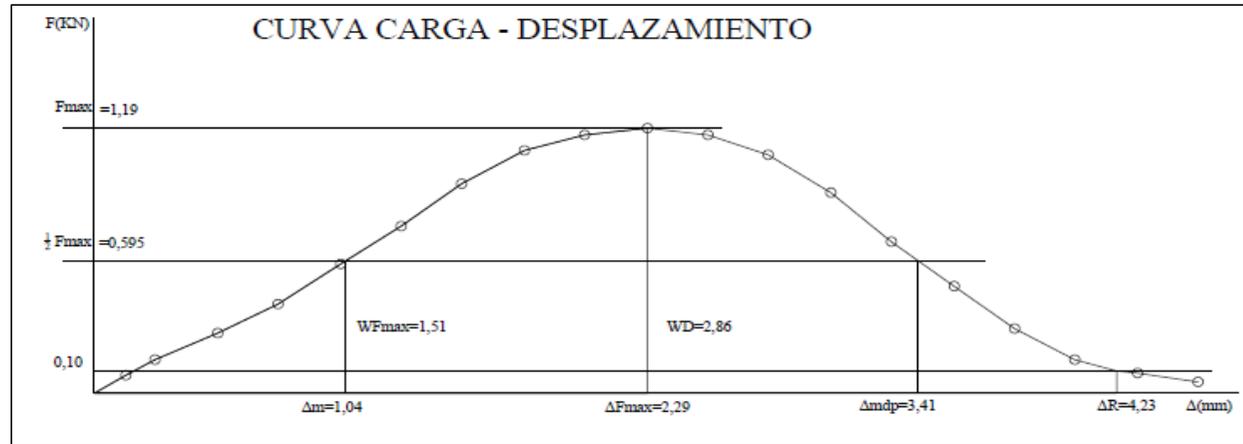
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 30-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,60	7,90	0,08
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	5,50	27,17	0,27
30	0,76	8,20	40,51	0,40
40	1,02	12,00	59,28	0,58
50	1,27	15,50	76,57	0,75
60	1,52	19,50	96,33	0,94
70	1,78	22,50	111,15	1,09
80	2,03	24,00	118,56	1,16
90	2,29	24,50	121,03	1,19
100	2,54	24,00	118,56	1,16
110	2,79	22,00	108,68	1,07
120	3,05	18,50	91,39	0,90
130	3,30	14,00	69,16	0,68
140	3,56	10,00	49,40	0,48
150	3,81	6,00	29,64	0,29
160	4,06	3,00	14,82	0,15
170	4,32	1,80	8,89	0,09
180	4,57	1,30	6,42	0,06
190	4,83	1,00	4,94	0,05
200	5,08	0,50	2,47	0,02



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

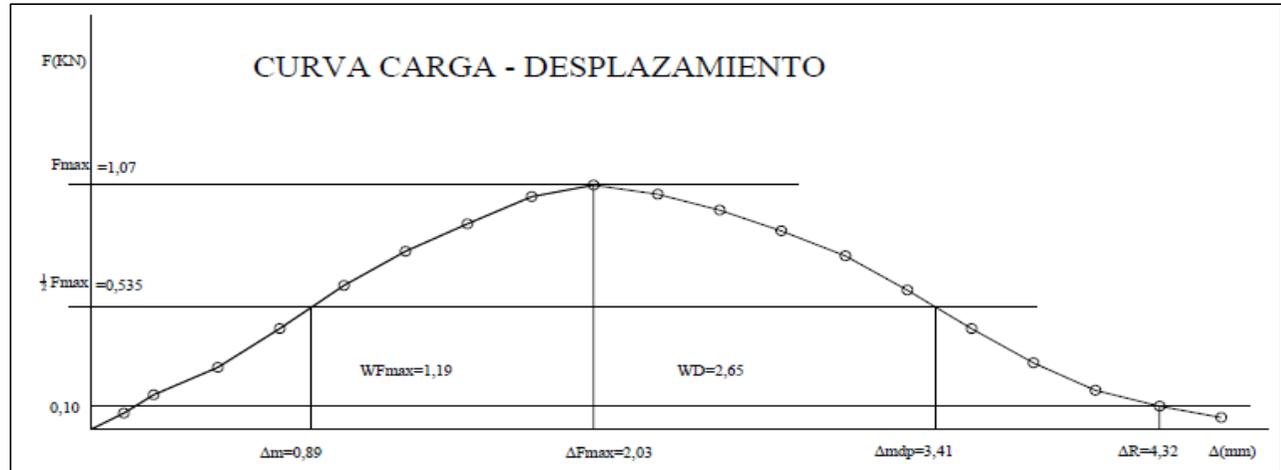
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,19	0,595	1,04	4,23	2,86	2,29	1,51	3,41

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 60

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: 30-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,50	7,41	0,07
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	5,60	27,66	0,27
30	0,76	9,00	44,46	0,44
40	1,02	13,00	64,22	0,63
50	1,27	16,00	79,04	0,78
60	1,52	18,50	91,39	0,90
70	1,78	21,00	103,74	1,02
80	2,03	22,00	108,68	1,07
90	2,29	21,20	104,73	1,03
100	2,54	19,80	97,81	0,96
110	2,79	18,00	88,92	0,87
120	3,05	15,70	77,56	0,76
130	3,30	12,50	61,75	0,61
140	3,56	9,00	44,46	0,44
150	3,81	6,00	29,64	0,29
160	4,06	3,50	17,29	0,17
170	4,32	2,00	9,88	0,10
180	4,57	1,00	4,94	0,05
190	4,83	0,50	2,47	0,02



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,07	0,535	0,89	4,32	2,65	2,03	1,19	3,41

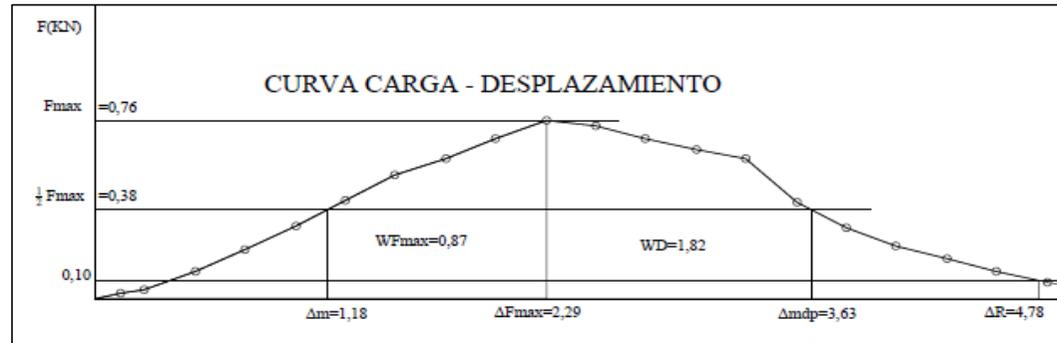
Nelson R. Sozoranga M.



ENSAYO DE VIGA SEMICIRCULAR SIMPLEMENTE APOYADO

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 6-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	0,60	2,96	0,03	
10	0,25	1,10	5,43	0,05	
20	0,51	3,00	14,82	0,15	
30	0,76	5,50	27,17	0,27	
40	1,02	8,20	40,51	0,40	
50	1,27	11,20	55,33	0,54	
60	1,52	14,00	69,16	0,68	
70	1,78	15,00	74,10	0,73	
80	2,03	15,50	76,57	0,75	
90	2,29	15,60	77,06	0,76	
100	2,54	13,80	68,17	0,67	
110	2,79	12,30	60,76	0,60	
120	3,05	10,40	51,38	0,50	
130	3,30	8,60	42,48	0,42	
140	3,56	7,80	38,53	0,38	
150	3,81	6,80	33,59	0,33	
160	4,06	5,20	25,69	0,25	
170	4,32	4,20	20,75	0,20	
180	4,57	3,00	14,82	0,15	
190	4,83	1,80	8,89	0,09	
200	5,08	0,80	3,95	0,04	



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

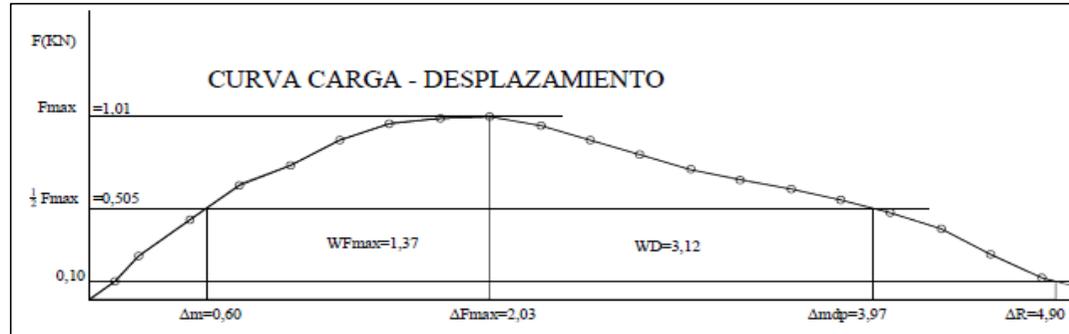
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,76	0,38	1,18	4,78	1,82	2,29	0,87	3,63

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 62

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA:	6-B	GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	2,10	10,37	0,10
10	0,25	5,00	24,70	0,24
20	0,51	9,00	44,46	0,44
30	0,76	13,00	64,22	0,63
40	1,02	15,20	75,09	0,74
50	1,27	18,20	89,91	0,88
60	1,52	20,10	99,29	0,97
70	1,78	20,60	101,76	1,00
80	2,03	20,80	102,75	1,01
90	2,29	19,80	97,81	0,96
100	2,54	18,20	89,91	0,88
110	2,79	16,50	81,51	0,80
120	3,05	14,80	73,11	0,72
130	3,30	13,60	67,18	0,66
140	3,56	12,50	61,75	0,61
150	3,81	11,30	55,82	0,55
160	4,06	10,00	49,40	0,48
170	4,32	8,00	39,52	0,39
180	4,57	5,20	25,69	0,25
190	4,83	2,50	12,35	0,12
200	5,08	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

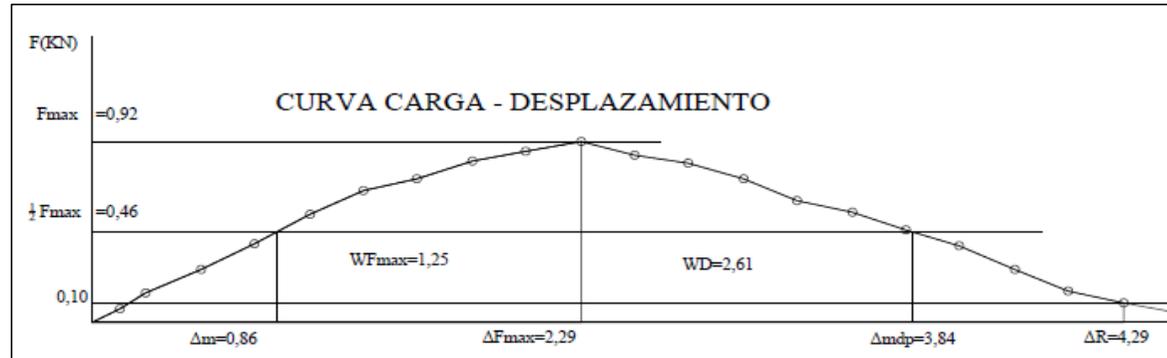
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,01	0,505	0,60	4,90	3,12	2,03	1,37	3,97

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 63

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 7-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,50	7,41	0,07
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	5,50	27,17	0,27
30	0,76	8,20	40,51	0,40
40	1,02	11,40	56,32	0,55
50	1,27	13,80	68,17	0,67
60	1,52	15,10	74,59	0,73
70	1,78	17,00	83,98	0,82
80	2,03	17,90	88,43	0,87
90	2,29	19,00	93,86	0,92
100	2,54	17,50	86,45	0,85
110	2,79	16,80	82,99	0,81
120	3,05	15,00	74,10	0,73
130	3,30	12,80	63,23	0,62
140	3,56	11,50	56,81	0,56
150	3,81	9,60	47,42	0,47
160	4,06	8,00	39,52	0,39
170	4,32	5,50	27,17	0,27
180	4,57	3,20	15,81	0,16
190	4,83	2,00	9,88	0,10
200	5,08	1,00	4,94	0,05



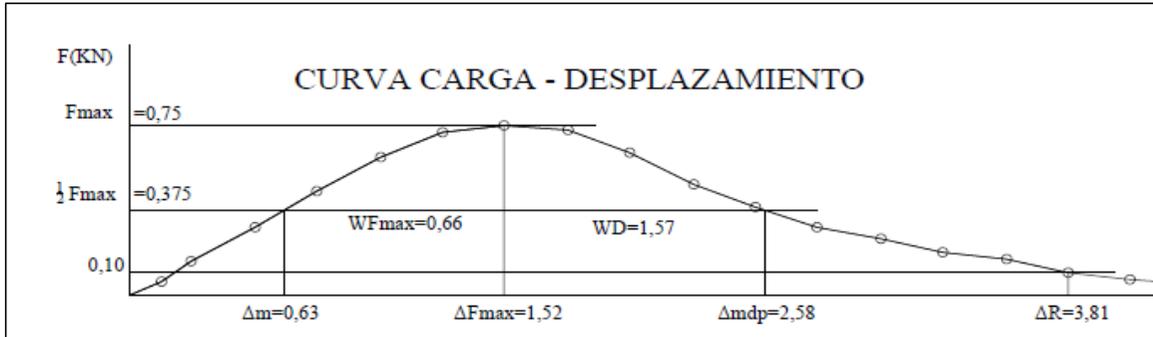
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,92	0,46	0,86	4,29	2,61	2,29	1,25	3,84

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 64

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 7-B GRANULOMETRÍA 1/2"		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
DESPLAZAMIENTO VERTICAL				
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	6,10	30,13	0,30
30	0,76	9,40	46,44	0,46
40	1,02	12,50	61,75	0,61
50	1,27	14,80	73,11	0,72
60	1,52	15,50	76,57	0,75
70	1,78	15,00	74,10	0,73
80	2,03	13,00	64,22	0,63
90	2,29	10,20	50,39	0,49
100	2,54	8,10	40,01	0,39
110	2,79	6,20	30,63	0,30
120	3,05	5,20	25,69	0,25
130	3,30	4,00	19,76	0,19
140	3,56	3,20	15,81	0,16
150	3,81	2,00	9,88	0,10
160	4,06	1,50	7,41	0,07
170	4,32	1,00	4,94	0,05
180	4,57	0,80	3,95	0,04
190	4,83	0,80	3,95	0,04
200	5,08	0,80	3,95	0,04



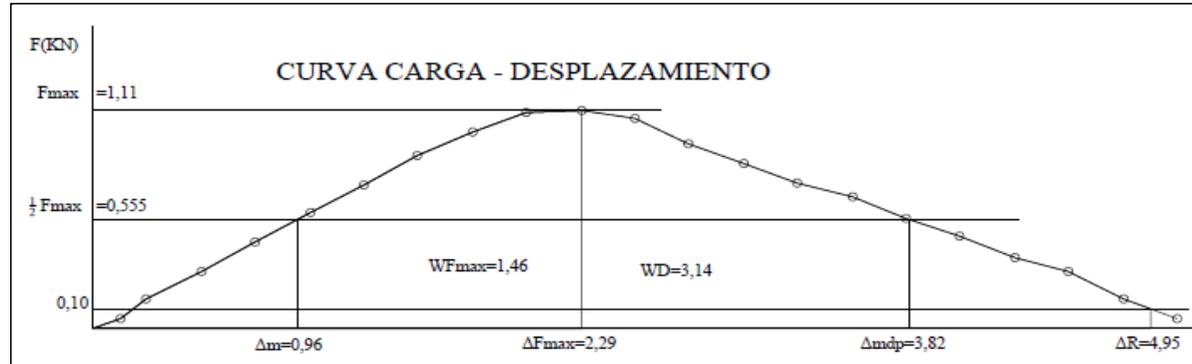
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,75	0,375	0,63	3,81	1,57	1,52	0,66	2,58

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 65

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 8-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,10	5,43	0,05
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	5,90	29,15	0,29
30	0,76	9,00	44,46	0,44
40	1,02	12,20	60,27	0,59
50	1,27	15,00	74,10	0,73
60	1,52	18,20	89,91	0,88
70	1,78	20,70	102,26	1,00
80	2,03	22,80	112,63	1,10
90	2,29	23,00	113,62	1,11
100	2,54	22,00	108,68	1,07
110	2,79	19,50	96,33	0,94
120	3,05	17,40	85,96	0,84
130	3,30	15,20	75,09	0,74
140	3,56	13,80	68,17	0,67
150	3,81	11,50	56,81	0,56
160	4,06	9,80	48,41	0,47
170	4,32	7,50	37,05	0,36
180	4,57	6,00	29,64	0,29
190	4,83	3,00	14,82	0,15
200	5,08	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

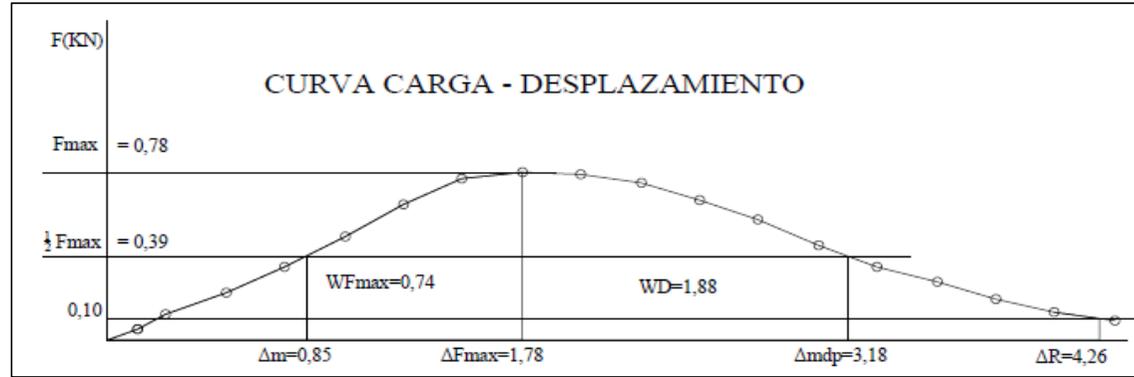
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,11	0,555	0,96	4,95	3,14	2,29	1,46	3,82

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 66

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA:		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,50	12,35	0,12
20	0,51	4,50	22,23	0,22
30	0,76	7,00	34,58	0,34
40	1,02	10,00	49,40	0,48
50	1,27	13,00	64,22	0,63
60	1,52	15,40	76,08	0,75
70	1,78	16,20	80,03	0,78
80	2,03	15,80	78,05	0,77
90	2,29	15,00	74,10	0,73
100	2,54	13,50	66,69	0,65
110	2,79	11,50	56,81	0,56
120	3,05	9,00	44,46	0,44
130	3,30	7,00	34,58	0,34
140	3,56	5,50	27,17	0,27
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	2,70	13,34	0,13
170	4,32	1,80	8,89	0,09
180	4,57	1,00	4,94	0,05
190	4,83	0,50	2,47	0,02



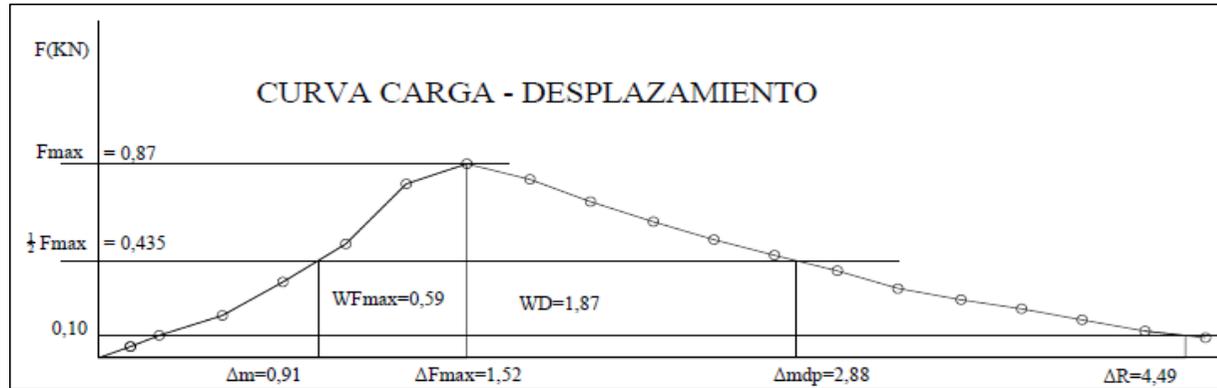
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,78	0,39	0,85	4,26	1,88	1,78	0,74	3,18

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 67

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 31-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,10	5,43	0,05
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	4,00	19,76	0,19
30	0,76	7,00	34,58	0,34
40	1,02	10,50	51,87	0,51
50	1,27	16,00	79,04	0,78
60	1,52	18,00	88,92	0,87
70	1,78	16,50	81,51	0,80
80	2,03	14,50	71,63	0,70
90	2,29	12,50	61,75	0,61
100	2,54	11,00	54,34	0,53
110	2,79	9,50	46,93	0,46
120	3,05	8,00	39,52	0,39
130	3,30	6,50	32,11	0,31
140	3,56	5,40	26,68	0,26
150	3,81	4,50	22,23	0,22
160	4,06	3,50	17,29	0,17
170	4,318	2,5	12,35	0,121
180	4,572	1,8	8,92	0,087



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

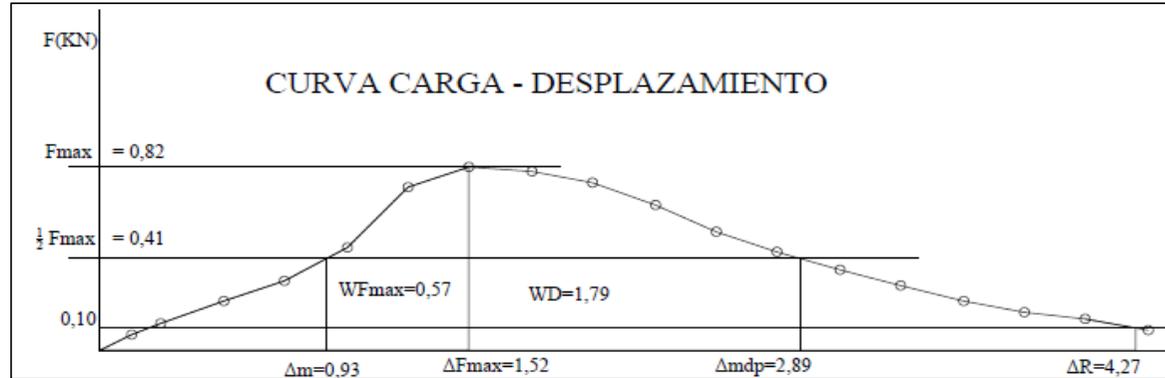
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,87	0,435	0,91	4,49	1,87	1,52	0,59	2,88

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 68

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 32-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,50	7,41	0,07
10	0,25	2,50	12,35	0,12
20	0,51	4,50	22,23	0,22
30	0,76	6,50	32,11	0,31
40	1,02	9,50	46,93	0,46
50	1,27	15,00	74,10	0,73
60	1,52	17,00	83,98	0,82
70	1,78	16,50	81,51	0,80
80	2,03	15,50	76,57	0,75
90	2,29	13,50	66,69	0,65
100	2,54	11,00	54,34	0,53
110	2,79	9,00	44,46	0,44
120	3,05	7,50	37,05	0,36
130	3,30	6,00	29,64	0,29
140	3,56	4,50	22,23	0,22
150	3,81	3,50	17,29	0,17
160	4,06	2,80	13,83	0,14
170	4,32	1,90	9,39	0,09
180	4,57	1,00	4,94	0,05
190	4,83	0,50	2,47	0,02



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

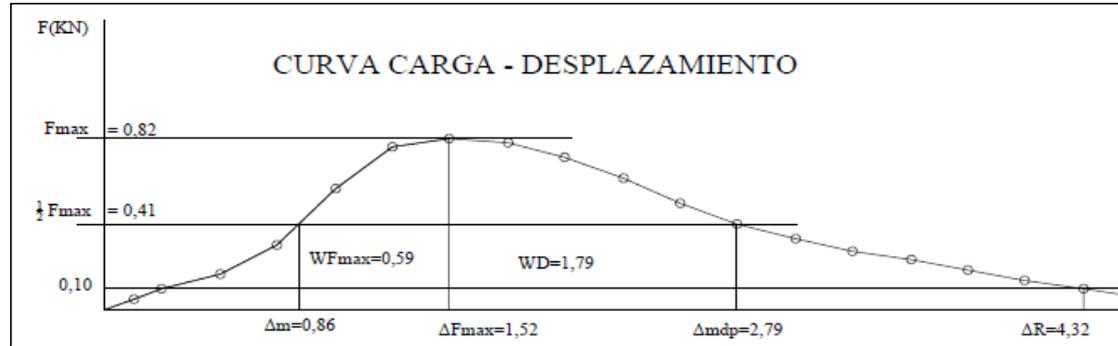
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,82	0,41	0,93	4,27	1,79	1,52	0,57	2,89

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 69

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 32-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,10	5,43	0,05
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	3,50	17,29	0,17
30	0,76	6,50	32,11	0,31
40	1,02	12,00	59,28	0,58
50	1,27	16,00	79,04	0,78
60	1,52	17,00	83,98	0,82
70	1,78	16,50	81,51	0,80
80	2,03	15,00	74,10	0,73
90	2,29	13,00	64,22	0,63
100	2,54	10,50	51,87	0,51
110	2,79	8,50	41,99	0,41
120	3,05	7,00	34,58	0,34
130	3,30	5,80	28,65	0,28
140	3,56	5,00	24,70	0,24
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	2,80	13,83	0,14
170	4,32	2,00	9,88	0,10
180	4,57	1,20	5,93	0,06
190	4,83	0,70	3,46	0,03



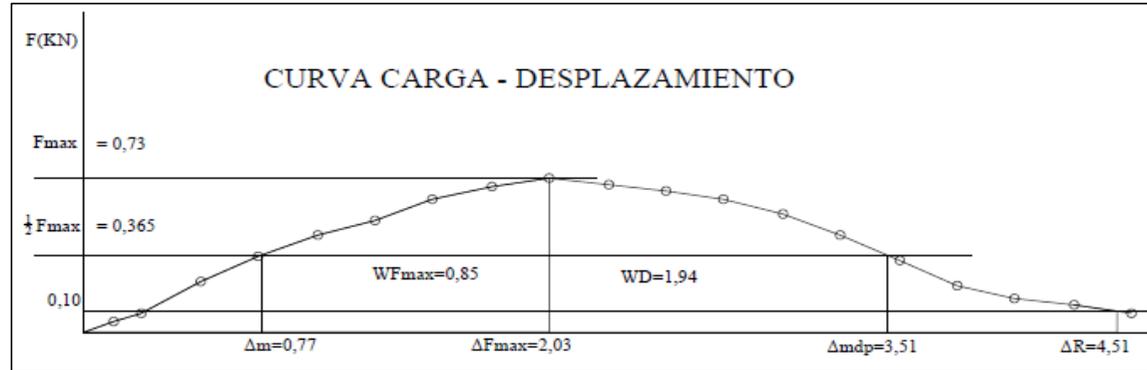
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,82	0,41	0,86	4,32	1,79	1,52	0,59	2,79

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 70

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 33-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	1,80	8,89	0,09
20	0,51	5,00	24,70	0,24
30	0,76	7,50	37,05	0,36
40	1,02	9,50	46,93	0,46
50	1,27	11,00	54,34	0,53
60	1,52	13,00	64,22	0,63
70	1,78	14,20	70,15	0,69
80	2,03	15,00	74,10	0,73
90	2,29	14,50	71,63	0,70
100	2,54	13,80	68,17	0,67
110	2,79	13,00	64,22	0,63
120	3,05	11,50	56,81	0,56
130	3,30	9,50	46,93	0,46
140	3,56	7,00	34,58	0,34
150	3,81	4,50	22,23	0,22
160	4,06	3,30	16,30	0,16
170	4,32	2,60	12,84	0,13
180	4,57	1,90	9,39	0,09
190	4,83	1,00	4,94	0,05
200	5,08	0,50	2,47	0,02



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

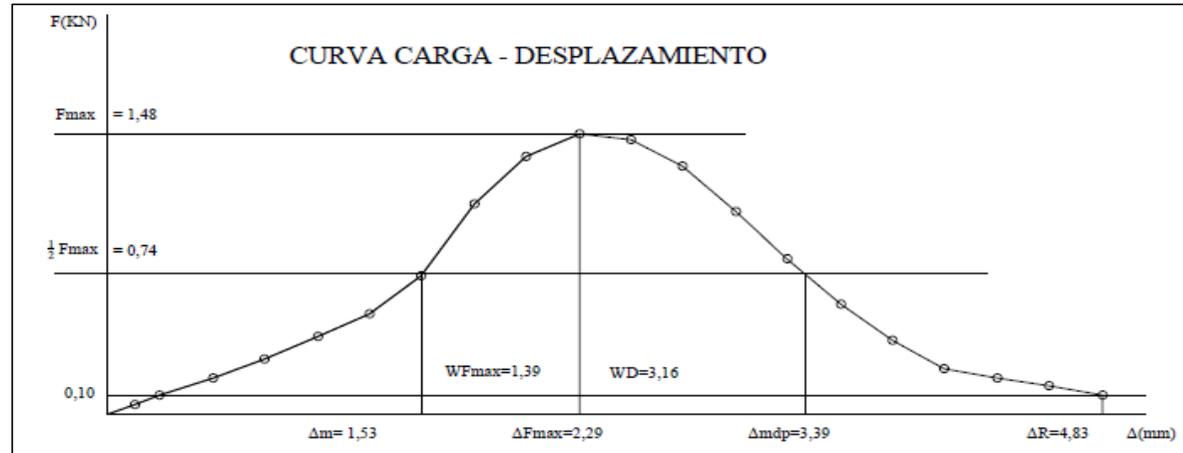
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,73	0,365	0,77	4,51	1,94	2,03	0,85	3,51

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 71

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 33-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,10	5,43	0,05
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	4,00	19,76	0,19
30	0,76	6,00	29,64	0,29
40	1,02	8,50	41,99	0,41
50	1,27	11,00	54,34	0,53
60	1,52	15,00	74,10	0,73
70	1,78	23,00	113,62	1,11
80	2,03	28,00	138,32	1,36
90	2,29	30,50	150,67	1,48
100	2,54	30,00	148,20	1,45
110	2,79	27,00	133,38	1,31
120	3,05	22,00	108,68	1,07
130	3,30	17,00	83,98	0,82
140	3,56	12,00	59,28	0,58
150	3,81	8,00	39,52	0,39
160	4,06	5,00	24,70	0,24
170	4,32	4,00	19,76	0,19
180	4,57	3,00	14,82	0,15
190	4,83	2,00	9,88	0,10
200	5,08	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

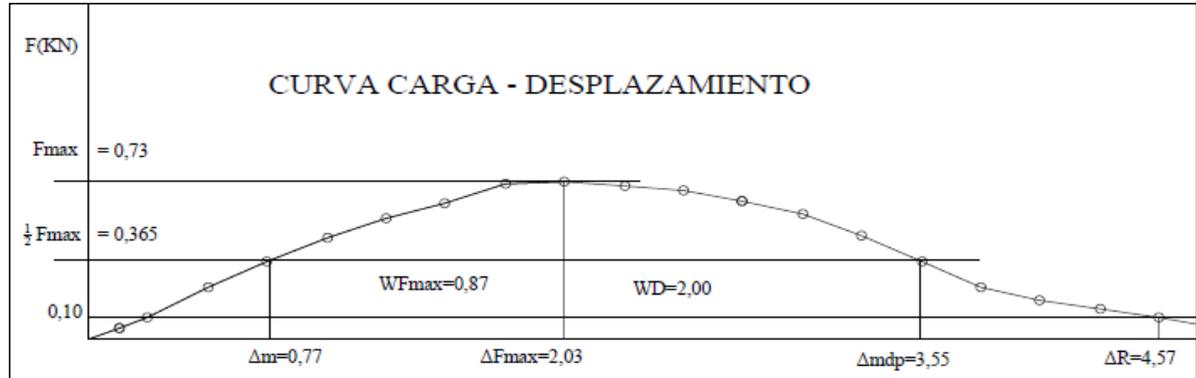
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,48	0,74	1,53	4,83	3,16	2,29	1,39	3,39

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 72

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 34-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	2,00	9,88	0,10	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	7,50	37,05	0,36	
40	1,02	9,80	48,41	0,47	
50	1,27	11,50	56,81	0,56	
60	1,52	13,00	64,22	0,63	
70	1,78	14,80	73,11	0,72	
80	2,03	15,00	74,10	0,73	
90	2,29	14,70	72,62	0,71	
100	2,54	14,30	70,64	0,69	
110	2,79	13,30	65,70	0,64	
120	3,05	12,00	59,28	0,58	
130	3,30	10,00	49,40	0,48	
140	3,56	7,50	37,05	0,36	
150	3,81	5,00	24,70	0,24	
160	4,06	3,80	18,77	0,18	
170	4,32	2,90	14,33	0,14	
180	4,57	2,00	9,88	0,10	
190	4,83	1,10	5,43	0,05	
200	5,08		0,00	0,00	



