



Universidad Central de Venezuela

Facultad de Ingeniería

Escuela de Geología, Minas y Geofísica

Departamento de Geología

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE
LOS ESTADOS DE ESFUERZO, EN EL SECTOR
HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO
(CORDILLERA DE LA COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN
DE LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-GUARENAS,
ESTADO MIRANDA**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la

Ilustre Universidad Central de Venezuela

por los Bachilleres:

Carlos Eduardo Oliveros Alcalá

Carlos Elías Oliveros Alcalá

para optar los Títulos de Ingenieros Geólogos

Caracas, 2014



Universidad Central de Venezuela

Facultad de Ingeniería

Escuela de Geología, Minas y Geofísica

Departamento de Minas

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE
LOS ESTADOS DE ESFUERZO, EN EL SECTOR
HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO
(CORDILLERA DE LA COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN DE
LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-GUARENAS,
ESTADO MIRANDA**

**Trabajo Especial de Grado presentado ante la
Ilustre Universidad Central de Venezuela**

por los Bachilleres:

Carlos Eduardo Oliveros Alcalá

Carlos Elías Oliveros Alcalá

para optar los Títulos de Ingenieros Geólogos

Caracas, 2014

Los abajo firmantes del jurado Designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Carlos Eduardo Oliveros Alcalá y Carlos Elías Oliveros Alcalá, titulado

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE
LOS ESTADOS DE ESFUERZO, EN EL SECTOR
HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO
(CORDILLERA DE LA COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN DE
LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-GUARENAS,
ESTADO MIRANDA**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique hacerse solidarios con las ideas expuestas por los Autores, lo declaran **APROBADO**.

**Prof:
Jurado**

**Prof:
Jurado**

**Prof. Miguel Castillejo
Tutor Académico**

**Prof. Rutman Hurtado
Co-Tutor Académico**

AGRADECIMIENTOS

- Gracias a Dios y a la Virgen del Valle, que hicieron posible este sueño.
- A nuestros padres Carmen Rosa Alcalá y Félix Ángel Oliveros que nos han apoyado en todo momento y nos enseñaron que el que persevera alcanza.
- A nuestro tutor Miguel Castillejo Cans, que incondicionalmente nos brindó la oportunidad que necesitábamos y siempre dispuso de su valioso tiempo para solventar cualquier duda.
- A nuestro cotutor Ruthman Hurtado que a pesar de estar muy ocupado nos apoyó en este trabajo tan especial para nosotros.
- A nuestros hermanos (Enrique, Verioska, Félix Ángel, Félix Alexander) que siempre preguntaban cuando íbamos a graduarnos para celebrar.
- A nuestro compañero y amigo Ramón Montes quien hasta el final estuvo con nosotros en este “TRABAJÓN” de grado y que por cosas del destino eligió terminar su carrera en Italia.
- A Anny Araque quien siempre estuvo allí y brindo apoyo incondicional en momentos de tensión aclarando dudas.
- A Karina González quien modeló nuestras palabras coherentemente a la hora de plasmarlas y brindar su comprensión en momentos difíciles.
- A Josefita que siempre estuvo con una gran sonrisa y un café para aliviar el stress.
- A Vicente, Marino, Yuli, María y Ángel y nuestro gran amigo Francisco Álvarez (Orejón) que siempre nos apoyaron incondicionalmente.
- A nuestra prima María Amalia que siempre se las arregla para estar al lado de nosotros en momentos especiales.

Oliveros A. Carlos E. y Oliveros A. Carlos E.

**CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE LOS ESTADOS DE ESFUERZO,
EN EL SECTOR HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO (CORDILLERA DE LA
COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-
GUARENAS, ESTADO MIRANDA**

Tutor académico: Prof. Miguel Castillejo

Cotutor: Prof. Ruthman Hurtado.

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y
Geofísica**

Departamento de Geología Año 2014, 321p.

Palabras clave: Geomecánica, Mecánica de Rocas, Rocas Competentes, Rocas Duras, Modelo Geomecánico, Esquisto Las Mercedes, Abrasividad, Elementos Finitos-Análisis, Túneles, Metro Petare Guarenas.

RESUMEN

La construcción del metro Petare-Guarenas es una obra de ingeniería de gran envergadura, por lo tanto se necesitó la caracterización geomecánica y análisis petrográfico del macizo rocoso a través del lineamiento, que indicaron distintos parámetros: tracción, compresión, resistencia al corte, abrasividad, cohesión, ángulo de fricción, densidad, composición mineral, donde los parámetros geomecánicos se ajustaron mediante el software Rocdata para modelar un perfil geomecánico y un posterior análisis de estado de esfuerzo de elementos finitos, esto nos permitió inferir el desplazamiento vertical del túnel en sus distintas etapas antes, durante y posterior construcción. La petrografía indicó la composición mineral y el porcentaje de mineral abrasivo, que indicó la rozabilidad en el túnel.

ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>AGRADECIMIENTOS</i>	IV
<i>RESUMEN</i>	V
<i>ÍNDICE DE CONTENIDO</i>	VI
<i>ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS</i>	IX
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. <i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	2
1.2. <i>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</i>	3
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.3. <i>JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</i>	3
1.4. <i>ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN</i>	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. <i>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</i>	5
2.2. <i>UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</i>	7
2.3. <i>GEOLOGÍA REGIONAL</i>	8
2.4. <i>BASES TEÓRICAS</i>	11
2.4.1. <i>Macizo Rocosó</i>	11
2.4.2. <i>Fundamentos de Túneles</i>	13
2.4.3. <i>Análisis Petrográfico</i>	14
2.4.4. <i>Ensayos geomecánicos</i>	15
2.4.4.1. <i>Compresión Uniaxial</i>	15
2.4.4.2. <i>Compresión triaxial</i>	16
2.4.4.3. <i>Tracción indirecta o ensayo brasilero</i>	17
2.4.5. <i>Clasificación Deere & Patton</i>	19
2.4.6. <i>Clasificación de Barton</i>	20
2.4.7. <i>Clasificación de Bieniawski (RMR)</i>	22
2.4.8. <i>Criterio de Hoek-Brown</i>	23
2.4.9. <i>Esfuerzos, Tensiones y Deformaciones en las Rocas</i>	24
2.4.10. <i>RocData (Rocscience)</i>	25
2.4.10.1. <i>Criterios Fuerza: Generalizada Hoek-Brown</i>	25

3. MARCO METODOLÓGICO	27
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	27
3.4 MEDIOS, INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS.....	28
3.5. METODOLOGÍA.....	29
3.5.1 Etapa I: Recopilación de información y Análisis de la información	32
3.5.2 Etapa II: Recolección de muestra.....	32
3.5.3 Etapa III: Trabajo de laboratorio y oficina.....	33
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
4.1. DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA.....	37
4.2. PROPIEDADES ÍNDICES	39
4.3 ESTUDIO PETROGRÁFICO	40
4.3.1. Estudio petrográfico (BH-19)	40
4.3.1.1. Resultados del conteo modal	41
4.3.2. Estudio petrográfico BH-21.....	42
4.3.2.1. Resultados del conteo modal	43
4.3.3 Estudio petrográfico BH-240.....	44
4.3.3.1. Resultados del conteo modal	46
4.3.4. Estudio petrográfico BH-250.....	47
4.3.4.1. Resultados del conteo modal	48
4.3.5. Resultado general de porcentaje modal de cuarzo	49
4.4. ENSAYOS GEOMECÁNICOS	51
4.4.1. Ensayos de Tracción Indirecta.....	51
4.4.1.1. Resultados del Ensayo Brasilerio (tracción indirecta)	53
4.4.2. Ensayos Triaxial Estático	56
4.4.2.1. Resultados del Ensayo compresión Triaxial	60
4.4.3. Ensayos de Compresión Uniaxial	64
4.4.3.1 Resultados del Ensayo Compresión Uniaxial	66
4.4.4. Ensayos de Corte Directo	70
4.4.4.1 Resultados del Ensayo Corte directo	76
4.4.6 Ensayo de abrasividad método (Cerchar)	77
4.5. COMPARACIÓN DE ÍNDICE DE ABRASIVIDAD DE LOS MÉTODOS SCHIMAZEK Y CERCHAR	
78	
4.5.1. Método de Schimazek.....	78

ÍNDICE DE CONTENIDO

4.5.2. Método Cerchar	79
4.5.3. Comparación entre los Métodos de Schimazek y Cerchar	80
4.6. MODELO GEOMECANICO	81
4.6.1. Ajuste Geomecánico BH-19.....	81
4.6.2. Ajuste Geomecánico BH-21.....	83
4.6.3. Ajuste Geomecánico BH-240.....	84
4.6.4. Ajuste Geomecánico BH-250.....	85
4.6.5. Modelo Geomecánico General	86
4.7. MODELO DE ELEMENTOS FINITOS	87
4.7.1. Análisis de elementos finitos BH-19 (Se modela con carga litostática).....	89
4.7.2. Análisis General BH-19 (Se modela con carga litostática)	92
4.7.2. Análisis de elementos finitos BH-21(Se modela con carga litostática).....	93
4.7.3. Análisis general BH-21 (Se modela con carga litostática).....	96
4.7.4. Análisis de elementos finitos BH-240 (Se modela con carga litostática).....	97
4.7.4. Análisis general BH-240 (Se modela con carga litostática).....	100
4.7.4. Análisis de elementos finitos BH-250.....	101
4.7.5. Análisis general BH-250.....	104
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
5.1. CONCLUSIONES.....	105
5.2. RECOMENDACIONES	106
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
6.1 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	107
7. APENDICES	110
7.1 REPORTES PETROGRÁFICOS	110
7.2 REPORTES DE TRACCIÓN INDIRECTA.....	145
7.3 REPORTES DE COMPRESIÓN TRIAXIAL	181
7.4 REPORTES DE COMPRESIONES SIMPLE	217
7.5 REPORTES DE CORTE DIRECTO	268
7.6 REPORTES CERCHAR	292
7.7 PLANILLAS DE PERFORACIÓN	304

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

FIGURA 2.2.1	MAPA POLÍTICO TERRITORIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.....	7
FIGURA 2.3.1.	UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO (MAPA GEOLÓGICO DE CORDILLERA DE LA COSTA. TOMADO DE URBANI & RODRÍGUEZ 2004).....	8
FIGURA 2.4.1.	REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA Y ESTADÍSTICA DEL EFECTO ESCALA EN UN MACIZO ROCOSO PINTO DE CUNHA, (1993).....	11
FIGURA 2.4.2.	ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL (CASTILLEJO, 1993)	15
FIGURA 2.4.3.	VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL EN FUNCIÓN DE LA RELACIÓN L/D. DATOS DE GREEN & PERKINS, 1968; MOGI 1966.	16
FIGURA 2.4.4.	ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL (CASTILLEJO, 1993).....	17
FIGURA 2.4.5.	ESQUEMA DE ENSAYO BRASILEIRO (CASTILLEJO, 1993).....	18
FIGURA 2.4.6.	DIAGRAMA DE LAS TENSIONES A LO LARGO DEL EJE Y PARA UN DISCO SOMETIDO A COMPRESIÓN DIAMETRAL CONCENTRADA Y DISTRIBUIDA EN UN ARCO DEL CIRCULO (ADDONAL & HACKET, 1964). TOMADO DE (CASTILLEJO, 1993).....	19
FIGURA 2.4.7.	CLASIFICACIÓN (DEERE & PATTON, 1971)	20
FIGURA 2.4.8.	DIFERENTES ESTADOS DE TENSIONES APLICADOS A MUESTRAS DE LABORATORIO (GONZÁLEZ DE VALLEJO & FERRER, 2002).....	24
GRAFICO 3.5.2	ESQUEMA METODOLÓGICO ETAPA I Y II.....	30
GRAFICO 3.5.3	ESQUEMA METODOLÓGICO ETAPA III.....	30
GRAFICO 3.5.4	ESQUEMA METODOLÓGICO ETAPA III.....	31
GRAFICO 4.3.1.	RESULTADO GENERAL DEL PORCENTAJE MODAL DEL MINERAL DE CUARZO DE LAS PERFORACIONES BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21.	49
FIGURA 4.6.1.	AJUSTE GEOMECÁNICO BH-19.....	81
FIGURA 4.6.2.	AJUSTE GEOMECÁNICO BH-21	83
FIGURA 4.6.3.	AJUSTE GEOMECÁNICO BH-240.....	84
FIGURA 4.6.4.	AJUSTE GEOMECÁNICO BH-250.....	85
FIGURA 4.7.1.	ETAPA 1 BH-19 (S)	89
FIGURA 4.7.1.	ETAPA 1 BH-19 (E)	89
FIGURA 4.7.1.	ETAPA 2 BH-19 (S)	90
FIGURA 4.7.1.	ETAPA 2 BH-19 (E)	90
FIGURA 4.7.1.	ETAPA 3 BH-19 (S)	91
FIGURA 4.7.1.	ETAPA 3 BH-19 (E)	91
FIGURA 4.7.2.	ETAPA 1 BH-21 (S)	93
FIGURA 4.7.2.	ETAPA 1 BH-21 (E)	93
FIGURA 4.7.2.	ETAPA 2 BH-21 (S)	94
FIGURA 4.7.2.	ETAPA 2 BH-21 (E)	94
FIGURA 4.7.2.	ETAPA 3 BH-21 (S)	95
FIGURA 4.7.2.	ETAPA 3 BH-21 (E)	95
FIGURA 4.7.3.	ETAPA 1 BH-240 (S)	97
FIGURA 4.7.3.	ETAPA 1 BH-240 (E)	97

ÍNDICE DE CONTENIDO

FIGURA 4.7.3. ETAPA 2 BH-240 (S) 98
FIGURA 4.7.3. ETAPA 2 BH-240 (E) 98
FIGURA 4.7.3. ETAPA 3 BH-240 (S) 99
FIGURA 4.7.3. ETAPA 3 BH-240 (E) 99
FIGURA 4.7.4. ETAPA 1 BH-250 (S) 101
FIGURA 4.7.4. ETAPA 1 BH-250 (E) 101
FIGURA 4.7.4. ETAPA 2 BH-250 (S) 102
FIGURA 4.7.4. ETAPA 2 BH-250 (E) 102
FIGURA 4.7.4. ETAPA 3 BH-250 (S) 103
FIGURA 4.7.4. ETAPA 3 BH-250 (E) 103

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.4.1.	PARÁMETROS DE BARTON	21
TABLA 2.4.2.	CLASIFICACIÓN DE BARTON.	21
TABLA 4.2.1.	RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES.....	39
TABLA 4.3.1	CONTEO MODAL DE LA PERFORACIÓN BH-19.....	41
TABLA 4.3.2.	CONTEO MODAL DE LA PERFORACIÓN BH-21.....	43
TABLA 4.3.3.	CONTEO MODAL DE LA PERFORACIÓN BH-240.....	46
TABLA 4.3.4.	CONTEO MODAL DE LA PERFORACIÓN BH-250.....	48
TABLA 4.3.5	PROMEDIO GENERAL DE CONTEO	48
TABLA 4.4.1.	RESULTADOS DEL ENSAYO BRASILEIRO.	53
TABLA 4.4.1B.	RESISTENCIA PROMEDIO DE ENSAYOS BRASILEROS	53
TABLA 4.4.2.	RESULTADOS DEL ENSAYO TRIAXIAL.	60
TABLA 4.4.2B.	RESISTENCIA PROMEDIO DE ENSAYOS TRIAXIAL	61
TABLA 4.4.3.	RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL.	66
TABLA 4.4.3B.	RESISTENCIA PROMEDIO DE ENSAYOS COMPRESIÓN SIMPLE.....	67
TABLA 4.4.4.	RESULTADOS CORTE DIRECTO.....	76
TABLA 4.5.1.	RESULTADOS DE ABRASIVIDAD OBTENIDOS POR EL MÉTODO SCHIMAZEK	78
TABLA 4.5.2.	RESULTADOS DE ABRASIVIDAD OBTENIDOS POR EL MÉTODO CERCHAR...	79
TABLA 4.5.3.	CRITERIO DE ABRASIVIDAD PARA EL MÉTODO CERCHAR.....	79
TABLA 4.6.1	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA PERFORACIÓN BH-19	82
TABLA 4.6.2	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA PERFORACIÓN BH-21	83
TABLA 4.6.3	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA PERFORACIÓN BH-240	84
TABLA 4.6.4	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LA PERFORACIÓN BH-250	85

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es una caracterización geológica, geomecánica y análisis de los estados de esfuerzos del macizo rocoso ubicado entre el Helipuerto Ávila y la estación PDV (Cercado), para la excavación de los túneles gemelos del Sistema de Transporte Masivo Caracas-Guarenas-Guatire, estado Miranda.