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

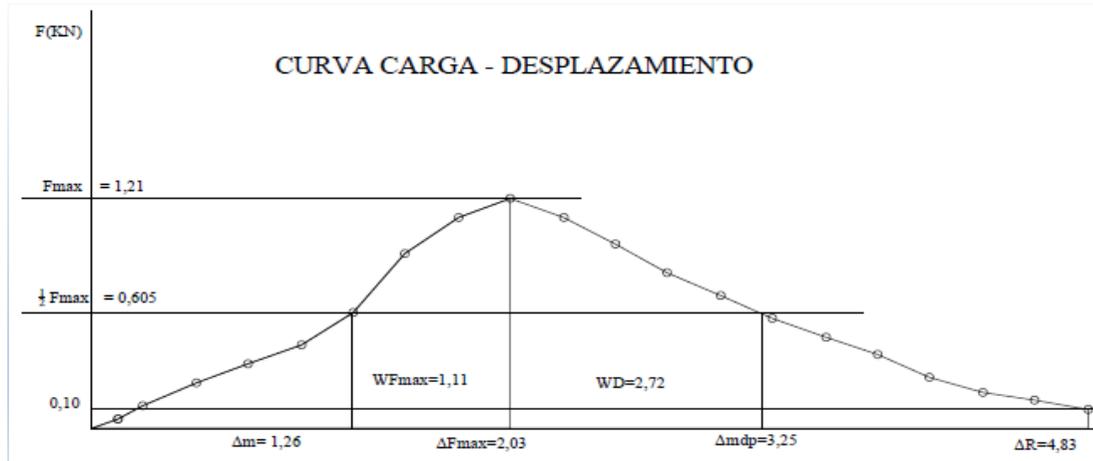
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,73	0,365	0,77	4,57	2,00	2,03	0,87	3,55

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 73

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 34-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,50	12,35	0,12
20	0,51	5,00	24,70	0,24
30	0,76	7,00	34,58	0,34
40	1,02	9,00	44,46	0,44
50	1,27	12,50	61,75	0,61
60	1,52	19,00	93,86	0,92
70	1,78	23,00	113,62	1,11
80	2,03	25,00	123,50	1,21
90	2,29	23,00	113,62	1,11
100	2,54	20,00	98,80	0,97
110	2,79	17,00	83,98	0,82
120	3,05	14,50	71,63	0,70
130	3,30	12,00	59,28	0,58
140	3,56	10,00	49,40	0,48
150	3,81	8,00	39,52	0,39
160	4,06	5,50	27,17	0,27
170	4,32	4,00	19,76	0,19
180	4,57	3,00	14,82	0,15
190	4,83	2,00	9,88	0,10
200	5,08	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

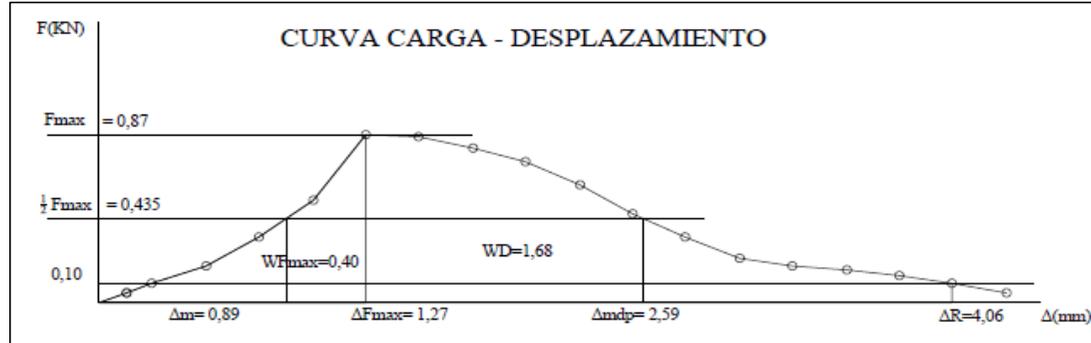
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,21	0,605	1,26	4,83	2,72	2,03	1,11	3,25

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 74

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 35-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	4,00	19,76	0,19
30	0,76	7,00	34,58	0,34
40	1,02	11,00	54,34	0,53
50	1,27	18,00	88,92	0,87
60	1,52	17,70	87,44	0,86
70	1,78	16,50	81,51	0,80
80	2,03	15,00	74,10	0,73
90	2,29	12,50	61,75	0,61
100	2,54	9,50	46,93	0,46
110	2,79	7,00	34,58	0,34
120	3,05	4,80	23,71	0,23
130	3,30	4,00	19,76	0,19
140	3,56	3,50	17,29	0,17
150	3,81	2,80	13,83	0,14
160	4,06	2,00	9,88	0,10
170	4,32	1,10	5,43	0,05
180	4,57	0,60	2,96	0,03



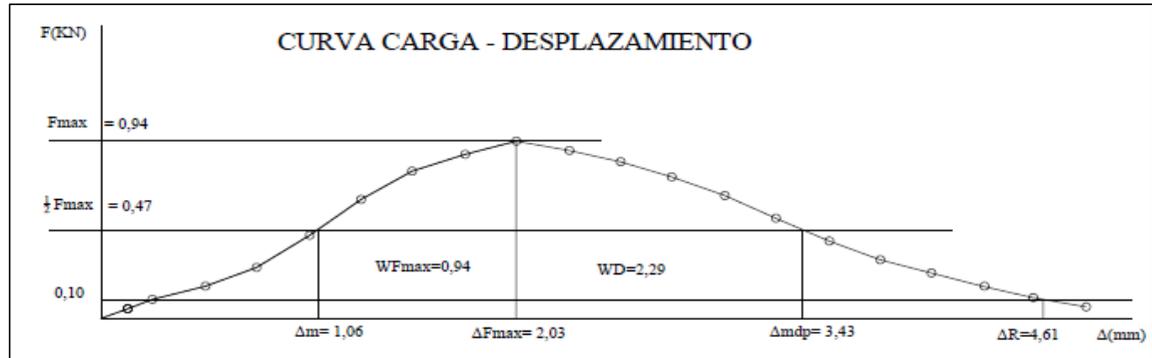
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima F _{max} . (kN)	1/2F _{max} . (kN)	Desplazamiento Δ _m (mm)	Δ _R (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔF _{max} (mm)	Área prepico WF _{max} (kN-mm)	Δ _{mdp} (mm)
0,87	0,435	0,89	4,06	1,68	1,27	0,40	2,59

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 75

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 35-B		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	2,00	9,88	0,10	
20	0,51	3,50	17,29	0,17	
30	0,76	5,50	27,17	0,27	
40	1,02	9,00	44,46	0,44	
50	1,27	13,00	64,22	0,63	
60	1,52	16,00	79,04	0,78	
70	1,78	18,00	88,92	0,87	
80	2,03	19,50	96,33	0,94	
90	2,29	18,40	90,90	0,89	
100	2,54	17,20	84,97	0,83	
110	2,79	15,50	76,57	0,75	
120	3,05	13,50	66,69	0,65	
130	3,30	11,00	54,34	0,53	
140	3,56	8,50	41,99	0,41	
150	3,81	6,50	32,11	0,31	
160	4,06	5,00	24,70	0,24	
170	4,32	3,50	17,29	0,17	
180	4,57	2,40	11,86	0,12	
190	4,83	1,20	5,93	0,06	



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

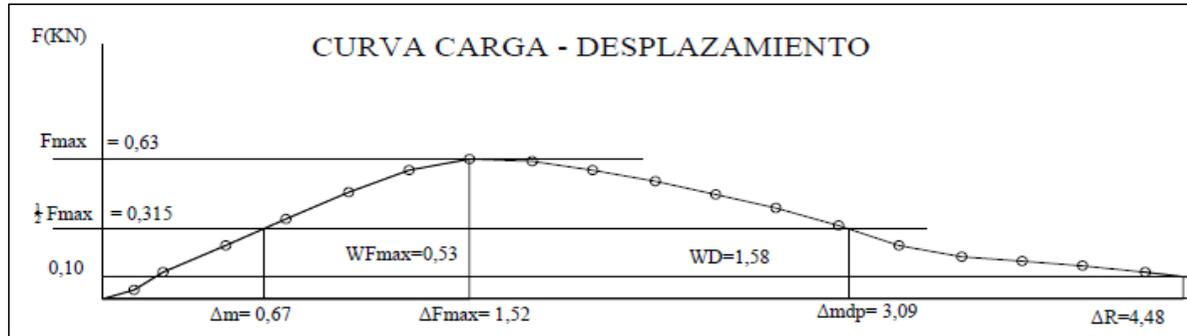
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,94	0,47	1,06	4,61	2,29	2,03	0,94	3,43

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 76

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 36-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	2,50	12,35	0,12
20	0,51	5,00	24,70	0,24
30	0,76	7,50	37,05	0,36
40	1,02	10,00	49,40	0,48
50	1,27	12,00	59,28	0,58
60	1,52	13,00	64,22	0,63
70	1,78	12,70	62,74	0,62
80	2,03	12,00	59,28	0,58
90	2,29	11,00	54,34	0,53
100	2,54	9,80	48,41	0,47
110	2,79	8,40	41,50	0,41
120	3,05	6,80	33,59	0,33
130	3,30	5,00	24,70	0,24
140	3,56	4,00	19,76	0,19
150	3,81	3,50	17,29	0,17
160	4,06	3,00	14,82	0,15
170	4,32	2,50	12,35	0,12
180	4,57	1,80	8,89	0,09
190	4,83	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

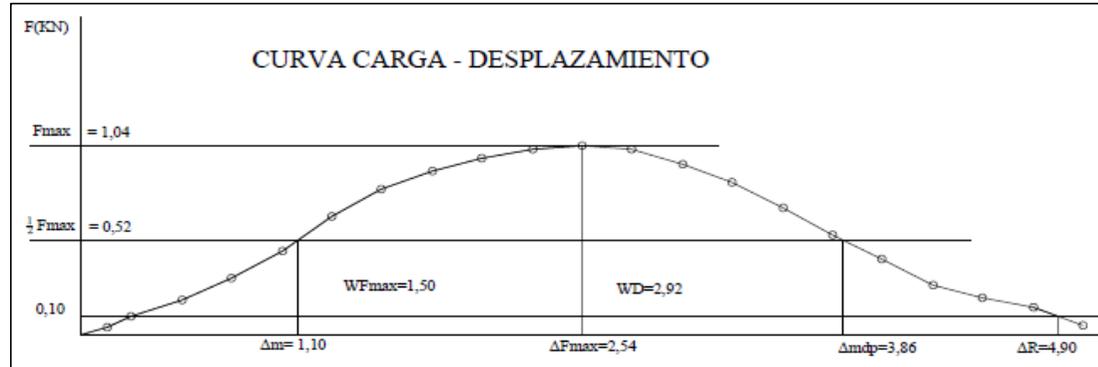
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,63	0,315	0,65	4,48	1,58	1,52	0,53	3,09

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 77

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 36-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,90	4,45	0,04
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	4,00	19,76	0,19
30	0,76	6,50	32,11	0,31
40	1,02	9,50	46,93	0,46
50	1,27	13,50	66,69	0,65
60	1,52	16,50	81,51	0,80
70	1,78	18,50	91,39	0,90
80	2,03	20,00	98,80	0,97
90	2,29	21,00	103,74	1,02
100	2,54	21,50	106,21	1,04
110	2,79	21,00	103,74	1,02
120	3,05	20,00	98,80	0,97
130	3,30	18,00	88,92	0,87
140	3,56	15,00	74,10	0,73
150	3,81	12,00	59,28	0,58
160	4,06	9,00	44,46	0,44
170	4,32	6,50	32,11	0,31
180	4,57	5,00	24,70	0,24
190	4,83	3,00	14,82	0,15
200	5,08	1,00	4,94	0,05



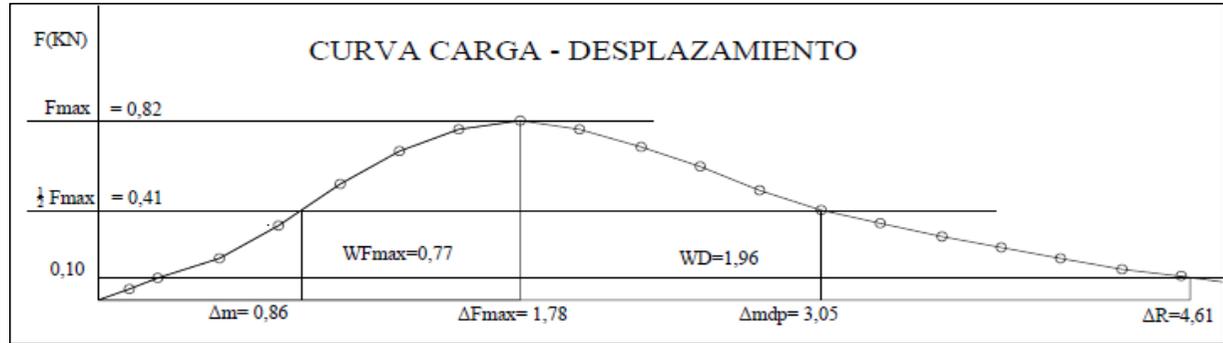
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,04	0,52	1,10	4,90	2,92	2,54	1,5	3,86

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 78

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 37-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,10	5,43	0,05	
10	0,25	2,00	9,88	0,10	
20	0,51	4,00	19,76	0,19	
30	0,76	7,00	34,58	0,34	
40	1,02	11,00	54,34	0,53	
50	1,27	14,00	69,16	0,68	
60	1,52	16,00	79,04	0,78	
70	1,78	17,00	83,98	0,82	
80	2,03	16,00	79,04	0,78	
90	2,29	14,50	71,63	0,70	
100	2,54	12,50	61,75	0,61	
110	2,79	10,00	49,40	0,48	
120	3,05	8,00	39,52	0,39	
130	3,30	6,80	33,59	0,33	
140	3,56	6,00	29,64	0,29	
150	3,81	5,00	24,70	0,24	
160	4,06	4,00	19,76	0,19	
170	4,32	2,80	13,83	0,14	
180	4,57	2,20	10,87	0,11	
190	4,83	1,50	7,41	0,07	
200	5,08	1,00	4,94	0,05	



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

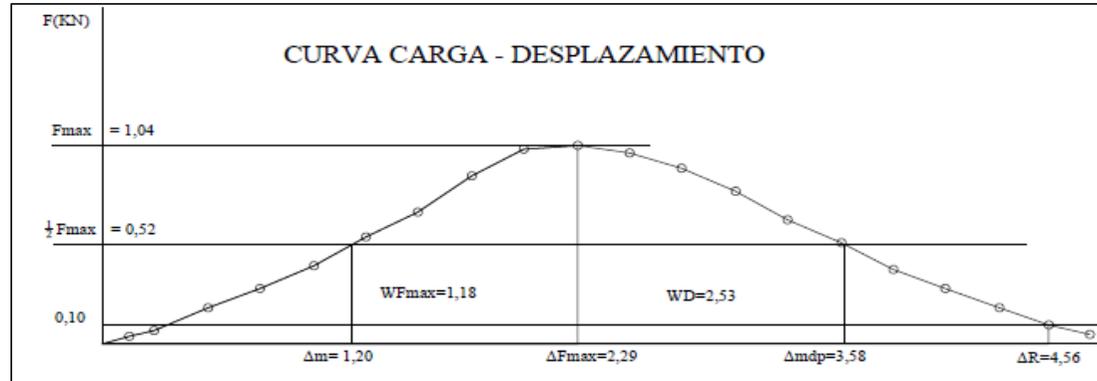
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,82	0,41	0,86	4,61	1,96	1,78	0,77	3,05

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 79

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 37-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	1,50	7,41	0,07
20	0,51	4,00	19,76	0,19
30	0,76	6,00	29,64	0,29
40	1,02	8,50	41,99	0,41
50	1,27	11,50	56,81	0,56
60	1,52	14,20	70,15	0,69
70	1,78	18,20	89,91	0,88
80	2,03	21,00	103,74	1,02
90	2,29	21,50	106,21	1,04
100	2,54	20,70	102,26	1,00
110	2,79	19,00	93,86	0,92
120	3,05	16,50	81,51	0,80
130	3,30	13,50	66,69	0,65
140	3,56	11,00	54,34	0,53
150	3,81	8,00	39,52	0,39
160	4,06	6,00	29,64	0,29
170	4,32	4,00	19,76	0,19
180	4,57	2,00	9,88	0,10
190	4,83	1,00	4,94	0,05



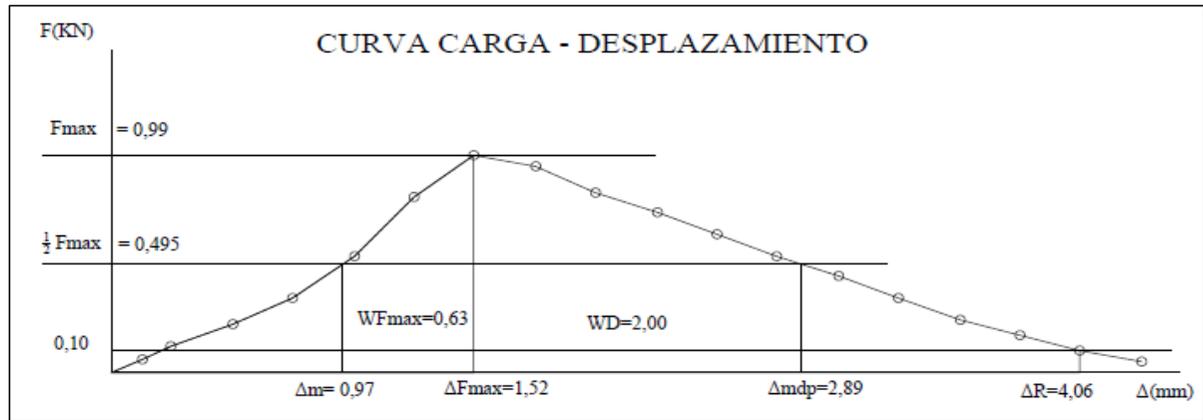
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRÁFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,04	0,52	1,2	4,56	2,53	2,29	1,18	3,58

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 80

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: 38-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,20	5,93	0,06	
10	0,25	2,50	12,35	0,12	
20	0,51	4,50	22,23	0,22	
30	0,76	7,00	34,58	0,34	
40	1,02	11,00	54,34	0,53	
50	1,27	16,50	81,51	0,80	
60	1,52	20,50	101,27	0,99	
70	1,78	19,50	96,33	0,94	
80	2,03	17,00	83,98	0,82	
90	2,29	15,00	74,10	0,73	
100	2,54	13,00	64,22	0,63	
110	2,79	11,00	54,34	0,53	
120	3,05	9,00	44,46	0,44	
130	3,30	7,00	34,58	0,34	
140	3,56	5,00	24,70	0,24	
150	3,81	3,50	17,29	0,17	
160	4,06	2,00	9,88	0,10	
170	4,32	1,00	4,94	0,05	



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,99	0,495	0,97	4,06	2,00	1,52	0,63	2,89

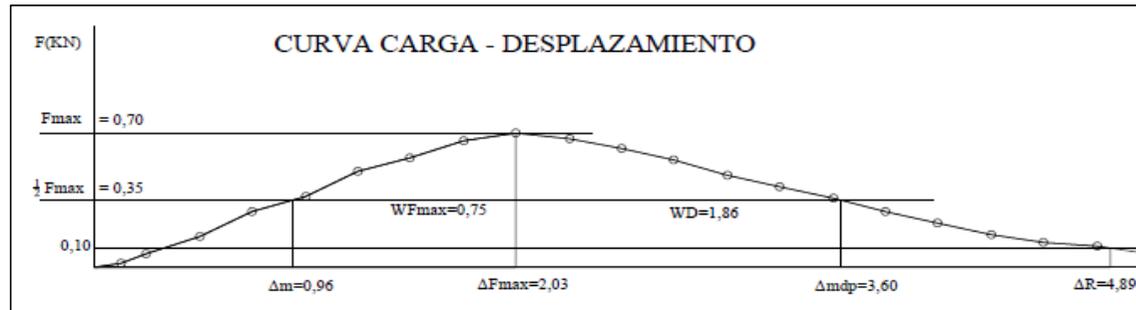
Nelson R. Sozoranga M.



ENSAYO DE VIGA SEMICIRCULAR SIMPLEMENTE APOYADO

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 13-A GRANULOMETRÍA 1/2"		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
DESPLAZAMIENTO VERTICAL				
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,50	2,47	0,02
10	0,25	1,40	6,92	0,07
20	0,51	3,30	16,30	0,16
30	0,76	6,00	29,64	0,29
40	1,02	7,60	37,54	0,37
50	1,27	10,30	50,88	0,50
60	1,52	11,80	58,29	0,57
70	1,78	13,60	67,18	0,66
80	2,03	14,50	71,63	0,70
90	2,29	13,80	68,17	0,67
100	2,54	12,80	63,23	0,62
110	2,79	11,50	56,81	0,56
120	3,05	10,00	49,40	0,48
130	3,30	8,70	42,98	0,42
140	3,56	7,40	36,56	0,36
150	3,81	6,00	29,64	0,29
160	4,06	4,80	23,71	0,23
170	4,32	3,50	17,29	0,17
180	4,57	2,60	12,84	0,13
190	4,83	2,20	10,87	0,11
200	5,08	1,50	7,41	0,07



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

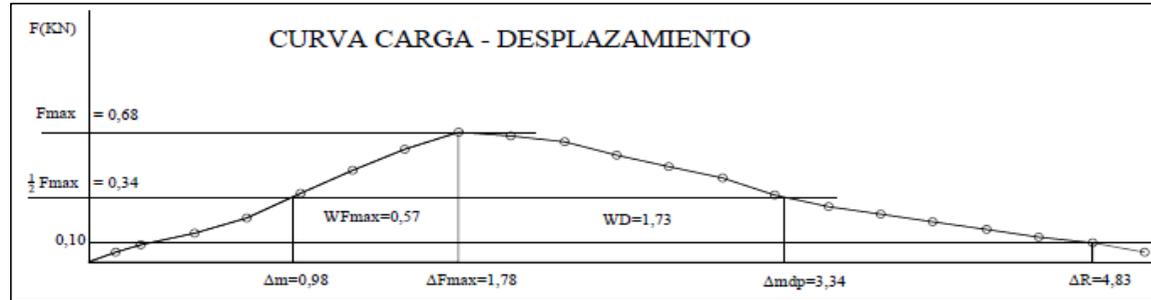
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,70	0,35	0,96	4,89	1,86	2,03	0,75	3,60

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 82

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 13-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	1,80	8,89	0,09
20	0,51	3,00	14,82	0,15
30	0,76	4,80	23,71	0,23
40	1,02	7,50	37,05	0,36
50	1,27	10,00	49,40	0,48
60	1,52	12,20	60,27	0,59
70	1,78	14,00	69,16	0,68
80	2,03	13,70	67,68	0,66
90	2,29	13,00	64,22	0,63
100	2,54	11,60	57,30	0,56
110	2,79	10,30	50,88	0,50
120	3,05	9,00	44,46	0,44
130	3,30	7,20	35,57	0,35
140	3,56	6,00	29,64	0,29
150	3,81	5,20	25,69	0,25
160	4,06	4,40	21,74	0,21
170	4,32	3,50	17,29	0,17
180	4,57	2,70	13,34	0,13
190	4,83	2,00	9,88	0,10
200	5,08	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

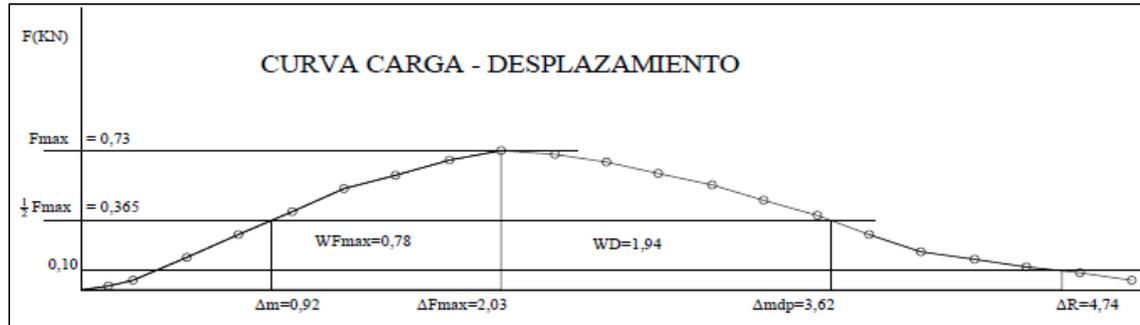
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,68	0,34	0,98	4,83	1,73	1,78	0,57	3,34

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 83

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA:	14-A	GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	0,50	2,47	0,02	
10	0,25	1,00	4,94	0,05	
20	0,51	3,60	17,78	0,17	
30	0,76	6,00	29,64	0,29	
40	1,02	8,50	41,99	0,41	
50	1,27	11,00	54,34	0,53	
60	1,52	12,40	61,26	0,60	
70	1,78	14,00	69,16	0,68	
80	2,03	15,00	74,10	0,73	
90	2,29	14,60	72,12	0,71	
100	2,54	13,80	68,17	0,67	
110	2,79	12,60	62,24	0,61	
120	3,05	11,30	55,82	0,55	
130	3,30	9,70	47,92	0,47	
140	3,56	8,00	39,52	0,39	
150	3,81	6,00	29,64	0,29	
160	4,06	4,20	20,75	0,20	
170	4,32	3,30	16,30	0,16	
180	4,57	2,50	12,35	0,12	
190	4,83	1,80	8,89	0,09	
200	5,08	1,00	4,94	0,05	



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

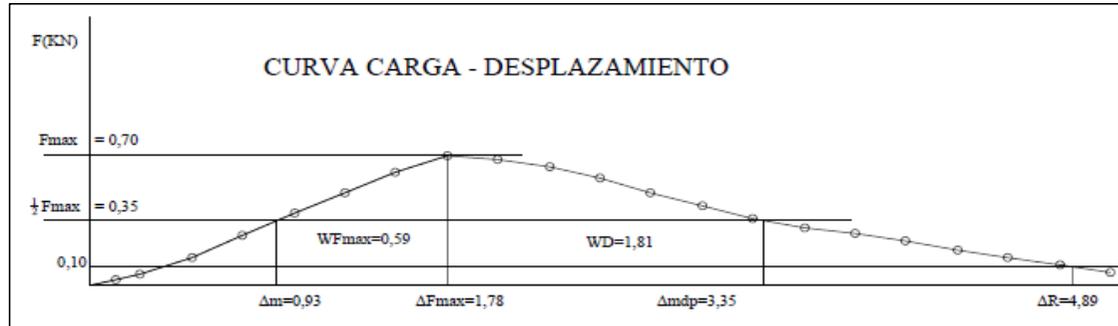
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,73	0,365	0,92	4,74	1,94	2,03	0,78	3,62

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 84

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 14-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,60	2,96	0,03
10	0,25	1,20	5,93	0,06
20	0,51	3,00	14,82	0,15
30	0,76	5,50	27,17	0,27
40	1,02	8,00	39,52	0,39
50	1,27	10,30	50,88	0,50
60	1,52	12,50	61,75	0,61
70	1,78	14,50	71,63	0,70
80	2,03	14,00	69,16	0,68
90	2,29	13,30	65,70	0,64
100	2,54	12,00	59,28	0,58
110	2,79	10,40	51,38	0,50
120	3,05	8,80	43,47	0,43
130	3,30	7,40	36,56	0,36
140	3,56	6,50	32,11	0,31
150	3,81	5,70	28,16	0,28
160	4,06	5,00	24,70	0,24
170	4,32	4,00	19,76	0,19
180	4,57	3,00	14,82	0,15
190	4,83	2,20	10,87	0,11
200	5,08	1,50	7,41	0,07



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

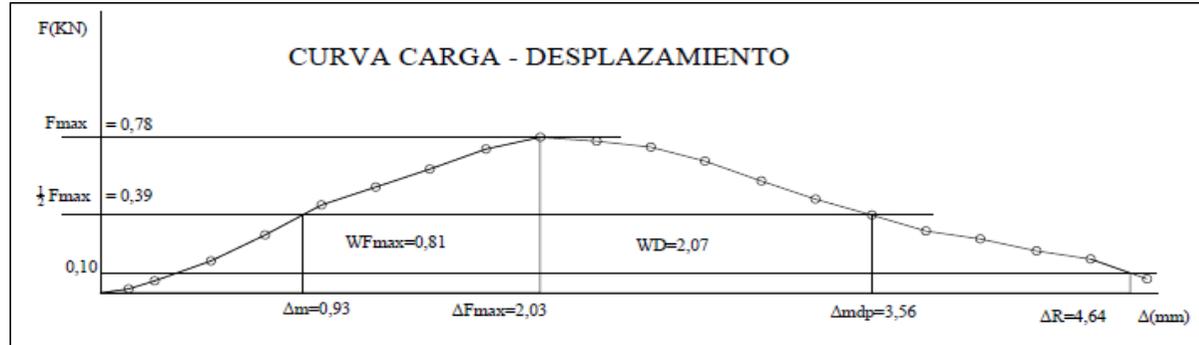
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,7	0,35	0,93	4,89	1,81	1,78	0,59	3,35

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 85

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA:	15-A	GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	0,50	2,47	0,02	
10	0,25	1,30	6,42	0,06	
20	0,51	3,30	16,30	0,16	
30	0,76	6,00	29,64	0,29	
40	1,02	9,00	44,46	0,44	
50	1,27	11,00	54,34	0,53	
60	1,52	12,70	62,74	0,62	
70	1,78	14,80	73,11	0,72	
80	2,03	16,00	79,04	0,78	
90	2,29	15,70	77,56	0,76	
100	2,54	15,00	74,10	0,73	
110	2,79	13,60	67,18	0,66	
120	3,05	11,60	57,30	0,56	
130	3,30	9,80	48,41	0,47	
140	3,56	8,00	39,52	0,39	
150	3,81	6,50	32,11	0,31	
160	4,06	5,50	27,17	0,27	
170	4,32	4,40	21,74	0,21	
180	4,57	3,50	17,29	0,17	
190	4,83	2,30	11,36	0,11	
200	5,08	1,50	7,41	0,07	



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

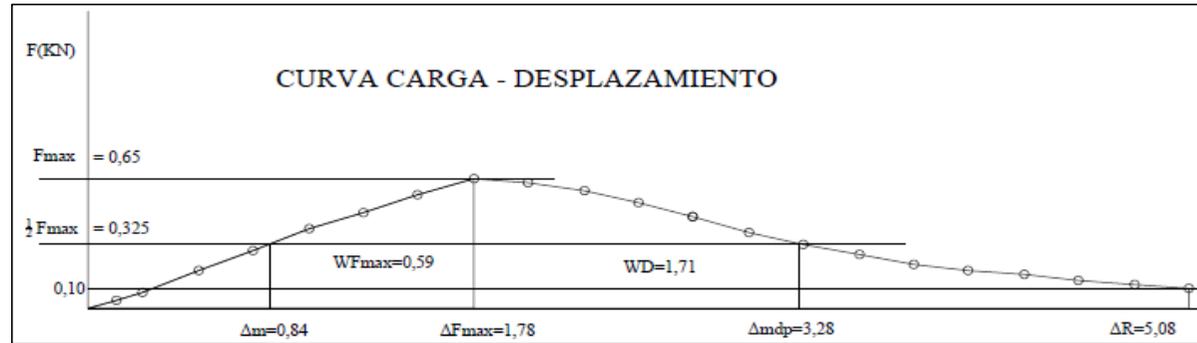
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,78	0,39	0,93	4,64	2,07	2,03	0,81	3,56

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 86

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 38-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	1,60	7,90	0,08
20	0,51	4,00	19,76	0,19
30	0,76	6,00	29,64	0,29
40	1,02	8,30	41,00	0,40
50	1,27	10,00	49,40	0,48
60	1,52	11,80	58,29	0,57
70	1,78	13,50	66,69	0,65
80	2,03	13,00	64,22	0,63
90	2,29	12,20	60,27	0,59
100	2,54	11,00	54,34	0,53
110	2,79	9,50	46,93	0,46
120	3,05	7,80	38,53	0,38
130	3,30	6,60	32,60	0,32
140	3,56	5,50	27,17	0,27
150	3,81	4,50	22,23	0,22
160	4,06	4,00	19,76	0,19
170	4,32	3,50	17,29	0,17
180	4,57	2,80	13,83	0,14
190	4,83	2,40	11,86	0,12
200	5,08	2,00	9,88	0,10
210	5,33	1,00	4,94	0,05
220	5,59	0,60	2,96	0,03



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRÁFICA:

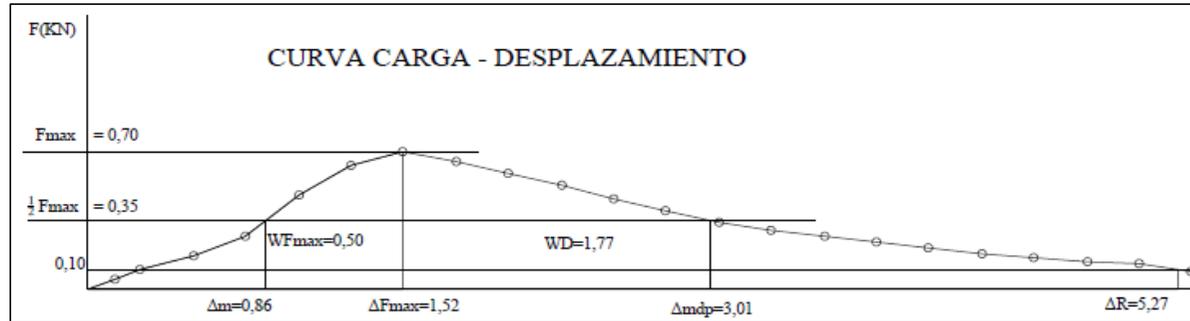
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,65	0,325	0,84	5,08	1,71	1,78	0,59	3,28