El proyecto está estructurado en siete capítulos principales, en el capítulo I: generalidades de la investigación que comprende: el planteamiento del problema, objetivos de investigación y la justificación de la investigación, es decir las necesidades que originaron la creación del tema de investigación y la propuesta para resolver el problema. El capítulo II menciona la ubicación de la zona de estudio, además de trabajos previos cuyo objetivo general guarda estrecha relación con el tema tratado en esta investigación, por último están las bases teóricas del tema tratado. El capítulo III contiene todo lo relacionado a la metodología de trabajo propuesta para desarrollar el tema de investigación. El capítulo IV desarrolla lo relacionado a resultados y su posterior análisis, haciendo énfasis en los distintos ensayos geomecánicos, petrografía, modelo geomecánico y análisis de estado de esfuerzo de túnel mediante el método de elementos finitos. El capítulo V contiene las conclusiones y recomendaciones obtenidas en base al trabajo realizado. El capítulo VI presenta las distintas bibliografías utilizadas en el trabajo de investigación. El capítulo VII muestra el apéndice del trabajo cual contiene todos los ensayos elaborados para este trabajo de investigación.

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

El crecimiento en los últimos años de las poblaciones de Guarenas, Guatire y sus adyacencias, junto a la necesidad de las mismas de movilizarse diariamente hacia la Gran Caracas, han generado un congestionamiento vehicular en las dos únicas vías terrestres de transporte directo existentes (Autopista Antonio José de Sucre y Carretera Vieja Caracas-Guarenas), por ende el Estado a través de la institución Metro de Caracas C.A. ha contratado los servicios de la empresa ODERBRECHT para llevar a cabo la construcción del Sistema de Transporte Masivo Caracas-Guarenas-Guatire, que servirá como una nueva alternativa de transporte.

Durante la construcción de un tramo de este sistema es necesaria la excavación de túneles (Metro Caracas-Guarenas) que atravesarán al menos 20 km, de la Cordillera de la Costa, específicamente entre el sector Helipuerto Ávila y la Estación PDV-Cercado, (Urbani, (2000)) establece que el macizo rocoso de dicho sector pertenece al Esquisto Las Mercedes.

Durante la excavación de cualquier macizo rocoso siempre existirá un nivel de incertidumbre, dependiente de los estudios exploratorios realizados en las fases previas, con respecto a la litología, geología estructural, hidrogeología y comportamiento geomecánico. Además, al excavar, se altera el estado de equilibrio tensional del mismo, generando así un reacomodo de esfuerzos hacia un nuevo estado de equilibrio que junto a las variaciones de resistencia debido a la presencia de discontinuidades conlleva a la deformación de la masa de roca. En otras palabras, es probable que durante el desarrollo de una excavación, dependiendo del método constructivo utilizado será o no necesario aplicar un sostenimiento, con la finalidad de contrarrestar estas condiciones de esfuerzo, evitando se desprendan fragmentos de roca de las paredes y/o techo de los túneles y determinar los empujes actuantes en el revestimiento final para su diseño.

Tomando en cuenta lo antes mencionado se genera las siguientes interrogantes ¿Existe suficiente información geológica y geomecánica a la profundidad en la que se excavarán los túneles del metro Caracas-Guarenas?, ¿Cómo se redistribuirán los esfuerzos en el macizo rocoso ante la excavación de los túneles?

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

- Realizar la caracterización geológica, geomecánica y análisis de los estados de esfuerzo, en la Cordillera de la Costa (sector Helipuerto Ávila - estación PDV-Cercado) para la excavación de los túneles del Metro Caracas-Guarenas, estado Miranda.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Describir parámetros cualitativos (foliación, color, variación mineralógica) de los núcleos de perforación.
- Determinar propiedades índices (absorción, porosidad y densidad) de los núcleos de perforación.
- Determinar propiedades geomecánicas de las rocas a través de los ensayos mecánicos: Compresión Simple, Compresión Triaxial, Tracción Indirecta (Brasilero), Cerchar y Corte directo.
- Analizar petrográficamente las muestras de las perforaciones BH-250, BH-240, BH-21, BH-19, haciendo énfasis en porcentaje modal, fases minerales, rasgos texturales, microestructuras, e identificación mineral.
- Concentrar datos geológicos y geomecánicos en tablas y reportes de laboratorio.
- Comparar los índices de abrasividad obtenidos mediante índice de Schimazek y ensayo geomecánico (CERCHAR).
- Generar el modelo geomecánico de la zona en estudio del macizo rocoso.
- Analizar las variaciones de los estados de esfuerzo en el macizo rocoso antes y después de la excavación del túnel por el método de los elementos finitos.

1.3. Justificación de la Investigación

El primer paso para la construcción del Metro Caracas-Guarenas, proyecto que beneficiará directamente a los habitantes de estas ciudades y de zonas aledañas al ofrecer un medio de transporte alternativo que cubrirá al menos 20 km de distancia, es el modelado geológico y geomecánico del macizo rocoso donde serán excavados. Este proceso comprende identificar las características geológicas, geotécnicas y geomecánicas más representativas y cuantificar los valores de resistencia a partir de la correlación con valores obtenidos en roca intacta mediante ensayos de laboratorio sistematizados.

Este trabajo representará una herramienta de gran valor para la puesta en marcha del proyecto ya que actualmente solo existe información de geología de superficie y excavaciones hasta 50 metros de profundidad que no permiten tener una aproximación de los inconvenientes y situaciones adversas que podrían surgir durante la fase constructiva del túnel a 200 m, ni permiten proporcionar información sobre las características de resistencia de los elementos de sostenimiento aptos que garanticen la estabilidad y seguridad durante y después de la ejecución del proyecto.

Los resultados, aportaran información inédita y sustentada sobre la geología de subsuelo de la zona, la cual servirá como antecedente y beneficiará la realización futuros trabajos geológicos, geotécnicos y/o geomecánicos.

1.4. Alcance de la Investigación

Este trabajo de investigación está dirigido principalmente a la industria de construcción de obras subterráneas principalmente, las líneas de metro, túneles entre otras. Para esto se plantea una serie de objetivos y tareas, las cuales permitirán llevar a cabo los estudios y posterior análisis del macizo rocoso, mediante un modelo geomecánico y análisis de elementos finitos a fin de proporcionar una base de datos geomecánicos y teóricos que contribuya en posteriores trabajos de investigación y aplicaciones para minas que utilicen el método de explotación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Álvarez y Rodríguez (2008), caracterización geomecánica para el proyecto del sistema subterráneo Metro de Caracas. Línea 5, tramo Zona Rental de la UCV-Bello Monte: Realizaron ensayos en muestras de rocas obtenidas de los sondeos, ubicadas a las profundidades correspondientes a las claves de los túneles, con el objeto de estimar las propiedades índices de la roca intacta. Por otra parte, se aplicaron las clasificaciones geomecánicas de mayor uso en la actualidad para proyecto de túneles, así como también, se estimaron los parámetros de resistencia del macizo rocoso (resistencia a la compresión del macizo, módulo de elasticidad, ángulo de fricción del macizo y cohesión del macizo según las correlaciones propuestas por (Hoek & Brown, 1990).

Farfán y Marconi (2008), Caracterización geomecánica para el proyecto del túnel del sistema subterráneo Metro de Caracas, línea 5, tramo Bello Monte-Chuao (UNEFA): Realizaron ensayos en muestras de rocas obtenidas de los sondeos, ubicadas a las profundidades correspondientes a las claves de los túneles, con el objeto de estimar las propiedades índices de la roca intacta. Por otra parte, se aplicaron las clasificaciones geomecánicas de mayor uso en la actualidad para proyecto de túneles, así como también, se estimaron los parámetros de resistencia del macizo rocoso (resistencia a la compresión del macizo).

Chacón (2008), llevo a cabo la “Caracterización geomecánica y modelado 3D de los macizos rocosos correspondientes al desarrollo de las obras subterráneas del sistema Caracas-Guarenas-Guatire”, con estos estudios concluyeron que el macizo rocoso según la clasificación “Q” de Barton varía en calidad desde excepcionalmente malo a medio. Los parámetros se trabajaron con valores estadísticos que arrojaban una determinada probabilidad de ocurrencia del valor de Q para cada sector del trazado. De acuerdo con la clasificación “RMR” de Bieniawski la calidad varia de muy mala a media. Se identificaron tres familias de diaclasas con las siguientes direcciones: D1: N 11° E 85° S, D2: N 31° O 85°N, D3: N 83° E 83° S, aunque en ciertas zonas del macizo rocoso se encontraron hasta cinco familias.

Boada (2008), en su “Análisis de esfuerzos del comportamiento del macizo rocoso debido a la excavación de los túneles del ferrocarril San Juan- Los Flores, mediante el método de los

elementos finitos, en el municipio Juan Germán Roscio del estado Guárico” realizó una primera estimación de los parámetros de resistencia del macizo rocoso y de la colocación de los elementos de sostenimiento temporales al momento de la excavación. Los esfuerzos a lo largo del ferrocarril fueron modelados en dos situaciones: 1.) la construcción del túnel con un revestimiento de shotcrete, el cual no permite deformaciones ya que la rigidez del mismo, absorbe cualquier reajuste de esfuerzos y 2.) donde se deja libre de revestimiento el macizo rocoso y se observan claras deformaciones, para ello se utilizó el software Plaxis 3D Tunnel, el cual permitió hacer la malla de elementos finitos con la que se realizaron los análisis correspondientes. Dicha malla al ser más densa proporciona mayor exactitud en los cálculos, lo que se traduce en una menor desviación estándar en los resultados, sin embargo aumenta el tiempo de análisis y las exigencias del computador.

Espinoza (2005), realizó un análisis de subsidencia producida por la excavación de túneles de la línea 4 del metro de Caracas, aplicando el método de los elementos finitos para así estudiar el comportamiento del suelo durante la construcción de los túneles de Parque Central. Se investigó particularmente el efecto del peso de las edificaciones sobre el movimiento generado en el terreno, así como el efecto de la interacción del suelo con las estructuras a través de elementos de interacción. Llegaron a la conclusión que la carga de las edificaciones cambian el régimen de esfuerzos producidos por la excavación, y consecuentemente, la rigidez del suelo cercano a la superficie. Los elementos de interacción demuestran que este incremento de rigidez reduce la deformación horizontal a nivel superficial, pero a su vez ocasiona una mayor deformación plástica en los alrededores de las edificaciones.

2.2. Ubicación de la zona de estudio

El área de estudio está ubicada al norte de Venezuela, comprende un sector del estado Miranda entre los municipios Plaza y Zamora, cuyas capitales son Guarenas y Guatire respectivamente



Figura 2.2.1 Mapa político territorial de la República Bolivariana de Venezuela

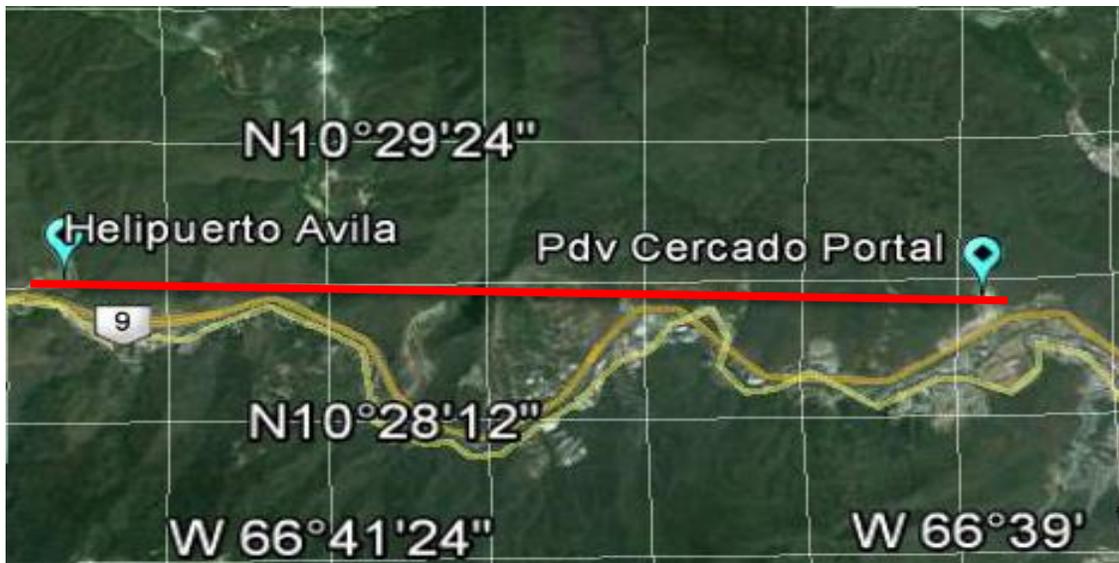
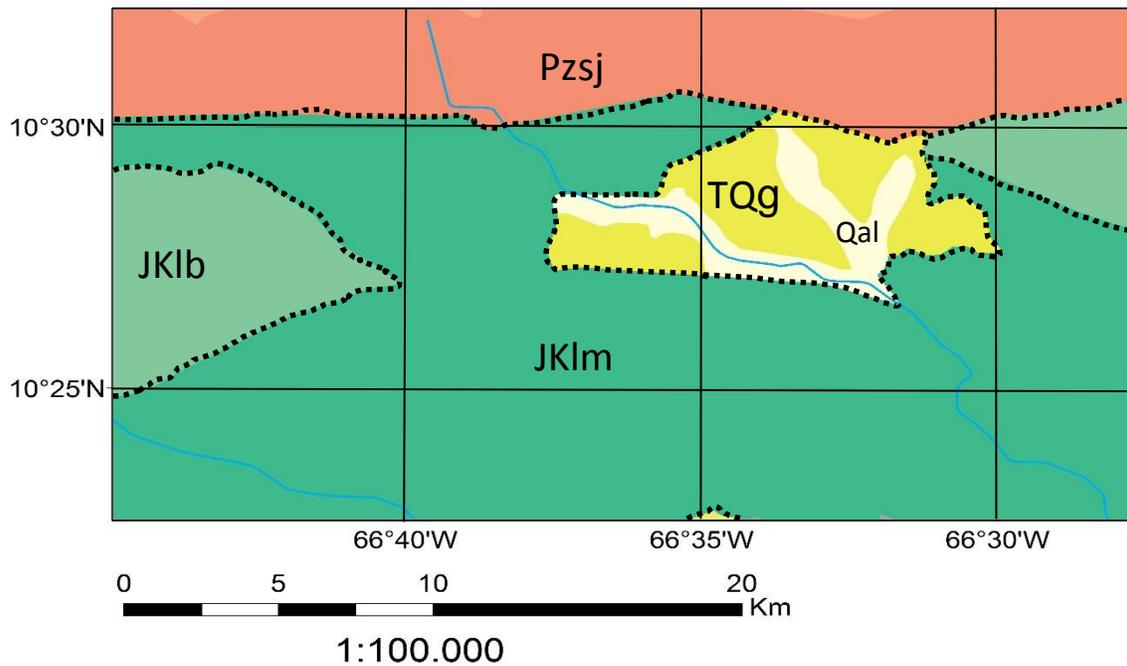


Figura 2.2.2 Sección del alineamiento de la zona estudio.