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 87

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 39-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	3,50	17,29	0,17
30	0,76	5,50	27,17	0,27
40	1,02	10,00	49,40	0,48
50	1,27	13,00	64,22	0,63
60	1,52	14,50	71,63	0,70
70	1,78	13,50	66,69	0,65
80	2,03	12,20	60,27	0,59
90	2,29	11,00	54,34	0,53
100	2,54	9,50	46,93	0,46
110	2,79	8,20	40,51	0,40
120	3,05	7,10	35,07	0,34
130	3,30	6,20	30,63	0,30
140	3,56	5,50	27,17	0,27
150	3,81	5,00	24,70	0,24
160	4,06	4,40	21,74	0,21
170	4,32	3,80	18,77	0,18
180	4,57	3,30	16,30	0,16
190	4,83	2,80	13,83	0,14
200	5,08	2,20	10,87	0,11
210	5,33	1,90	9,39	0,09
220	5,59	0,80	3,95	0,04



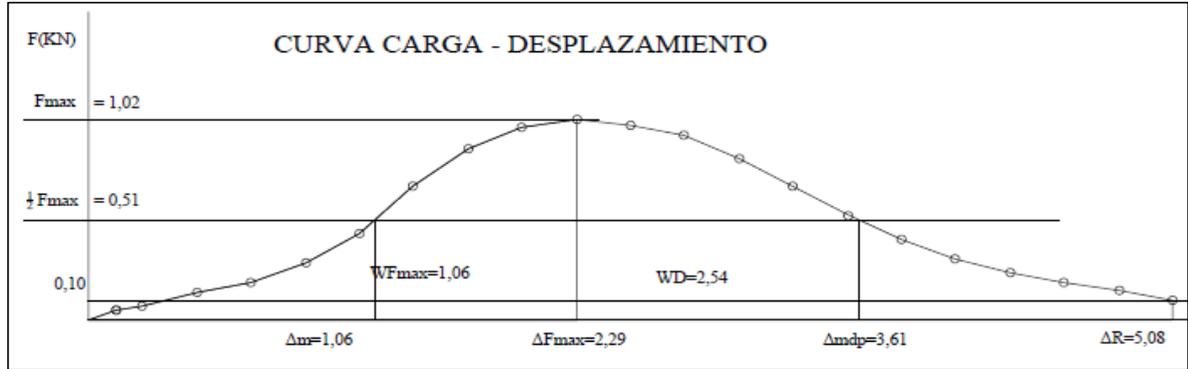
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,7	0,35	0,86	5,27	1,77	1,52	0,50	3,01

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 88

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 39-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	1,50	7,41	0,07
20	0,51	2,80	13,83	0,14
30	0,76	4,00	19,76	0,19
40	1,02	6,00	29,64	0,29
50	1,27	9,00	44,46	0,44
60	1,52	14,00	69,16	0,68
70	1,78	18,00	88,92	0,87
80	2,03	20,20	99,79	0,98
90	2,29	21,00	103,74	1,02
100	2,54	20,50	101,27	0,99
110	2,79	19,50	96,33	0,94
120	3,05	17,00	83,98	0,82
130	3,30	14,00	69,16	0,68
140	3,56	11,00	54,34	0,53
150	3,81	8,50	41,99	0,41
160	4,06	6,50	32,11	0,31
170	4,32	5,00	24,70	0,24
180	4,57	4,00	19,76	0,19
190	4,83	3,00	14,82	0,15
200	5,08	2,00	9,88	0,10
210	5,33	1,00	4,94	0,05
220	5,59	0,5	2,47	0,02



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

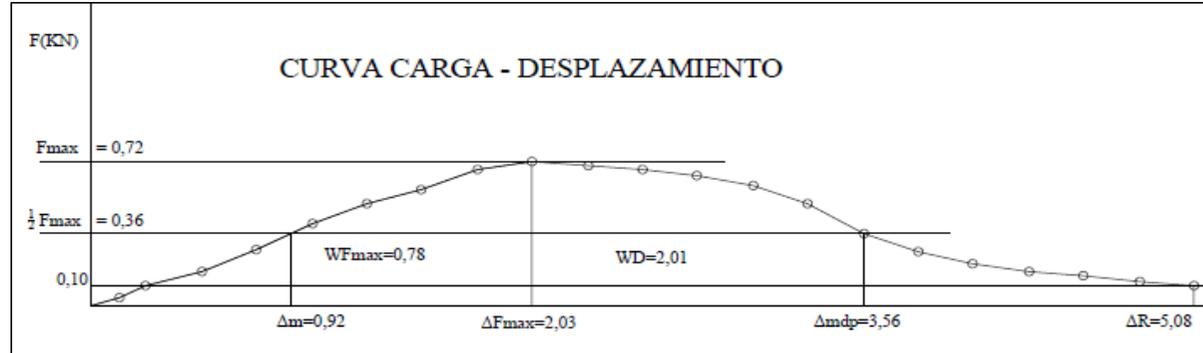
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,02	0,51	1,34	5,08	2,54	2,29	1,06	3,61

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 89

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 40-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	3,50	17,29	0,17
30	0,76	5,80	28,65	0,28
40	1,02	8,40	41,50	0,41
50	1,27	10,50	51,87	0,51
60	1,52	12,00	59,28	0,58
70	1,78	14,00	69,16	0,68
80	2,03	14,80	73,11	0,72
90	2,29	14,50	71,63	0,70
100	2,54	14,00	69,16	0,68
110	2,79	13,40	66,20	0,65
120	3,05	12,30	60,76	0,60
130	3,30	10,50	51,87	0,51
140	3,56	7,50	37,05	0,36
150	3,81	5,50	27,17	0,27
160	4,06	4,30	21,24	0,21
170	4,32	3,50	17,29	0,17
180	4,57	3,00	14,82	0,15
190	4,83	2,50	12,35	0,12
200	5,08	2,00	9,88	0,10
210	5,33	1,50	7,41	0,07
220	5,59	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

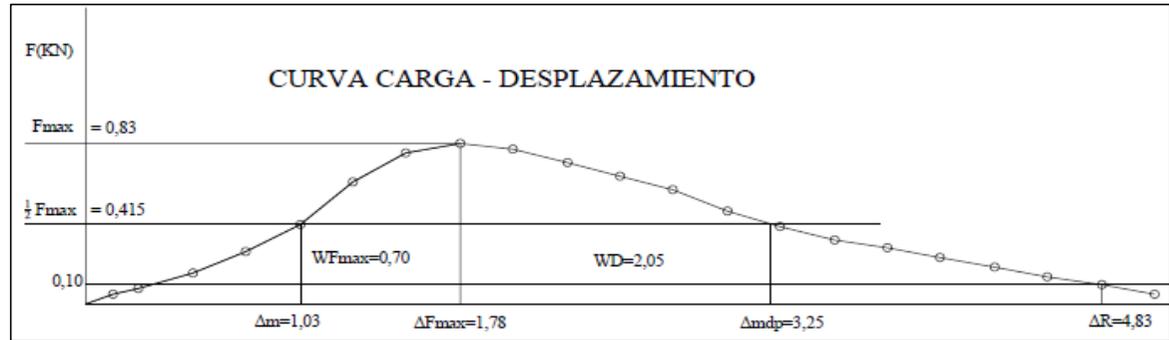
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,72	0,36	0,92	5,08	2,01	2,03	0,78	3,56

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 90

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 40-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	1,70	8,40	0,08
20	0,51	3,40	16,80	0,16
30	0,76	5,50	27,17	0,27
40	1,02	8,50	41,99	0,41
50	1,27	13,00	64,22	0,63
60	1,52	16,00	79,04	0,78
70	1,78	17,20	84,97	0,83
80	2,03	16,50	81,51	0,80
90	2,29	15,00	74,10	0,73
100	2,54	13,60	67,18	0,66
110	2,79	12,20	60,27	0,59
120	3,05	10,00	49,40	0,48
130	3,30	8,30	41,00	0,40
140	3,56	6,80	33,59	0,33
150	3,81	6,00	29,64	0,29
160	4,06	4,90	24,21	0,24
170	4,32	4,00	19,76	0,19
180	4,57	2,80	13,83	0,14
190	4,83	2,00	9,88	0,10
200	5,08	1,00	4,94	0,05



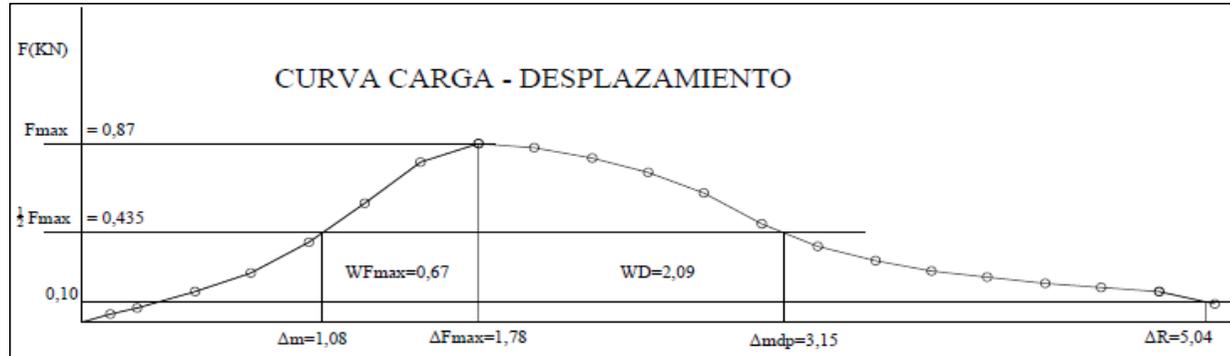
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,83	0,415	1,03	4,83	2,05	1,78	0,70	3,25

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 91

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 41-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	1,50	7,41	0,07
20	0,51	3,00	14,82	0,15
30	0,76	5,00	24,70	0,24
40	1,02	8,00	39,52	0,39
50	1,27	12,00	59,28	0,58
60	1,52	16,00	79,04	0,78
70	1,78	18,00	88,92	0,87
80	2,03	17,50	86,45	0,85
90	2,29	16,50	81,51	0,80
100	2,54	15,00	74,10	0,73
110	2,79	13,00	64,22	0,63
120	3,05	10,00	49,40	0,48
130	3,30	7,70	38,04	0,37
140	3,56	6,20	30,63	0,30
150	3,81	5,20	25,69	0,25
160	4,06	4,50	22,23	0,22
170	4,32	4,00	19,76	0,19
180	4,57	3,50	17,29	0,17
190	4,83	3,00	14,82	0,15
200	5,08	1,80	8,89	0,09



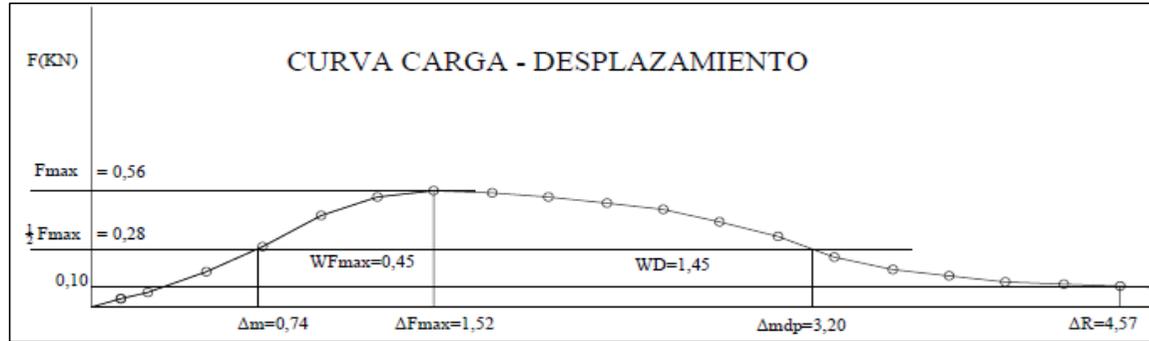
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,87	0,435	1,08	5,04	2,09	1,78	0,67	3,15

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 92

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 41-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	1,40	6,92	0,07
20	0,51	3,50	17,29	0,17
30	0,76	6,00	29,64	0,29
40	1,02	9,00	44,46	0,44
50	1,27	11,00	54,34	0,53
60	1,52	11,50	56,81	0,56
70	1,78	11,30	55,82	0,55
80	2,03	11,00	54,34	0,53
90	2,29	10,40	51,38	0,50
100	2,54	9,60	47,42	0,47
110	2,79	8,50	41,99	0,41
120	3,05	7,00	34,58	0,34
130	3,30	5,00	24,70	0,24
140	3,56	3,80	18,77	0,18
150	3,81	3,00	14,82	0,15
160	4,06	2,50	12,35	0,12
170	4,32	2,20	10,87	0,11
180	4,57	2,00	9,88	0,10
190	4,83	1,80	8,89	0,09
200	5,08	1,30	6,42	0,06
210	5,33	1,20	5,93	0,06
220	5,59	0,60	2,96	0,03



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

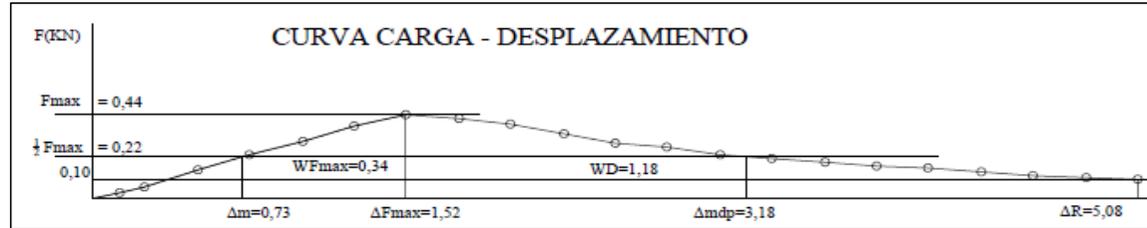
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,56	0,28	0,74	4,57	1,45	1,52	0,45	3,20

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 93

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 42-A		GRANULOMETRÍA 1/2"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	0,60	2,96	0,03	
10	0,25	1,20	5,93	0,06	
20	0,51	3,00	14,82	0,15	
30	0,76	4,80	23,71	0,23	
40	1,02	6,20	30,63	0,30	
50	1,27	7,80	38,53	0,38	
60	1,52	9,00	44,46	0,44	
70	1,78	8,70	42,98	0,42	
80	2,03	8,00	39,52	0,39	
90	2,29	7,00	34,58	0,34	
100	2,54	6,00	29,64	0,29	
110	2,79	5,50	27,17	0,27	
120	3,05	4,80	23,71	0,23	
130	3,30	4,40	21,74	0,21	
140	3,56	4,00	19,76	0,19	
150	3,81	3,50	17,29	0,17	
160	4,06	3,20	15,81	0,16	
170	4,32	2,80	13,83	0,14	
180	4,57	2,50	12,35	0,12	
190	4,83	2,20	10,87	0,11	
200	5,08	2,00	9,88	0,10	
210	5,33	1,80	8,89	0,09	
220	5,59	1,50	7,41	0,07	



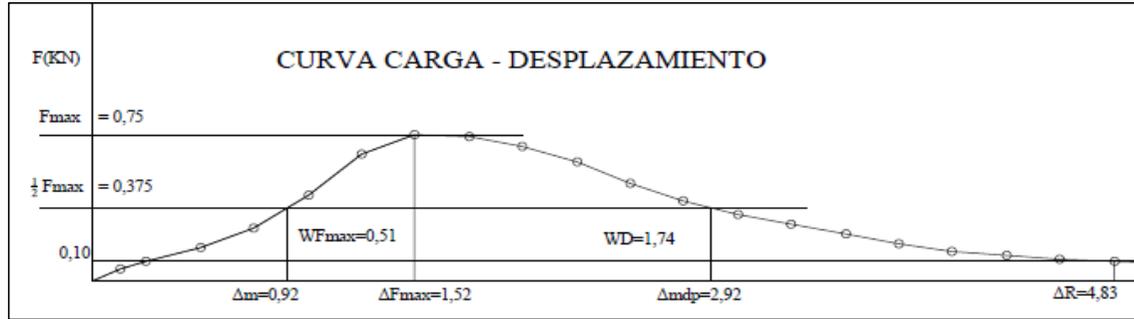
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,44	0,22	0,73	5,08	1,18	1,52	0,34	3,18

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 94

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA:		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	3,50	17,29	0,17
30	0,76	5,50	27,17	0,27
40	1,02	9,00	44,46	0,44
50	1,27	13,50	66,69	0,65
60	1,52	15,50	76,57	0,75
70	1,78	15,30	75,58	0,74
80	2,03	14,30	70,64	0,69
90	2,29	12,50	61,75	0,61
100	2,54	10,30	50,88	0,50
110	2,79	8,50	41,99	0,41
120	3,05	7,00	34,58	0,34
130	3,30	6,00	29,64	0,29
140	3,56	5,00	24,70	0,24
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	3,00	14,82	0,15
170	4,32	2,60	12,84	0,13
180	4,57	2,30	11,36	0,11
190	4,83	2,00	9,88	0,10
200	5,08	1,80	8,89	0,09
210	5,33	1,50	7,41	0,07
220	5,59	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

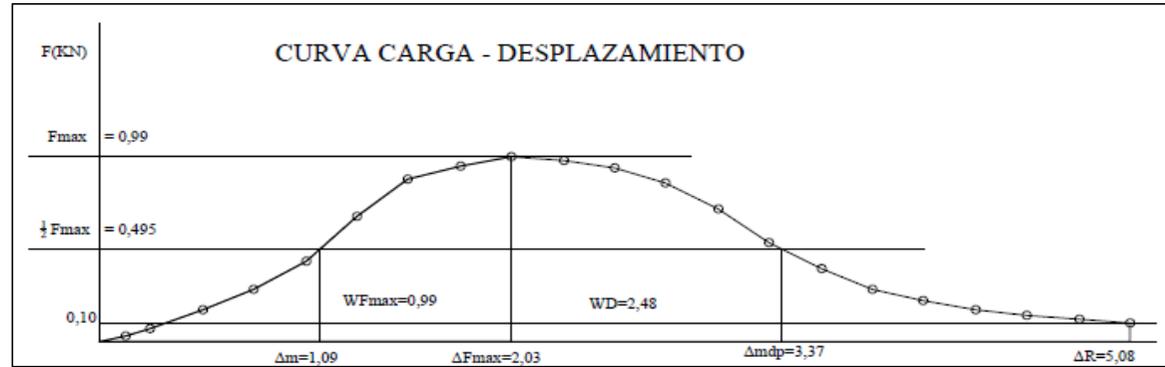
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,75	0,375	0,92	4,83	1,74	1,52	0,51	2,92

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 95

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 43-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,60	2,96	0,03
10	0,25	1,50	7,41	0,07
20	0,51	3,50	17,29	0,17
30	0,76	5,80	28,65	0,28
40	1,02	8,80	43,47	0,43
50	1,27	13,80	68,17	0,67
60	1,52	18,00	88,92	0,87
70	1,78	19,50	96,33	0,94
80	2,03	20,50	101,27	0,99
90	2,29	20,00	98,80	0,97
100	2,54	19,20	94,85	0,93
110	2,79	17,50	86,45	0,85
120	3,05	14,70	72,62	0,71
130	3,30	11,00	54,34	0,53
140	3,56	8,00	39,52	0,39
150	3,81	5,80	28,65	0,28
160	4,06	4,50	22,23	0,22
170	4,32	3,50	17,29	0,17
180	4,57	2,80	13,83	0,14
190	4,83	2,40	11,86	0,12
200	5,08	2,00	9,88	0,10
210	5,33	1,50	7,41	0,07
220	5,59	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

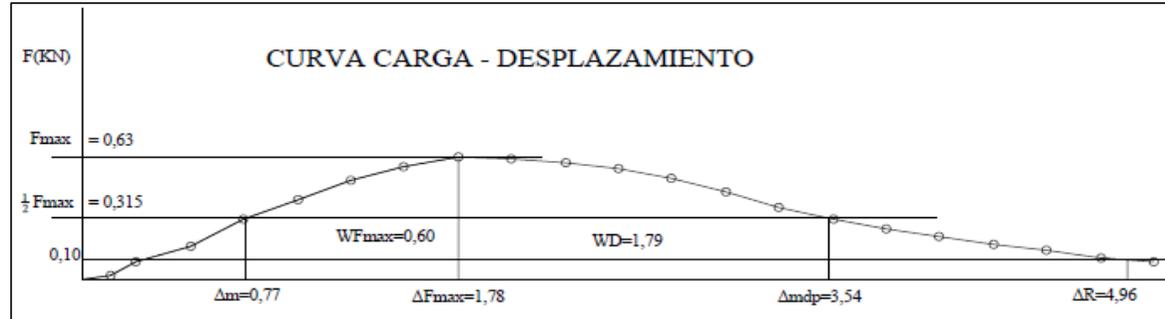
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,99	0,495	1,09	5,08	2,48	2,03	0,99	3,37

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 96

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 43-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,50	2,47	0,02
10	0,25	1,80	8,89	0,09
20	0,51	3,50	17,29	0,17
30	0,76	6,50	32,11	0,31
40	1,02	8,50	41,99	0,41
50	1,27	10,50	51,87	0,51
60	1,52	12,00	59,28	0,58
70	1,78	13,00	64,22	0,63
80	2,03	12,80	63,23	0,62
90	2,29	12,40	61,26	0,60
100	2,54	11,80	58,29	0,57
110	2,79	10,70	52,86	0,52
120	3,05	9,30	45,94	0,45
130	3,30	7,60	37,54	0,37
140	3,56	6,30	31,12	0,31
150	3,81	5,30	26,18	0,26
160	4,06	4,50	22,23	0,22
170	4,32	3,80	18,77	0,18
180	4,57	3,00	14,82	0,15
190	4,83	2,20	10,87	0,11
200	5,08	1,80	8,89	0,09
210	5,33	1,50	7,41	0,07
220	5,59	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

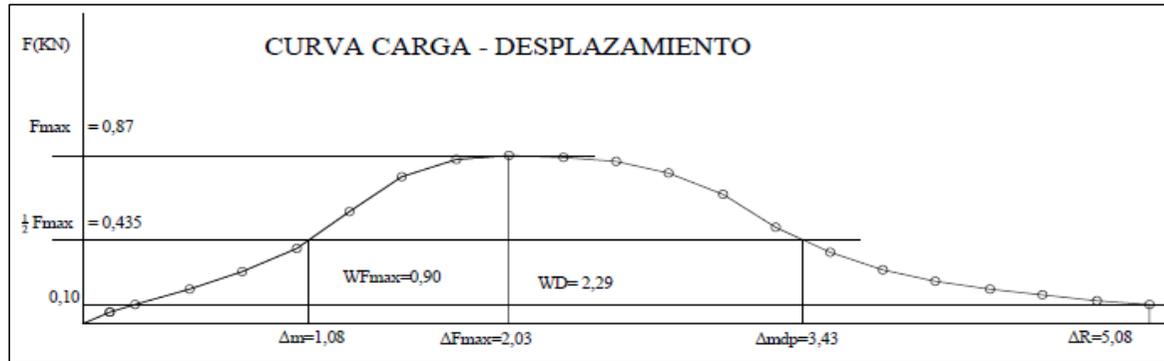
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,63	0,315	0,77	4,96	1,79	1,78	0,60	3,54

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 97

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 44-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	3,70	18,28	0,18
30	0,76	5,50	27,17	0,27
40	1,02	8,00	39,52	0,39
50	1,27	12,00	59,28	0,58
60	1,52	15,60	77,06	0,76
70	1,78	17,50	86,45	0,85
80	2,03	18,00	88,92	0,87
90	2,29	17,80	87,93	0,86
100	2,54	17,30	85,46	0,84
110	2,79	16,00	79,04	0,78
120	3,05	13,80	68,17	0,67
130	3,30	10,40	51,38	0,50
140	3,56	7,60	37,54	0,37
150	3,81	5,70	28,16	0,28
160	4,06	4,50	22,23	0,22
170	4,32	3,70	18,28	0,18
180	4,57	3,00	14,82	0,15
190	4,83	2,50	12,35	0,12
200	5,08	2,00	9,88	0,10
210	5,33	1,50	7,41	0,07
220	5,59	1,00	4,94	0,05



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

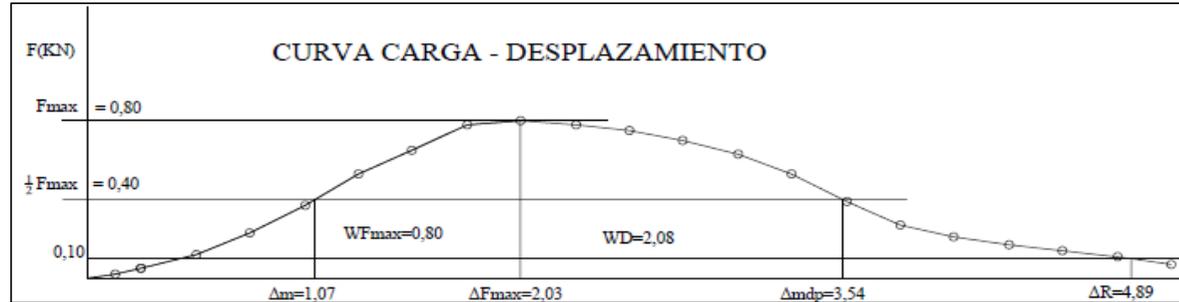
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,87	0,435	1,08	5,08	2,29	2,03	0,9	3,43

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 98

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 44-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,50	2,47	0,02
10	0,25	1,00	4,94	0,05
20	0,51	2,50	12,35	0,12
30	0,76	4,80	23,71	0,23
40	1,02	7,60	37,54	0,37
50	1,27	11,00	54,34	0,53
60	1,52	13,50	66,69	0,65
70	1,78	16,00	79,04	0,78
80	2,03	16,50	81,51	0,80
90	2,29	16,20	80,03	0,78
100	2,54	15,50	76,57	0,75
110	2,79	14,50	71,63	0,70
120	3,05	13,00	64,22	0,63
130	3,30	11,00	54,34	0,53
140	3,56	8,00	39,52	0,39
150	3,81	5,50	27,17	0,27
160	4,06	4,30	21,24	0,21
170	4,32	3,50	17,29	0,17
180	4,57	2,80	13,83	0,14
190	4,83	2,20	10,87	0,11
200	5,08	1,50	7,41	0,07
210	5,33	0,80	3,95	0,04
220	5,59	0,50	2,47	0,02



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

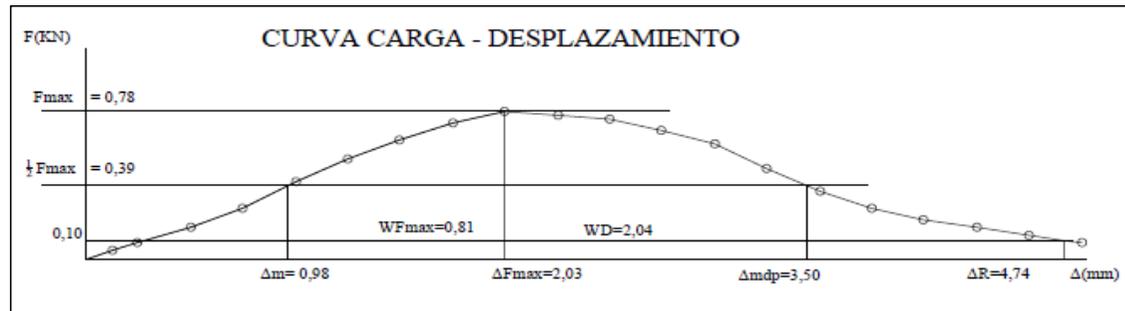
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,80	0,40	1,07	4,89	2,08	2,03	0,80	3,54

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 99

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 45-A		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	1,80	8,89	0,09
20	0,51	3,50	17,29	0,17
30	0,76	5,50	27,17	0,27
40	1,02	8,40	41,50	0,41
50	1,27	11,00	54,34	0,53
60	1,52	13,00	64,22	0,63
70	1,78	14,80	73,11	0,72
80	2,03	16,00	79,04	0,78
90	2,29	15,60	77,06	0,76
100	2,54	15,20	75,09	0,74
110	2,79	14,00	69,16	0,68
120	3,05	12,50	61,75	0,61
130	3,30	10,00	49,40	0,48
140	3,56	7,50	37,05	0,36
150	3,81	5,50	27,17	0,27
160	4,06	4,40	21,74	0,21
170	4,32	3,50	17,29	0,17
180	4,57	2,50	12,35	0,12
190	4,83	1,80	8,89	0,09
200	5,08	1,50	7,41	0,07
210	5,33	1,00	4,94	0,05
220	5,59	0,60	2,96	0,03



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

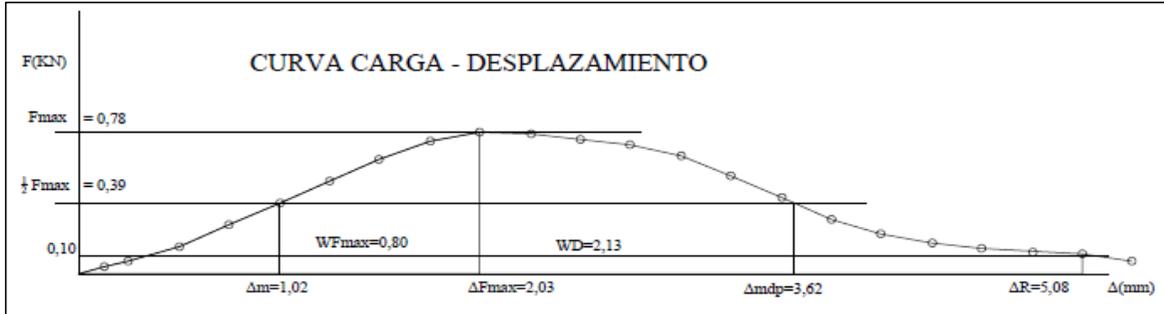
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,78	0,39	0,98	4,74	2,04	2,03	0,81	3,50

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 100

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: 45-B		GRANULOMETRÍA 1/2"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	1,50	7,41	0,07
20	0,51	3,00	14,82	0,15
30	0,76	5,50	27,17	0,27
40	1,02	8,00	39,52	0,39
50	1,27	10,50	51,87	0,51
60	1,52	13,00	64,22	0,63
70	1,78	15,00	74,10	0,73
80	2,03	16,00	79,04	0,78
90	2,29	15,80	78,05	0,77
100	2,54	15,30	75,58	0,74
110	2,79	14,60	72,12	0,71
120	3,05	13,50	66,69	0,65
130	3,30	11,20	55,33	0,54
140	3,56	8,60	42,48	0,42
150	3,81	6,20	30,63	0,30
160	4,06	4,50	22,23	0,22
170	4,32	3,50	17,29	0,17
180	4,57	2,80	13,83	0,14
190	4,83	2,50	12,35	0,12
200	5,08	2,20	10,87	0,11
210	5,33	1,50	7,41	0,07



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,78	0,39	1,02	5,08	2,13	2,03	0,80	3,62

Nelson R. Sozoranga M.