2.3. Geología Regional

La zona en estudio está ubicada en el Esquisto Las Mercedes, el presente mapa geológico muestra sus características



Leyenda

- JKlm Las Mercedes Esquisto, Chuspita Esquisto, s.d. Caracas Asociación Metasedimentaria (Jurásico a
- JKlb Las Brisas Esquisto, Caracas Asociación Metasedimentaria (Jurásico a Cretácico)
- TQg Guatire Fm. (Pleistoceno a Holoceno)
- Qal Aluvi3n (Pleistoceno a Holoceno)
- Pzsj San Julián complejo, Ávila Metamórfica Asociación (Paleozoico)
- Contactos

Figura 2.3.1. Ubicación de la zona de estudio (mapa geológico de Cordillera de la Costa. tomado de Urbani & Rodríguez 2004)

Esquisto Las Mercedes

Asociación Metasedimentaria Caracas-estado Miranda.

Referencia original: S. E. Aguerrevere y G. Zuloaga, 1937

Localidad tipo: Antigua Hacienda Las Mercedes al este de Caracas, estado Miranda, hoy urbanizaciones Las Mercedes y Valle Arriba. Hoja 6747, escala 1:100. 000, Cartografía Nacional. Debido al crecimiento del urbanismo con la consecuente desaparición de los afloramientos de la localidad tipo, Wehrmann (1972) propone como sección de referencia a la carretera Petare - Santa Lucía, donde está expuesta una sección casi continua hasta su transición con el Esquisto de Chuspita. Igualmente hay secciones bien expuestas en la autopista Caracas - Valencia, en el tramo Hoyo de la Puerta - Charallave, así como en la Quebrada Las Canoas, al sureste de Hoyo de La Puerta.

Descripción litológica: Aguerrevere y Zuloaga (1937, 1938) la define principalmente como esquisto calcáreo, con zonas micáceas. Según Wehrmann (1972) y la revisión de González de Juana *et al.* (1980) la litología predominante consiste en esquisto cuarzo - moscovítico - calcítico - grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes, que cuando alcanza gruesos espesores se ha denominado "Mármol de Los Colorados". Las rocas presentan buena foliación y grano de fino a medio, el color característico es el gris parduzco. La mineralogía promedio consiste en cuarzo (40%) en cristales dispuestos en bandas con la mica, muscovita (20%) en bandas lepidoblásticas a veces con clivaje crenulado, calcita (23%) en cristales con maclas polisintéticas, grafito (5%), y cantidades menores de clorita, óxidos de hierro, epidoto y ocasionalmente plagioclasa sódica. El mármol intercalado con esquisto se presenta en capas delgadas usualmente centimétricas a decimétricas, son de color gris azulado, cuya mineralogía es casi en su totalidad calcita, escasa dolomita y cantidades accesorias de cuarzo, muscovita, grafito, pirita y óxidos de hierro.

Wehrmann (1972) menciona la presencia de metaconglomerado en su base, esquisto clorítico y una sección en el tope de filita negra, con nódulos de mármol negro, de grano muy fino, similares a las calizas de las formaciones La Luna y Querecual. Este mismo autor indica que la unidad se hace más cuarcífera y menos calcárea en su transición hacia el Esquisto de Chuspita. Seiders (1965) menciona además, metarenisca pura, feldespática y cuarcífera, de estratificación de grano variable, a veces gradada.

En la zona de Valencia - Mariara, estado Carabobo, Urbani *et al.* (1989a) cartografían dos subunidades. La mayoritaria de esquisto calcítico - grafitoso y mármol, con una asociación

mineralógica de cuarzo, calcita, muscovita, albita, grafito, clorita y epidoto. Una segunda subunidad minoritaria de cuerpos de mármol masivo, contentivo de calcita, cuarzo, muscovita, grafito y albita. En la zona de La Sabana - Chirimena - Capaya, estados Vargas y Miranda, Urbani *et al.* (1989) reconocen cuatro unidades cartografiables, la primera y mayoritaria de esquisto grafitoso y mármol, así como de mármol, de metaconglomerado cuarzo - feldespático - calcáreo, de metaconglomerado y metarenisca y de esquisto albitico - grafitoso. Todas estas rocas corresponden a un metamorfismo de bajo grado en la facies de los esquistos verdes, zona de la clorita.

Característico de la unidad, es la presencia de pirita, que al meteorizar, infunde una coloración rojiza en sus alrededores, en afloramientos al menos algo meteorizados hay la constante presencia de vetas de calcita blanca, pero también de colores pardo a marrón claro, que a ha sido identificada erróneamente como calcita ferruginosa, ankerita o siderita. En muestras de sondeos profundos con muestras no meteorizadas, esta coloración marrón de la calcita está ausente.

Extensión geográfica: Aflora en una extensa franja, fundamentalmente al sur de la Fila Maestra de la Cordillera de la Costa, entre Carenero, estado Miranda, hasta el estado Cojedes.

Contactos: La mayoría de los autores hasta los años 70 han considerado el contacto entre los esquistos de Las Mercedes y Las Brisas, como concordantes y de tipo sedimentario. Mientras que autores más recientes consideran que es de tipo tectónico conservando el paralelismo en la foliación en ambas unidades (e. g. González de Juana *et al.*, 1980,). En la zona de la Colonia Tovar, Ostos (1990) señala que el contacto entre las rocas de la Asociación metamórfica Ávila con el Esquisto de Las Mercedes puede ser interpretado tanto como una falla normal de bajo ángulo, o como un contacto sedimentario original. El contacto con el Esquisto de Las Brisas lo interpreta como de corrimiento. En el estado Cojedes el mismo autor, señala que la Peridotita de Tinaquillo está en contacto con el Esquisto de Las Mercedes a través del Corrimiento de Manrique.

Cantisano, (1989) en su estudio de la zona de Mamera, Distrito Capital, indica que el contacto entre Las Mercedes y Antímamo corresponde a una falla de corrimiento.

El contacto con el Esquisto de Chuspita parece ser transicional Seiders (1965).

Edad: Estas asociaciones de fósiles poco diagnósticas sólo permiten sugerir una edad Mesozoica, sin diferenciar.

Paleoambiente: Talukdar y Loureiro (1982), sugieren un ambiente euxínico en una cuenca externa a una arco volcánico, donde la estructura finamente laminada de la caliza, indica la

sedimentación en un ambiente pelágico. Navarro *et al.* (1988) interpretan que esta unidad se formó en un ambiente de facies pelágicas de sedimentación oceánica en las cuencas del Caribe y de Altamira. Los escasos restos de fósiles hallados indican ambientes más someros, pero es probable que sean retrabajados y hayan sido acarreados a los ambientes pelágicos por corrientes de turbidez.

2.4. Bases Teóricas

2.4.1. Macizo Rocos

“Un macizo rocoso es un medio heterogéneo y discontinuo cuyas propiedades resistentes y deformacionales no pueden ser medidas directamente en laboratorio, existiendo una diferencia muy apreciable entre los valores que se obtienen en los ensayos de laboratorio y los que se obtienen mediante medidas in situ que afectan, en el ensayo, a un volumen de terreno mayor” Castillejo (1993).

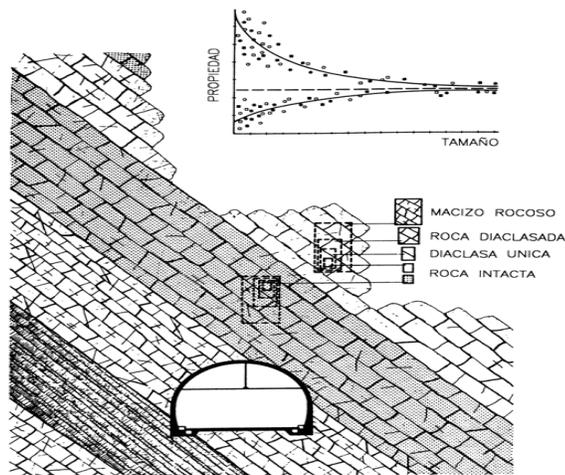


Figura 2.4.1. Representación simbólica y estadística del efecto escala en un macizo rocoso Pinto de Cunha (1993)

El estudio geológico y geotécnico fundamental de un macizo rocoso debe abordarse mediante: 1) el levantamiento en superficie de los afloramientos, tomando en cuenta discontinuidades, contacto y distribución de litología, geomorfología, posición y movilidad del agua, espesor de materiales de recubrimiento entre otros factores; 2) mediciones indirectas basadas en técnicas geofísicas que permitan obtener datos con los que sea posible contrastar la información obtenida

a partir de los levantamientos en superficie, y así generar una idea de lo que pueda encontrarse por debajo de esta y 3) mediciones puntuales como los sondeos mecánicos puntuales. Estos estudios tienen como objeto final generar un modelo geológico y a su vez un modelo geomecánico donde se representen “los parámetros físicos, resistentes y deformacionales del macizo rocoso involucrado en la excavación, tanto en sus valores medios más representativos y locales, como en su variabilidad” Castillejo, (1993).

Castillejo, (1993) también afirma que “una vez caracterizados los litotipos a nivel de roca intacta se evalúan las propiedades del macizo rocoso empleando la clasificación de Bieniawski, que proporciona el índice RMR (Rock Mass Ratio) y que permite, a partir de las expresiones de Priest y Brown, minorar las propiedades de la roca intacta obteniendo los parámetros “ m ” y “ s ” del criterio de rotura Hoek Brown para el macizo rocoso. Sin embargo todavía la mayor parte de los programas de cálculo utilizan internamente el criterio de rotura de Mohr-Coulomb, definido por la cohesión y la fricción. Por ello se han desarrollado las expresiones que permiten definir la cohesión y la fricción a partir del “ m ” y del “ s ”, y siempre en función del estado tensional existente en el macizo rocoso a excavar. Para la obtención de los parámetros elásticos es preferible la realización de ensayos presiométricos y dilatómétricos in situ, que permiten no sólo conocer el módulo de elasticidad, sino además correlaciona dicho módulo con los obtenidos en laboratorio.”

Los parámetros “ m ” y “ s ”, son constantes que dependen de la roca y vienen dados por las siguientes expresiones:

$$m = m_i \cdot e^{\frac{(RMR-100)}{14}}$$

$$s = e^{\frac{(RMR-100)}{6}}$$

Siendo m_i un parámetro dependiente de la litología de la roca.

Una vez conseguidos m y s se pueden estimar los valores de la cohesión y fricción del macizo rocoso, ya que existe una relación para un determinado nivel de presión de confinamiento representado por la presión de confinamiento, a la curva de resistencia intrínseca envolvente de los estados tensionales últimos definidos por el criterio de Hoek y Brown, puede sustituirse por una recta definida por el ángulo de fricción (φ) y la cohesión (C) determinada por las siguientes expresiones:

$$C = (c \cdot \tan \varphi \cdot \cos \varphi) \frac{m \cdot \sigma_c}{8} - \sigma \cdot \tan \varphi$$

$$\varphi = \arctan \left[4.h.\cos \left(30 + \frac{1}{3}.\arcsin \left(h^{\frac{-3}{2}} \right) \right) - 1 \right]^{-1}$$

en donde:

$$h = \frac{1 + 16(m \sigma + s \sigma_c)}{3 m^2 \sigma_c}$$

Esto define los valores de cohesión y fricción para un entorno específico de presiones en el terreno. A su vez la resistencia a la compresión del macizo rocoso viene dada por esta expresión:

$$\sigma_{cs} = \sqrt{s} \sigma_c$$

2.4.2. Fundamentos de Túneles

Un túnel es una excavación u obra subterránea relativamente horizontal y lineal que se realiza con el fin de comunicar por lo menos dos puntos o zonas de la superficie terrestre separados por extensas masas de roca o suelo. La excavación de un túnel puede ser destinada al transporte de fluidos, construcción de sistemas ferroviarios de transporte, construcción de autopistas, entre otros usos menos usuales.

“Las investigaciones para un túnel deberán ser una actividad continua durante su proyecto, diseño y construcción. En la medida que se va utilizando cada pieza de información, aparecen nuevos y más detallados problemas, por lo que son necesarias investigaciones adicionales. Los problemas de excavación en túneles tienen una naturaleza más tridimensional que cualquier otro tipo de excavación. Podría decirse que son hasta cuádrimensionales, en el sentido de que el tiempo representa un factor importante, debido a que los esfuerzos en un terreno que ha sido abierto experimentan cambios continuos y el tiempo de instalación de soporte puede llegar a ser determinante.” Megaw, y otros (1988)

Los autores citados establecen en su obra que el objetivo al excavar un túnel a través del macizo rocoso es lograr que los esfuerzos y deformaciones en el terreno y en los elementos de sostenimiento temporal y permanente se mantengan en todo momento dentro de límites seguros y aceptables. Según proceda la operación, los refuerzos se redistribuyen progresivamente, con

relajación en algunas áreas e intensificación en otras. La magnitud y patrón de la redistribución de los esfuerzos puede depender de diversos factores, tales como:

- Tipo de roca
- Parámetros geomecánicos.
- Discontinuidades.
- Esfuerzos ya existentes en la roca.
- Tamaño y forma de la sección del túnel.
- Tipo y resistencia del sostenimiento temporal.
- Revestimiento permanente.
- Métodos y procedimientos de construcción.