ÍNDICE DE RIGIDEZ, TENACIDAD Y ENERGÍA DISIPADA

DATOS DE LA MUESTRA

T (°C):	25°C	GRANULOMETRÍA 1/2"				
MUESTRA	espesor h(cm)	espesor h(m)	ranura l(mm)	ranura l(m)	altura l1(cm)	altura l1(m)
1-A	6,03	0,060	6,30	0,006	4,50	0,045
1-B	6,10	0,061	6,40	0,006	4,24	0,042
2-A	5,80	0,058	5,00	0,005	4,33	0,043
2-B	5,74	0,057	5,00	0,005	4,24	0,042
3-A	5,33	0,053	6,30	0,006	4,27	0,043
16-A	6,09	0,061	7,30	0,007	4,34	0,043
16-B	6,01	0,060	8,00	0,008	4,07	0,041
17-A	5,90	0,059	7,80	0,008	4,62	0,046
17-B	6,10	0,061	7,30	0,007	4,28	0,043
18-A	5,86	0,059	8,80	0,009	3,84	0,038
18-B	5,66	0,057	8,70	0,009	4,30	0,043
19-A	6,22	0,062	9,50	0,010	3,99	0,040
19-B	6,60	0,066	8,70	0,009	4,02	0,040
20-A	5,50	0,055	10,90	0,011	4,15	0,042
20-B	5,32	0,053	10,10	0,010	3,49	0,035
21-A	5,81	0,058	8,70	0,009	3,63	0,036
21-B	5,79	0,058	9,80	0,010	4,42	0,044
22-A	6,34	0,063	10,20	0,010	3,90	0,039
22-B	6,26	0,063	9,50	0,010	4,25	0,043
23-A	5,85	0,059	8,10	0,008	4,14	0,041

ANEXO 102

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIGIDEZ (IRT)		T (°C):		25°C	
GRANULOMETRÍA 1/2"					
MUESTRA N°.	Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	
1-A	0,88	0,44	0,85	0,52	
1-B	0,65	0,33	0,56	0,58	
2-A	0,90	0,45	1,31	0,34	
2-B	0,95	0,48	0,56	0,85	
3-A	0,60	0,30	0,73	0,41	
16-A	1,50	0,75	1,02	0,74	
16-B	1,16	0,58	0,76	0,76	
17-A	2,06	1,03	1,41	0,73	
17-B	1,50	0,75	0,99	0,76	
18-A	1,21	0,61	0,83	0,73	
18-B	1,57	0,79	1,02	0,77	
19-A	1,60	0,80	1,01	0,79	
19-B	1,40	0,70	0,95	0,74	
20-A	1,50	0,75	1,04	0,72	
20-B	1,21	0,61	0,83	0,73	
21-A	1,26	0,63	0,87	0,72	
21-B	1,36	0,68	0,66	1,03	
22-A	1,44	0,72	1,07	0,67	
22-B	1,31	0,66	0,87	0,75	
23-A	1,45	0,73	1,01	0,72	
PROMEDIO:	1,28				

ANEXO 103

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE TENACIDAD			T (°C):	25°C	GRANULOMETRÍA 1/2"		Δmdp (mm)	ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m ²)*mm]
MUESTRA N°.	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)		
1-A	4,11	1,81	1,78	0,82	0,060	0,045	2,71	0,34
1-B	4,02	1,60	1,27	0,46	0,061	0,042	3,30	0,89
2-A	3,56	1,59	2,29	0,92	0,058	0,043	3,05	0,20
2-B	2,03	0,96	1,27	0,60	0,057	0,042	1,71	0,07
3-A	3,16	1,07	1,78	0,61	0,053	0,043	2,54	0,15
16-A	3,81	2,97	2,03	1,52	0,061	0,043	2,98	0,52
16-B	3,98	2,37	1,78	1,12	0,060	0,041	2,79	0,52
17-A	3,87	4,06	2,54	2,42	0,059	0,046	3,36	0,49
17-B	3,88	2,94	2,03	1,52	0,061	0,043	2,95	0,50
18-A	3,97	2,58	2,03	1,40	0,059	0,038	2,94	0,48
18-B	4,06	3,19	2,03	1,66	0,057	0,043	2,88	0,53
19-A	3,98	3,21	2,03	1,74	0,062	0,040	2,87	0,50
19-B	4,00	3,00	2,03	1,54	0,066	0,040	3,02	0,54
20-A	3,91	3,20	2,29	1,85	0,055	0,042	3,18	0,53
20-B	3,87	2,51	2,03	1,39	0,053	0,035	2,89	0,52
21-A	3,87	2,25	1,78	1,16	0,058	0,036	2,48	0,36
21-B	3,91	2,95	1,78	1,43	0,058	0,044	2,87	0,65
22-A	4,02	2,83	2,03	1,41	0,063	0,039	2,93	0,52
22-B	4,05	2,81	2,03	1,43	0,063	0,043	3,02	0,51
23-A	4,02	2,68	1,78	1,25	0,059	0,041	2,65	0,51
PROMEDIO:	3,96							

ENERGÍA DISIPADA EN EL PROCESO DE FISURACIÓN.

T (°C): 25°C

GRANULOMETRÍA 1/2"

MUESTRA N°.	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Energía disipada Jc (J/m ²)	Energía disipada Jc (KJ/M ²)	Minimo Jc (KJ/M ²)	
1-A	1,81	0,06	0,045	667,04	0,67	0,65	
1-B	1,60	0,06	0,042	618,62	0,62		
2-A	1,59	0,06	0,043	633,11	0,63		
2-B	0,96	0,06	0,042	394,45	0,39		
3-A	1,07	0,05	0,043	470,14	0,47		
16-A	2,97	0,06	0,043	1123,70	1,12		
16-B	2,37	0,06	0,041	968,90	0,97		
17-A	4,06	0,06	0,046	1489,47	1,49		
17-B	2,94	0,06	0,043	1126,09	1,13		
18-A	2,58	0,06	0,038	1146,54	1,15		
18-B	3,19	0,06	0,043	1310,71	1,31		
19-A	3,21	0,06	0,040	1293,43	1,29		
19-B	3,00	0,07	0,040	1130,71	1,13		
20-A	3,20	0,06	0,042	1401,97	1,40		
20-B	2,51	0,05	0,035	1351,88	1,35		
21-A	2,25	0,06	0,036	1066,84	1,07		
21-B	2,95	0,06	0,044	1152,71	1,15		
22-A	2,83	0,06	0,039	1144,54	1,14		
22-B	2,81	0,06	0,043	1056,19	1,06		
23-A	2,68	0,06	0,041	1106,57	1,11		
PROMEDIO:					1,03		



ÍNDICE DE RIGIDEZ, TENACIDAD Y ENERGÍA DISIPADA

DATOS DE LA MUESTRA

T (°C):	30°C		GRANULOMETRÍA 1/2"			
MUESTRA	espesor h(cm)	espesor h(m)	ranura l(mm)	ranura l(m)	altura l1(cm)	altura l1(m)
3-B	5,42	0,054	5,20	0,0052	4,32	0,043
4-A	5,78	0,058	5,20	0,0052	4,22	0,042
4-B	6,20	0,062	5,30	0,0053	4,34	0,043
5-A	5,54	0,055	5,20	0,0052	4,21	0,042
5-B	5,06	0,051	5,50	0,0055	4,18	0,042
23-B	6,70	0,067	8,20	0,0082	4,15	0,042
24-A	5,92	0,059	9,40	0,0094	3,76	0,038
24-B	5,99	0,060	7,60	0,0076	4,11	0,041
25-A	6,19	0,062	7,60	0,0076	3,97	0,040
25-B	5,86	0,059	9,50	0,0095	4,20	0,042
26-A	6,15	0,062	7,50	0,0075	4,40	0,044
26-B	5,98	0,060	6,40	0,0064	4,59	0,046
27-A	5,96	0,060	8,40	0,0084	3,93	0,039
27-B	6,10	0,061	8,89	0,0089	4,25	0,043
28-A	6,02	0,060	5,70	0,0057	4,34	0,043
28-B	5,93	0,059	7,50	0,0075	4,26	0,043
29-A	6,32	0,063	8,70	0,0087	4,13	0,041
29-B	6,24	0,062	8,20	0,0082	4,10	0,041
30-A	6,45	0,065	10,90	0,0109	3,93	0,039
30-B	6,41	0,064	9,01	0,0090	4,70	0,047

ANEXO 106

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIGIDEZ (IRT) T (°C): 30°C

GRANULOMETRÍA 1/2"

MUESTRA N°.	Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)
3-B	0,88	0,44	0,88	0,50
4-A	0,98	0,49	0,89	0,55
4-B	1,24	0,62	1,00	0,62
5-A	1,11	0,555	1,31	0,42
5-B	0,97	0,485	0,65	0,75
23-B	1,07	0,535	0,96	0,56
24-A	0,92	0,460	0,83	0,55
24-B	0,87	0,435	0,80	0,54
25-A	1,07	0,535	0,96	0,56
25-B	1,21	0,605	0,99	0,61
26-A	0,94	0,470	0,91	0,52
26-B	1,11	0,555	0,97	0,57
27-A	1,16	0,580	1,07	0,54
27-B	1,14	0,570	1,05	0,54
28-A	1,07	0,535	1,03	0,52
28-B	1,02	0,510	0,78	0,65
29-A	0,92	0,460	0,78	0,59
29-B	0,99	0,495	0,78	0,63
30-A	1,19	0,595	1,04	0,57
30-B	1,07	0,535	0,89	0,60
PROMEDIO:	1,05			

ANEXO 107

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE TENACIDAD				T (°C):	30°C	GRANULOMETRÍA 1/2"		ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m ²)*mm]
MUESTRA N°.	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Δmdp (mm)	
3-B	3,81	1,62	1,78	0,77	0,054	0,043	2,66	0,32
4-A	4,62	2,43	2,03	1,09	0,058	0,042	3,26	0,68
4-B	4,61	2,90	2,03	1,28	0,062	0,043	3,18	0,69
5-A	4,83	2,75	2,29	1,21	0,055	0,042	3,57	0,85
5-B	4,57	2,57	1,78	1,04	0,051	0,042	3,41	1,18
23-B	3,81	2,26	1,78	0,95	0,067	0,042	3,04	0,59
24-A	3,94	1,83	1,52	0,67	0,059	0,038	2,67	0,60
24-B	4,06	1,99	1,78	0,83	0,060	0,041	3,09	0,62
25-A	3,98	2,19	1,78	0,92	0,062	0,040	2,94	0,60
25-B	4,45	2,48	1,78	1,04	0,059	0,042	2,82	0,61
26-A	3,94	1,87	1,52	0,60	0,062	0,044	2,88	0,64
26-B	4,57	2,74	2,03	1,25	0,060	0,046	3,18	0,62
27-A	3,94	2,28	1,78	0,93	0,060	0,039	2,79	0,58
27-B	4,06	2,27	1,78	0,92	0,061	0,043	2,89	0,58
28-A	3,81	2,39	2,03	1,14	0,060	0,043	3,24	0,58
28-B	4,06	2,08	1,52	0,78	0,059	0,043	2,67	0,59
29-A	3,56	1,90	1,52	0,71	0,063	0,041	2,83	0,60
29-B	4,49	2,47	2,03	1,21	0,062	0,041	3,20	0,58
30-A	4,23	2,86	2,29	1,51	0,065	0,039	3,41	0,60
30-B	4,32	2,65	2,03	1,19	0,064	0,047	3,41	0,67
PROMEDIO:	4,27							

ANEXO 108

ENERGÍA DISIPADA EN EL PROCESO DE FISURACIÓN.						T (°C):	30°C
GRANULOMETRÍA 1/2"							
MUESTRA N°.	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Energía disipada Jc (J/m2)	Energía disipada Jc (KJ/m2)	Minimo Jc (KJ/M2)	
3-B	1,62	0,05	0,043	691,88	0,69	0,65	
4-A	2,43	0,06	0,042	996,24	1,00		
4-B	2,90	0,06	0,043	1077,75	1,08		
5-A	2,75	0,06	0,042	1179,07	1,18		
5-B	2,57	0,05	0,042	1215,08	1,22		
23-B	2,26	0,07	0,042	812,80	0,81		
24-A	1,83	0,06	0,038	822,13	0,82		
24-B	1,99	0,06	0,041	808,32	0,81		
25-A	2,19	0,06	0,040	891,17	0,89		
25-B	2,48	0,06	0,042	1007,64	1,01		
26-A	1,87	0,06	0,044	691,06	0,69		
26-B	2,74	0,06	0,046	998,24	1,00		
27-A	2,28	0,06	0,039	973,41	0,97		
27-B	2,27	0,06	0,043	875,40	0,88		
28-A	2,39	0,06	0,043	914,77	0,91		
28-B	2,08	0,06	0,043	823,38	0,82		
29-A	1,90	0,06	0,041	727,92	0,73		
29-B	2,47	0,06	0,041	965,45	0,97		
30-A	2,86	0,06	0,039	1128,27	1,13		
30-B	2,65	0,06	0,047	879,61	0,88		
PROMEDIO:					0,92		



ÍNDICE DE RIGIDEZ, TENACIDAD Y ENERGÍA DISIPADA

DATOS DE LA MUESTRA

T (°C):	35°C		GRANULOMETRÍA 1/2"			
MUESTRA	espesor h(cm)	espesor h(m)	ranura l(mm)	ranura l(m)	altura l1(cm)	altura l1(m)
6-A	5,79	0,058	5,80	0,006	4,08	0,041
6-B	5,28	0,053	5,00	0,005	4,50	0,045
7-A	5,67	0,057	5,00	0,005	4,21	0,042
7-B	5,71	0,057	5,00	0,005	4,26	0,043
8-A	5,82	0,058	5,04	0,005	4,40	0,044
31-A	6,10	0,061	10,30	0,010	3,81	0,038
31-B	5,99	0,060	8,90	0,009	4,20	0,042
32-A	5,84	0,058	7,60	0,008	4,29	0,043
32-B	5,82	0,058	9,30	0,009	4,05	0,041
33-A	6,13	0,061	6,40	0,006	3,97	0,040
33-B	6,02	0,060	8,90	0,009	4,59	0,046
34-A	6,31	0,063	5,60	0,006	4,09	0,041
34-B	6,46	0,065	7,50	0,008	4,39	0,044
35-A	6,11	0,061	7,90	0,008	4,07	0,041
35-B	6,34	0,063	8,01	0,008	4,40	0,044
36-A	6,32	0,063	7,80	0,008	3,97	0,040
36-B	6,02	0,060	7,20	0,007	4,69	0,047
37-A	6,02	0,060	7,40	0,007	3,87	0,039
37-B	6,04	0,060	10,00	0,010	4,37	0,044
38-A	6,38	0,064	8,00	0,008	4,37	0,044

ANEXO 110

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIGIDEZ (IRT) T (°C): 35°C

GRANULOMETRÍA 1/2"

MUESTRA N°.	Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)
6-A	0,76	0,38	1,18	0,32
6-B	1,01	0,505	0,60	0,84
7-A	0,92	0,46	0,86	0,53
7-B	0,75	0,375	0,63	0,60
8-A	1,11	0,555	0,96	0,58
31-A	0,78	0,39	0,85	0,46
31-B	0,87	0,435	0,91	0,48
32-A	0,82	0,41	0,93	0,44
32-B	0,82	0,41	0,86	0,48
33-A	0,73	0,365	0,77	0,47
33-B	1,48	0,74	1,53	0,48
34-A	0,73	0,365	0,77	0,47
34-B	1,21	0,605	1,26	0,48
35-A	0,87	0,435	0,89	0,49
35-B	0,94	0,47	1,06	0,44
36-A	0,63	0,315	0,65	0,48
36-B	1,04	0,52	1,10	0,47
37-A	0,82	0,41	0,86	0,48
37-B	1,04	0,52	1,20	0,43
38-A	0,99	0,495	0,97	0,51
PROMEDIO:	0,87			

ANEXO 111

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE TENACIDAD					T (°C):	35°C	GRANULOMETRÍA 1/2"		ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m ²)*mm]
MUESTRA N°.	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Δmdp (mm)		
6-A	4,78	1,82	2,29	0,87	0,058	0,041	3,63	0,54	
6-B	4,90	3,12	2,03	1,37	0,053	0,045	3,97	1,43	
7-A	4,29	2,61	2,29	1,25	0,057	0,042	3,84	0,88	
7-B	3,81	1,57	1,52	0,66	0,057	0,043	2,58	0,40	
8-A	4,95	3,14	2,29	1,46	0,058	0,044	3,82	1,00	
31-A	4,26	1,88	1,78	0,74	0,061	0,038	3,18	0,69	
31-B	4,49	1,87	1,52	0,59	0,060	0,042	2,88	0,69	
32-A	4,27	1,79	1,52	0,57	0,058	0,043	2,89	0,67	
32-B	4,32	1,79	1,52	0,59	0,058	0,041	2,79	0,65	
33-A	4,51	1,94	2,03	0,85	0,061	0,040	3,51	0,66	
33-B	4,83	3,16	2,29	1,39	0,060	0,046	3,39	0,70	
34-A	4,57	2	2,03	0,87	0,063	0,041	3,55	0,67	
34-B	4,83	2,72	2,03	1,11	0,065	0,044	3,25	0,69	
35-A	4,06	1,68	1,27	0,4	0,061	0,041	2,59	0,68	
35-B	4,61	2,29	2,03	0,94	0,063	0,044	3,43	0,68	
36-A	4,48	1,58	1,52	0,53	0,063	0,040	3,09	0,66	
36-B	4,90	2,92	2,54	1,50	0,060	0,047	3,86	0,66	
37-A	4,61	1,96	1,78	0,77	0,060	0,039	3,05	0,65	
37-B	4,56	2,53	2,29	1,18	0,060	0,044	3,58	0,66	
38-A	4,06	2,00	1,52	0,63	0,064	0,044	2,89	0,67	
PROMEDIO:	4,50								

ANEXO 112

ENERGÍA DISIPADA EN EL PROCESO DE FISURACIÓN.

T (°C):

35°C

GRANULOMETRÍA 1/2"

MUESTRA N°.	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Energía disipada Jc (J/m2)	Energía disipada Jc (KJ/m2)	Minimo Jc (KJ/M2)
6-A	1,82	0,058	0,041	770,43	0,77	0,65
6-B	3,12	0,053	0,045	1313,13	1,31	
7-A	2,61	0,057	0,042	1093,39	1,09	
7-B	1,57	0,057	0,043	645,44	0,65	
8-A	3,14	0,058	0,044	1226,18	1,23	
31-A	1,88	0,061	0,038	808,92	0,81	
31-B	1,87	0,060	0,042	743,30	0,74	
32-A	1,79	0,058	0,043	714,47	0,71	
32-B	1,79	0,058	0,041	759,41	0,76	
33-A	1,94	0,061	0,040	797,17	0,80	
33-B	3,16	0,060	0,046	1143,61	1,14	
34-A	2,00	0,063	0,041	774,96	0,77	
34-B	2,72	0,065	0,044	959,12	0,96	
35-A	1,68	0,061	0,041	675,58	0,68	
35-B	2,29	0,063	0,044	821,09	0,82	
36-A	1,58	0,063	0,040	629,72	0,63	
36-B	2,92	0,060	0,047	1034,22	1,03	
37-A	1,96	0,060	0,039	841,30	0,84	
37-B	2,53	0,060	0,044	958,52	0,96	
38-A	2,00	0,064	0,044	717,34	0,72	
PROMEDIO:					0,82	



ÍNDICE DE RIGIDEZ, TENACIDAD Y ENERGÍA DISIPADA

DATOS DE LA MUESTRA

T (°C):	40°C	GRANULOMETRÍA 1/2"				
MUESTRA	espesor h(cm)	espesor h(m)	ranura l(mm)	ranura l(m)	altura l1(cm)	altura l1(m)
13-A	5,70	0,057	5,81	0,006	4,10	0,041
13-B	5,32	0,053	5,23	0,005	4,40	0,044
14-A	5,66	0,057	5,10	0,005	4,25	0,043
14-B	5,75	0,058	5,20	0,005	4,26	0,043
15-A	5,84	0,058	5,04	0,005	4,38	0,044
38-B	5,98	0,060	9,20	0,009	3,83	0,038
39-A	5,90	0,059	10,00	0,010	3,92	0,039
39-B	6,20	0,062	8,60	0,009	4,26	0,043
40-A	5,93	0,059	7,00	0,007	4,05	0,041
40-B	6,00	0,060	7,90	0,008	4,39	0,044
41-A	6,34	0,063	8,80	0,009	4,07	0,041
41-B	6,25	0,063	6,60	0,007	4,43	0,044
42-A	5,83	0,058	9,70	0,010	3,83	0,038
42-B	5,88	0,059	7,60	0,008	4,39	0,044
43-A	6,32	0,063	10,00	0,010	3,97	0,040
43-B	6,15	0,062	7,60	0,008	4,78	0,048
44-A	6,11	0,061	8,50	0,009	4,17	0,042
44-B	6,17	0,062	10,00	0,010	3,98	0,040
45-A	6,08	0,061	8,80	0,009	3,80	0,038
45-B	6,13	0,061	8,60	0,009	4,44	0,044

ANEXO 114

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIGIDEZ (IRT) T (°C): 40°C				
GRANULOMETRÍA 1/2"				
MUESTRA N°.	Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)
13-A	0,70	0,35	0,96	0,36
13-B	0,68	0,34	0,98	0,35
14-A	0,73	0,365	0,92	0,40
14-B	0,70	0,35	0,93	0,38
15-A	0,78	0,39	0,93	0,42
38-B	0,65	0,325	0,84	0,39
39-A	0,70	0,35	0,86	0,41
39-B	1,02	0,51	1,34	0,38
40-A	0,72	0,36	0,92	0,39
40-B	0,83	0,415	1,03	0,40
41-A	0,87	0,435	1,08	0,40
41-B	0,56	0,28	0,74	0,38
42-A	0,44	0,22	0,73	0,30
42-B	0,75	0,375	0,92	0,41
43-A	0,99	0,495	1,09	0,45
43-B	0,63	0,315	0,77	0,41
44-A	0,87	0,435	1,08	0,40
44-B	0,80	0,4	1,07	0,37
45-A	0,78	0,39	0,98	0,40
45-B	0,78	0,39	1,02	0,38
PROMEDIO:	0,69			

ANEXO 115

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE TENACIDAD				T (°C):	40°C	GRANULOMETRÍA 1/2"		ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m ²)*mm]
MUESTRA N°.	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Δmdp (mm)	
13-A	4,89	1,86	2,03	0,75	0,057	0,041	3,60	0,75
13-B	4,83	1,73	1,78	0,57	0,053	0,044	3,34	0,77
14-A	4,74	1,94	2,03	0,78	0,057	0,043	3,62	0,77
14-B	4,89	1,81	1,78	0,59	0,058	0,043	3,35	0,78
15-A	4,64	2,07	2,03	0,81	0,058	0,044	3,56	0,75
38-B	5,08	1,71	1,78	0,59	0,060	0,038	3,28	0,73
39-A	5,27	1,77	1,52	0,50	0,059	0,039	3,01	0,82
39-B	5,08	2,54	2,29	1,06	0,062	0,043	3,61	0,74
40-A	5,08	2,01	2,03	0,78	0,059	0,041	3,56	0,78
40-B	4,83	2,05	1,78	0,70	0,060	0,044	3,25	0,75
41-A	5,04	2,09	1,78	0,67	0,063	0,041	3,15	0,75
41-B	4,57	1,45	1,52	0,45	0,063	0,044	3,20	0,61
42-A	5,08	1,18	1,52	0,34	0,058	0,038	3,18	0,62
42-B	4,83	1,74	1,52	0,51	0,059	0,044	2,92	0,67
43-A	5,08	2,48	2,03	0,99	0,063	0,040	3,37	0,80
43-B	4,96	1,79	1,78	0,60	0,062	0,048	3,54	0,71
44-A	5,08	2,29	2,03	0,90	0,061	0,042	3,43	0,76
44-B	4,89	2,08	2,03	0,80	0,062	0,040	3,54	0,79
45-A	4,74	2,04	2,03	0,81	0,061	0,038	3,50	0,78
45-B	5,08	2,13	2,03	0,80	0,061	0,044	3,62	0,78
PROMEDIO:	4,93							

ANEXO 116

ENERGÍA DISIPADA EN EL PROCESO DE FISURACIÓN.						
GRANULOMETRÍA 1/2"					T (°C):	40°C
MUESTRA N°.	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Energía disipada Jc (J/m2)	Energía disipada Jc (KJ/m2)	Minimo Jc (KJ/M2)
13-A	1,86	0,057	0,041	795,89	0,80	0,65
13-B	1,73	0,053	0,044	739,06	0,74	
14-A	1,94	0,057	0,043	806,49	0,81	
14-B	1,81	0,058	0,043	738,93	0,74	
15-A	2,07	0,058	0,044	809,25	0,81	
38-B	1,71	0,060	0,038	746,61	0,75	
39-A	1,77	0,059	0,039	765,31	0,77	
39-B	2,54	0,062	0,043	961,68	0,96	
40-A	2,01	0,059	0,041	836,92	0,84	
40-B	2,05	0,060	0,044	778,28	0,78	
41-A	2,09	0,063	0,041	809,96	0,81	
41-B	1,45	0,063	0,044	523,70	0,52	
42-A	1,18	0,058	0,038	528,46	0,53	
42-B	1,74	0,059	0,044	674,07	0,67	
43-A	2,48	0,063	0,040	988,43	0,99	
43-B	1,79	0,062	0,048	608,91	0,61	
44-A	2,29	0,061	0,042	898,79	0,90	
44-B	2,08	0,062	0,040	847,02	0,85	
45-A	2,04	0,061	0,038	882,96	0,88	
45-B	2,13	0,061	0,044	782,59	0,78	
PROMEDIO:					0,72	

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS (MEZCLA DE 1/2")

ESTADÍSTICA DE RESULTADOS DE ÍNDICE DE RIGIDEZ

T= 25°C		GRANULOMETRÍA 1/2"							
ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,52	0,34			0,065	0,60		0,75	0,04	5,30
0,58	0,41								
0,34	0,52								
0,85	0,58								
0,41	0,67								
0,74	0,72								
0,76	0,72								
0,73	0,72								
0,76	0,73								
0,73	0,73								
0,77	0,73	0,73	0,760						
0,79	0,74								
0,74	0,74								
0,72	0,75								
0,73	0,76								
0,72	0,76								
1,03	0,77								
0,67	0,79								
0,75	0,85								
0,72	1,03								

ANEXO 118

T= 30°C		GRANULOMETRÍA 1/2"							
ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,50	0,42	0,56	0,542	0,064	0,45	0,50 0,52 0,52 0,54 0,54 0,54 0,55 0,55 0,56 0,56	0,57	0,04	7,41
0,55	0,50								
0,62	0,52								
0,42	0,52								
0,75	0,54								
0,56	0,54								
0,55	0,54								
0,54	0,55								
0,56	0,55								
0,61	0,56								
0,52	0,56	0,56	0,606	0,064	0,70	0,56 0,57 0,57 0,57 0,59 0,60 0,61 0,62 0,63 0,65	0,57	0,04	7,41
0,57	0,57								
0,54	0,57								
0,54	0,59								
0,52	0,60								
0,65	0,61								
0,59	0,62								
0,63	0,63								
0,57	0,65								
0,60	0,75								

ANEXO 119

T= 35°C		GRANULOMETRÍA 1/2"							
ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,32	0,32			0,034	0,42		0,48	0,03	5,26
0,84	0,43								
0,53	0,44								
0,60	0,44								
0,58	0,46								
0,46	0,47								
0,48	0,47								
0,44	0,47								
0,48	0,48								
0,47	0,48								
0,48	0,48	0,477							
0,47	0,48								
0,48	0,48								
0,49	0,48								
0,44	0,49								
0,48	0,51								
0,47	0,53								
0,48	0,58								
0,43	0,60								
0,51	0,84								

ANEXO 120

T= 40°C		GRANULOMETRÍA 1/2"														
ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN							
0,36	0,30			0,03	0,34	0,35	0,39	0,02	4,68							
0,35	0,35										0,38	0,36				
0,40	0,36												0,38	0,37		
0,38	0,37														0,38	0,38
0,42	0,38															
0,39	0,38		0,394		0,38	0,38										
0,41	0,38									0,39	0,38					
0,38	0,38		0,40		0,39	0,38										
0,39	0,39									0,40	0,40	0,39				
0,40	0,39		0,40		0,40	0,40										
0,40	0,40	0,40		0,40			0,40									
0,38	0,40		0,405		0,40	0,40										
0,30	0,40	0,405		0,40			0,40									
0,41	0,40		0,405		0,40	0,40										
0,45	0,40	0,405		0,40			0,40									
0,41	0,41		0,405		0,40	0,41										
0,40	0,41	0,405		0,40			0,41									
0,37	0,41		0,405		0,40	0,41										
0,40	0,42	0,405		0,40			0,41									
0,38	0,454		0,405		0,40	0,42										

ANEXO 121

ESTADÍSTICA DE RESULTADOS DE ÍNDICE DE TENACIDAD

T= 25°C		GRANULOMETRÍA 1/2"							
ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m2)*mm]	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,34	0,07			0,04	0,42	0,48	0,51	0,02	3,42
0,89	0,15								
0,20	0,20								
0,07	0,34								
0,15	0,48								
0,52	0,49		0,485		0,59				
0,52	0,50								
0,49	0,50								
0,50	0,51								
0,48	0,51								
0,53	0,52	0,515							
0,50	0,52								
0,54	0,52								
0,53	0,52								
0,52	0,53								
0,36	0,53	0,53							
0,65	0,53								
0,52	0,54								
0,51	0,65								
0,51	0,89								

ANEXO 122

T= 30°C		GRANULOMETRÍA 1/2"							
ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m2)*mm]	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,32	0,32			0,05	0,52	0,58	0,61	0,03	5,45
0,68	0,58								
0,69	0,58								
0,85	0,58								
1,18	0,58								
0,59	0,59	0,60	0,587			0,59			
0,60	0,59								
0,62	0,60								
0,60	0,60								
0,61	0,60								
0,64	0,60								
0,62	0,61								
0,58	0,62								
0,58	0,62								
0,58	0,63								
0,59	0,64			0,71		0,64			
0,60	0,68								
0,58	0,69								
0,60	0,85								
0,63	1,18								

ANEXO 123

T= 35°C		GRANULOMETRÍA 1/2"							
ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m2)*mm]	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,54	0,40	0,67	0,66	0,03	0,61	0,65	0,67	0,02	2,51
1,43	0,54								
0,88	0,65								
0,40	0,65								
1,00	0,66								
0,69	0,66								
0,69	0,66								
0,67	0,66								
0,65	0,67								
0,66	0,67								
0,70	0,67	0,67	0,69	0,03	0,74	0,67	0,67	0,02	2,51
0,67	0,68								
0,69	0,68								
0,68	0,69								
0,68	0,69								
0,66	0,69								
0,66	0,70								
0,65	0,88								
0,66	1,00								
0,67	1,43								

ANEXO 124

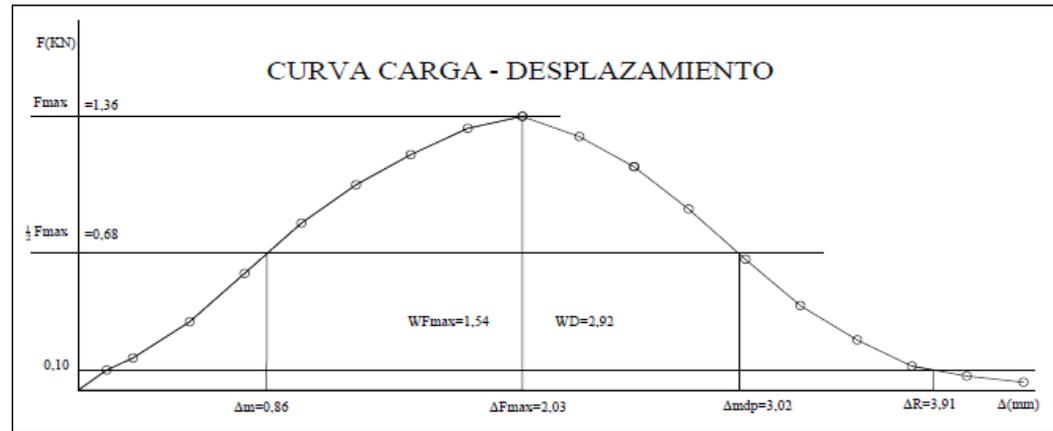
T= 40°C		GRANULOMETRÍA 1/2"							
ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m2)*mm]	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,75	0,61			0,05	0,668	0,71	0,77	0,03	3,35
0,77	0,62								
0,77	0,667								
0,78	0,71								
0,75	0,73								
0,73	0,74								
0,82	0,75								
0,74	0,75								
0,78	0,75								
0,75	0,75								
0,75	0,75	0,759			0,85	0,75	0,77	0,03	3,35
0,75	0,76								
0,61	0,77								
0,62	0,77								
0,67	0,78								
0,80	0,78								
0,71	0,78								
0,76	0,78								
0,79	0,79								
0,78	0,80								
0,78	0,82					0,82			



ENSAYO DE VIGA SEMICIRCULAR SIMPLEMENTE APOYADO

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 KG
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA:	A-1	GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN	
(0,001)pulg	(mm)				
5	0,13	2,00	9,88	0,10	
10	0,25	3,20	15,81	0,16	
20	0,51	7,00	34,58	0,34	
30	0,76	12,00	59,28	0,58	
40	1,02	17,20	84,97	0,83	
50	1,27	21,00	103,74	1,02	
60	1,52	24,20	119,55	1,17	
70	1,78	26,80	132,39	1,30	
80	2,03	28,00	138,32	1,36	
90	2,29	26,00	128,44	1,26	
100	2,54	23,00	113,62	1,11	
110	2,79	18,60	91,88	0,90	
120	3,05	13,50	66,69	0,65	
130	3,30	8,70	42,98	0,42	
140	3,56	5,20	25,69	0,25	
150	3,81	2,50	12,35	0,12	
160	4,06	1,50	7,41	0,07	
170	4,32	0,80	3,95	0,04	

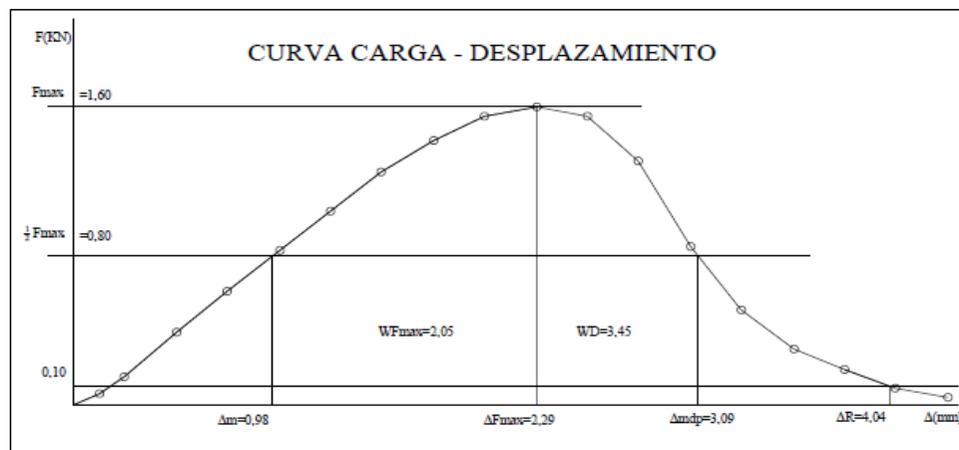


PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2 Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,36	0,68	0,86	3,91	2,92	2,03	1,54	3,02

Nelson R. Sozoranga M.