Los esfuerzos se pueden evaluar empíricamente o por medio de análisis matemáticos y ensayos de laboratorio, donde se incluye el uso del método de elementos finitos, realizado por *software* en computadores. La precisión de los resultados estará sujeta a la precisión con que se hayan determinado los factores antes mencionados, pudiendo ser alguno(s) de estos variantes a través de toda la extensión del macizo rocoso.

Los levantamientos geológicos y estudios geotécnicos son también fundamentales durante el proyecto, diseño y construcción de túneles. La estratigrafía, petrología y tectónica son importantes, pero los detalles de las estructuras geológicas y las variaciones de litología son aún más necesarios. Los estudios de la mecánica de roca se apoyan en la geología básica para lograr los pronósticos del comportamiento geomecánico del macizo durante la excavación y su interacción con el sostenimiento temporal y permanente.

Durante la etapa de construcción tienen lugar ajustes progresivos de los esfuerzos cuando parte de la roca que rodea la excavación falla localmente o se mueve a lo largo de los planos de discontinuidad, aliviando la concentración de los esfuerzos. Se alcanza así un equilibrio final cuando los esfuerzos máximos, no mayores que la resistencia de la roca confinada, se distribuyen una vez más adentro de la masa circundante de roca.

2.4.3. Análisis Petrográfico

“Es la rama de la geología, específicamente de la petrología, relacionada con la descripción y clasificación de las rocas “Baamonde (2006)

2.4.4. Ensayos geomecánicos

Los ensayos geomecánicos representan una etapa imprescindible en el proceso de caracterización del macizo rocoso, los valores obtenidos a partir de estos permiten cuantificar de una manera aproximada los estados de esfuerzos máximos que puede soportar dicho cuerpo rocoso durante la excavación un túnel. Dentro de estos ensayos destacan los siguientes:

2.4.4.1. Compresión Uniaxial

Castillejo (1993), “la resistencia a la compresión uniaxial está definida como la sollicitación $\sigma_1=C_0$ máxima que una muestra cilíndrica de roca es capaz de soportar. El valor determinante para C_0 depende de la rugosidad de la superficie, del no paralelismo y la perpendicularidad entre las caras”. Debe tomarse en cuenta además las dimensiones de la muestra, tal es el caso del diámetro D . En este ensayo la muestra cilíndrica de roca es colocada entre dos piezas cilíndricas de metal y por medio de una prensa se somete a una sollicitación creciente de σ_1 , tal como se muestra en la figura 2.4.2.

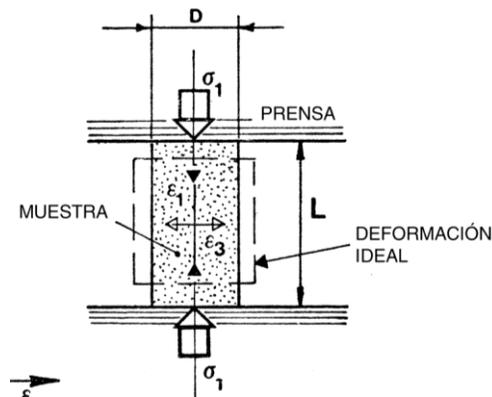


Figura 2.4.2. Ensayo de compresión uniaxial Castillejo, (1993)

Castillejo (1993), indica “determinar el máximo diámetro d de un grano sencillo componente de la roca y seleccionar el diámetro de la muestra D de manera que se cumpla la relación $D/d > 10$. La altura de la muestra L deberá ser múltiplo del diámetro”. Diversos ensayos de laboratorio, realizados en distintos tipos de rocas confirman que C_0 disminuye al aumentar la relación L/D , según una ley del tipo:

$$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$$

Donde $(C_0)_1$ representa la resistencia a la compresión de una muestra de roca cuyo $L/D < 2$. En la figura 2.4.3. se refleja el diagrama correspondiente a dicha ecuación, comparada con resultados experimentales. Se puede constatar que, para $L/D \geq 2,5$, la variación de $C_0/(C_0)_1$ es despreciable, siendo esta relación la sugerida por muchos investigadores, y considerando la relación mínima de $L/D=2$ como aceptable.

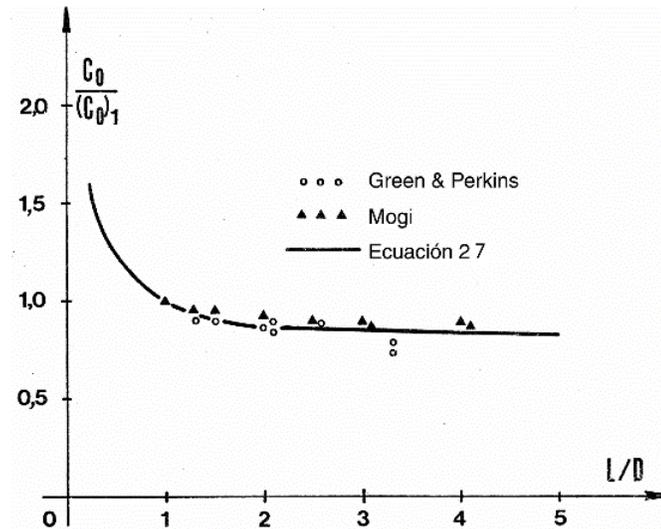


Figura 2.4.3. Variación de la resistencia a la compresión uniaxial en función de la relación L/D. Datos de Green & Perkins (1968) & Mogi (1966).

El ensayo arroja como resultado la resistencia a la compresión no confinada de la roca.

2.4.4.2. Compresión triaxial

El ensayo de compresión triaxial, permite obtener la resistencia a la compresión confinada de la roca, y debe ejecutarse de la siguiente manera.

Castillejo (1993) “la muestra de roca es sometida a una sollicitación creciente σ_1 de manera uniforme, mientras la tensión lateral σ_3 o la relación $(\sigma_1 / \sigma_3) = k_i$ se mantiene constante. La prueba puede ser también realizada con la presencia de un fluido en los poros de la roca ejerciendo un control de la presión intersticial.”

La muestra de forma cilíndrica, es colocada entre dos piezas cilíndricas de acero (una para el apoyo de la muestra y otra para la aplicación de la tensión axial σ_1 , la muestra es revestida por una membrana impermeable y ensayada en una celda como se muestra en la figura 2.4.4, donde la tensión lateral σ_3 es aplicada mediante aceite a presión. Los resultados de este ensayo son afectados por los mismos factores discutidos en el ensayo de compresión uniaxial, con la

diferencia de que en el caso de este ensayo, al aumentar σ_3 se nota una disminución de la influencia de la fricción de entre la roca y las piezas de apoyo de la muestra. Según Castillejo, (1993) “para valores de $L/D \geq 2.5$, el efecto de la fricción es despreciable en el cálculo de resistencia y deformabilidad”

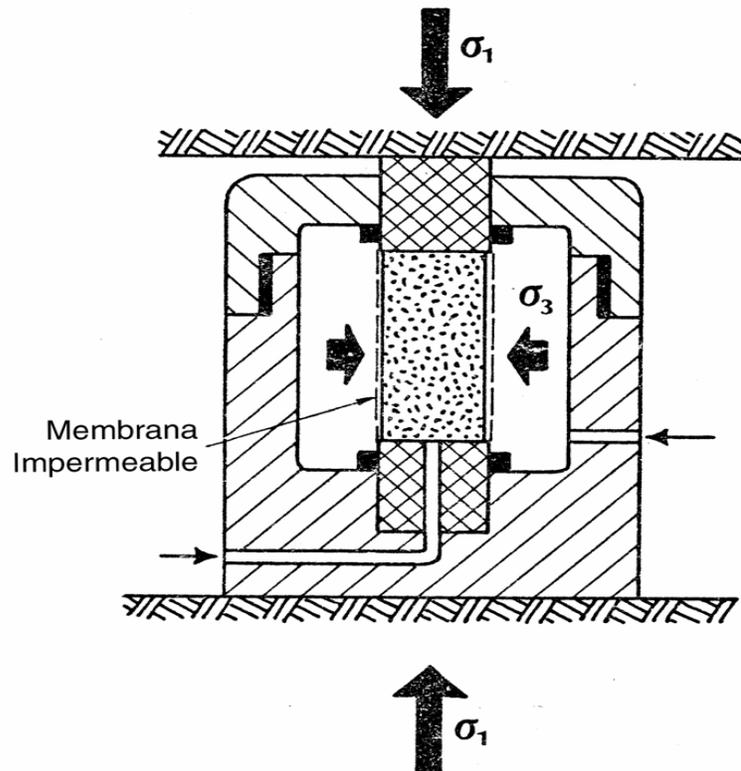


Figura 2.4.4. Ensayo de compresión triaxial Castillejo, (1993).

2.4.4.3. Tracción indirecta o ensayo brasilero

Castillejo (1993) “la compresión diametral de un disco de roca es lo que se denomina ensayo brasilero por medio de la cual se induce una zona caracterizada por tensión a tracción. Al aplicar y aumentar la carga a lo largo del diámetro del disco se producirá una falla aparentemente debida a la tracción.”

Este método es el más empleado para la determinación de la resistencia a la tracción de la roca por su simplicidad al momento de la realización. Aunque este por ser un método indirecto presenta la desventaja de tener que recurrir a fórmulas teóricas para el cálculo de las tensiones, además de reconocer claramente el tipo de fractura que determina el tipo de falla de la muestra.

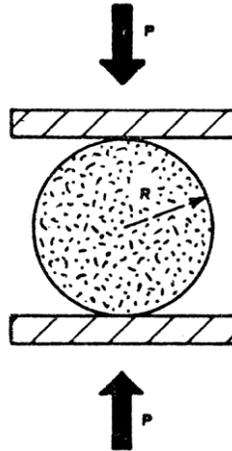


Figura 2.4.5. Esquema de ensayo brasileño (Castillejo, 1993)

Según la teoría clásica de elasticidad tenemos que las tensiones σ_x , σ_y y τ_{xy} a lo largo del eje y del disco de la figura 2.4.5.:

$$\sigma_x = -\frac{P}{\pi t R}$$

$$\sigma_y = \frac{P}{\pi t R} \left(\frac{3R^2 + y^2}{R^2 - y^2} \right)$$

$$\tau_{xy} = 0$$

donde t es el espesor del disco, R es el radio y P la carga aplicada diametralmente.

Estas ecuaciones dan las tensiones principales máximas y mínimas a lo largo del diámetro. Las mismas son graficadas en el diagrama de la figura 2.4.6 con una línea continua. En el centro de la muestra para ($x=0$, $y=0$) se tiene para la tensión:

$$\sigma_x = -\frac{P}{\pi.t.R} \text{ (Tracción)}$$

$$\sigma_y = \frac{3P}{\pi.t.R} \text{ (Compresión)}$$

o también

$$\sigma_y = -3\sigma_x$$

Es decir que la tensión σ_y de compresión mínima y la tensión σ_x de tracción máxima, si se asume que la fractura de la muestra es debido al efecto de la σ_x y se calcula la resistencia a la tracción tendremos que:

$$(T_o)_1 = -\frac{Pc}{\pi \cdot t \cdot R}$$

Donde ahora Pc es la carga al momento de la fractura y $(T_o)_1$ es la resistencia a la tracción, siendo esta una tensión aparente y solo aplicable al centro del disco y se mantiene que la tensión de compresión equivale a tres veces el valor de la tensión de tracción.

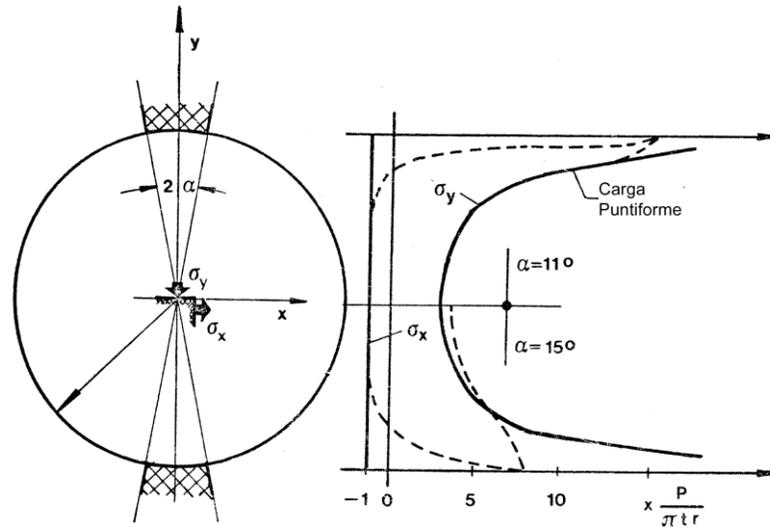


Figura 2.4.6. Diagrama de las tensiones a lo largo del eje y para un disco sometido a compresión diametral concentrada y distribuida en un arco del círculo (Addonal & Hacket, 1964). Tomado de (Castillejo, 1993)

2.4.5. Clasificación Deere & Patton

En la presente se muestra la clasificación dada por Deere y Patton a los suelos y rocas:

Zona I: Suelo residual (regolito)

- Horizonte 1A: Suelo superficial, raíces, zona de lavado y eluviación.
- Horizonte 1B: Enriquecido en arcillas y acumulaciones de Fe, Al y Si (puede estar cementado), ausencia de estructuras heredadas.
- Horizonte 1C (saprolito): Material tamaño limo a arena, menos de 10% de núcleos de roca. Estructuras heredadas de la roca madre.

Zona II: Roca meteorizada

- Horizonte 2A: Transición de suelo residual (saprolito) a roca parcialmente meteorizada. Núcleos de roca entre 10 y 90%, puede presentar meteorización esferoidal.

- Horizonte 2B: Roca parcialmente meteorizada. Roca blanda a dura. Alteración en algunas diaclasas, feldespatos y micas.

Zona III: Roca fresca: No hay signos de alteración en diaclasas, feldespatos o micas.

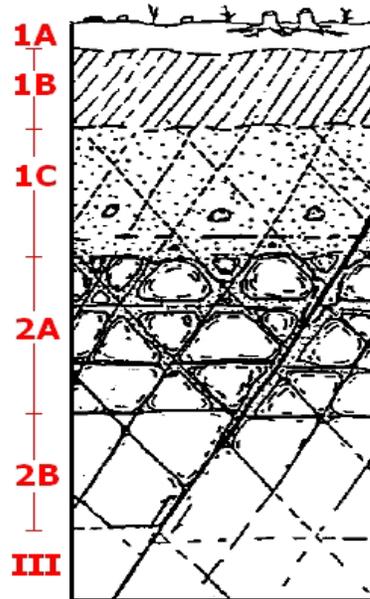


Figura 2.4.7. Clasificación (Deere & Patton, 1971)

2.4.6. Clasificación de Barton

Esta clasificación se basa en un índice de calidad "Q" obtenido a partir de 6 parámetros que tienen en cuenta una serie de características del macizo rocoso. (Anon., s.f.).

El índice Q se define como:

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$$

donde:

Tabla 2.4.1. Parámetros de Barton

Abreviatura	Parámetro
RQD	Rock Quality Designation
Jn	Índice de diaclasado, que tiene en cuenta la fracturación
Jr	Índice de rugosidad, que tiene en cuenta, además de la rugosidad, la presencia de relleno y la continuidad de las juntas
Ja	Índice de alteración de las juntas
Jw	Coefficiente reductor, que se tiene en cuenta al considerar la presencia de agua
SRF	Stress reduction factor, tiene en cuenta el estado tensional en el macizo rocoso

Considerando los intervalos de variación de los parámetros que definen el índice de calidad, Q, éste toma valores comprendidos entre 0,001 y 1000. Según estos valores, los macizos rocosos se clasifican en 9 categorías:

Tabla 2.4.2. Clasificación de Barton.

Valor de Q	Tipo de roca
0,001 - 0,01	Excepcionalmente Mala
0,01 - 0,1	Extremadamente Mala
0,1 - 1	Muy Mala
1 - 4	Mala
4 - 10	Media
10 - 40	Buena
40 - 100	Muy Buena
100 - 400	Extremadamente Buena
400 - 1000	Excepcionalmente Buena

2.4.7. Clasificación de Bieniawski (RMR)

Esta clasificación, se basa en el índice **RMR "Rock Mass Rating"**, la cual da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Resistencia de la roca matriz.
- Condiciones del diaclasado.
- Efecto del agua.
- Posición relativa del diaclasado respecto a la excavación.

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros, definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso, da el índice de calidad RMR, que varía entre 0 y 100.

- Los objetivos que se persiguen con esta clasificación son:
 - Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga.
 - Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso.
 - Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca, proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería.
 - Proporcionar una base común para la comunicación efectiva entre todas las personas que trabajan en un determinado problema de geomecánica.
- Se clasifican las rocas en 5 categorías. En cada categoría se estiman los valores de la cohesión y del ángulo de rozamiento interno del macizo rocoso. A continuación se definen y valoran cada uno de los factores que intervienen en la clasificación:
 - Resistencia de la roca intacta
 - Calidad de la roca
 - Espaciado de las juntas
 - Condición de las juntas
 - Apertura
 - Tamaño
 - Rugosidad. En esta clasificación se establecen 5 categorías de rugosidad: rugosa, ligeramente rugosa, suave y espejo de falla.
 - Dureza de los labios de la discontinuidad.
 - Relleno.
 - Presencia de agua
 - Orientación de las discontinuidades.

2.4.8. Criterio de Hoek-Brown

Hoek y Brown (2002), introdujeron su criterio de rotura en un intento de proporcionar los datos de partida para el análisis necesario en el diseño de excavaciones subterráneas en roca competente. El criterio se dedujo a partir de los resultados de las investigaciones de Hoek de roturas frágiles de rocas intactas y de un modelo de estudio del comportamiento de macizos rocosos de Brown. El criterio partía de las propiedades de la roca intacta y entonces se introducían factores reductores de estas propiedades sobre la base de las características de un macizo rocoso diaclasado. Los autores, intentando relacionar el criterio empírico con las observaciones geológicas, por medio de uno de los sistemas de clasificación de los macizos rocosos, eligieron para este propósito el RMR (Rock Mass Rating) propuesto por Bieniawski. Debido a la ausencia de otras alternativas, el criterio fue pronto adoptado por la comunidad de la mecánica de rocas y su uso rápidamente extendido más allá de los límites originales utilizados en la deducción de las relaciones de reducción de la resistencia. Consecuentemente, llegó a ser necesario reexaminar estas relaciones e introducir nuevos elementos cada vez que dicho criterio era aplicado a un amplio rango de problemas prácticos. Fruto de estos avances fue la introducción de la idea de macizos rocosos “inalterados” y “alterados” por Hoek y Brown, y la introducción de un criterio modificado para obligar a la resistencia a tracción del macizo rocoso a tender a cero para macizos de calidad muy mala (Hoek, Wood y Shah). Una de las primeras dificultades que aparecen en muchos problemas geotécnicos, particularmente en el ámbito de la estabilidad de taludes, es que es más conveniente tratar el criterio original de Hoek-Brown en términos de esfuerzos normales y al corte más que en términos de esfuerzos principales, según la ecuación:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \times \left(mb \times \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_{ci} + s} \right)^a \right)$$

Dónde:

σ_1 y σ_3 son los esfuerzos principales efectivos mayor y menor en el momento de rotura; σ_{ci} es la resistencia a compresión uniaxial del material intacto; **mb** es un valor reducido de la constante del material **mi** y está dado por:

$$mb = mi \times \exp \left[\frac{(GSI - 100)}{(28 - 14D)} \right]$$

s y a son constantes del macizo rocoso dadas por las siguientes relaciones:

$$s = \exp \times \left[\frac{(GSI - 100)}{(9 - 3D)} \right]$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{\left(\frac{-GSI}{15} \right)} + e^{\left(\frac{-20}{3} \right)} \right)$$

D es un factor que depende sobre todo del grado de alteración al que ha sido sometido el macizo rocoso por los efectos de las voladuras o por la relajación de esfuerzos. Varía desde 0 para macizos rocosos in situ inalterados hasta 1 para macizos rocosos muy alterados.

2.4.9 Esfuerzos, Tensiones y Deformaciones en las Rocas

Las rocas pueden estar sometidas a diversos esfuerzos y estados de tensiones, en condiciones naturales, un núcleo de roca intacta puede estar sometido a los esfuerzos como los mostrados en la figura 2.4.8 donde σ_1 es el esfuerzo principal mayor y σ_3 es el esfuerzo principal menor ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$). Adicionalmente, también se encuentran sometidas a esfuerzos tangenciales τ , ocasionados por la tracción entre las partículas de rocas o en las discontinuidades. Debido a que estos esfuerzos a los que se ven sometidos las rocas le ocasionan ciertas deformaciones que influyen directamente sobre sus propiedades mecánicas, es importante conocer las relaciones entre los esfuerzos y las deformaciones para poder predecir la magnitud de éstas.

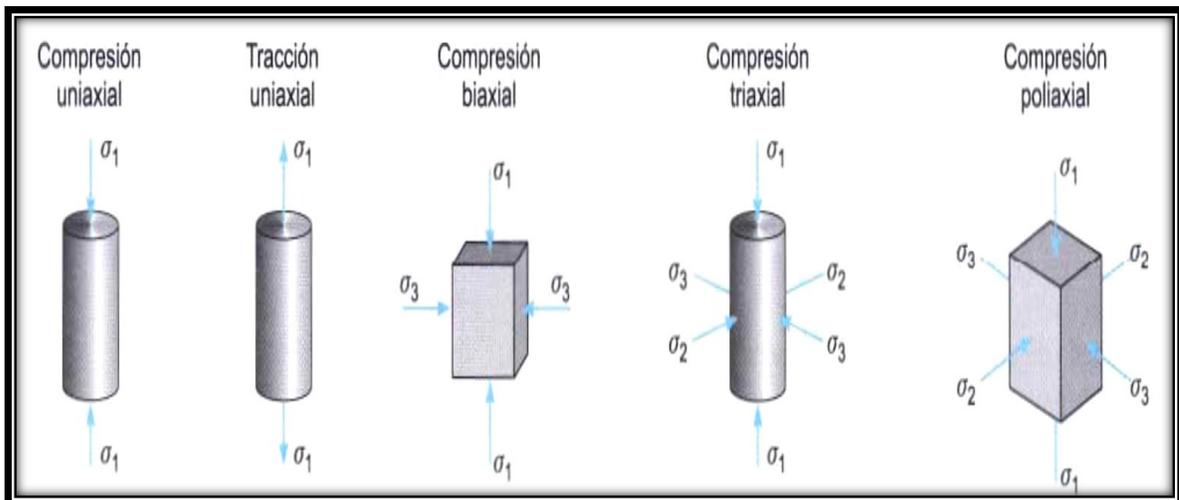


Figura 2.4.8. *Diferentes estados de tensiones aplicados a muestras de Laboratorio (González de Vallejo & Ferrer, 2002)*

Uno de los aspectos más importantes que se debe conocer de un material rocoso es su resistencia a los esfuerzos a los que se ve sometido y las leyes que rigen su rotura y deformación. González de Vallejo & Ferrer (2002).

2.4.10 RocData (Rocscience)

RocData es un programa interactivo que permite a los usuarios probar fácilmente diferentes parámetros de resistencia y observar cómo afectan la envolvente de rotura, brindando una mejor comprensión de la resistencia del material. Utiliza un conjunto de herramientas versátil para el análisis de la roca y datos de la resistencia del suelo, así como para la determinación de la fuerza sobre parámetros físicos; puede emplearse para determinar los parámetros de fuerzas lineales y no lineales de roca y suelo, con base en el análisis de los datos de resistencia al corte, compresión triaxial o simple.

Además ofrece cuatro de los criterios de resistencia más utilizados para aplicaciones de ingeniería geotécnica que involucran rocas, el suelo o la fuerza conjunta. Las siguientes opciones son:

- Generalizado de Hoek-Brown
- Mohr-Coulomb
- Barton-Bandis
- Curva de potencia

El criterio de resistencia se selecciona en el cuadro de diálogo configuración del proyecto. Cuando se elige un criterio de resistencia, todos los parámetros de entrada y de salida corresponderán con el criterio seleccionado.

2.4.10.1. Criterios Fuerza: Generalizada Hoek-Brown

El criterio generalizado de Hoek-Brown es un criterio de falla empírica para la roca, que establece la fuerza en términos de tensiones principales mayores y menores. Predice la actuación de las fuerzas, que concuerdan bien con los valores determinados a partir de ensayos triaxiales de laboratorio en roca intacta y de las fallas observadas en macizos rocosos fracturados.

El criterio generalizado de Hoek-Brown es no lineal y se relaciona con las tensiones principales

eficaces mayores y menores (sigma 1 y sigma 3)
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \times \left(mb \times \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_{ci} + s} \right)^a \right)$$

Los parámetros de la Generalizado de Hoek-Brown criterio (m_b , s , a) puede obtenerse a partir de relaciones empíricas sobre la base de las observaciones de GSI (índice de fuerza geológica), σ_{ci} (resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta), m_i (parámetro m de roca intacta) y D (factor de perturbación masiva).

Para un conjunto dado de parámetros de entrada (σ_{ci} , GSI, m_i y D), *RocData*[®] calcula los valores de m_b , s , a , y otros parámetros del macizo rocoso cuyos resultados son mostrados en la barra lateral.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo De Investigación

La presente investigación es de tipo analítica porque según Hurtado de Barrera (2008) “tiene como resultado la emisión de un juicio con respecto al evento de estudio, con base en un criterio de análisis. La investigación analítica implica la reinterpretación de lo analizado en función de algunos criterios, dependiendo de los objetivos del análisis”. En este caso el evento de estudio representa el análisis de esfuerzos del macizo rocoso antes y después de la excavación, tomando como criterio las características geológicas, geotécnicas y geomecánicas del cuerpo rocoso.

3.2 Diseño de Investigación

Arias (1999) afirma el diseño de la investigación “es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado”. En este caso, se llevará a cabo una investigación con diseño experimental, que según el autor “consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variables dependientes)”. Donde las variables independientes serán los ensayos mecánicos mencionados en el punto 3.4 y las variables dependientes pasarán a ser la cuantificación de la resistencia a la compresión uniaxial y triaxial, resistencia a la tracción, resistencia al corte, fuerza de cohesión, fuerza de fricción y abrasividad de las muestras de roca intacta tomadas con las perforaciones. Estos valores con el apoyo de ciertas herramientas (véase la sección medios, instrumentos y técnicas) podrán generar modelos geológico, geotécnico y geomecánico del macizo rocoso donde se llevará a cabo la excavación.

3.3 Población y Muestra

La población está compuesta por cuatro (4) perforaciones realizadas a lo largo del tramo de estudio, las mismas están identificadas como BH-19, BH-21, BH-240 y BH-250, que tienen una profundidad de 120 m, 150 m, 130 m y 35 m respectivamente. Las muestras son núcleos de rocas localizados a la profundidad del macizo rocoso donde es realizada la excavación del túnel, que contará con 10 m de diámetro. Adicionalmente se contarán aquellos núcleos que se encuentren 10 m por encima de la bóveda y 5 m, por debajo de la solera de dicha excavación.

3.4 Medios, instrumentos y técnicas

Los medios serán:

- Ensayos mecánicos de laboratorio (Compresión Uniaxial y Triaxial, Tracción Indirecta, Corte Directo, CERCHAR)
- Ensayos físicos de laboratorio (densidad, absorción y porosidad)
- Petrografías

Los instrumentos serán:

- Equipos GCTS
- Microscopio Petrográfico
- Software Grapher 8®
- *Software RocData*®
- *Software Phase 2.0*®

Las técnicas serán:

- Normas ASTM (D7531-08, D7012-10, D5607-08, D2664-95a)
- Normas ISRM

3.5. Metodología

Etapas del desarrollo metodológico:

Los siguientes gráficos representan la metodología utilizada de forma esquematizada en tres etapas, desde la recopilación y análisis de información hasta los estudios y modelos geomecánicos, donde se ira describiendo cada una de ellas.