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: A-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	8,00	39,52	0,39
30	0,76	12,50	61,75	0,61
40	1,02	17,20	84,97	0,83
50	1,27	21,50	106,21	1,04
60	1,52	25,80	127,45	1,25
70	1,78	29,40	145,24	1,42
80	2,03	32,00	158,08	1,55
90	2,29	33,00	163,02	1,60
100	2,54	32,00	158,08	1,55
110	2,79	27,00	133,38	1,31
120	3,05	17,50	86,45	0,85
130	3,30	10,50	51,87	0,51
140	3,56	6,20	30,63	0,30
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	1,80	8,89	0,09
170	4,32	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

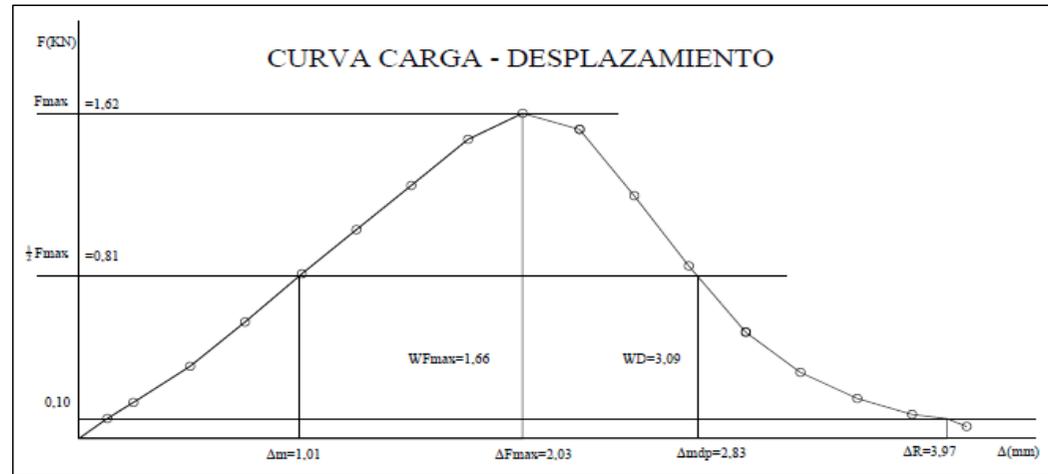
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,60	0,80	0,98	4,04	3,45	2,29	2,05	3,09

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 127

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: B-1		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	2,00	9,88	0,10	
10	0,25	3,80	18,77	0,18	
20	0,51	7,50	37,05	0,36	
30	0,76	12,00	59,28	0,58	
40	1,02	17,00	83,98	0,82	
50	1,27	21,50	106,21	1,04	
60	1,52	26,00	128,44	1,26	
70	1,78	30,80	152,15	1,49	
80	2,03	33,50	165,49	1,62	
90	2,29	31,80	157,09	1,54	
100	2,54	25,00	123,50	1,21	
110	2,79	17,80	87,93	0,86	
120	3,05	11,00	54,34	0,53	
130	3,30	6,80	33,59	0,33	
140	3,56	4,20	20,75	0,20	
150	3,81	2,50	12,35	0,12	
160	4,06	1,30	6,42	0,06	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

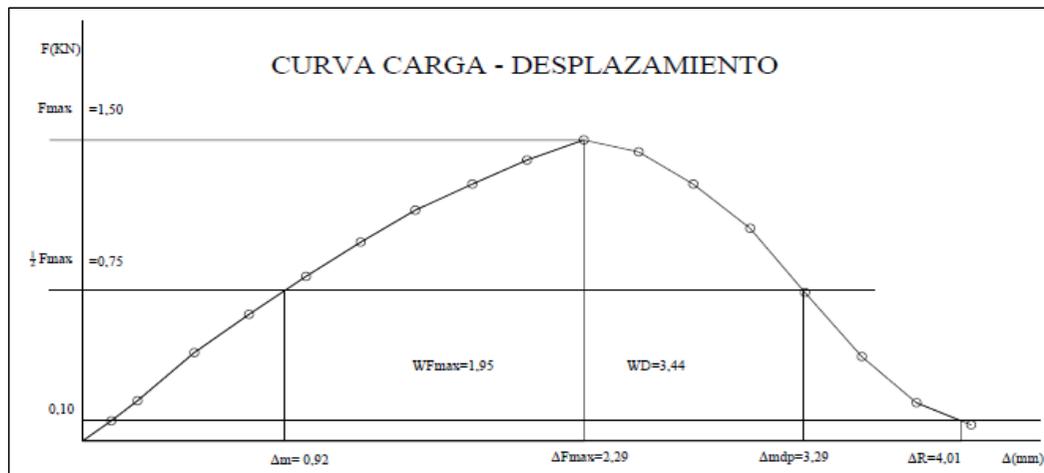
Carga máxima F _{max} . (kN)	1/2F _{max} . (kN)	Desplazamiento Δ _m (mm)	Δ _R (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Δ _{Fmax} (mm)	Área prepico WF _{max} (kN-mm)	Δ _{mdp} (mm)
1,62	0,81	1,01	3,97	3,09	2,03	1,66	2,83

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 128

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: B-2		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	2,00	9,88	0,10	
10	0,25	4,20	20,75	0,20	
20	0,51	9,00	44,46	0,44	
30	0,76	13,00	64,22	0,63	
40	1,02	17,00	83,98	0,82	
50	1,27	20,50	101,27	0,99	
60	1,52	23,70	117,08	1,15	
70	1,78	26,40	130,42	1,28	
80	2,03	29,00	143,26	1,40	
90	2,29	31,00	153,14	1,50	
100	2,54	29,80	147,21	1,44	
110	2,79	26,50	130,91	1,28	
120	3,05	21,80	107,69	1,06	
130	3,30	15,20	75,09	0,74	
140	3,56	8,60	42,48	0,42	
150	3,81	4,00	19,76	0,19	
160	4,06	1,70	8,40	0,08	
170	4,32	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

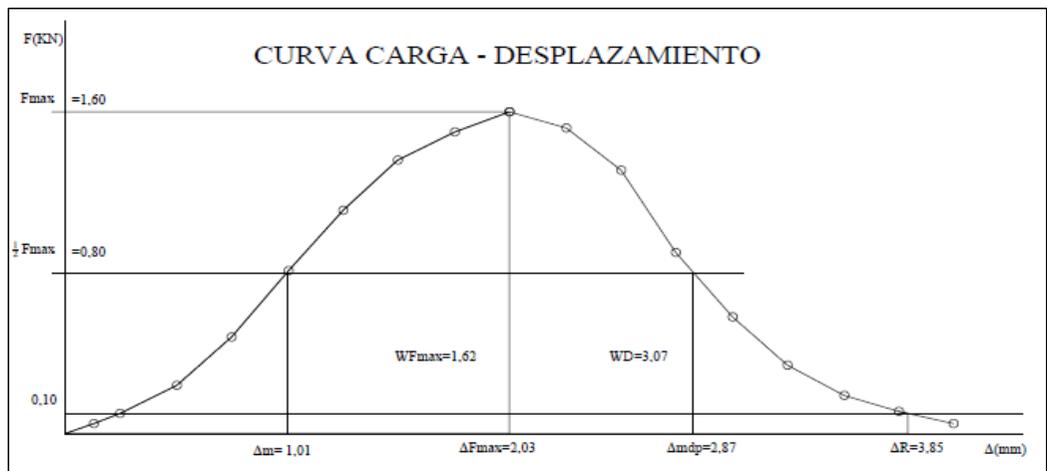
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,50	0,75	0,92	4,01	3,44	2,29	1,95	3,29

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 129

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: C-1		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	4,90	24,21	0,24
30	0,76	10,00	49,40	0,48
40	1,02	16,80	82,99	0,81
50	1,27	23,00	113,62	1,11
60	1,52	28,00	138,32	1,36
70	1,78	31,00	153,14	1,50
80	2,03	33,00	163,02	1,60
90	2,29	31,30	154,62	1,52
100	2,54	27,00	133,38	1,31
110	2,79	20,00	98,80	0,97
120	3,05	12,00	59,28	0,58
130	3,30	7,00	34,58	0,34
140	3,56	4,00	19,76	0,19
150	3,81	2,20	10,87	0,11
160	4,06	1,00	4,94	0,05



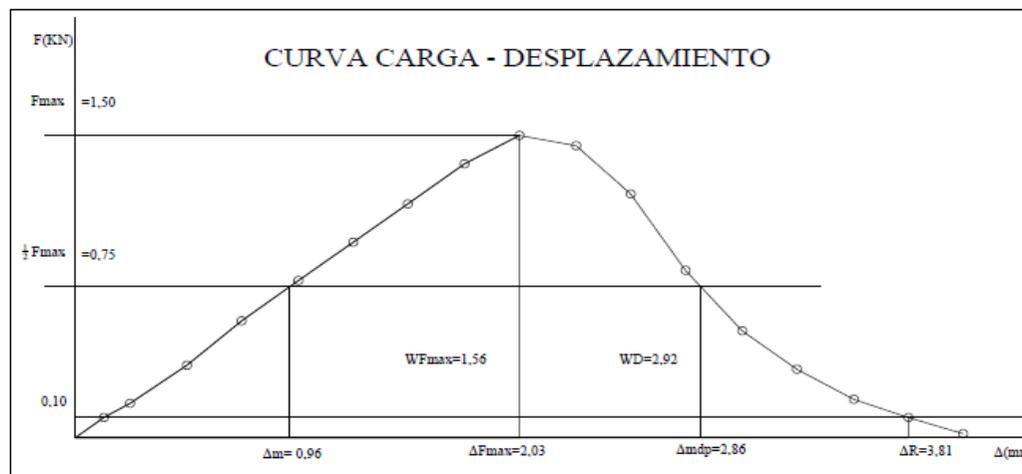
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,60	0,80	1,01	3,85	3,07	2,03	1,62	2,87

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 130

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: C-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	2,00	9,88	0,10
10	0,25	3,50	17,29	0,17
20	0,51	7,50	37,05	0,36
30	0,76	12,00	59,28	0,58
40	1,02	16,00	79,04	0,78
50	1,27	20,00	98,80	0,97
60	1,52	24,00	118,56	1,16
70	1,78	28,00	138,32	1,36
80	2,03	31,00	153,14	1,50
90	2,29	30,00	148,20	1,45
100	2,54	25,00	123,50	1,21
110	2,79	17,20	84,97	0,83
120	3,05	11,00	54,34	0,53
130	3,30	7,00	34,58	0,34
140	3,56	4,00	19,76	0,19
150	3,81	2,00	9,88	0,10
160	4,06	0,50	2,47	0,02



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,50	0,75	0,96	3,81	2,92	2,03	1,56	2,86

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 131

EQUIPO: VERSA TESTER

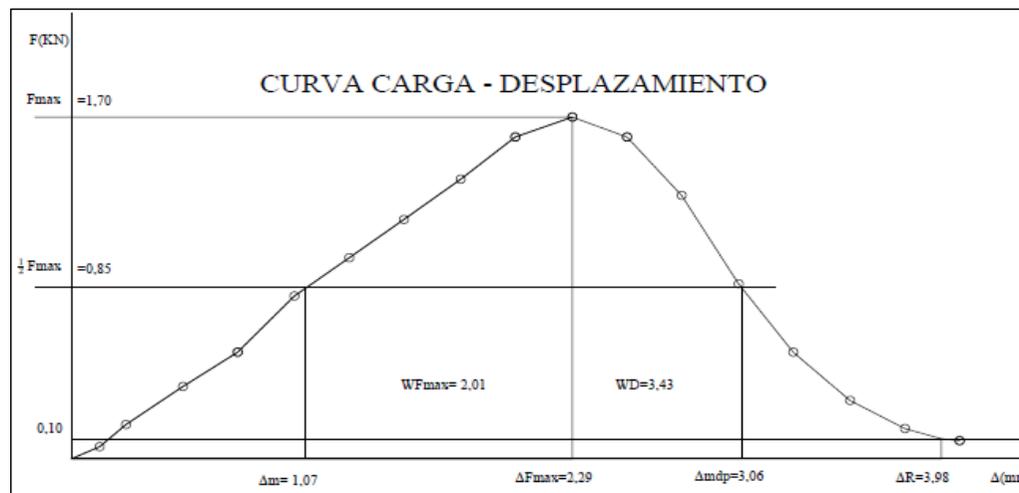
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: D-1		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,20	5,93	0,06
10	0,25	3,50	17,29	0,17
20	0,51	7,50	37,05	0,36
30	0,76	12,20	60,27	0,59
40	1,02	16,80	82,99	0,81
50	1,27	20,70	102,26	1,00
60	1,52	24,60	121,52	1,19
70	1,78	28,70	141,78	1,39
80	2,03	33,00	163,02	1,60
90	2,29	35,00	172,90	1,70
100	2,54	33,00	163,02	1,60
110	2,79	27,00	133,38	1,31
120	3,05	18,00	88,92	0,87
130	3,30	11,00	54,34	0,53
140	3,56	6,00	29,64	0,29
150	3,81	3,00	14,82	0,15
160	4,06	1,80	8,89	0,09
170	4,32	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

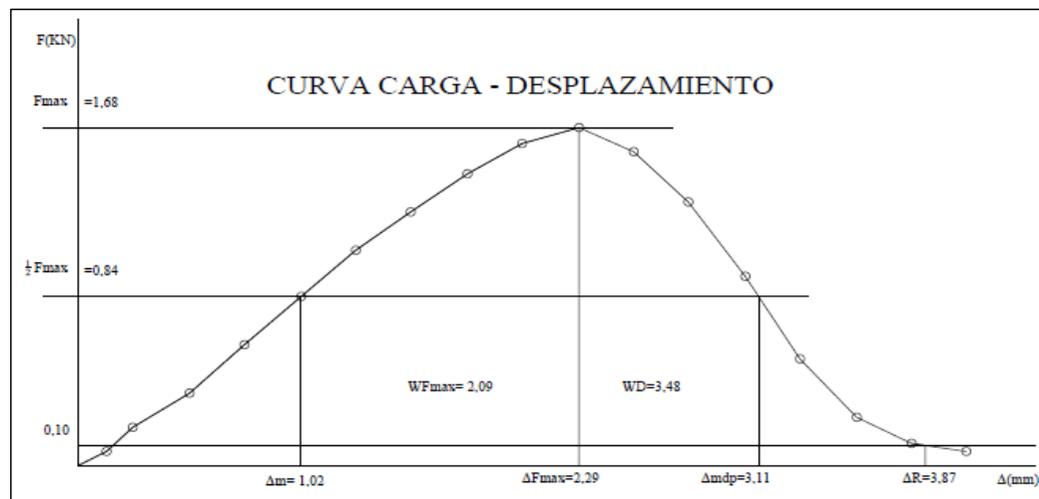
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,70	0,85	1,07	3,98	3,43	2,29	2,01	3,06

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 132

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: D-2		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001) pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,50	7,41	0,07	
10	0,25	4,00	19,76	0,19	
20	0,51	7,50	37,05	0,36	
30	0,76	12,30	60,76	0,60	
40	1,02	17,30	85,46	0,84	
50	1,27	22,00	108,68	1,07	
60	1,52	26,00	128,44	1,26	
70	1,78	30,00	148,20	1,45	
80	2,03	33,00	163,02	1,60	
90	2,29	34,60	170,92	1,68	
100	2,54	32,20	159,07	1,56	
110	2,79	27,00	133,38	1,31	
120	3,05	19,50	96,33	0,94	
130	3,30	11,00	54,34	0,53	
140	3,56	5,00	24,70	0,24	
150	3,81	2,20	10,87	0,11	
160	4,06	1,50	7,41	0,07	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

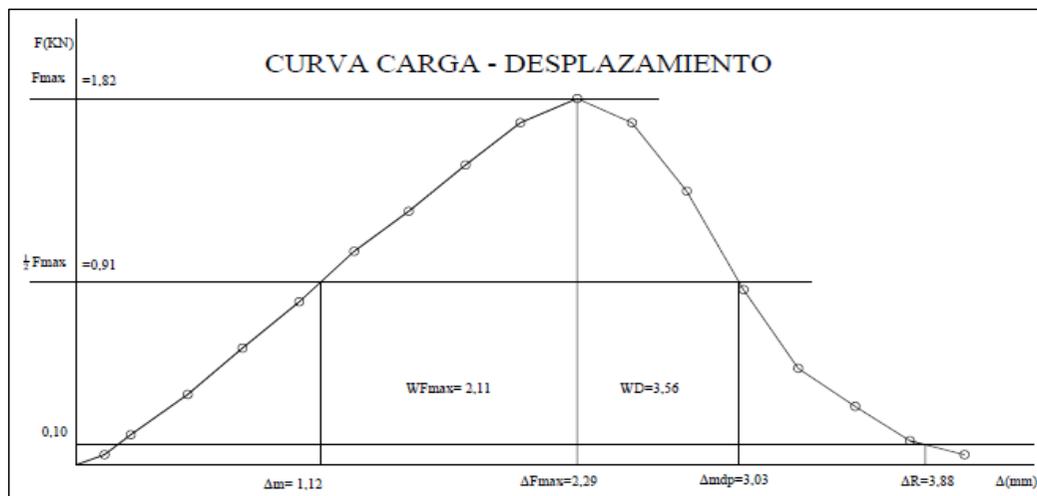
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,68	0,84	1,02	3,87	3,48	2,29	2,09	3,11

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 133

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: E-1		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	3,00	14,82	0,15	
20	0,51	7,20	35,57	0,35	
30	0,76	12,00	59,28	0,58	
40	1,02	16,80	82,99	0,81	
50	1,27	21,80	107,69	1,06	
60	1,52	26,00	128,44	1,26	
70	1,78	30,70	151,66	1,49	
80	2,03	35,00	172,90	1,70	
90	2,29	37,50	185,25	1,82	
100	2,54	35,00	172,90	1,70	
110	2,79	28,00	138,32	1,36	
120	3,05	18,00	88,92	0,87	
130	3,30	10,00	49,40	0,48	
140	3,56	6,00	29,64	0,29	
150	3,81	2,50	12,35	0,12	
160	4,06	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

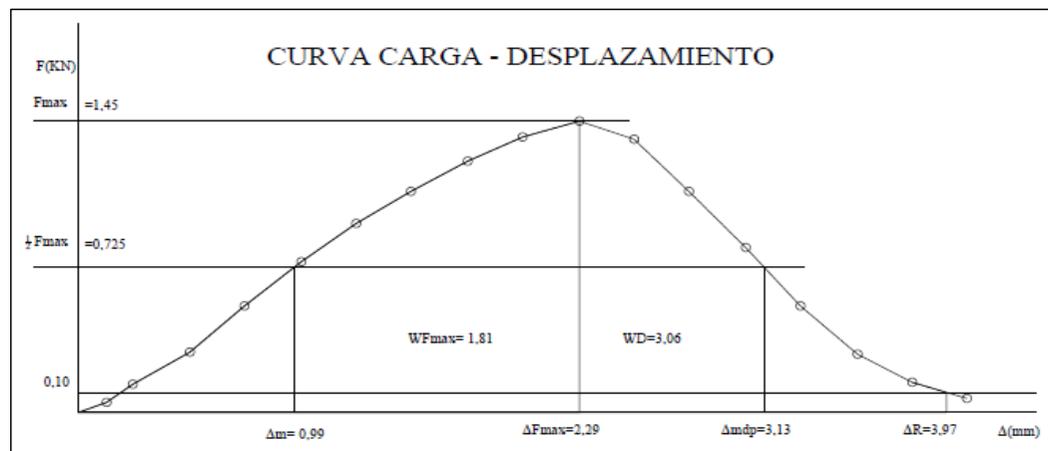
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,82	0,91	1,12	3,88	3,56	2,29	2,11	3,03

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 134

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 25°C

MUESTRA: E-2		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,20	5,93	0,06	
10	0,25	2,80	13,83	0,14	
20	0,51	6,20	30,63	0,30	
30	0,76	11,00	54,34	0,53	
40	1,02	15,50	76,57	0,75	
50	1,27	19,50	96,33	0,94	
60	1,52	22,80	112,63	1,10	
70	1,78	25,80	127,45	1,25	
80	2,03	28,30	139,80	1,37	
90	2,29	30,00	148,20	1,45	
100	2,54	28,00	138,32	1,36	
110	2,79	22,80	112,63	1,10	
120	3,05	17,00	83,98	0,82	
130	3,30	11,00	54,34	0,53	
140	3,56	6,00	29,64	0,29	
150	3,81	3,00	14,82	0,15	
160	4,06	1,50	7,41	0,07	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,45	0,73	0,99	3,97	3,06	2,29	1,81	3,13

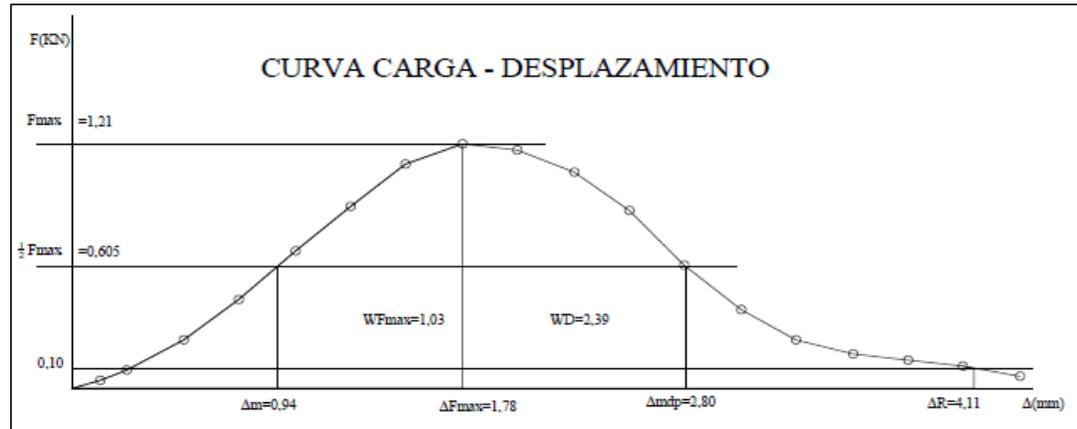
Nelson R. Sozoranga M.



ENSAYO DE VIGA SEMICIRCULAR SIMPLEMENTE APOYADO

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: F-1		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	0,80	3,95	0,04	
10	0,25	1,80	8,89	0,09	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	9,00	44,46	0,44	
40	1,02	14,00	69,16	0,68	
50	1,27	18,60	91,88	0,90	
60	1,52	23,00	113,62	1,11	
70	1,78	25,00	123,50	1,21	
80	2,03	24,30	120,04	1,18	
90	2,29	22,00	108,68	1,07	
100	2,54	18,20	89,91	0,88	
110	2,79	12,50	61,75	0,61	
120	3,05	8,00	39,52	0,39	
130	3,30	5,00	24,70	0,24	
140	3,56	3,50	17,29	0,17	
150	3,81	2,80	13,83	0,14	
160	4,06	2,20	10,87	0,11	
170	4,32	1,30	6,42	0,06	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,21	0,605	0,94	4,11	2,39	1,78	1,03	2,80

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 136

EQUIPO: VERSA TESTER

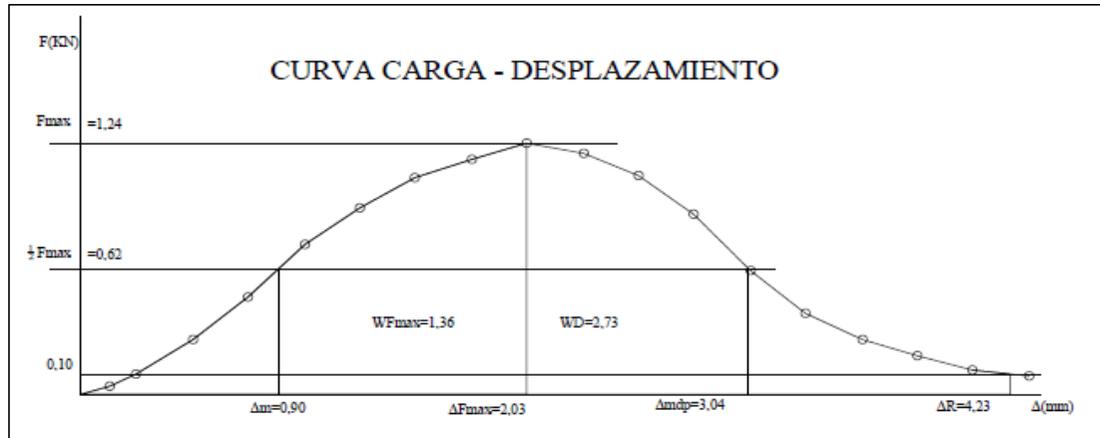
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: F-2		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	0,80	3,95	0,04	
10	0,25	2,00	9,88	0,10	
20	0,51	5,50	27,17	0,27	
30	0,76	10,00	49,40	0,48	
40	1,02	15,20	75,09	0,74	
50	1,27	19,00	93,86	0,92	
60	1,52	22,00	108,68	1,07	
70	1,78	24,00	118,56	1,16	
80	2,03	25,50	125,97	1,24	
90	2,29	24,60	121,52	1,19	
100	2,54	22,30	110,16	1,08	
110	2,79	18,40	90,90	0,89	
120	3,05	12,50	61,75	0,61	
130	3,30	8,20	40,51	0,40	
140	3,56	5,50	27,17	0,27	
150	3,81	4,00	19,76	0,19	
160	4,06	2,50	12,35	0,12	
170	4,32	1,80	8,89	0,09	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

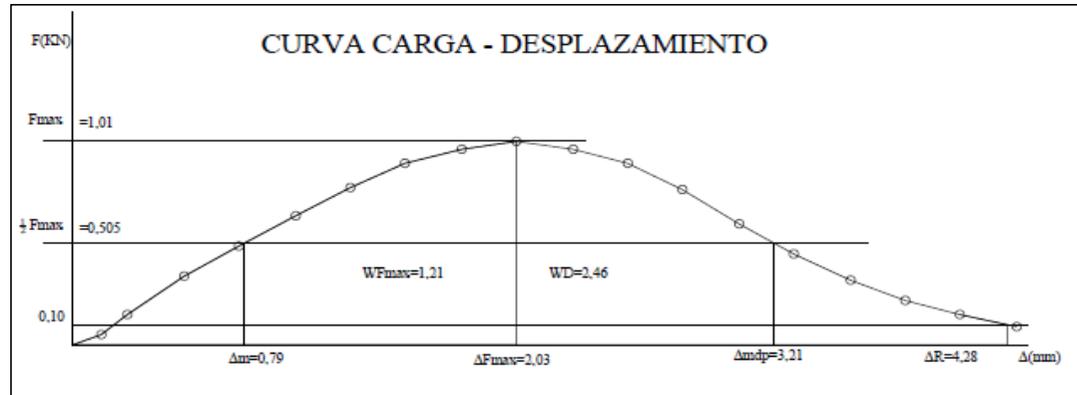
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,24	0,62	0,90	4,23	2,73	2,03	1,36	3,04

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 137

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: G-1		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	7,00	34,58	0,34
30	0,76	10,20	50,39	0,49
40	1,02	13,30	65,70	0,64
50	1,27	16,00	79,04	0,78
60	1,52	18,50	91,39	0,90
70	1,78	20,00	98,80	0,97
80	2,03	20,80	102,75	1,01
90	2,29	20,00	98,80	0,97
100	2,54	18,50	91,39	0,90
110	2,79	15,80	78,05	0,77
120	3,05	12,40	61,26	0,60
130	3,30	9,20	45,45	0,45
140	3,56	6,70	33,10	0,32
150	3,81	4,50	22,23	0,22
160	4,06	3,00	14,82	0,15
170	4,32	1,80	8,89	0,09



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

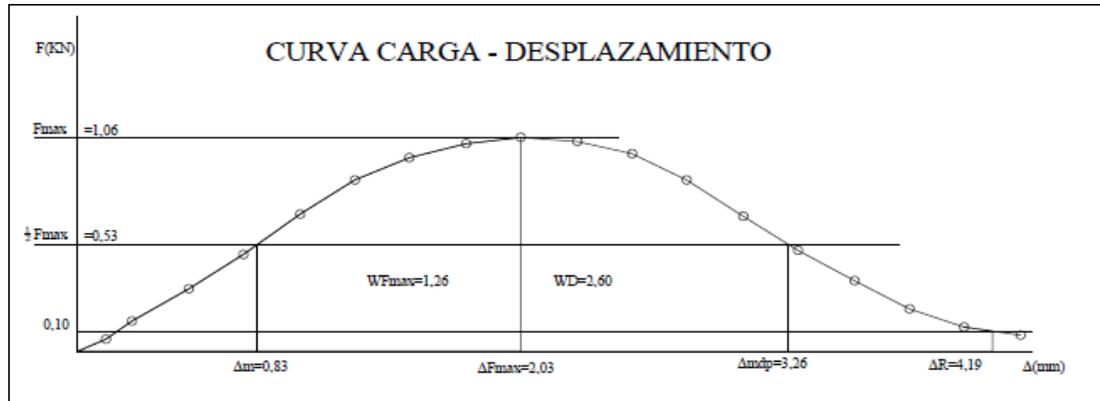
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,01	0,505	0,79	4,28	2,46	2,03	1,21	3,21

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 138

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: G-2		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
	5	0,13	1,20	5,93	0,06
	10	0,25	3,00	14,82	0,15
	20	0,51	6,50	32,11	0,31
	30	0,76	10,00	49,40	0,48
	40	1,02	14,00	69,16	0,68
	50	1,27	17,50	86,45	0,85
	60	1,52	19,80	97,81	0,96
	70	1,78	21,20	104,73	1,03
	80	2,03	21,80	107,69	1,06
	90	2,29	21,50	106,21	1,04
	100	2,54	20,20	99,79	0,98
	110	2,79	17,50	86,45	0,85
	120	3,05	13,80	68,17	0,67
	130	3,30	10,40	51,38	0,50
	140	3,56	7,20	35,57	0,35
	150	3,81	4,40	21,74	0,21
	160	4,06	2,50	12,35	0,12
	170	4,32	1,60	7,90	0,08
	180	4,57	1,20	5,93	0,06



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

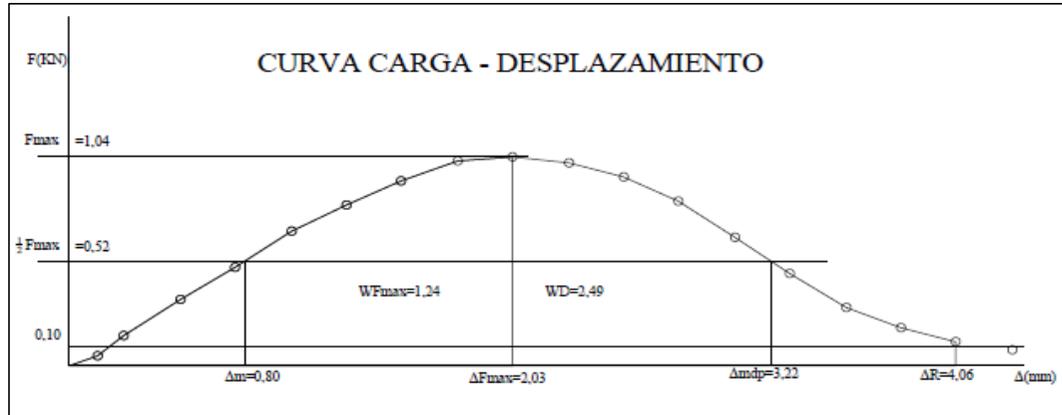
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,06	0,53	0,83	4,19	2,60	2,03	1,26	3,26

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 139

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: H-1		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	3,00	14,82	0,15	
20	0,51	6,80	33,59	0,33	
30	0,76	10,20	50,39	0,49	
40	1,02	13,80	68,17	0,67	
50	1,27	16,60	82,00	0,80	
60	1,52	19,00	93,86	0,92	
70	1,78	21,00	103,74	1,02	
80	2,03	21,50	106,21	1,04	
90	2,29	20,80	102,75	1,01	
100	2,54	19,50	96,33	0,94	
110	2,79	17,00	83,98	0,82	
120	3,05	13,20	65,21	0,64	
130	3,30	9,50	46,93	0,46	
140	3,56	6,00	29,64	0,29	
150	3,81	4,00	19,76	0,19	
160	4,06	2,40	11,86	0,12	
170	4,32	1,60	7,90	0,08	
180	4,57	1,20	5,93	0,06	
190	4,83	1,00	4,94	0,05	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

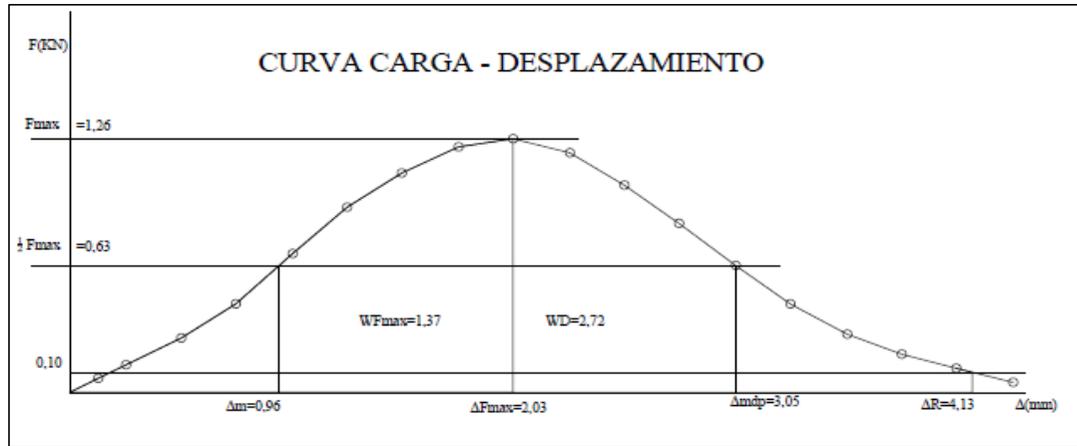
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,04	0,52	0,80	4,06	2,49	2,03	1,24	3,22