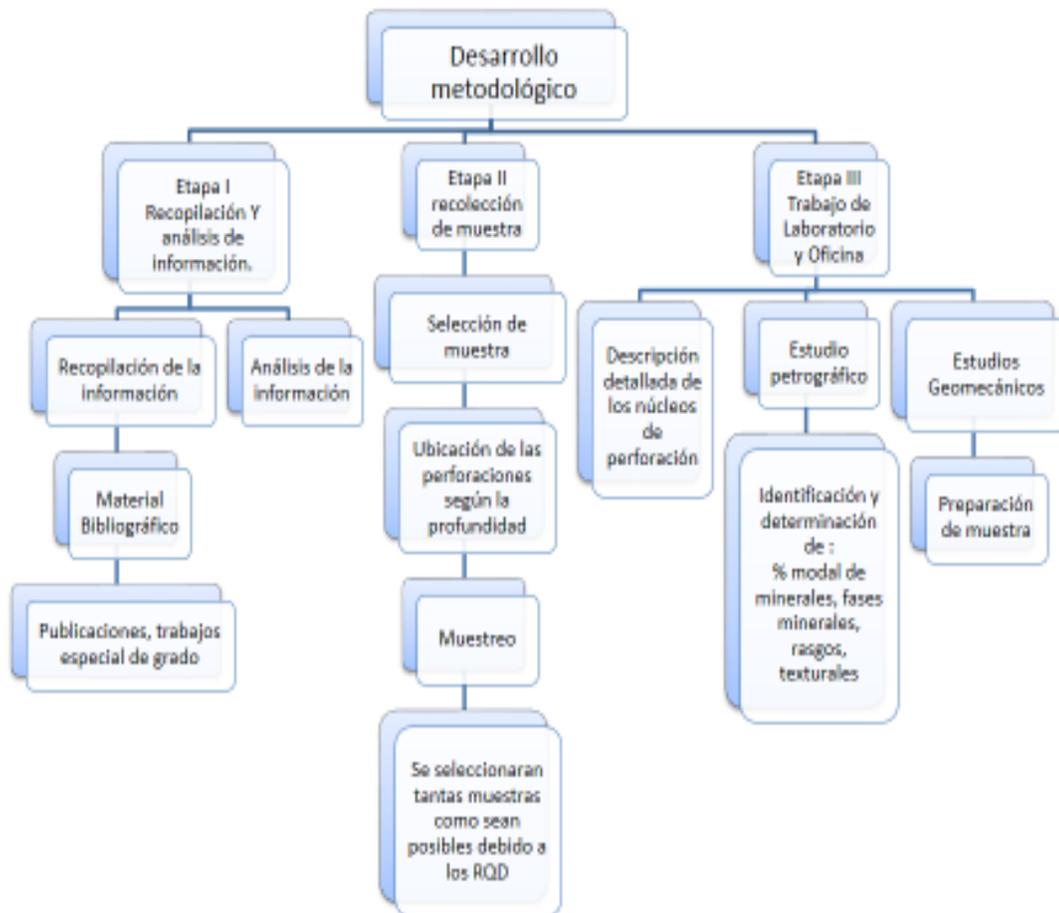


Grafico 3.5.1 Esquema metodológico general

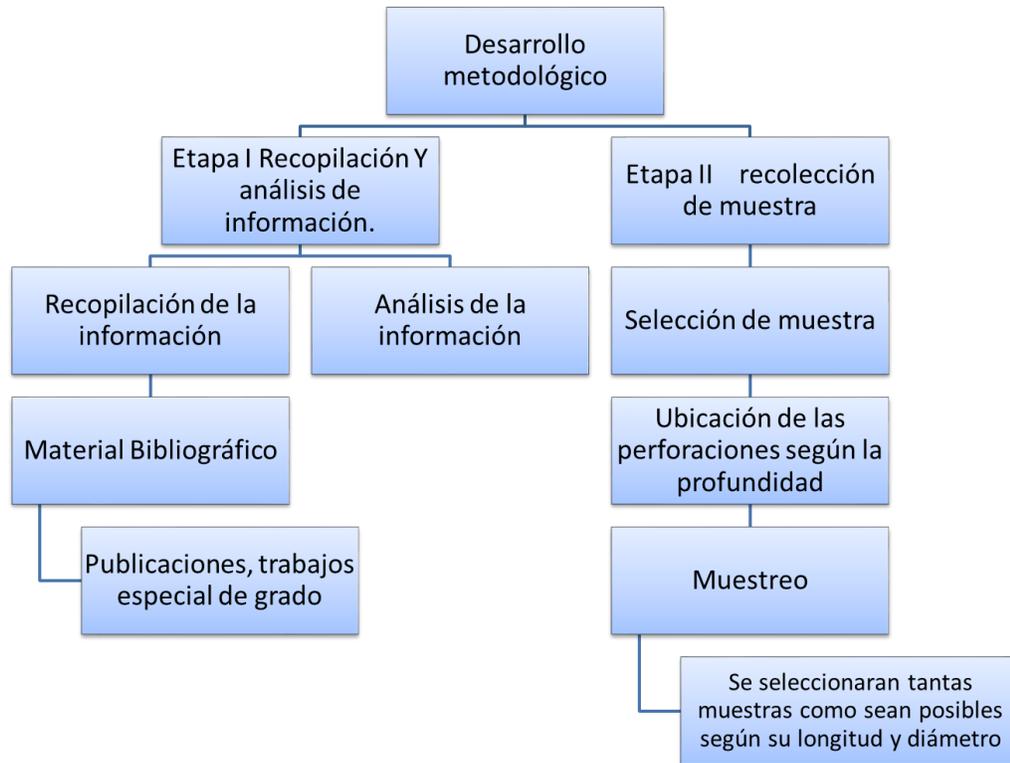


Grafico 3.5.2 Esquema Metodológico Etapa I Y II



Grafico 3.5.3 Esquema Metodológico Etapa III

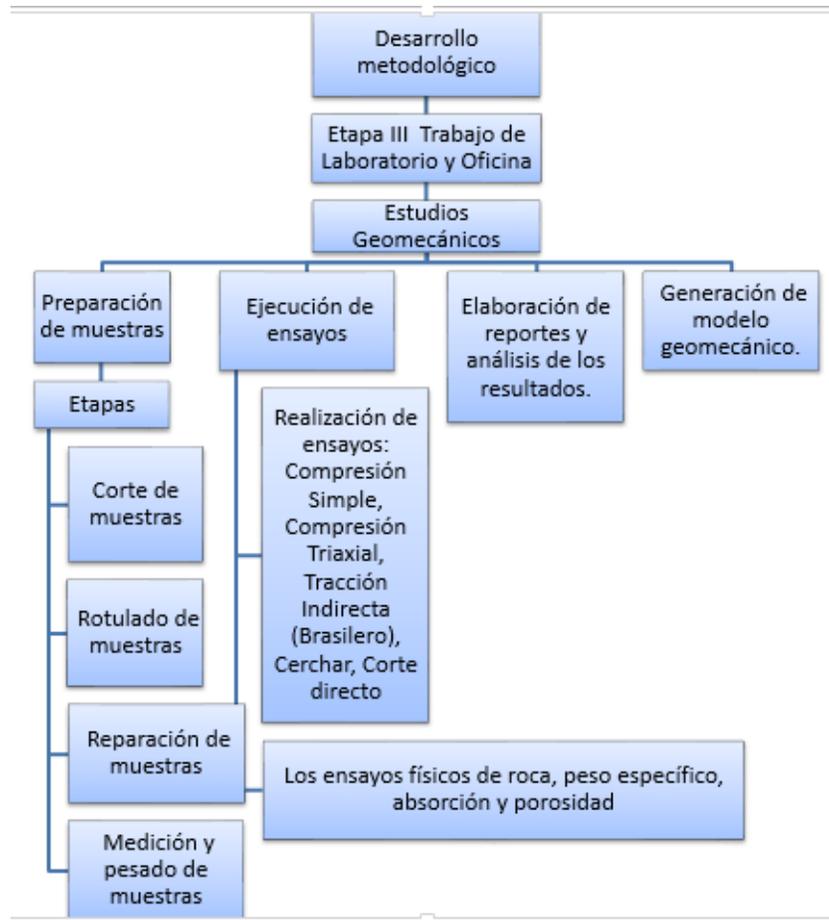


Grafico 3.5.4 Esquema Metodológico Etapa III

3.5.1 Etapa I: Recopilación de información y Análisis de la información

3.5.1.1 Recopilación de la información

Búsqueda de información geológica publicada en trabajos especiales de grado, congresos nacionales e internacionales, mapas topográficos del área de estudio, perfiles de las perforaciones estudiadas y publicaciones, haciendo énfasis en las que contengan datos de la Cordillera de la Costa específicamente Esquisto De Las Mercedes.

3.5.1.2 Análisis de la información recopilada

El material recopilado fue estudiado para comprender los aspectos geológicos del Esquisto Las Mercedes, para así realizar los estudios geomecánicos con parámetros adecuados.

3.5.2 Etapa II: Recolección de muestra

La recolección de muestras contemplo tres (3) visitas a los almacenes de núcleos de perforación, en la primera visita se realizó el reconocimiento visual de los núcleos, las dos posteriores para su selección y traslado al Laboratorio de Mecánica de Rocas de la E.G.M.G, U.C.V. Prof. Miguel Castillejo.

3.5.2.1 Escogencia de las muestras.

Debido a que las perforaciones fueron extraídas por una subcontratista de Odebrecht, fue necesario buscar los núcleos de perforación en los depósitos de la misma. La escogencia de las muestras dependió de los siguientes parámetros:

Longitud de los núcleos.

Diámetro de los núcleos: NQ (47 mm) y HQ (62 mm).

Profundidad del núcleo de perforación.

Características mineralógicas.

3.5.3 Etapa III: Trabajo de laboratorio y oficina

3.5.3.1. Estudio descriptivo de los núcleos

Identificación y descripción de aspectos cualitativos y cuantitativos, presentes en los núcleos de perforación, como lo son: Descripción litológica, ángulos de foliación, diaclasas, color, variación mineralógica.

3.5.3.2. Estudio petrográfico:

Se elaboró secciones finas a las cuatro perforaciones recolectadas y se procedió a su estudio petrográfico:

Donde se Identificó y describió rasgos texturales de los minerales que componen los núcleos.

Se determinó el porcentaje modal de los minerales mayoritarios, minoritarios y accesorios de los núcleos de perforación, a través de un conteo modal de 300 puntos en sección fina.

3.5.3.3. Estudios Geomecánicos:

Elaboración de muestras con distintos parámetros (preparación), para su posterior clasificación y estudio geomecánico que se basa en:

Preparación de muestras

Una vez tomadas las muestras se procedió a su respectiva preparación para ser ensayadas, esta etapa se dividió en:

Corte de muestras

Las muestras fueron llevadas al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Facultad de Ingeniería para reducir su longitud hasta la indicada en las normas de los ensayos que así lo requieran. El corte es producido con un disco de corte.

Rotulado de muestras

Una vez realizado la reducción de tamaño, se procedió a rotular las muestras, con el fin de llevar un control del número de ensayos a realizar, estas se comenzaron a numerar a partir de la última muestra que haya entrado al Laboratorio de Mecánica de Rocas “Miguel Castillejo” de la E.G.M.G de la Facultad de Ingeniería, U.C.V.

Reparación de muestras

Durante la etapa de corte algunos de los cilindros de roca se encontraban muy meteorizados y fragmentados en los extremos, por lo tanto algunos necesitaron reparaciones utilizando una mezcla de acero al frío (Epoxy) para rellenar cualquier grieta producida. Las muestras al ser reparadas tienen que durar mínimo un día para volver a manipularlas.

Refrentado ó Pulitura de las caras de los cilindros de roca (muestras)

Para garantizar la perpendicularidad de las caras y una superficie totalmente libre de rugosidades e irregularidades es necesario pulir las muestras destinadas a ensayos de compresión uniaxial, compresión triaxial y tracción indirecta con el fin de garantizar una distribución de esfuerzos regular (véase sección de ensayos mecánicos del capítulo II). Esta pulitura es realizada con una pulidora GCTS que cuenta con un carro móvil con libertad de movimiento en sus tres ejes que permite que las muestras pongan en contacto sus caras, paralelamente, con un disco giratorio de diamante.

Medición y pesado de muestras

Se midió la altura y diámetro de las muestras cuyos ensayos lo requerían, sin embargo se pesaron todas y cada una de estas. Todos estos datos se registraron en un cuaderno de anotaciones, ya que en la etapa de ensayo serán requeridas. Ya con este último paso realizado las muestras estarán listas para ser ensayadas.

Ejecución de ensayos

Los ensayos mecánicos a realizar serán: compresión uniaxial, compresión triaxial, tracción indirecta, corte directo, CERCHAR siguiendo las normas ASTM o ISRM según sea el caso, usando equipos de marca GCTS. La metodología de estos ensayos es explicada a detalle en la sección de ensayos mecánicos del capítulo II.

Los ensayos físicos de roca, absorción y porosidad no se realizarán en el laboratorio “Miguel Castillejo” por no contar con los equipos necesarios para este fin, por lo tanto se enviarán algunas muestras al IMME, en donde se llevarán a cabo.

Elaboración de reportes y análisis de los resultados.

Una vez extraídos los datos del procesador de la máquina, son importados en formato *.txt* hasta una computadora personal en donde serán leídos a través del software *Office Excel®*. Las gráficas pertinentes a cada tipo de ensayo se realizarán con el software *Grapher 8.0®*, mientras que los reportes serán construidos con *Office Word®*.

Generación de modelo geomecánico.

Con el *software RocData®* y basado en los resultados obtenidos fue realizado un modelo geomecánico del macizo rocoso en el tramo de estudio, luego a partir de esto y con todos los resultados ya establecidos se procedió a analizar los estados de esfuerzos antes y después de la excavación de los túneles con el uso del *software Phase 2.0®*, cuyo fundamento es el método de los elementos finitos.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Descripción litológica

A continuación se describen a través de los núcleos de perforación los distintos parámetros cualitativos (textura, color, variación mineralógica, ángulos de foliación), que poseen las perforaciones BH-19; BH-21; BH-240 Y BH250.

BH-19

Color predominante: gris Claro a gris.

Textura: foliada.

Mineralogía: cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.

Observaciones: Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $16,91^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.

Clasificación mineralógica textural: esquisto calcítico, cuarzo moscovítico, grafitoso, pirítico.

Clasificación según grado de metamorfismo Facies de los esquistos verdes, con metamorfismo de bajo grado, presión baja a moderada y temperatura de baja a media.

BH-21

Color predominante: gris Claro a gris oscuro.

Textura: foliada.

Mineralogía: cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.

Observaciones: Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $12,43^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita, estos son más oscuros que los esquistos de la perforación BH-19.

Clasificación mineralógica textural: Esquisto cuarzo calcítico, moscovítico, grafitoso.

Clasificación según grado de metamorfismo: Facies de los esquistos verdes, con metamorfismo de bajo grado, presión baja a moderada y temperatura de baja a media.

BH-240

Color predominante: gris oscuro

Textura: foliada

Mineralogía: cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.

Observaciones: Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de 23,65° y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), abundante presencia de grafito, el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.

Clasificación mineralógica textural: esquistos cuarzo moscovítico, grafitoso, pirítico.

Clasificación según grado de metamorfismo: Facies de los esquistos verdes, con metamorfismo de bajo grado, presión baja a moderada y temperatura de baja a media.

BH-250

Color predominante: marrón claro a gris claro

Textura: foliada

Mineralogía: cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita

Observaciones: Núcleos de muestras frescas claramente meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de 10,63° y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), con poca cantidad de grafito, el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.

Clasificación mineralógica textural: esquistos cuarzo moscovítico, grafitoso, pirítico

Clasificación según grado de metamorfismo: Facies de los esquistos verdes, con metamorfismo de bajo grado con bajo a moderada presión y moderada a alta temperatura.

4.2. Propiedades índices

Tabla 4.2.1. Resultados de las propiedades índices

 RIF: J-00363691-6		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Ensayo de Absorción, Porosidad, PU (Húmedo y Seco)			 RIF: G-20000062-7	
		SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)				
Código Proyecto:		Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1	
		L. RODRIGUEZ	C. OLIVEROS	23/02/2014		
NORMAS UTILIZADAS		ISRM	Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption (1979)			
		ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications			
DATOS GENERALES						
Proyecto		SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)				
Origen del Espécimen		Suministrado por el cliente		Formación Geológica	Las Brisas	
Clasificación		Esquisto Grafítico		Profundidad	Ver Tabla	
Número de Muestra	Perforación	Profundidad (m)	Absorción (%)	Porosidad (%)	P.U. Húmedo γ_w (g/cm ³)	P.U. Seco γ_s (g/cm ³)
17-4	BH-21	165,51	0,62	1,68	2,75	2,73
14-3	BH-21	165,07	0,46	1,23	2,72	2,70
13-2	BH-21	164,72	0,60	1,59	2,68	2,66
9-6	BH-21	163,93	0,76	2,03	2,71	2,69
23-2	BH-19	94,35	0,51	1,38	2,74	2,72
27-2	BH-19	85,9	0,47	1,26	2,70	2,69
3-2	BH-19	102	0,69	1,69	2,45	2,44
24-4	BH-19	123,95	0,67	1,78	2,68	2,66
363	BH-250	13,00	1,12	2,85	2,56	2,54
364	BH-250	46,3	0,94	2,48	2,68	2,65
505-1	BH-250	16,46	0,91	2,36	2,61	2,59
502	BH-250	16,22	1,73	4,26	2,50	2,45
239	BH-240	185,64	0,13	0,36	2,69	2,68
233	BH-240	183,73	0,96	2,51	2,64	2,61
237-3	BH-240	185,34	0,96	2,59	2,74	2,71
246-2	BH-240	189,31	0,50	1,35	2,73	2,72

4.3 Estudio petrográfico

4.3.1. Estudio petrográfico (BH-19)

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFdf) de color gris, con bandas de 0,3 a 0,5 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,5 mm y 1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por agregados elongados paralelos a la foliación, con espesores que varían en tamaño desde 0,5 mm a 1 mm, están bandas blancas también contienen micas blancas tipo moscovita que en algunos casos están interconectadas desarrollando microplanos de foliación internamente en las bandas blancas, produciendo una roca con mayor debilidad estructural que las muestras antes descritas.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH19-Box17 (102-105) m					
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso moscovítico grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Grafito	Accesorios (Pirita)	
53,0	23,3	12,8	2,6	5,8	2,6	

	<p>Banda compuesta por calcita, cuarzo y micro cristales de moscovita además de grafito, generando superficies discontinuas y en otros planos de foliación continuos.</p>
	<p>Superficie discontinua, al conseguirse con mineral calcítico.</p>
	<p>Plano de foliación continuo, compuesto por mineral grafito.</p>

Véase los demás en apéndice

ODEBRECHT	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

 <p>Planos de foliación desarrollados por la alineación de los cristales moscovitas, espaciados de 0,5 mm a 1 mm, intercalados con bandas de calcita y cuarzo.</p> <p>Nicoles Cruzados.</p>	 <p>Porfidoblasto de oligoclasa alterando a calcita.</p> <p>Nicoles Cruzados.</p>
---	--

4.3.1.1. Resultados del conteo modal

Tabla 4.3.1 Conteo modal de la perforación BH-19

Análisis Modal														
Roca /Mineral	Cuarzo Puntos	Cuarzo %	Calcita Puntos	Calcita %	Grafito Puntos	Grafito %	Moscovita Puntos	Moscovita %	Oligoclasa Puntos	Oligoclasa %	Pirita Puntos	Pirita %	Total puntos	Total %
BH19-Box02 10,5 - 12,0 m	69,0	21,4	147,0	45,5	15,0	4,6	91,0	28,2	0,0	0,0	1,0	0,3	323,0	100,0
BH19-Box07 31,5-33,0 m	107,0	31,2	185,0	53,9	11,0	3,2	25,0	7,3	0,0	0,0	15,0	4,4	343,0	100,0
BH19-Box17 102-105 m	73,0	23,3	166,0	53,0	18,0	5,8	40,0	12,8	8,0	2,6	8,0	2,6	313,0	100,0
BH19-Box18 111-114 m	95,0	29,4	107,0	33,1	54,0	16,7	62,0	19,2	0,0	0,0	5,0	1,5	323,0	100,0
BH19-Box18 114-117 m	69,0	26,8	70,0	27,2	58,0	22,6	58,0	22,6	0,0	0,0	2,0	0,8	257,0	100,0

4.3.2. Estudio petrográfico BH-21

	METRO PETARE - GUARENAS			
	Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

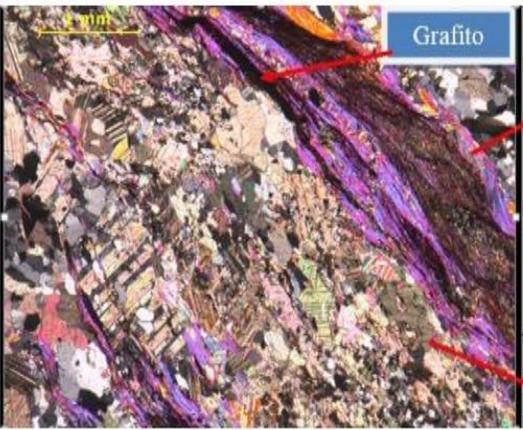
DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFdf) de color gris, con bandas de 1mm a 3 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,2 mm y 0,1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 3 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares, con espesores 2 mm, estas bandas blancas son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita no están entremezclados como en las muestras anteriores, por el contrario forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>La muestra es muy similar a la anterior (BH21-Box32) presentando una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores y que están en muchas zonas microplegados.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH21-Box32 (169-172) m					
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
29,2	27,5	19,5	21,9	1,7	0,3 (Pirita)	

Bandas paralelas de cuarzo policristalino - moscovita - grafito - calcita, superficies de debilidad de la roca.

Nicoles Cruzados

Banda de moscovita

ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Especimen:	

	<p>Bandas de moscovita y grafito desarrollando planos de foliación.</p> <p>Nicoles Cruzados</p>
	<p>Banda de calcita</p>

4.3.2.1. Resultados del conteo modal

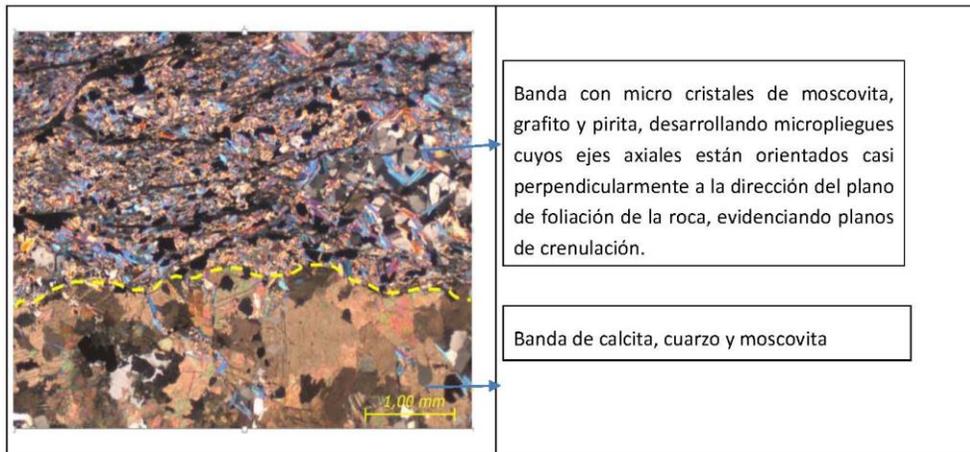
Tabla 4.3.2. Conteo modal de la perforación BH-21

Análisis Modal														
Roca /Mineral	Cuarzo Puntos	Cuarzo %	Calcita Puntos	Calcita %	Grafito Puntos	Grafito %	Moscovita Puntos	Moscovita %	Oligoclasa Puntos	Oligoclasa %	Pirita Puntos	Pirita %	Total puntos	Total %
BH21-Box08 49,5 - 51,0 m	74,0	20,1	150,0	40,7	0,0	0,0	127,0	34,4	3,0	0,8	15,0	4,1	369,0	100,0
BH21-Box11 61,5-63,0 m	257,0	71,8	21,0	5,9	21,0	5,9	59,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	358,0	100,0
BH21-Box32 166-169 m	120,0	35,1	103,0	30,1	76,0	22,2	39,0	11,4	1,0	0,3	3,0	0,9	342,0	100,0
BH21-Box32 169-172 m	98,0	27,5	104,0	29,2	69,0	19,4	78,0	21,9	6,0	1,7	1,0	0,3	356,0	100,0
BH21-Box33 175-178 m	169,0	55,6	75,0	24,7	19,0	6,3	38,0	12,5	2,0	0,7	1,0	0,3	304,0	100,0

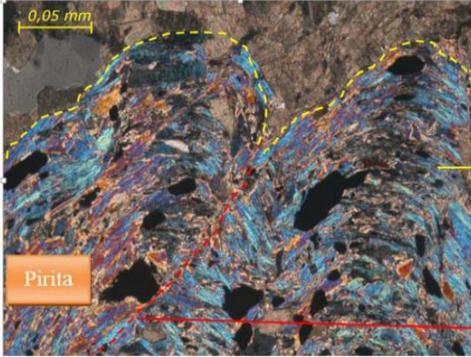
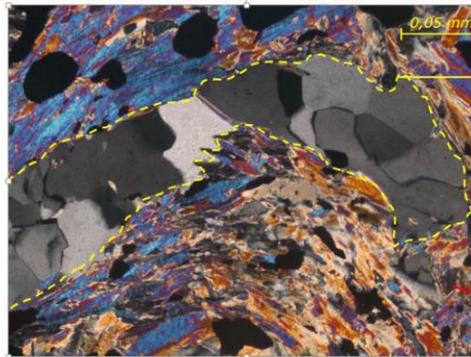
4.3.3 Estudio petrográfico BH-240

ODEBRECHT	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFdf) de color gris, con bandas de 3 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 1 mm y 3 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 2 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares de calcita y en menor proporción cuarzo, con espesores 3 mm, están bandas blancas no son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita están entremezclados, formando bandas discontinuas de ambos minerales</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, siendo el grafito el responsable del desarrollo de plano de foliación de hasta 2 mm de espesor en la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante y de mayor espesor, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:	8					
Perforación:	BH240 – Box21 (156 - 159) m					
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso calcítico micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
29,5	33,0	1,1	27,3	-	9,1 Pirita	



ODEBRECHT	METRO PETARE - GUARENAS			
	Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Página 2 de 2
				Espécimen:

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Micropliegues de moscovita, grafito y pirita, cuyos ejes axiales están orientados casi perpendicularmente a la dirección del plano de foliación de la roca, evidenciando planos de crenulación.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;"> <p>Plano de crenulación</p> </div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;"> <p>Plano de crenulación</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Micropliegues de moscovita, grafito y pirita.</p> </div>

4.3.3.1. Resultados del conteo modal

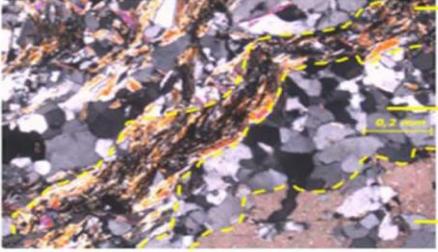
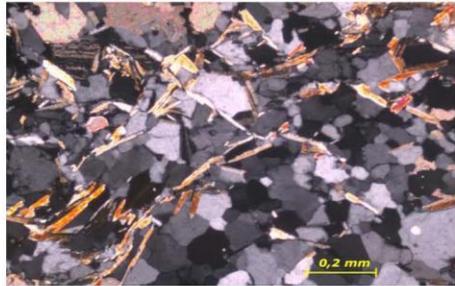
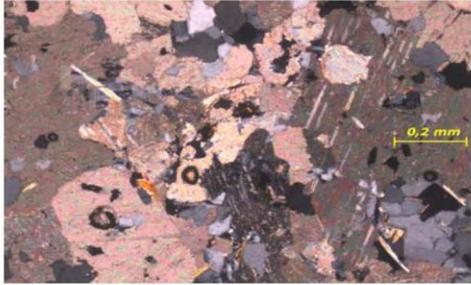
Tabla 4.3.3. Conteo modal de la perforación BH-240

Análisis Modal								
Roca /Mineral	Cuarzo %	Calcita %	Grafito %	Moscovita %	Oligoclasea %	Muscovita %	Pirita %	Total %
BH240-Box12 102-105 m	59,2	13,0	13,0	14,2	0,0	0,0	0,6	100,0
BH240-Box18 132-135 m	49,5	27,9	11,8	9,8	1,0	0,0	0,0	100,0
BH240-Box21 153-156 m	26,6	46,2	12,4	14,8	0,0	0,0	0,0	100,0
BH240-Box21 156-159 m	33,0	29,5	1,1	27,3	0,0	0,0	9,1	100,0
BH240-Box22 168-171 m	51,5	10,1	11,8	0,0	9,5	17,2	0,0	100,0
BH240-Box23 174-177 m	54,0	0,0	16,6	0,5	0,0	28,9	0,0	100,0
BH240-Box24 183-186 m	12,9	60,6	14,8	10,3	0,0	0,0	1,3	100,0
BH240-Box25 189-192 m	7,6	56,6	21,0	0,0	0,0	14,6	0,3	100,0

4.3.4. Estudio petrográfico BH-250

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

DATOS GENERALES					ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -				<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFdf) de color gris, intensamente microplegada donde no es posible identificar las diferentes bandas características del macizo rocoso. La roca está constituida por cristales de cuarzo, calcita, muscovita y grafito entremezclados, en algunas zonas es posible observar segmentos de bandas microplegadas de grafito y micas los cuales desarrollan planos de foliación discontinuos, representando estos la superficie de debilidad estructural de la roca.</p> <p>La calcita es subhedral y su tamaño varía entre 0,3 – 2,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 1,0 mm.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1 – 0,8 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,2 mm. El cuarzo está distribuido uniformemente en agregados policristalinos.</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 0,5 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,3 mm de longitud. La roca presenta algunos cristales de pirita.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
Espécimen:					
Perforación:	BH-250 Box 6 (40,0 – 41,5) m				
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso calcítico moscovítico grafitoso				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
32,70	41,30	19,30	0,00	6,70	

	<p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de grafito y muscovita con microplegues, banda de textura lepidoblástica. Planos de foliación</p> <p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p> <p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino.</p>
 <p>Banda compuesta por micro cristales de muscovita y cuarzo policristalino.</p>	 <p>Banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino.</p>

4.3.4.1. Resultados del conteo modal

Tabla 4.3.4. Conteo modal de la perforación BH-250

Análisis Modal												
Roca /Mineral	Cuarzo Puntos	Cuarzo %	Calcita Puntos	Calcita %	Grafito Puntos	Grafito %	Moscovita Puntos	Moscovita %	Pirita Puntos	Pirita %	Total puntos	Total %
BH-250 Box 6 40 - 41,5 m	124,0	41,3	98,0	32,7	20,0	6,7	58,0	19,3	0,0	0,0	300,0	100,0
BH-250 Box 7 44,5 - 46,0 m	80,0	26,7	134,0	44,7	16,0	5,3	70,0	23,3	0,0	0,0	300,0	100,0