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 140

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: H-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,50	7,41	0,07
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	5,50	27,17	0,27
30	0,76	9,00	44,46	0,44
40	1,02	14,20	70,15	0,69
50	1,27	19,00	93,86	0,92
60	1,52	22,60	111,64	1,09
70	1,78	25,20	124,49	1,22
80	2,03	26,00	128,44	1,26
90	2,29	24,50	121,03	1,19
100	2,54	21,30	105,22	1,03
110	2,79	17,40	85,96	0,84
120	3,05	13,00	64,22	0,63
130	3,30	9,00	44,46	0,44
140	3,56	6,00	29,64	0,29
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	2,40	11,86	0,12
170	4,32	1,00	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,26	0,63	0,96	4,13	2,72	2,03	1,37	3,05

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 141

EQUIPO: VERSA TESTER

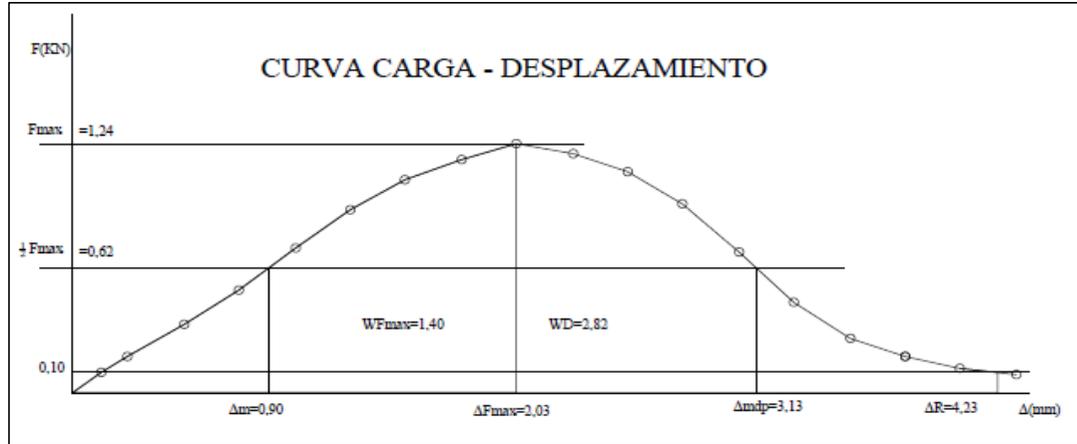
VELOCIDAD: $0,04 \times 25,4 = 1,016 \text{ mm/min}$

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: I-1		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	2,00	9,88	0,10	
10	0,25	3,70	18,28	0,18	
20	0,51	7,00	34,58	0,34	
30	0,76	10,50	51,87	0,51	
40	1,02	14,80	73,11	0,72	
50	1,27	18,80	92,87	0,91	
60	1,52	21,80	107,69	1,06	
70	1,78	24,00	118,56	1,16	
80	2,03	25,50	125,97	1,24	
90	2,29	24,90	123,01	1,21	
100	2,54	22,80	112,63	1,10	
110	2,79	19,50	96,33	0,94	
120	3,05	14,50	71,63	0,70	
130	3,30	9,20	45,45	0,45	
140	3,56	5,60	27,66	0,27	
150	3,81	3,80	18,77	0,18	
160	4,06	2,40	11,86	0,12	
170	4,32	1,80	8,89	0,09	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,24	0,62	0,90	4,23	2,82	2,03	1,40	3,13

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 142

EQUIPO: VERSA TESTER

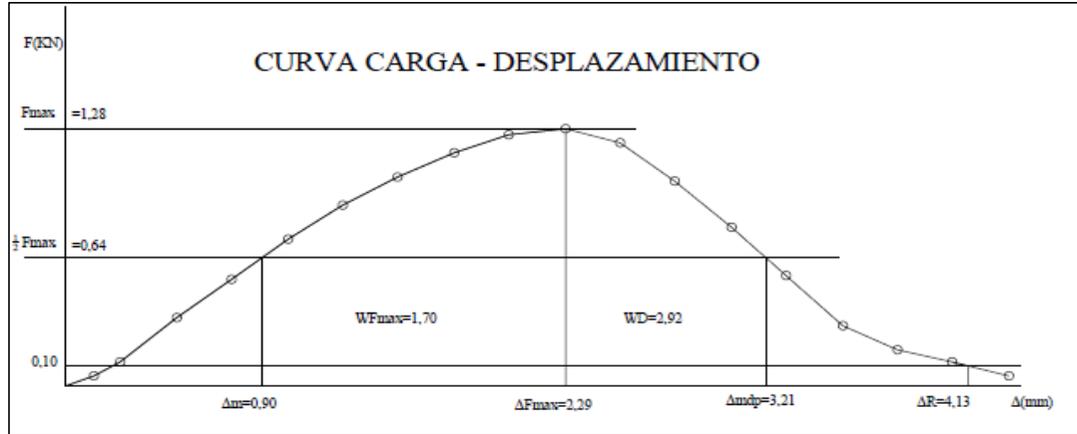
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA:	I-2	GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	2,50	12,35	0,12	
20	0,51	7,00	34,58	0,34	
30	0,76	11,00	54,34	0,53	
40	1,02	15,00	74,10	0,73	
50	1,27	18,50	91,39	0,90	
60	1,52	21,50	106,21	1,04	
70	1,78	24,00	118,56	1,16	
80	2,03	25,80	127,45	1,25	
90	2,29	26,50	130,91	1,28	
100	2,54	25,00	123,50	1,21	
110	2,79	21,00	103,74	1,02	
120	3,05	16,30	80,52	0,79	
130	3,30	11,30	55,82	0,55	
140	3,56	6,20	30,63	0,30	
150	3,81	3,80	18,77	0,18	
160	4,06	2,50	12,35	0,12	
170	4,32	1,00	4,94	0,05	



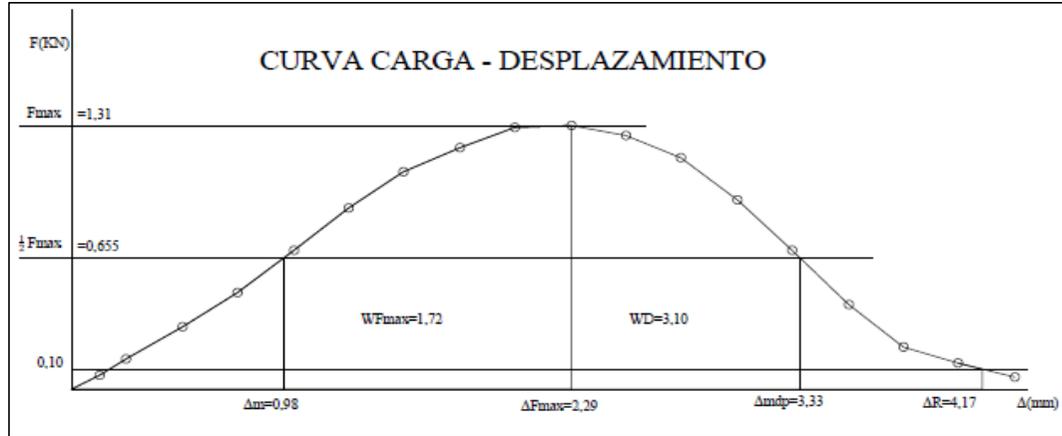
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δ_m (mm)	Δ_R (mm)	Área curva F- Δ WD (kN-mm)	ΔF_{max} (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δ_{mdp} (mm)
1,28	0,64	0,90	4,13	2,92	2,29	1,70	3,21

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 143

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: J-1		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,50	7,41	0,07
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	6,50	32,11	0,31
30	0,76	10,00	49,40	0,48
40	1,02	14,30	70,64	0,69
50	1,27	18,50	91,39	0,90
60	1,52	22,20	109,67	1,08
70	1,78	24,80	122,51	1,20
80	2,03	26,80	132,39	1,30
90	2,29	27,00	133,38	1,31
100	2,54	26,00	128,44	1,26
110	2,79	23,70	117,08	1,15
120	3,05	19,50	96,33	0,94
130	3,30	14,20	70,15	0,69
140	3,56	8,60	42,48	0,42
150	3,81	4,30	21,24	0,21
160	4,06	2,60	12,84	0,13
170	4,32	1,30	6,42	0,06



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2 Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δm dp (mm)
1,31	0,655	0,98	4,17	3,10	2,29	1,72	3,33

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 144

EQUIPO: VERSA TESTER

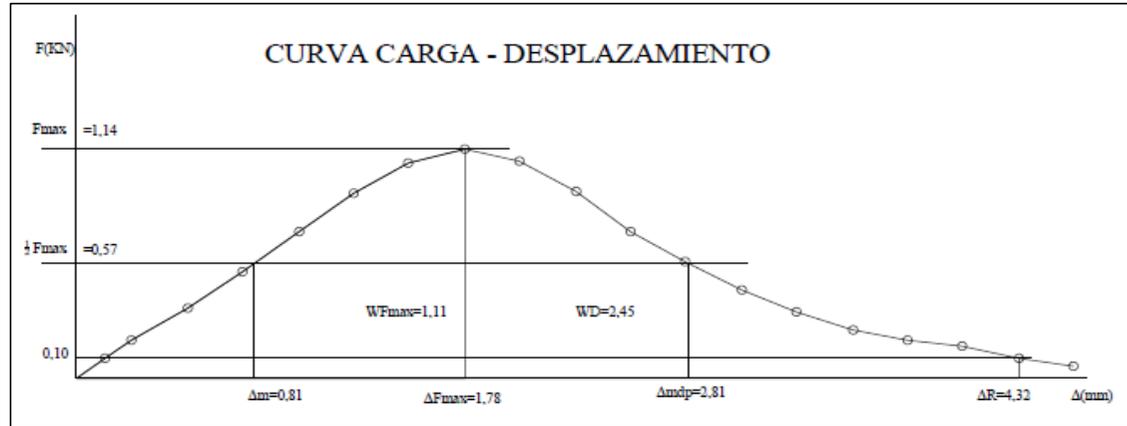
VELOCIDAD: $0,04 * 25,4 = 1,016$ mm/min

ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs

Constante del anillo: 4,94 Kg

TEMPERATURA: 30°C

MUESTRA: J-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	2,00	9,88	0,10
10	0,25	4,00	19,76	0,19
20	0,51	7,30	36,06	0,35
30	0,76	11,00	54,34	0,53
40	1,02	15,00	74,10	0,73
50	1,27	19,00	93,86	0,92
60	1,52	22,00	108,68	1,07
70	1,78	23,50	116,09	1,14
80	2,03	22,30	110,16	1,08
90	2,29	19,20	94,85	0,93
100	2,54	15,00	74,10	0,73
110	2,79	12,00	59,28	0,58
120	3,05	9,00	44,46	0,44
130	3,30	6,80	33,59	0,33
140	3,56	5,00	24,70	0,24
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	3,20	15,81	0,16
170	4,32	2,00	9,88	0,10
180	4,57	1,20	5,93	0,06



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,14	0,57	0,81	4,32	2,45	1,78	1,11	2,81

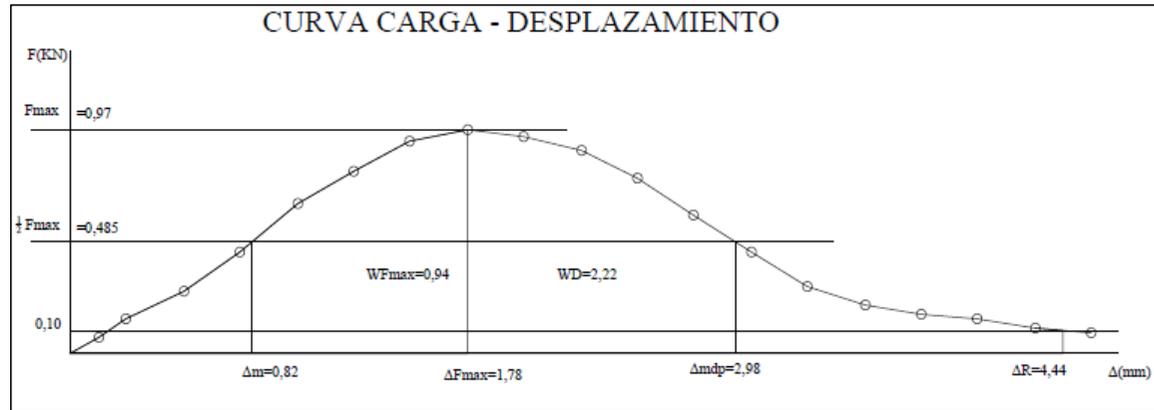
Nelson R. Sozoranga M.



ENSAYO DE VIGA SEMICIRCULAR SIMPLEMENTE APOYADO

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: K-1		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,50	7,41	0,07
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	5,60	27,66	0,27
30	0,76	9,00	44,46	0,44
40	1,02	13,50	66,69	0,65
50	1,27	16,40	81,02	0,79
60	1,52	19,00	93,86	0,92
70	1,78	20,00	98,80	0,97
80	2,03	19,50	96,33	0,94
90	2,29	18,20	89,91	0,88
100	2,54	15,60	77,06	0,76
110	2,79	12,40	61,26	0,60
120	3,05	9,00	44,46	0,44
130	3,30	6,00	29,64	0,29
140	3,56	4,30	21,24	0,21
150	3,81	3,50	17,29	0,17
160	4,06	3,00	14,82	0,15
170	4,32	2,20	10,87	0,11
180	4,57	1,80	8,89	0,09



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

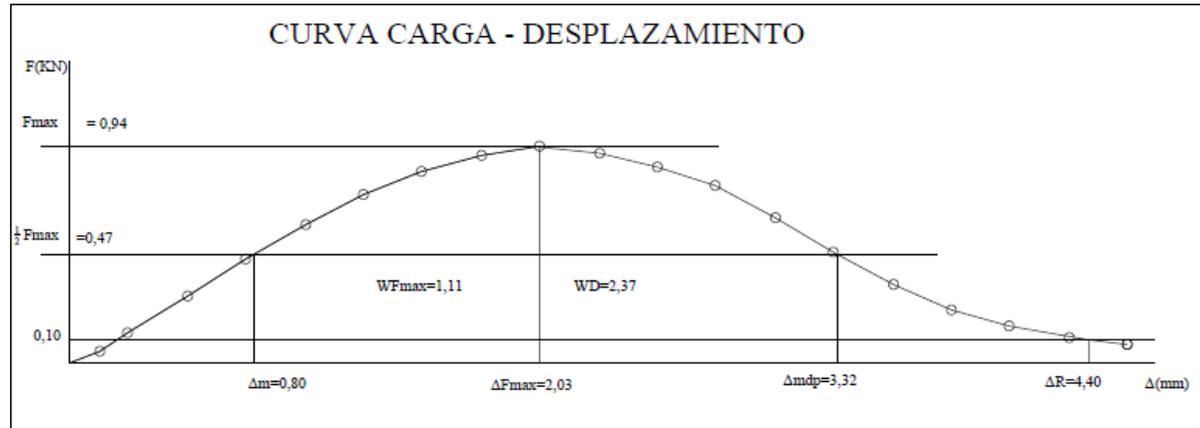
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,97	0,485	0,82	4,44	2,22	1,78	0,94	2,98

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 146

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: K-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,60	12,84	0,13
20	0,51	6,00	29,64	0,29
30	0,76	9,30	45,94	0,45
40	1,02	12,40	61,26	0,60
50	1,27	15,00	74,10	0,73
60	1,52	17,20	84,97	0,83
70	1,78	18,60	91,88	0,90
80	2,03	19,50	96,33	0,94
90	2,29	18,70	92,38	0,91
100	2,54	17,50	86,45	0,85
110	2,79	15,80	78,05	0,77
120	3,05	13,00	64,22	0,63
130	3,30	10,00	49,40	0,48
140	3,56	7,00	34,58	0,34
150	3,81	4,80	23,71	0,23
160	4,06	3,30	16,30	0,16
170	4,32	2,30	11,36	0,11
180	4,57	1,60	7,90	0,08



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

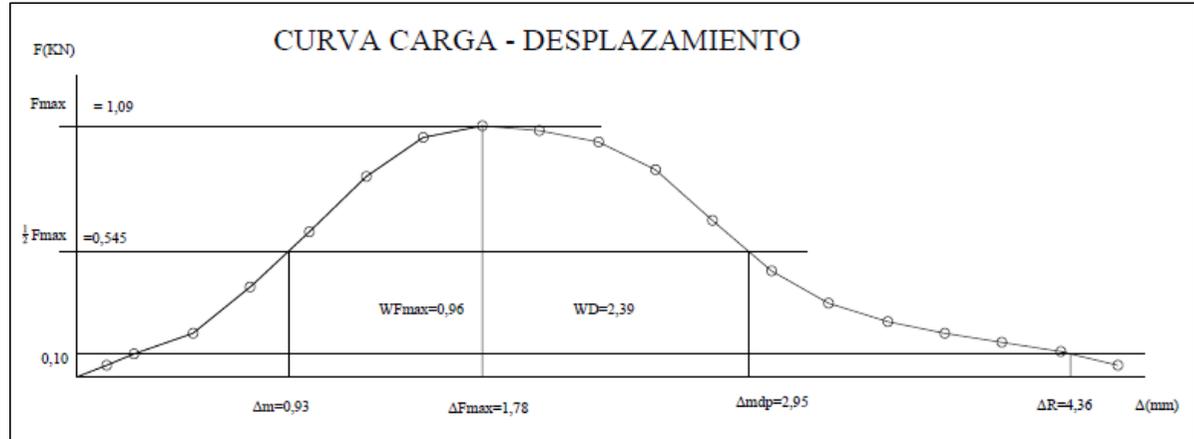
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,94	0,47	0,80	4,40	2,37	2,03	1,11	3,32

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 147

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: L-1		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	2,00	9,88	0,10	
20	0,51	4,00	19,76	0,19	
30	0,76	8,00	39,52	0,39	
40	1,02	13,00	64,22	0,63	
50	1,27	18,00	88,92	0,87	
60	1,52	21,50	106,21	1,04	
70	1,78	22,50	111,15	1,09	
80	2,03	22,00	108,68	1,07	
90	2,29	21,00	103,74	1,02	
100	2,54	18,50	91,39	0,90	
110	2,79	14,00	69,16	0,68	
120	3,05	9,40	46,44	0,46	
130	3,30	6,60	32,60	0,32	
140	3,56	5,00	24,70	0,24	
150	3,81	4,00	19,76	0,19	
160	4,06	3,00	14,82	0,15	
170	4,32	2,20	10,87	0,11	
180	4,57	1,00	4,94	0,05	



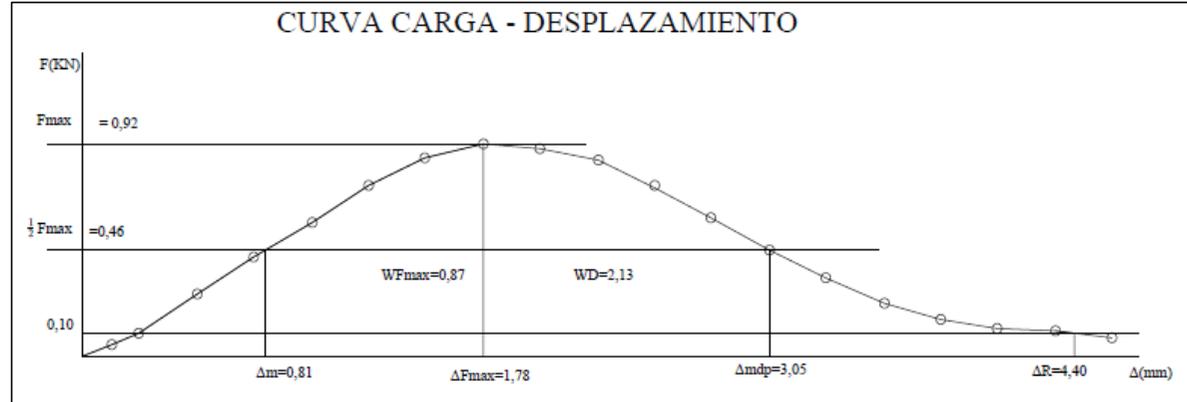
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,09	0,545	0,93	4,36	2,39	1,78	0,96	2,95

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 148

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: L-2		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	2,00	9,88	0,10	
20	0,51	5,50	27,17	0,27	
30	0,76	8,80	43,47	0,43	
40	1,02	12,00	59,28	0,58	
50	1,27	15,30	75,58	0,74	
60	1,52	17,70	87,44	0,86	
70	1,78	19,00	93,86	0,92	
80	2,03	18,50	91,39	0,90	
90	2,29	17,50	86,45	0,85	
100	2,54	15,30	75,58	0,74	
110	2,79	12,40	61,26	0,60	
120	3,05	9,50	46,93	0,46	
130	3,30	7,00	34,58	0,34	
140	3,56	4,80	23,71	0,23	
150	3,81	3,20	15,81	0,16	
160	4,06	2,50	12,35	0,12	
170	4,32	2,20	10,87	0,11	
180	4,57	1,60	7,90	0,08	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

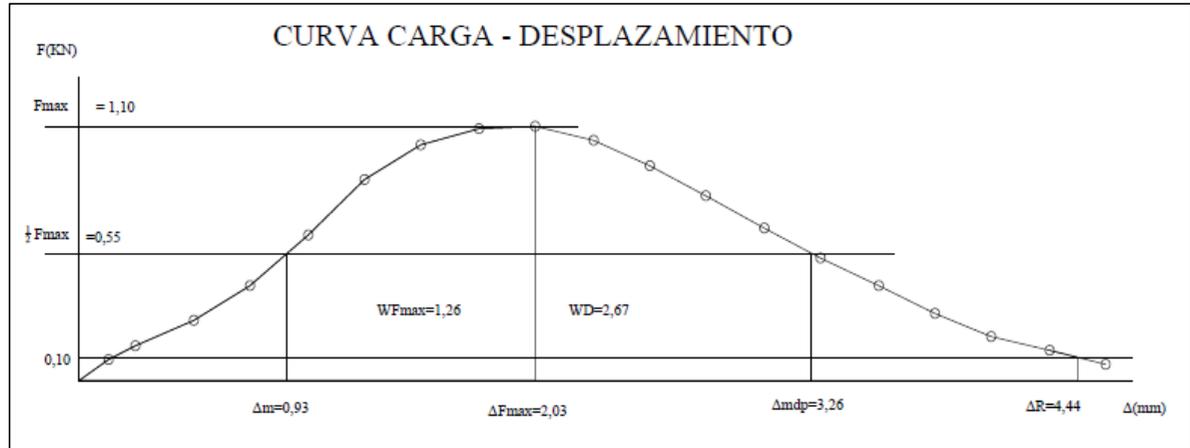
Carga máxima F _{max} . (kN)	1/2 F _{max} . (kN)	Desplazamiento Δ _m (mm)	Δ _R (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔF _{max} (mm)	Área prepico WF _{max} (kN-mm)	Δ _{mdp} (mm)
0,92	0,46	0,81	4,40	2,13	1,78	0,87	3,05

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 149

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: M-1		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,80	8,89	0,09	
10	0,25	3,00	14,82	0,15	
20	0,51	5,30	26,18	0,26	
30	0,76	8,50	41,99	0,41	
40	1,02	13,00	64,22	0,63	
50	1,27	18,00	88,92	0,87	
60	1,52	21,00	103,74	1,02	
70	1,78	22,50	111,15	1,09	
80	2,03	22,80	112,63	1,10	
90	2,29	21,50	106,21	1,04	
100	2,54	19,30	95,34	0,93	
110	2,79	16,50	81,51	0,80	
120	3,05	13,70	67,68	0,66	
130	3,30	11,00	54,34	0,53	
140	3,56	8,50	41,99	0,41	
150	3,81	6,00	29,64	0,29	
160	4,06	4,00	19,76	0,19	
170	4,32	2,60	12,84	0,13	
180	4,57	1,40	6,92	0,07	



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

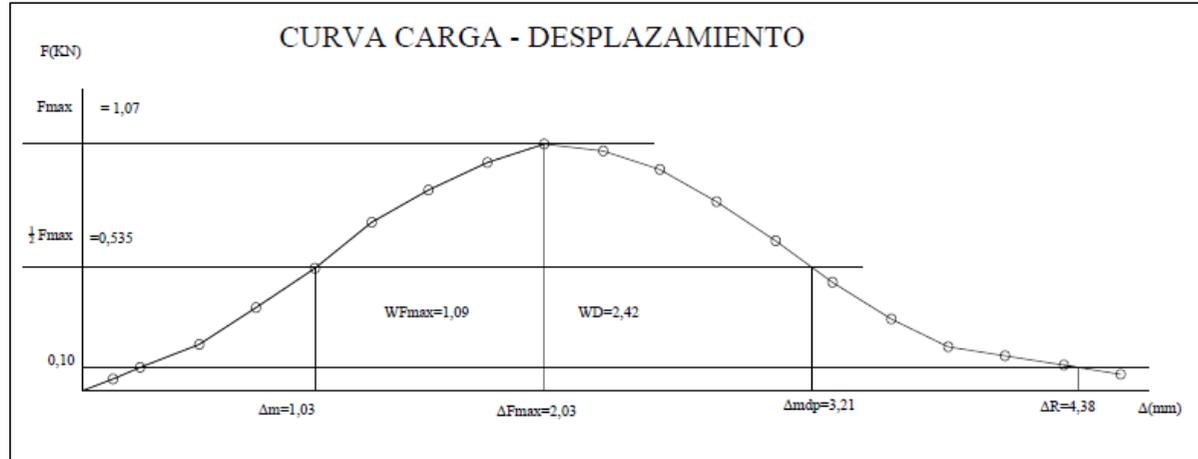
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,10	0,55	0,93	4,44	2,67	2,03	1,26	3,26

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 150

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: M-2		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	2,00	9,88	0,10	
20	0,51	4,20	20,75	0,20	
30	0,76	7,50	37,05	0,36	
40	1,02	11,00	54,34	0,53	
50	1,27	15,00	74,10	0,73	
60	1,52	18,00	88,92	0,87	
70	1,78	20,50	101,27	0,99	
80	2,03	22,00	108,68	1,07	
90	2,29	21,50	106,21	1,04	
100	2,54	19,80	97,81	0,96	
110	2,79	17,00	83,98	0,82	
120	3,05	13,50	66,69	0,65	
130	3,30	9,80	48,41	0,47	
140	3,56	6,30	31,12	0,31	
150	3,81	4,00	19,76	0,19	
160	4,06	3,00	14,82	0,15	
170	4,32	2,30	11,36	0,11	
180	4,57	1,50	7,41	0,07	
190	4,83	1,20	5,93	0,06	



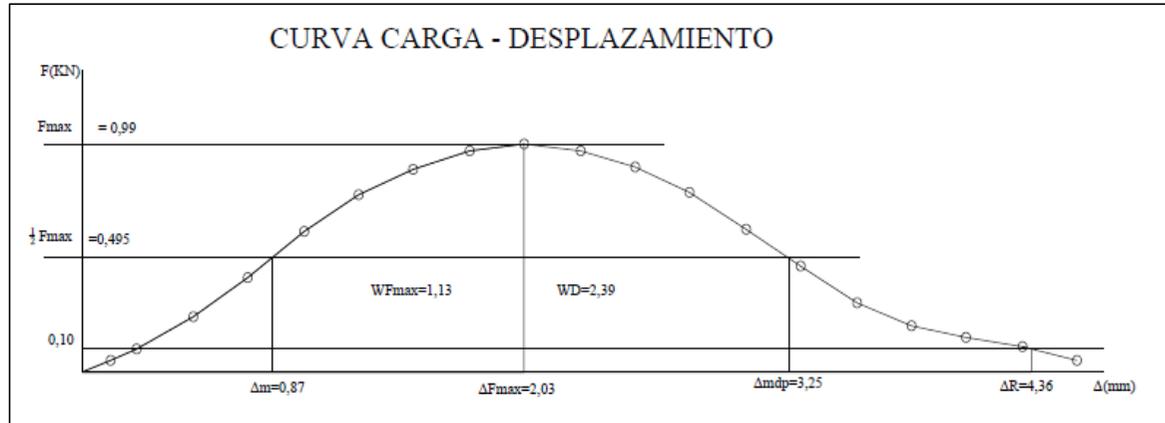
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,07	0,535	1,03	4,38	2,42	2,03	1,09	3,21

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 151

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: N-1		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	5,00	24,70	0,24
30	0,76	8,50	41,99	0,41
40	1,02	12,50	61,75	0,61
50	1,27	15,80	78,05	0,77
60	1,52	18,20	89,91	0,88
70	1,78	19,80	97,81	0,96
80	2,03	20,50	101,27	0,99
90	2,29	19,80	97,81	0,96
100	2,54	18,30	90,40	0,89
110	2,79	16,00	79,04	0,78
120	3,05	12,80	63,23	0,62
130	3,30	9,40	46,44	0,46
140	3,56	6,20	30,63	0,30
150	3,81	4,20	20,75	0,20
160	4,06	3,00	14,82	0,15
170	4,32	2,2	10,868	0,11
180	4,57	1	4,94	0,05



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

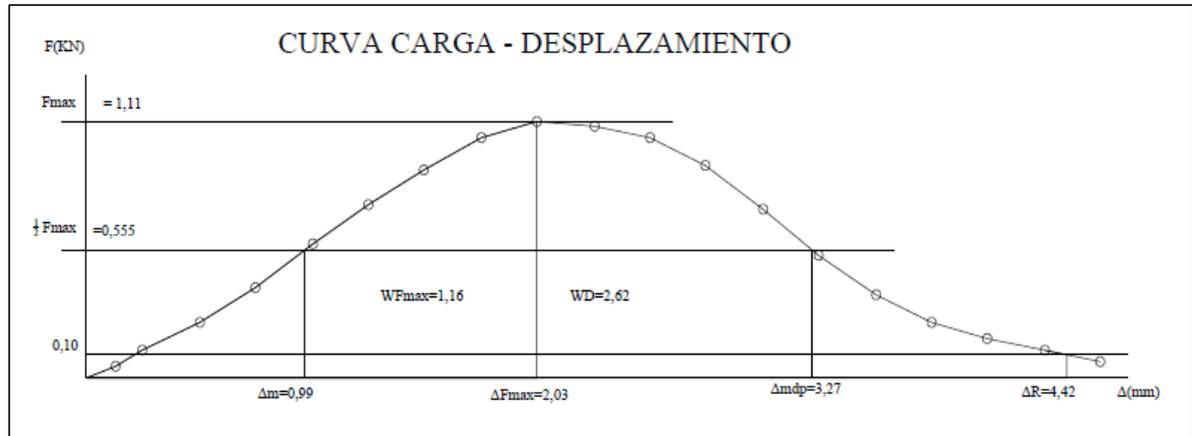
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,99	0,495	0,87	4,36	2,39	2,03	1,13	3,25

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 152

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: N-2		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	2,50	12,35	0,12	
20	0,51	5,00	24,70	0,24	
30	0,76	8,00	39,52	0,39	
40	1,02	12,00	59,28	0,58	
50	1,27	15,50	76,57	0,75	
60	1,52	18,50	91,39	0,90	
70	1,78	21,50	106,21	1,04	
80	2,03	23,00	113,62	1,11	
90	2,29	22,50	111,15	1,09	
100	2,54	21,40	105,72	1,04	
110	2,79	19,00	93,86	0,92	
120	3,05	15,00	74,10	0,73	
130	3,30	11,00	54,34	0,53	
140	3,56	7,50	37,05	0,36	
150	3,81	5,00	24,70	0,24	
160	4,06	3,50	17,29	0,17	
170	4,32	2,40	11,86	0,12	
180	4,57	1,50	7,41	0,07	



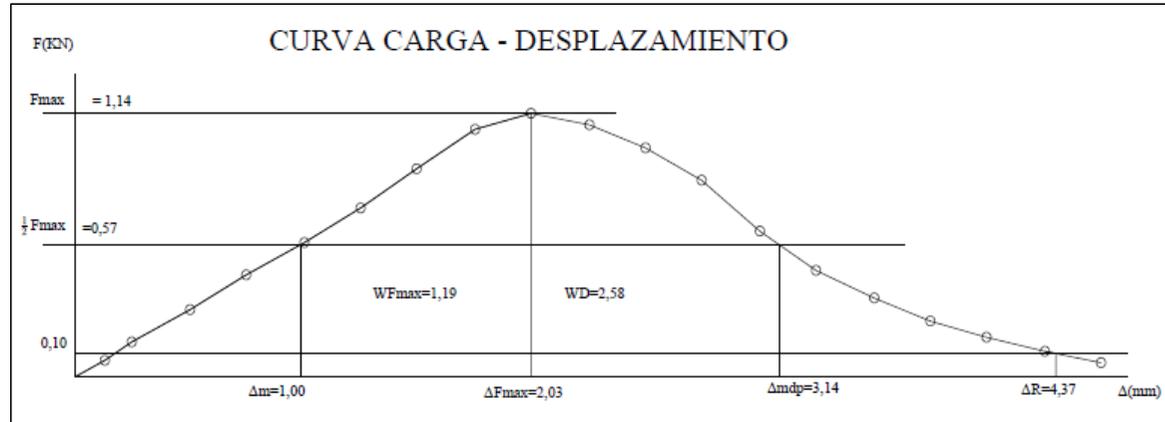
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,11	0,555	0,99	4,42	2,62	2,03	1,16	3,27

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 153

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: O-1		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,50	7,41	0,07
10	0,25	3,00	14,82	0,15
20	0,51	6,00	29,64	0,29
30	0,76	9,00	44,46	0,44
40	1,02	12,00	59,28	0,58
50	1,27	15,00	74,10	0,73
60	1,52	18,50	91,39	0,90
70	1,78	22,00	108,68	1,07
80	2,03	23,50	116,09	1,14
90	2,29	22,60	111,64	1,09
100	2,54	20,50	101,27	0,99
110	2,79	17,60	86,94	0,85
120	3,05	13,00	64,22	0,63
130	3,30	9,50	46,93	0,46
140	3,56	7,00	34,58	0,34
150	3,81	5,00	24,70	0,24
160	4,06	3,50	17,29	0,17
170	4,32	2,30	11,36	0,11
180	4,57	1,20	5,93	0,06



PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

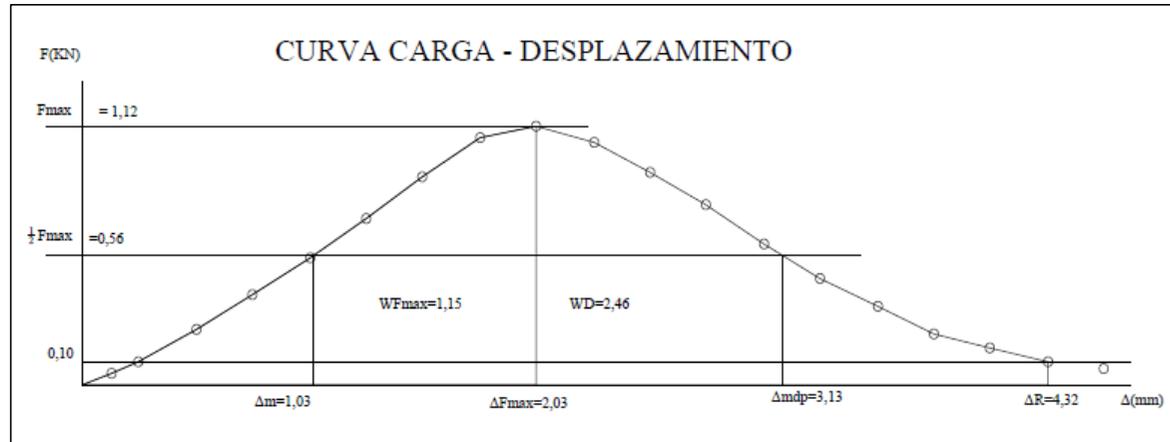
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,14	0,57	1,00	4,37	2,58	2,03	1,19	3,14

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 154

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 35°C

MUESTRA: O-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	5,00	24,70	0,24
30	0,76	8,00	39,52	0,39
40	1,02	11,40	56,32	0,55
50	1,27	14,80	73,11	0,72
60	1,52	18,50	91,39	0,90
70	1,78	22,00	108,68	1,07
80	2,03	23,20	114,61	1,12
90	2,29	21,60	106,70	1,05
100	2,54	19,00	93,86	0,92
110	2,79	16,00	79,04	0,78
120	3,05	12,50	61,75	0,61
130	3,30	9,50	46,93	0,46
140	3,56	7,00	34,58	0,34
150	3,81	4,50	22,23	0,22
160	4,06	3,30	16,30	0,16
170	4,32	2,10	10,37	0,10
180	4,57	1,40	6,92	0,07



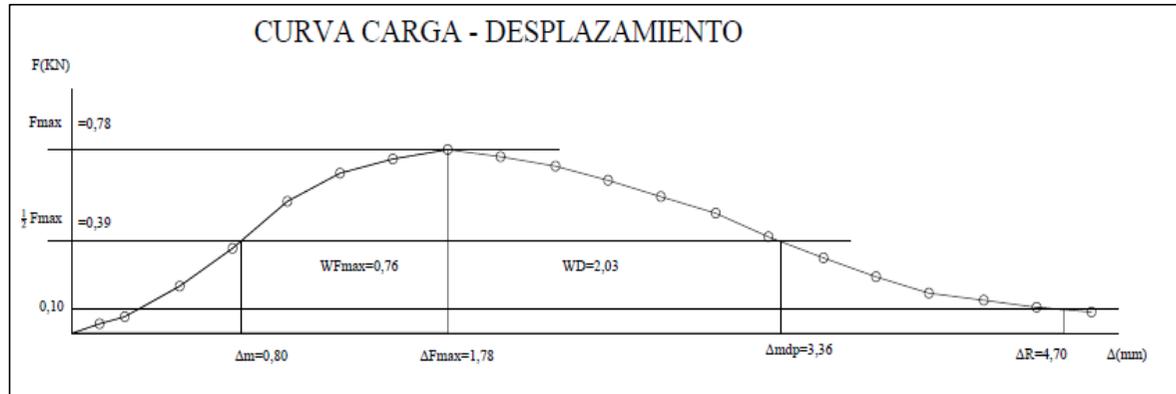
PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
1,12	0,56	1,03	4,32	2,46	2,03	1,15	3,13

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 156

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: P-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	1,50	7,41	0,07
20	0,51	4,20	20,75	0,20
30	0,76	7,50	37,05	0,36
40	1,02	11,50	56,81	0,56
50	1,27	14,00	69,16	0,68
60	1,52	15,30	75,58	0,74
70	1,78	16,00	79,04	0,78
80	2,03	15,50	76,57	0,75
90	2,29	14,60	72,12	0,71
100	2,54	13,50	66,69	0,65
110	2,79	12,00	59,28	0,58
120	3,05	10,50	51,87	0,51
130	3,30	8,40	41,50	0,41
140	3,56	6,60	32,60	0,32
150	3,81	5,00	24,70	0,24
160	4,06	3,50	17,29	0,17
170	4,32	2,80	13,83	0,14
180	4,57	2,30	11,36	0,11
190	4,83	1,80	8,89	0,09



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

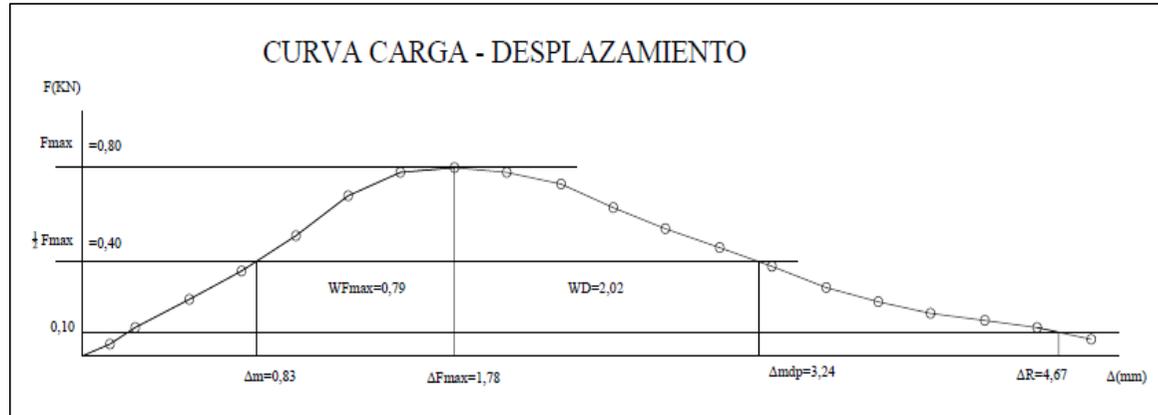
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,78	0,39	0,80	4,70	2,03	1,78	0,76	3,36

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 157

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: Q-1		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,50	12,35	0,12
20	0,51	5,00	24,70	0,24
30	0,76	7,50	37,05	0,36
40	1,02	10,50	51,87	0,51
50	1,27	14,00	69,16	0,68
60	1,52	16,00	79,04	0,78
70	1,78	16,50	81,51	0,80
80	2,03	16,20	80,03	0,78
90	2,29	15,00	74,10	0,73
100	2,54	13,00	64,22	0,63
110	2,79	11,20	55,33	0,54
120	3,05	9,50	46,93	0,46
130	3,30	7,80	38,53	0,38
140	3,56	6,00	29,64	0,29
150	3,81	4,80	23,71	0,23
160	4,06	3,80	18,77	0,18
170	4,32	3,00	14,82	0,15
180	4,57	2,50	12,35	0,12
190	4,83	1,50	7,41	0,07



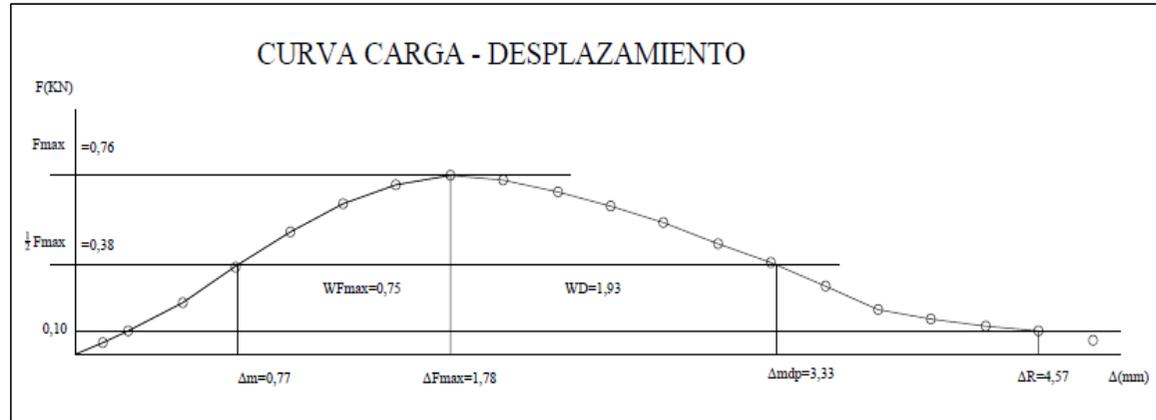
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,80	0,40	0,83	4,67	2,02	1,78	0,79	3,24

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 158

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: Q-2		GRANULOMETRÍA 3/4"			
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA	
(0,001)pulg	(mm)			Kg	kN
5	0,13	1,00	4,94	0,05	
10	0,25	2,00	9,88	0,10	
20	0,51	4,50	22,23	0,22	
30	0,76	7,60	37,54	0,37	
40	1,02	10,80	53,35	0,52	
50	1,27	13,30	65,70	0,64	
60	1,52	14,80	73,11	0,72	
70	1,78	15,60	77,06	0,76	
80	2,03	15,20	75,09	0,74	
90	2,29	14,20	70,15	0,69	
100	2,54	13,00	64,22	0,63	
110	2,79	11,50	56,81	0,56	
120	3,05	9,80	48,41	0,47	
130	3,30	8,00	39,52	0,39	
140	3,56	6,00	29,64	0,29	
150	3,81	4,00	19,76	0,19	
160	4,06	3,00	14,82	0,15	
170	4,32	2,40	11,86	0,12	
180	4,57	2,00	9,88	0,10	
190	4,83	1,20	5,93	0,06	



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

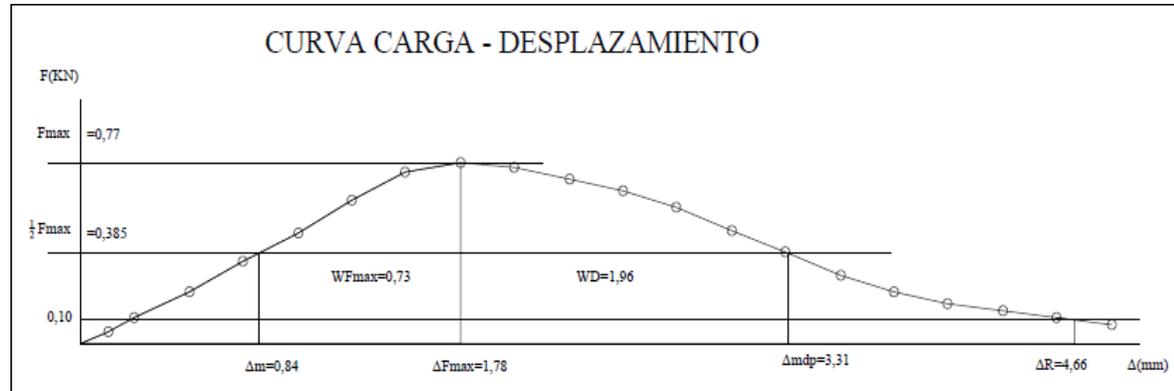
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,76	0,38	0,77	4,57	1,93	1,78	0,75	3,33

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 159

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA:	R-1	GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,20	10,87	0,11
20	0,51	4,50	22,23	0,22
30	0,76	7,20	35,57	0,35
40	1,02	9,80	48,41	0,47
50	1,27	12,50	61,75	0,61
60	1,52	15,00	74,10	0,73
70	1,78	15,80	78,05	0,77
80	2,03	15,50	76,57	0,75
90	2,29	14,50	71,63	0,70
100	2,54	13,50	66,69	0,65
110	2,79	12,00	59,28	0,58
120	3,05	10,00	49,40	0,48
130	3,30	8,00	39,52	0,39
140	3,56	6,00	29,64	0,29
150	3,81	4,50	22,23	0,22
160	4,06	3,50	17,29	0,17
170	4,32	2,80	13,83	0,14
180	4,57	2,30	11,36	0,11
190	4,83	1,60	7,90	0,08



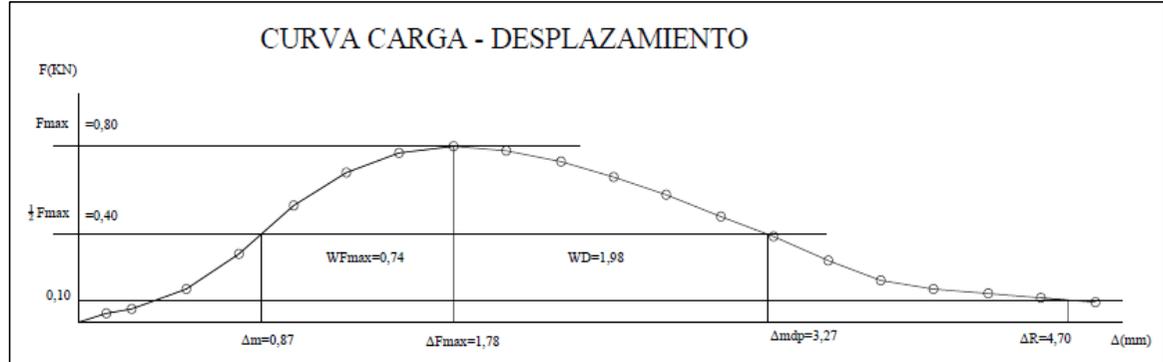
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,77	0,385	0,84	4,66	1,96	1,78	0,73	3,31

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 160

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: R-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	1,20	5,93	0,06
20	0,51	3,00	14,82	0,15
30	0,76	6,50	32,11	0,31
40	1,02	11,00	54,34	0,53
50	1,27	14,00	69,16	0,68
60	1,52	15,80	78,05	0,77
70	1,78	16,50	81,51	0,80
80	2,03	16,20	80,03	0,78
90	2,29	15,00	74,10	0,73
100	2,54	13,70	67,68	0,66
110	2,79	12,00	59,28	0,58
120	3,05	10,00	49,40	0,48
130	3,30	8,00	39,52	0,39
140	3,56	5,80	28,65	0,28
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	3,00	14,82	0,15
170	4,32	2,60	12,84	0,13
180	4,57	2,30	11,36	0,11
190	4,83	1,80	8,89	0,09



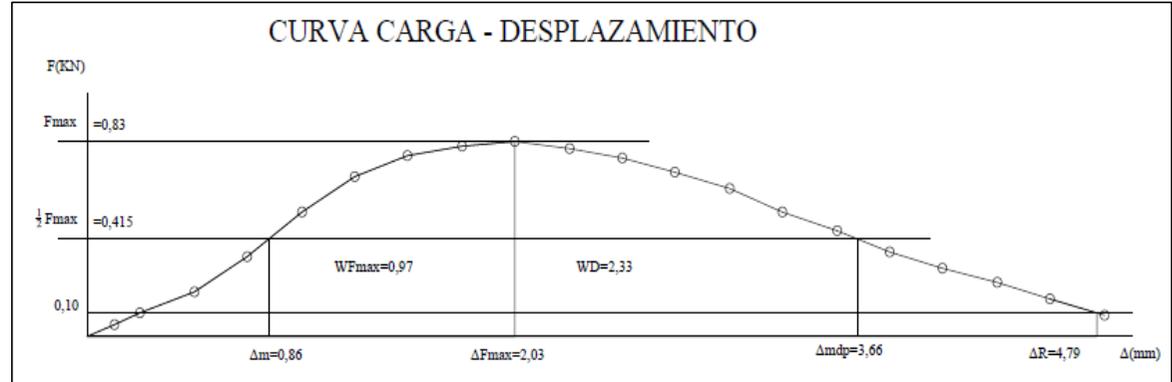
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,80	0,40	0,87	4,70	1,98	1,78	0,74	3,27

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 161

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: S-1		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	4,00	19,76	0,19
30	0,76	7,00	34,58	0,34
40	1,02	11,00	54,34	0,53
50	1,27	14,00	69,16	0,68
60	1,52	15,80	78,05	0,77
70	1,78	16,80	82,99	0,81
80	2,03	17,20	84,97	0,83
90	2,29	16,50	81,51	0,80
100	2,54	15,70	77,56	0,76
110	2,79	14,50	71,63	0,70
120	3,05	13,00	64,22	0,63
130	3,30	11,00	54,34	0,53
140	3,56	9,20	45,45	0,45
150	3,81	7,50	37,05	0,36
160	4,06	6,00	29,64	0,29
170	4,32	4,80	23,71	0,23
180	4,57	3,30	16,30	0,16
190	4,83	1,80	8,89	0,09



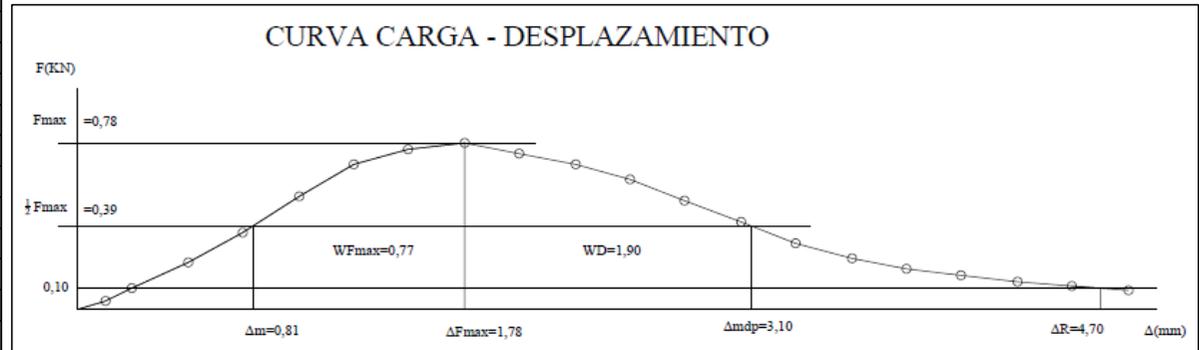
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,83	0,415	0,86	4,79	2,33	2,03	0,97	3,66

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 162

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: S-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	4,50	22,23	0,22
30	0,76	7,50	37,05	0,36
40	1,02	11,00	54,34	0,53
50	1,27	14,00	69,16	0,68
60	1,52	15,50	76,57	0,75
70	1,78	16,00	79,04	0,78
80	2,03	15,00	74,10	0,73
90	2,29	14,00	69,16	0,68
100	2,54	12,50	61,75	0,61
110	2,79	10,50	51,87	0,51
120	3,05	8,50	41,99	0,41
130	3,30	6,50	32,11	0,31
140	3,56	5,00	24,70	0,24
150	3,81	4,00	19,76	0,19
160	4,06	3,20	15,81	0,16
170	4,32	2,60	12,84	0,13
180	4,57	2,20	10,87	0,11
190	4,83	1,80	8,89	0,09



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:

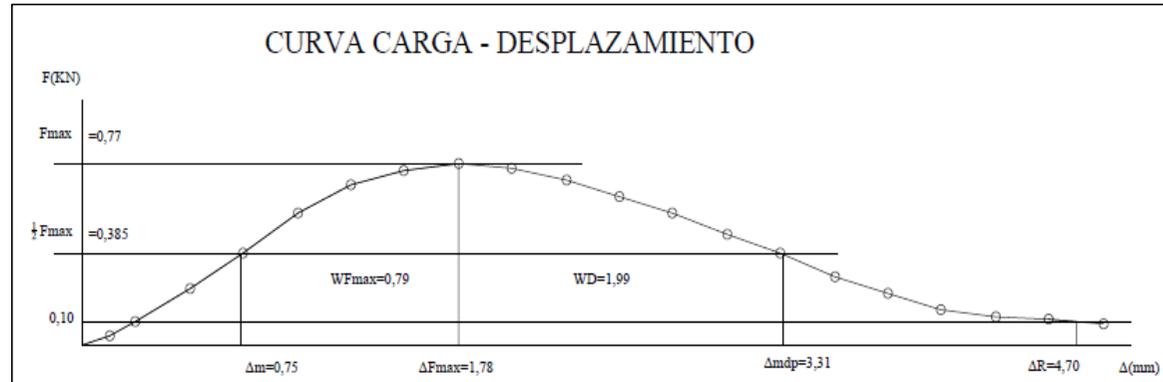
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,78	0,39	0,81	4,70	1,90	1,78	0,77	3,10

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 163

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA:	T-1	GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	0,80	3,95	0,04
10	0,25	2,00	9,88	0,10
20	0,51	5,00	24,70	0,24
30	0,76	8,00	39,52	0,39
40	1,02	11,50	56,81	0,56
50	1,27	14,00	69,16	0,68
60	1,52	15,20	75,09	0,74
70	1,78	15,80	78,05	0,77
80	2,03	15,40	76,08	0,75
90	2,29	14,40	71,14	0,70
100	2,54	13,00	64,22	0,63
110	2,79	11,50	56,81	0,56
120	3,05	9,80	48,41	0,47
130	3,30	8,00	39,52	0,39
140	3,56	6,00	29,64	0,29
150	3,81	4,50	22,23	0,22
160	4,06	3,00	14,82	0,15
170	4,32	2,50	12,35	0,12
180	4,57	2,20	10,87	0,11
190	4,83	1,80	8,89	0,09



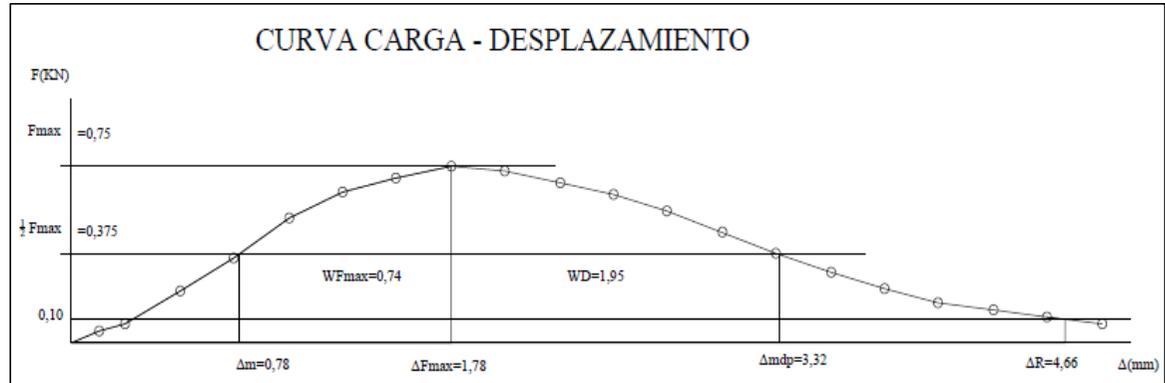
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,77	0,385	0,75	4,70	1,99	1,78	0,79	3,31

Nelson R. Sozoranga M.

ANEXO 164

EQUIPO: VERSA TESTER VELOCIDAD: 0,04*25,4 = 1,016 mm/min
 ANILLO: HUMBOLDT H-4454 - 10.000 Lbs
 Constante del anillo: 4,94 Kg
 TEMPERATURA: 40°C

MUESTRA: T-2		GRANULOMETRÍA 3/4"		
DESPLAZAMIENTO VERTICAL		LECTURA DEFORMIMETRO DE CARGA	CARGA Kg	CARGA kN
(0,001)pulg	(mm)			
5	0,13	1,00	4,94	0,05
10	0,25	1,70	8,40	0,08
20	0,51	4,50	22,23	0,22
30	0,76	7,50	37,05	0,36
40	1,02	11,00	54,34	0,53
50	1,27	13,20	65,21	0,64
60	1,52	14,50	71,63	0,70
70	1,78	15,50	76,57	0,75
80	2,03	15,00	74,10	0,73
90	2,29	14,00	69,16	0,68
100	2,54	13,00	64,22	0,63
110	2,79	11,50	56,81	0,56
120	3,05	9,60	47,42	0,47
130	3,30	7,80	38,53	0,38
140	3,56	6,20	30,63	0,30
150	3,81	4,80	23,71	0,23
160	4,06	3,60	17,78	0,17
170	4,32	2,80	13,83	0,14
180	4,57	2,20	10,87	0,11
190	4,83	1,60	7,90	0,08



RESULTADOS OBTENIDOS DE LA GRAFICA:							
Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Δmdp (mm)
0,75	0,375	0,78	4,66	1,95	1,78	0,74	3,32

Nelson R. Sozoranga M.



ÍNDICE DE RIGIDEZ, TENACIDAD Y ENERGÍA DISIPADA

DATOS DE LA MUESTRA

T (°C):	25°C	GRANULOMETRÍA 3/4"				
MUESTRA	espesor h(cm)	espesor h(m)	ranura l(mm)	ranura l(m)	altura l1(cm)	altura l1(m)
A-1	6,40	0,064	4,90	0,005	4,70	0,047
A-2	6,15	0,062	6,30	0,006	4,16	0,042
B-1	5,96	0,060	7,01	0,007	4,35	0,044
B-2	5,72	0,057	5,05	0,005	6,15	0,062
C-1	6,07	0,061	5,00	0,005	4,40	0,044
C-2	6,12	0,061	5,80	0,006	4,16	0,042
D-1	6,24	0,062	5,03	0,005	4,20	0,042
D-2	6,09	0,061	5,80	0,006	4,40	0,044
E-1	5,95	0,060	6,50	0,007	4,49	0,045
E-2	5,91	0,059	5,50	0,006	4,54	0,045

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIGIDEZ (IRT)				T (°C):	25°C
GRANULOMETRÍA 3/4"					
MUESTRA N°.	Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	
A-1	1,36	0,68	0,86	0,79	
A-2	1,60	0,80	0,98	0,82	
B-1	1,62	0,81	1,01	0,80	
B-2	1,50	0,75	0,92	0,82	
C-1	1,60	0,80	1,01	0,79	
C-2	1,50	0,75	0,96	0,78	
D-1	1,70	0,85	1,07	0,79	
D-2	1,68	0,84	1,02	0,82	
E-1	1,82	0,91	1,12	0,81	
E-2	1,45	0,73	0,99	0,73	
PROMEDIO:	1,58				

ANEXO 167

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE TENACIDAD			T (°C):	25°C	GRANULOMETRÍA 3/4"		Δmdp (mm)	ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m ²)*mm]
MUESTRA N°.	ΔR (mm)	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)		
A-1	3,91	2,92	2,03	1,54	0,064	0,047	3,02	0,45
A-2	4,04	3,45	2,29	2,05	0,062	0,042	3,09	0,44
B-1	3,97	3,09	2,03	1,66	0,060	0,044	2,83	0,44
B-2	4,01	3,44	2,29	1,95	0,057	0,062	3,29	0,42
C-1	3,85	3,07	2,03	1,62	0,061	0,044	2,87	0,46
C-2	3,81	2,92	2,03	1,56	0,061	0,042	2,86	0,44
D-1	3,98	3,43	2,29	2,01	0,062	0,042	3,06	0,42
D-2	3,87	3,48	2,29	2,09	0,061	0,044	3,11	0,43
E-1	3,88	3,56	2,29	2,11	0,060	0,045	3,03	0,40
E-2	3,97	3,06	2,29	1,81	0,059	0,045	3,13	0,39
PROMEDIO:	3,88							

ENERGÍA DISIPADA EN EL PROCESO DE FISURACIÓN.

T (°C):

25°C

GRANULOMETRÍA 3/4"

MUESTRA N°.	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Energía disipada Jc (J/m ²)	Energía disipada Jc (KJ/M ²)	Minimo Jc (KJ/M ²)	
1-A	2,92	0,06	0,047	970,74	0,97	0,65	
1-B	3,45	0,06	0,042	1348,50	1,35		
2-A	3,09	0,06	0,044	1191,85	1,19		
2-B	3,44	0,06	0,062	977,88	0,98		
3-A	3,07	0,06	0,044	1149,47	1,15		
16-A	2,92	0,06	0,042	1146,93	1,15		
16-B	3,43	0,06	0,042	1308,76	1,31		
17-A	3,48	0,06	0,044	1298,70	1,30		
17-B	3,56	0,06	0,045	1332,56	1,33		
18-A	3,06	0,06	0,045	1140,45	1,14		
PROMEDIO:					1,19		



ÍNDICE DE RIGIDEZ, TENACIDAD Y ENERGÍA DISIPADA

DATOS DE LA MUESTRA

T (°C):	30°C		GRANULOMETRÍA 3/4"			
MUESTRA	espesor h(cm)	espesor h(m)	ranura l(mm)	ranura l(m)	altura l1(cm)	altura l1(m)
F-1	6,16	0,062	6,40	0,0064	4,05	0,041
F-2	6,70	0,067	6,80	0,0068	4,00	0,040
G-1	5,92	0,059	5,00	0,0050	4,46	0,045
G-2	6,60	0,066	5,80	0,0058	4,42	0,044
H-1	5,93	0,059	5,50	0,0055	4,33	0,043
H-2	5,86	0,059	5,00	0,0050	4,35	0,044
I-1	6,60	0,066	7,40	0,0074	4,21	0,042
I-2	6,80	0,068	6,90	0,0069	4,29	0,043
J-1	5,95	0,060	5,60	0,0056	4,52	0,045
J-2	6,40	0,064	5,00	0,0050	4,17	0,042

ANEXO 170

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIGIDEZ (IRT) T (°C): 30°C

GRANULOMETRÍA 3/4"

MUESTRA N°.	Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)
F-1	1,21	0,605	0,94	0,64
F-2	1,24	0,62	0,90	0,69
G-1	1,01	0,505	0,79	0,64
G-2	1,06	0,53	0,83	0,64
H-1	1,04	0,52	0,8	0,65
H-2	1,26	0,63	0,96	0,66
I-1	1,24	0,620	0,90	0,69
I-2	1,28	0,640	0,90	0,71
J-1	1,31	0,655	0,98	0,67
J-2	1,14	0,570	0,81	0,70
PROMEDIO:	1,24			

ANEXO 171

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE TENACIDAD				T (°C):	30°C	GRANULOMETRÍA 3/4"		ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m ²)*mm]
MUESTRA N°.	ΔR (mm)	Area curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Δmdp (mm)	
F-1	4,11	2,39	1,78	1,03	0,062	0,041	2,80	0,56
F-2	4,23	2,73	2,03	1,36	0,067	0,040	3,04	0,52
G-1	4,28	2,46	2,03	1,21	0,059	0,045	3,21	0,56
G-2	4,19	2,6	2,03	1,26	0,066	0,044	3,26	0,56
H-1	4,06	2,49	2,03	1,24	0,059	0,043	3,22	0,58
H-2	4,13	2,72	2,03	1,37	0,059	0,044	3,05	0,54
I-1	4,23	2,82	2,03	1,40	0,066	0,042	3,13	0,56
I-2	4,13	2,92	2,29	1,70	0,068	0,043	3,21	0,38
J-1	4,17	3,10	2,29	1,72	0,060	0,045	3,33	0,53
J-2	4,32	2,45	1,78	1,11	0,064	0,042	2,81	0,52
PROMEDIO:	4,17							

ANEXO 172

ENERGÍA DISIPADA EN EL PROCESO DE FISURACIÓN.						T (°C):	30°C
GRANULOMETRÍA 3/4"							
MUESTRA N°.	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Energía disipada Jc (J/m ²)	Energía disipada Jc (KJ/m ²)	Minimo Jc (KJ/M2)	
F-1	2,39	0,06	0,041	957,99	0,96	0,65	
F-2	2,73	0,07	0,040	1018,66	1,02		
G-1	2,46	0,06	0,045	931,71	0,93		
G-2	2,60	0,07	0,044	891,27	0,89		
H-1	2,49	0,06	0,043	969,74	0,97		
H-2	2,72	0,06	0,044	1067,04	1,07		
I-1	2,82	0,07	0,042	1014,90	1,01		
I-2	2,92	0,07	0,043	1000,96	1,00		
J-1	3,10	0,06	0,045	1152,67	1,15		
J-2	2,45	0,06	0,042	918,02	0,92		
PROMEDIO:					0,99		



ÍNDICE DE RIGIDEZ, TENACIDAD Y ENERGÍA DISIPADA

DATOS DE LA MUESTRA

T (°C):	35°C		GRANULOMETRÍA 3/4"			
MUESTRA	espesor h(cm)	espesor h(m)	ranura l(mm)	ranura l(m)	altura l1(cm)	altura l1(m)
K-1	5,84	0,058	5,80	0,006	4,33	0,043
K-2	5,92	0,059	5,70	0,006	4,75	0,048
L-1	6,50	0,065	5,00	0,005	4,35	0,044
L-2	6,00	0,060	5,50	0,006	4,43	0,044
M-1	6,10	0,061	5,70	0,006	4,45	0,045
M-2	6,22	0,062	6,50	0,007	4,41	0,044
N-1	5,97	0,060	6,20	0,006	4,40	0,044
N-2	6,20	0,062	7,40	0,007	4,53	0,045
O-1	5,96	0,060	5,60	0,006	4,28	0,043
O-2	5,94	0,059	6,50	0,007	4,13	0,041

ANEXO 174

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIGIDEZ (IRT) T (°C): 35°C

GRANULOMETRÍA 3/4"

MUESTRA N°.	Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)
K-1	0,97	0,485	0,82	0,59
K-2	0,94	0,47	0,80	0,59
L-1	1,09	0,545	0,93	0,59
L-2	0,92	0,46	0,81	0,57
M-1	1,10	0,55	0,93	0,59
M-2	1,07	0,535	1,03	0,52
N-1	0,99	0,495	0,87	0,57
N-2	1,11	0,555	0,99	0,56
O-1	1,14	0,57	1,00	0,57
O-2	1,12	0,56	1,03	0,54
PROMEDIO:	1,05			

ANEXO 175

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE TENACIDAD				T (°C):	35°C	GRANULOMETRÍA 3/4"		ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(l/m ²)*mm]
MUESTRA N°.	ΔR (mm)	Area curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Δmdp (mm)	
K-1	4,44	2,22	1,78	0,94	0,058	0,043	2,98	0,61
K-2	4,40	2,37	2,03	1,11	0,059	0,048	3,32	0,58
L-1	4,36	2,39	1,78	0,96	0,065	0,044	2,95	0,59
L-2	4,4	2,13	1,78	0,87	0,060	0,044	3,05	0,60
M-1	4,44	2,67	2,03	1,26	0,061	0,045	3,26	0,64
M-2	4,38	2,42	2,03	1,09	0,062	0,044	3,21	0,57
N-1	4,36	2,39	2,03	1,13	0,060	0,044	3,25	0,59
N-2	4,42	2,62	2,03	1,16	0,062	0,045	3,27	0,64
O-1	4,37	2,58	2,03	1,19	0,060	0,043	3,14	0,60
O-2	4,32	2,46	2,03	1,15	0,059	0,041	3,13	0,59
PROMEDIO:	4,39							

ANEXO 176

ENERGÍA DISIPADA EN EL PROCESO DE FISURACIÓN.

T (°C): 35°C

GRANULOMETRÍA 3/4"

MUESTRA N°.	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Energía disipada Jc (J/m ²)	Energía disipada Jc (KJ/m ²)	Minimo Jc (KJ/M ²)	
K-1	2,22	0,058	0,043	877,91	0,88	0,65	
K-2	2,37	0,059	0,048	842,82	0,84		
L-1	2,39	0,065	0,044	845,27	0,85		
L-2	2,13	0,060	0,044	801,35	0,80		
M-1	2,67	0,061	0,045	983,61	0,98		
M-2	2,42	0,062	0,044	882,24	0,88		
N-1	2,39	0,060	0,044	909,85	0,91		
N-2	2,62	0,062	0,045	932,85	0,93		
O-1	2,58	0,060	0,043	1011,42	1,01		
O-2	2,46	0,059	0,041	1002,76	1,00		
PROMEDIO:					0,91		



ÍNDICE DE RIGIDEZ, TENACIDAD Y ENERGÍA DISIPADA

DATOS DE LA MUESTRA

T (°C):	40°C	GRANULOMETRÍA 3/4"				
MUESTRA	espesor h(cm)	espesor h(m)	ranura l(mm)	ranura l(m)	altura l1(cm)	altura l1(m)
P-1	6,20	0,062	5,60	0,006	4,31	0,043
P-2	6,40	0,064	6,60	0,007	4,50	0,045
Q-1	5,96	0,060	5,50	0,006	4,25	0,043
Q-2	6,00	0,060	5,60	0,006	4,47	0,045
R-1	6,17	0,062	6,10	0,006	4,35	0,044
R-2	6,24	0,062	5,90	0,006	4,45	0,045
S-1	6,13	0,061	5,00	0,005	4,51	0,045
S-2	6,10	0,061	8,30	0,008	4,11	0,041
T-1	5,85	0,059	6,00	0,006	4,44	0,044
T-2	5,95	0,060	5,70	0,006	4,47	0,045

ANEXO 178

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIGIDEZ (IRT) T (°C): 40°C

GRANULOMETRÍA 3/4"

MUESTRA N°.	Carga máxima Fmax. (kN)	1/2Fmax. (kN)	Desplazamiento Δm (mm)	ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)
P-1	0,82	0,41	0,89	0,46
P-2	0,78	0,39	0,80	0,49
Q-1	0,8	0,4	0,83	0,48
Q-2	0,76	0,38	0,77	0,49
R-1	0,77	0,385	0,84	0,46
R-2	0,8	0,4	0,87	0,46
S-1	0,83	0,415	0,86	0,48
S-2	0,78	0,39	0,81	0,48
T-1	0,77	0,385	0,75	0,51
T-2	0,75	0,375	0,78	0,48
PROMEDIO:	0,79			

ANEXO 179

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE TENACIDAD				T (°C):	40°C	GRANULOMETRÍA 3/4"		ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(J/m ²)*mm]
MUESTRA N°.	ΔR (mm)	Area curva F-Δ WD (kN-mm)	ΔFmax (mm)	Área prepico WFmax (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Δmdp (mm)	
P-1	4,57	2,18	2,03	0,94	0,062	0,043	3,51	0,69
P-2	4,70	2,03	1,78	0,76	0,064	0,045	3,36	0,70
Q-1	4,67	2,02	1,78	0,79	0,060	0,043	3,24	0,71
Q-2	4,57	1,93	1,78	0,75	0,060	0,045	3,33	0,68
R-1	4,66	1,96	1,78	0,73	0,062	0,044	3,31	0,70
R-2	4,70	1,98	1,78	0,74	0,062	0,045	3,27	0,67
S-1	4,79	2,33	2,03	0,97	0,061	0,045	3,66	0,80
S-2	4,70	1,90	1,78	0,77	0,061	0,041	3,10	0,59
T-1	4,70	1,99	1,78	0,79	0,059	0,044	3,31	0,71
T-2	4,66	1,95	1,78	0,74	0,060	0,045	3,32	0,70
PROMEDIO:	4,67							

ANEXO 180

ENERGÍA DISIPADA EN EL PROCESO DE FISURACIÓN.

T (°C): 40°C

GRANULOMETRÍA 3/4"

MUESTRA N°.	Área curva F-Δ WD (kN-mm)	Espesor h (m)	Longitud área resistente l (m)	Energía disipada Jc (J/m2)	Energía disipada Jc (KJ/m2)	Minimo Jc (KJ/M2)	
P-1	2,18	0,062	0,043	815,81	0,82	0,65	
P-2	2,03	0,064	0,045	704,86	0,70		
Q-1	2,02	0,060	0,043	797,47	0,80		
Q-2	1,93	0,060	0,045	719,61	0,72		
R-1	1,96	0,062	0,044	730,27	0,73		
R-2	1,98	0,062	0,045	713,05	0,71		
S-1	2,33	0,061	0,045	842,79	0,84		
S-2	1,90	0,061	0,041	757,85	0,76		
T-1	1,99	0,059	0,044	766,15	0,77		
T-2	1,95	0,060	0,045	733,18	0,73		
PROMEDIO:					0,80		

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS (MEZCLA DE 3/4")

ESTADÍSTICA DE RESULTADOS DE ÍNDICE DE RIGIDEZ

T= 25°C		GRANULOMETRÍA 3/4"							
ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,79	0,732	0,798	0,791	0,025	0,75	0,781 0,791 0,792 0,794 0,802 0,813 0,815 0,816 0,824	0,80	0,01	1,79
0,82	0,781								
0,80	0,791								
0,82	0,792								
0,79	0,794								
0,78	0,802								
0,79	0,813								
0,82	0,815								
0,81	0,816								
0,73	0,824								

ANEXO 182

T= 30°C									
GRANULOMETRÍA 3/4"									
ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,64	0,639			0,045	0,58	0,639	0,67	0,03	4,09
0,69	0,639					0,639			
0,64	0,644					0,644			
0,64	0,650					0,650			
0,65	0,656	0,662	0,656						
0,66	0,668	0,668	0,668						
0,69	0,689			0,76	0,689				
0,71	0,689				0,689				
0,67	0,704				0,704				
0,70	0,711				0,711				

ANEXO 183

T= 35°C		GRANULOMETRÍA 3/4"							
ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,59	0,519	0,569		0,027	0,52	0,544	0,57	0,02	2,83
0,59	0,544								
0,59	0,561								
0,57	0,568								
0,59	0,569								
0,52	0,570	0,588		0,027	0,63	0,570	0,57	0,02	2,83
0,57	0,586								
0,56	0,588								
0,57	0,591								
0,54	0,591								

ANEXO 184

T= 40°C									
GRANULOMETRÍA 3/4"									
ÍNDICE DE RIGIDEZ IRT (kN/mm)	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,46	0,458	0,482	0,461	0,027	0,42	0,458	0,48	0,02	3,55
0,49	0,460					0,460			
0,48	0,461					0,461			
0,49	0,481					0,481			
0,46	0,481					0,481			
0,46	0,482					0,482			
0,48	0,483					0,483			
0,48	0,488					0,488			
0,51	0,494					0,494			
0,48	0,513					0,513			

ANEXO 185

ESTADÍSTICA DE RESULTADOS DE ÍNDICE DE TENACIDAD									
T= 25°C	GRANULOMETRÍA 3/4"								
ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(l/m2)*mm]	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,45	0,391	0,433	0,417	0,026	0,38	0,402 0,417 0,424 0,428 0,438 0,438 0,438 0,443 0,454	0,43	0,02	3,83
0,44	0,402								
0,44	0,417								
0,42	0,424								
0,46	0,428								
0,44	0,438								
0,42	0,438								
0,43	0,443								
0,40	0,454								
0,39	0,456								

ANEXO 186

T= 30°C		GRANULOMETRÍA 3/4"							
ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(l/m2)*mm]	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,56	0,385	0,548	0,517	0,048	0,45	0,516 0,517 0,534 0,540 0,556 0,559 0,565 0,566 0,579	0,55	0,02	4,08
0,52	0,516								
0,56	0,517								
0,56	0,534								
0,58	0,540								
0,54	0,556								
0,57	0,559								
0,38	0,565								
0,53	0,566								
0,52	0,579								

ANEXO 187

T= 35°C		GRANULOMETRÍA 3/4"							
ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(U/m2)*mm]	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,61	0,572	0,596		0,022		0,572	0,60	0,02	3,32
0,58	0,578					0,578			
0,59	0,585					0,585			
0,60	0,587					0,587			
0,64	0,592					0,592			
0,57	0,600					0,600			
0,59	0,602					0,602			
0,64	0,607					0,607			
0,60	0,639					0,639			
0,59	0,645					0,645			

ANEXO 188

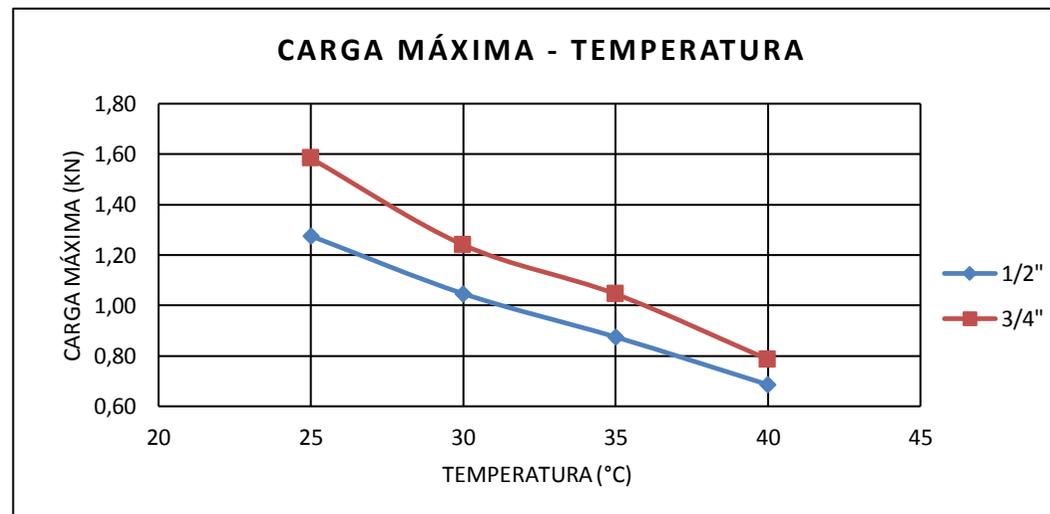
T= 40°C		GRANULOMETRÍA 3/4"							
ÍNDICE DE TENACIDAD IT [(l/m2)*mm]	ORDEN	MEDIANA Q2	CUARTIL 1 (Q1) Y CUARTIL 3 (Q3)	RANGO INTERCUARTIL	LIMITES INTERNOS	VALIDOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
0,69	0,595			0,025	0,64	0,665 0,682 0,687 0,697	0,69	0,01	2,12
0,70	0,665								
0,71	0,682								
0,68	0,687								
0,70	0,697	0,699				0,701 0,701			
0,67	0,701								
0,80	0,701				0,74	0,707 0,709			
0,59	0,707								
0,71	0,709								
0,70	0,802								

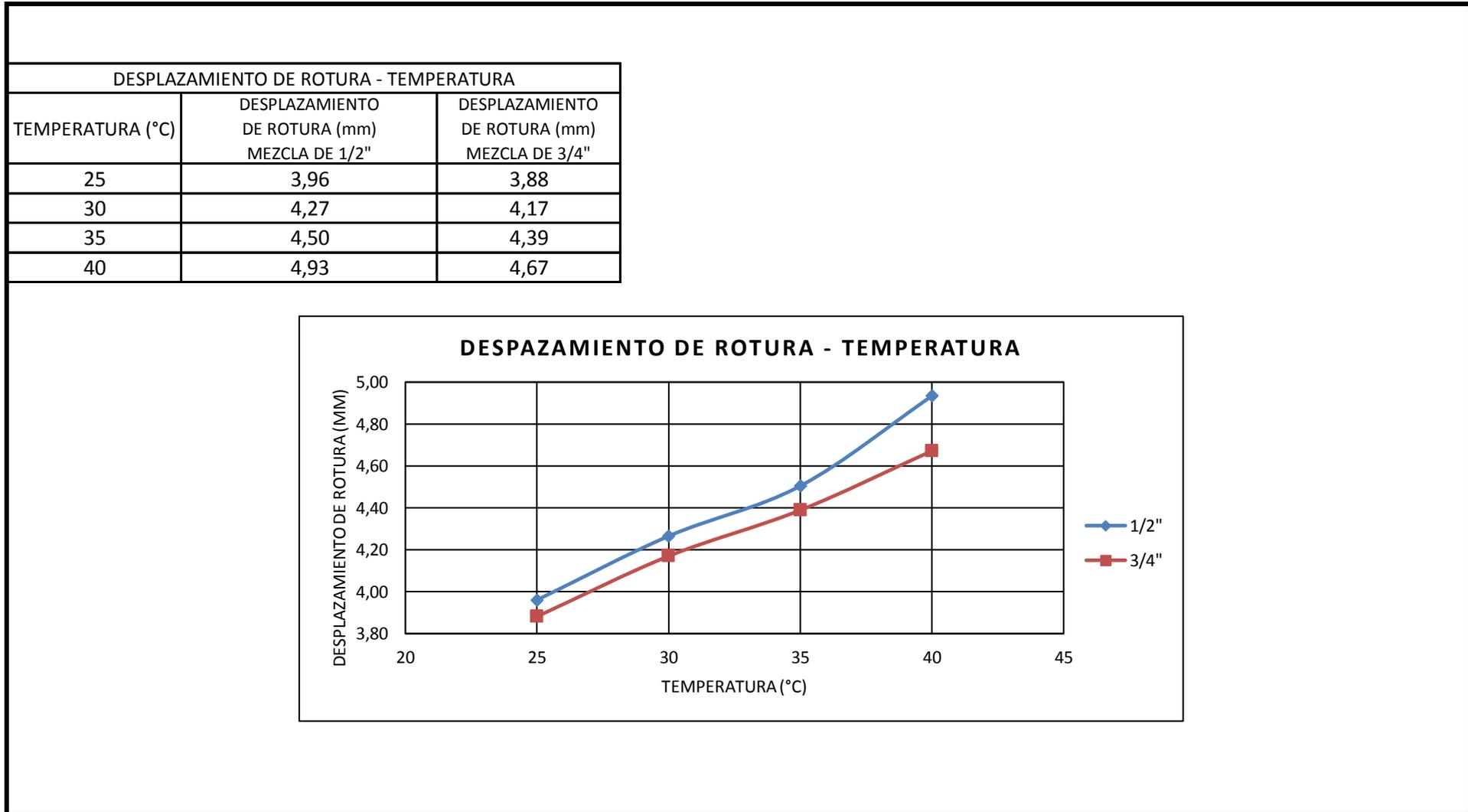


GRÁFICAS RESUMEN

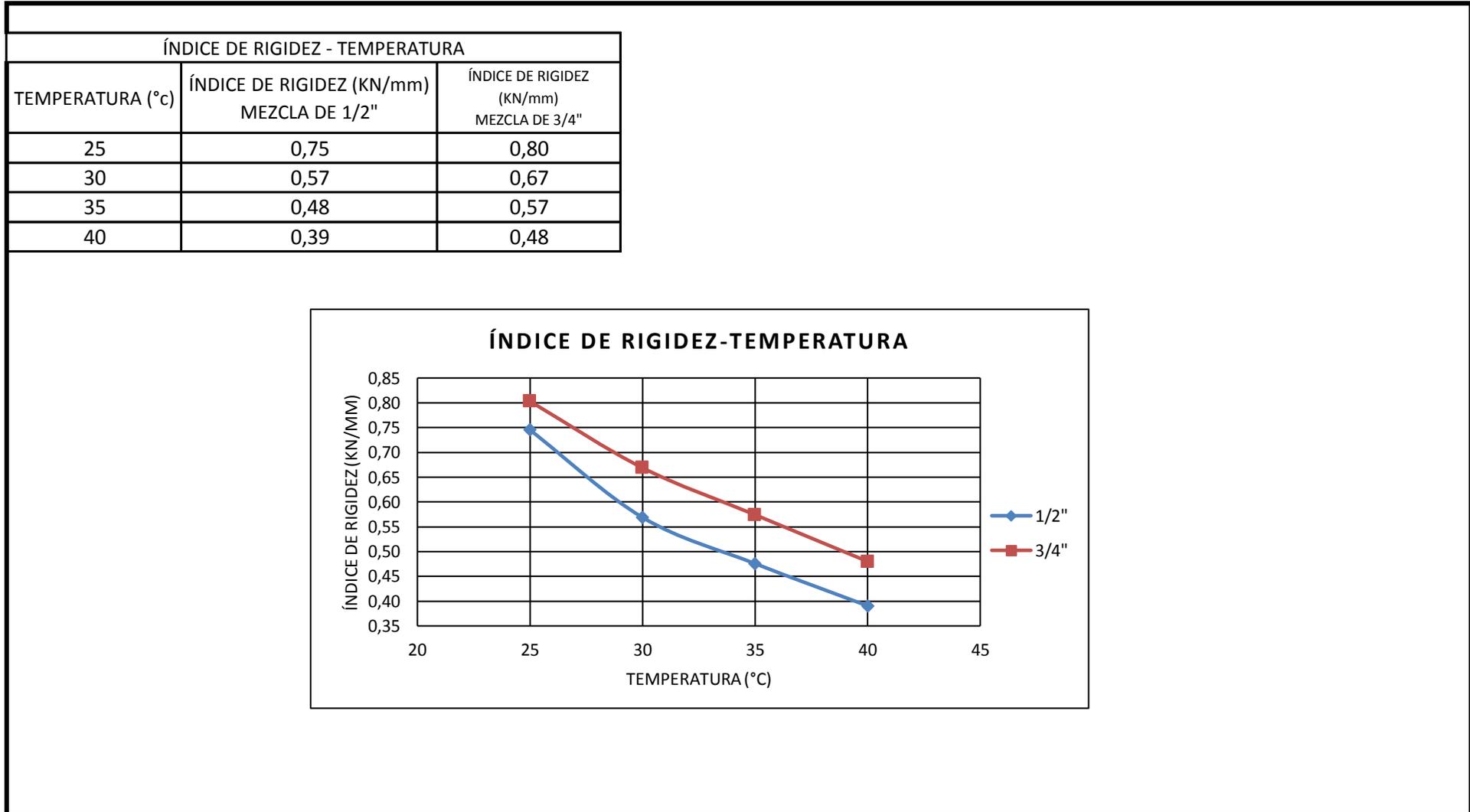
CARGA MÁXIMA - TEMPERATURA

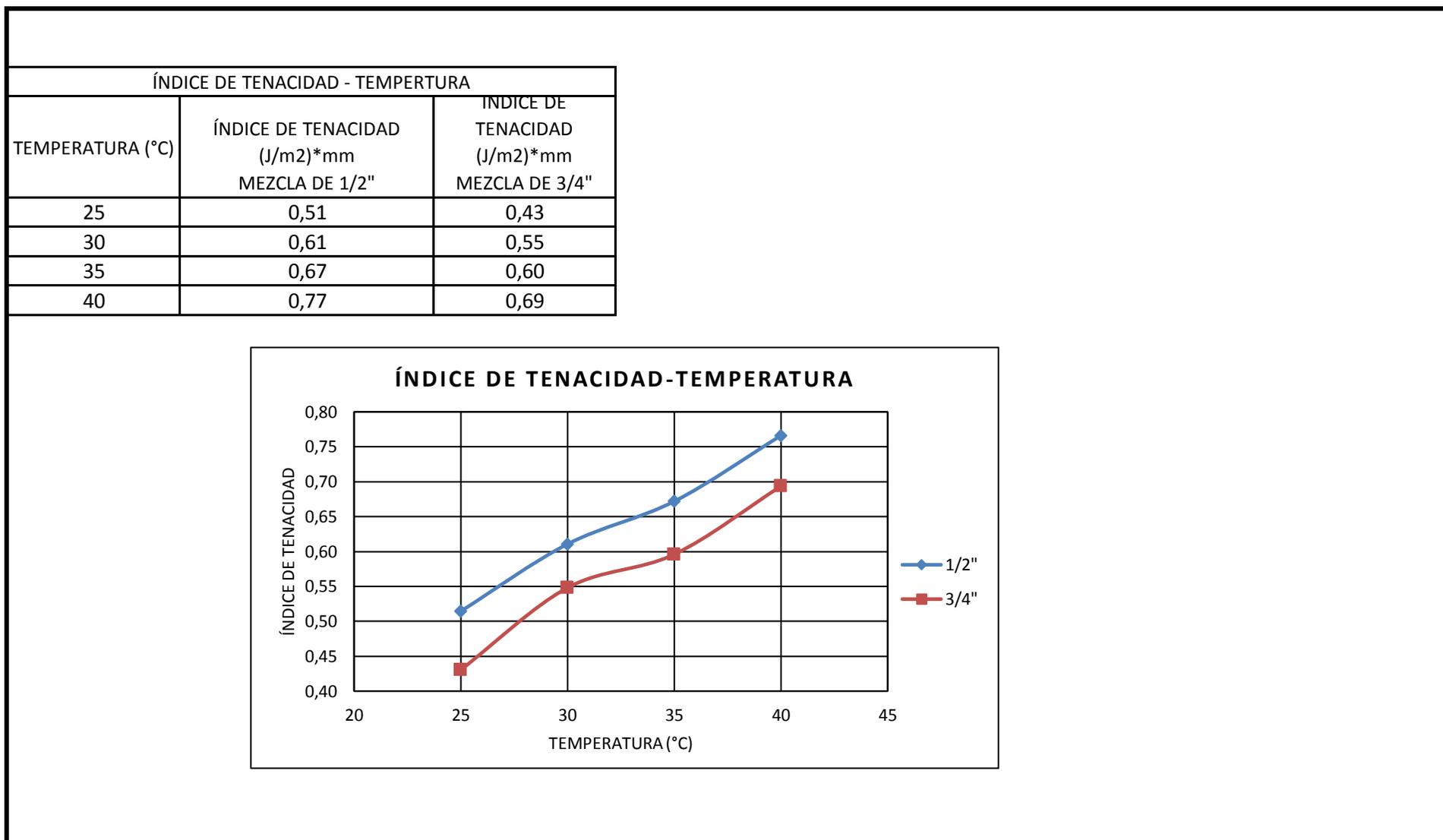
TEMPERATURA (°c)	CARGA MÁXIMA (KN) MEZCLA DE 1/2"	CARGA MÁXIMA (KN) MEZCLA DE 3/4"
25	1,28	1,58
30	1,05	1,24
35	0,87	1,05
40	0,69	0,79

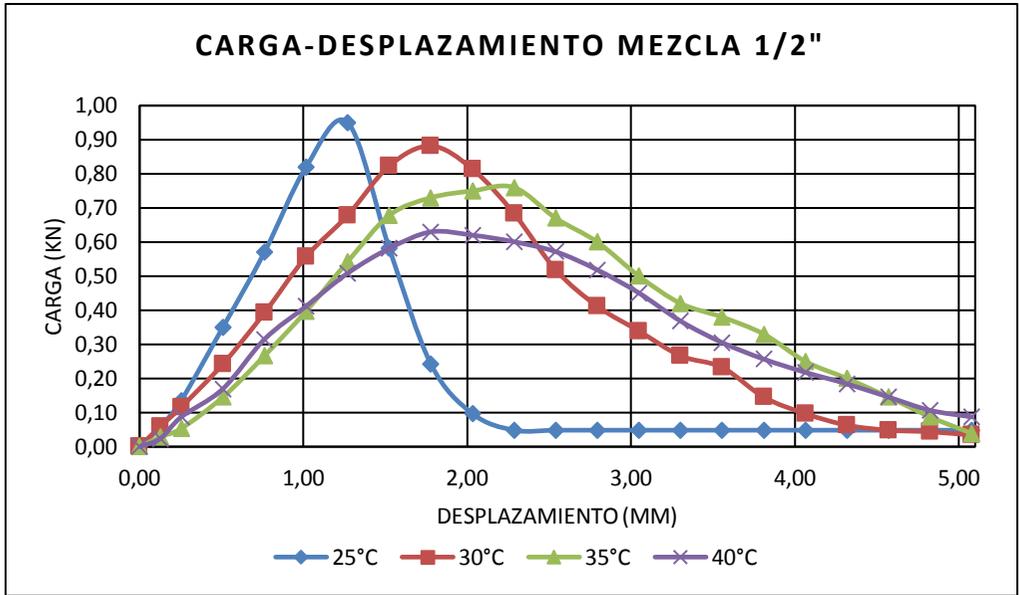




ANEXO 191



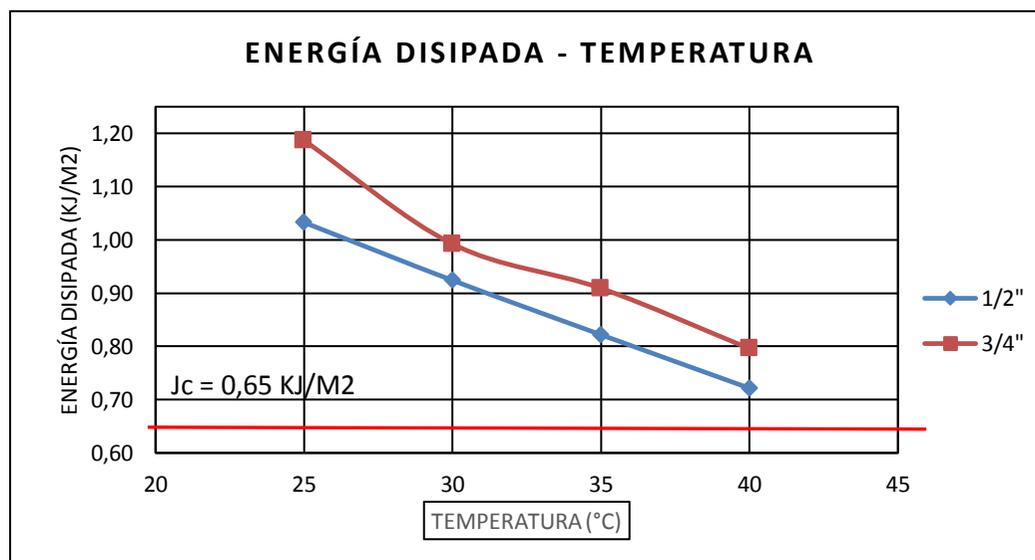




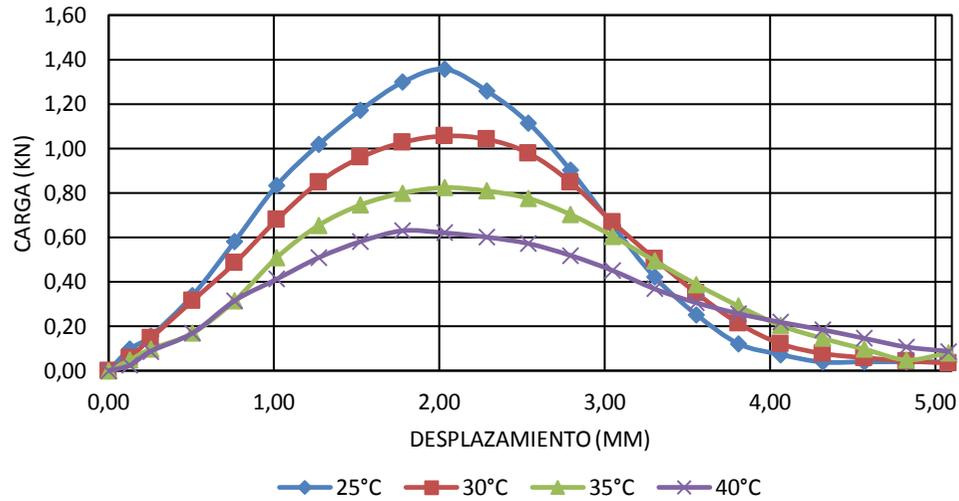
MEZCLA DE 1/2"

Temp. (°C)	25	30	35	40
DESP. (mm)	CARGA (KN)	CARGA (KN)	CARGA (KN)	CARGA (KN)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,13	0,06	0,06	0,03	0,02
0,25	0,14	0,12	0,05	0,09
0,51	0,35	0,24	0,15	0,17
0,76	0,57	0,39	0,27	0,31
1,02	0,82	0,56	0,40	0,41
1,27	0,95	0,68	0,54	0,51
1,52	0,58	0,82	0,68	0,58
1,78	0,24	0,88	0,73	0,63
2,03	0,10	0,81	0,75	0,62
2,29	0,05	0,68	0,76	0,60
2,54	0,05	0,52	0,67	0,57
2,79	0,05	0,41	0,60	0,52
3,05	0,05	0,34	0,50	0,45
3,30	0,05	0,27	0,42	0,37
3,56	0,05	0,23	0,38	0,31
3,81	0,05	0,15	0,33	0,26
4,06	0,05	0,10	0,25	0,22
4,32	0,05	0,06	0,20	0,18
4,57	0,05	0,05	0,15	0,15
4,83	0,05	0,04	0,09	0,11
5,08	0,05	0,03	0,04	0,09

ENERGÍA DISIPADA - TEMPERATURA		
TEMPERATURA (°c)	ENERGÍA DISIPADA (KJ/M2)	ENERGÍA DISIPADA (KJ/M2)
	MEZCLA DE 1/2"	MEZCLA DE 3/4"
25	1,03	1,19
30	0,92	0,99
35	0,82	0,91
40	0,72	0,80



CARGA - DESPLAZAMIENTO MEZCLA 3/4"



MEZCLA DE 3/4"

Temp. (°C)	25	30	35	40
DESP. (mm)	CARGA (KN)	CARGA (KN)	CARGA (KN)	CARGA (KN)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,13	0,10	0,06	0,05	0,02
0,25	0,16	0,15	0,10	0,09
0,51	0,34	0,31	0,17	0,17
0,76	0,58	0,48	0,31	0,31
1,02	0,83	0,68	0,51	0,41
1,27	1,02	0,85	0,65	0,51
1,52	1,17	0,96	0,75	0,58
1,78	1,30	1,03	0,80	0,63
2,03	1,36	1,06	0,82	0,62
2,29	1,26	1,04	0,81	0,60
2,54	1,11	0,98	0,78	0,57
2,79	0,90	0,85	0,70	0,52
3,05	0,65	0,67	0,61	0,45
3,30	0,42	0,50	0,49	0,37
3,56	0,25	0,35	0,39	0,31
3,81	0,12	0,21	0,29	0,26
4,06	0,07	0,12	0,20	0,22
4,32	0,04	0,08	0,15	0,18
4,57	0,04	0,06	0,10	0,15
4,83	0,04	0,04	0,05	0,11
5,08	0,04	0,03	0,08	0,09