Tabla 4.3.5 Promedio General de Conteo

Perforación / Prof. (m)	% Mineral					
	Cuarzo %	Calcita %	Grafito %	Muscovita %	Oligoclasa %	Pirita %
BH-19 / 10 – 117 m	21 - 31 %	27 - 54 %	3 - 22 %	7 - 28 %	0 - 2 %	0 - 4 %
BH-21 / 50 – 178 m	20 - 72 %	5 - 40 %	0 - 22 %	11 - 34 %	0 - 1,5 %	0 - 4 %
BH-240 / 100 - 190 m	7 - 60 %	0 - 60 %	1 - 21 %	0 - 27 %	0 - 9 %	0 - 9 %
BH-250 / 40 - 46 m	26 - 41 %	32 - 44 %	5 - 7 %	19 - 23 %	0%	0%

4.3.5. Resultado general de porcentaje modal de cuarzo

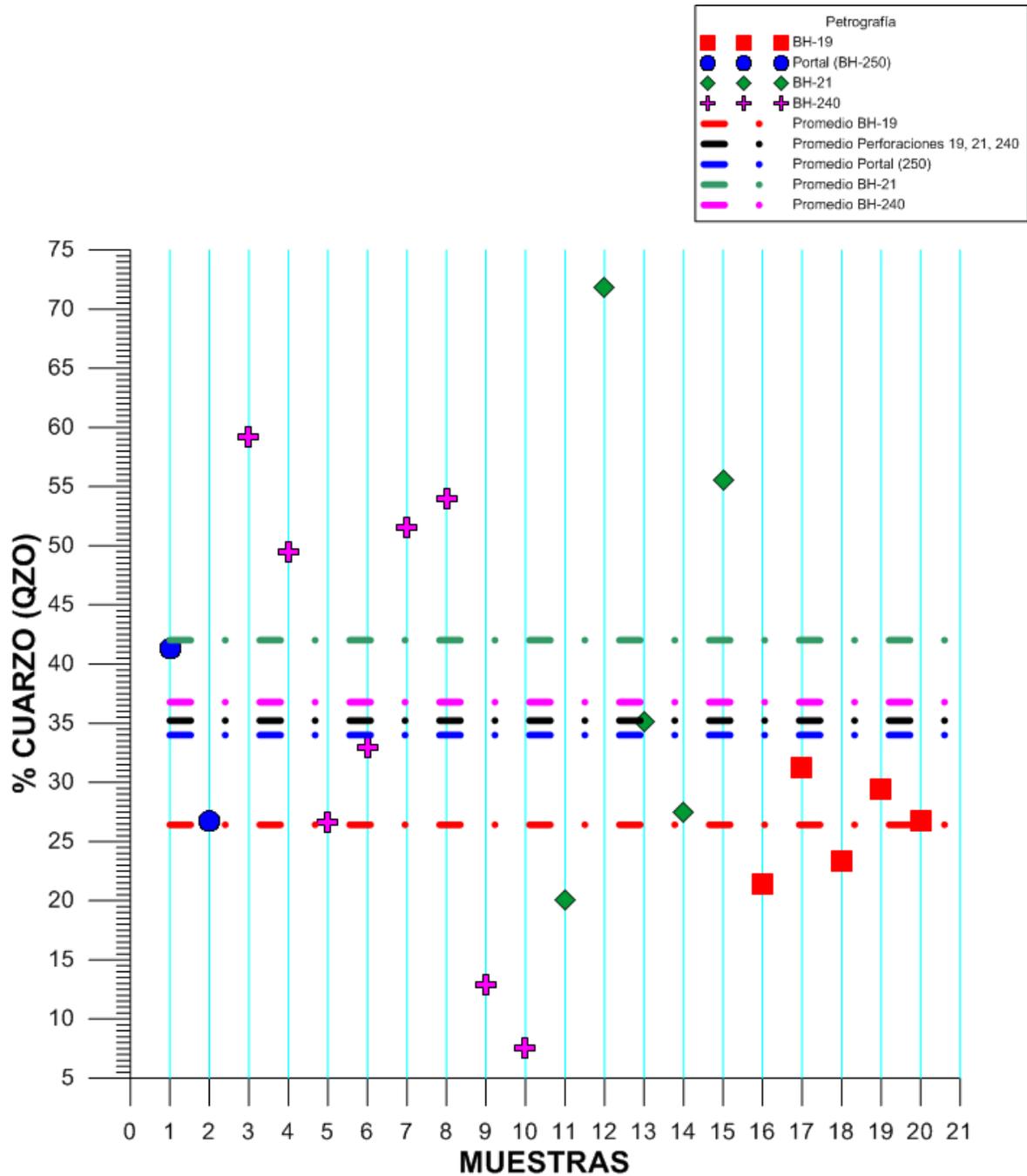


Grafico 4.3.1. Resultado General del porcentaje modal del mineral de cuarzo de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21.

El gráfico 4.3.1, presenta los porcentajes del mineral de cuarzo en las rocas perteneciente a las perforaciones, estos fueron determinados por el método de análisis modal, con conteo de mínimo 300 puntos por cada sección petrográfica, generando de esta manera resultados cuantitativos más cercanos a la realidad que la simple estimación visual de las proporciones mineralógicas.

Las perforaciones analizadas en este trabajo de investigación, mostraron las diferentes líneas de tendencia promedio del mineral de cuarzo, que arroja como resultado las diversas perforaciones del Metro Petare-Guarenas-Guatire.

La perforación BH-19 (profundidad 10-187m) señaladas con cuadrados y línea promedio de color rojo muestra un porcentaje de mineral de cuarzo que varía desde 21,4-31,2 a lo largo de toda su trayectoria siendo está muy homogénea y menos abrasiva con respecto a la BH-21 (Profundidad 49,5-178m) de color verde la cual tiene una tendencia heterogénea con valores que oscilan de 20,1 hasta 71,8 su promedio general de mineral de cuarzo es 42,4% lo cual indica una alta cantidad de mineral abrasivo.

En cuanto a la perforación BH-240 (profundidad 49,5-178 m) señalada por cruces y línea de promedio color morado muestra un porcentaje de mineral abrasivo promedio de 36 %, siendo esta perforación muy heterogénea y con valores de abrasividad bastantes distantes, es notable que en los últimos 9 m de perforación el valor de porcentaje de cuarzo disminuye drásticamente con respecto a los primeros metros.

Es importante apreciar que la BH-250 ubicada en el portal, señalada mediante esferas y línea de promedio color azul posee valores de abrasividad similares en su trayectoria lo cual indica una relativa homogeneidad, dicho promedio de abrasividad es 34% cual es parecido al obtenido de la BH-240

Finalmente las 4 perforaciones oscilan en un rango de valores de 26 – 43 % de mineral abrasivo y un promedio de 35 % lo que evidencia una alta abrasividad del macizo en toda su trayectoria, lo que tendrá efectos considerables sobre los elementos cortantes de la TBM al excavar el túnel.

4.4. Ensayos Geomecánicos

4.4.1. Ensayos de Tracción Indirecta



RIF: J-00363691-6

LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)

SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)



RIF: G-20000062-7

Código Proyecto:

Cálculo:

Revisión:

Fecha:

Página 51 de 318

C. OLIVEROS

M. CASTILLEJO

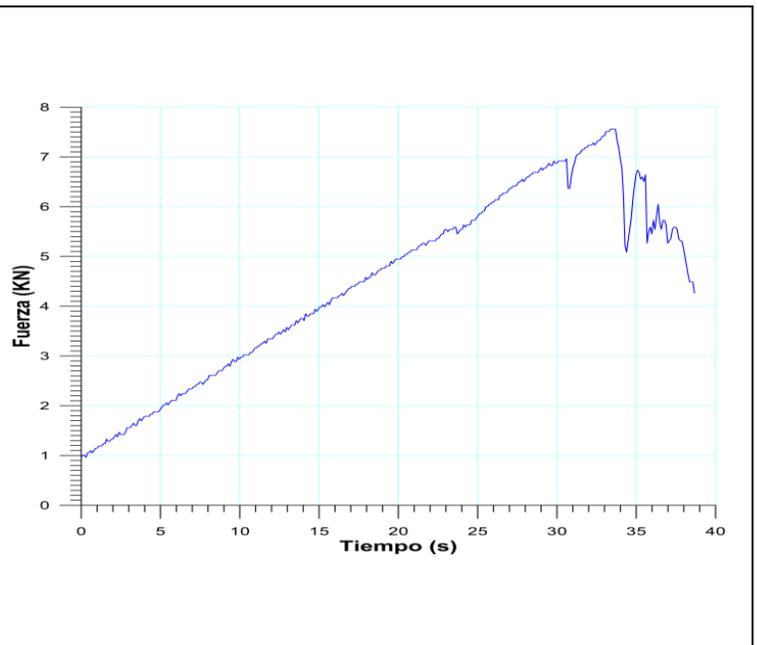
25-06-2014

Especimen: 001-2

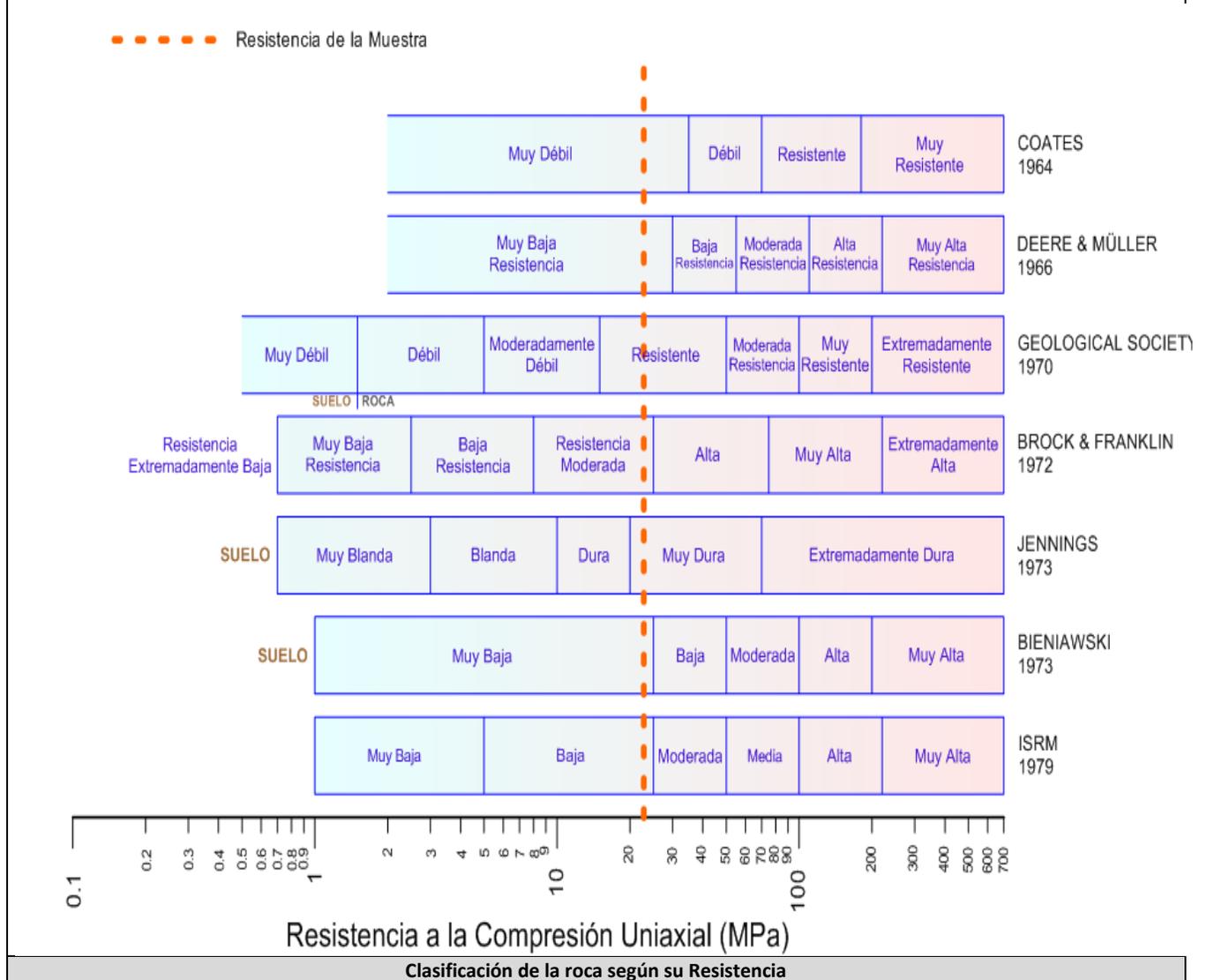
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Especimen:	001-2	
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 010 cm	
Profundidad:	160.10	M
Diámetro (D)	47.60	mm
Espesor	13.30	mm
Duración:	38.674	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial – Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	Min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN

ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 Seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN



Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo		Ninguna	
RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	7.56	kN	
Resistencia a la Tracción	-7.60	MPa	
Resistencia a la Compresión	22.80	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)		Baja	



Véase el total de los reportes en el Apéndice

4.4.1.1. Resultados del Ensayo Brasiero (tracción indirecta)

Tabla 4.4.1. Resultados del Ensayo Brasiero.

Perforación	Nº Muestra	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Compresión (MPa)
BH-240	218-1	-6.27	18.82
BH-240	232-1	-4.09	12.26
BH-240	232-2	-7.70	23.1
BH-240	243-3	-7.20	21.59
BH-19	20-3	-8.94	26.83
BH-21	1-2	-7.60	22.8
BH-21	7-3	-11.11	33.33
BH-21	7-4	-6.82	20.45
BH-21	8-5	-7.24	21.71
BH-21	8-6	-8.30	24.89
BH-21	8-7	-10.28	30.84
BH-21	9-3	-5.81	17.43
BH-21	9-4	-6.65	19.94
BH-21	9-5	-11.69	35.07
BH-250	501-2	-6.84	20.51
BH-250	503	-2.64	7.91
BH-250	504	-3.36	10.09
BH-250	510-1	-0.92	2.75
BH-250	510-2	-0.67	2.00

La tabla 4.4.1 muestra los resultados obtenidos de los ensayos de tracción indirecta de manera agrupada por perforación y número de muestra, presentados al inicio de este capítulo, donde se observan las distintas resistencias que poseen las muestras rocas al ser ensayada, el rango de valores obtenidos varía dependiendo de la perforación.

Tabla 4.4.1B. Resistencia Promedio de Ensayos Brasieros

PERFORACION	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	DESV. ESTANDAR R.T (MPa)
BH-19	-8,94	26,83	-
BH-21	-8,38	25,16	2,12
BH-240	-6,32	18,94	1,60
BH-250	-2,88	8,65	2,48

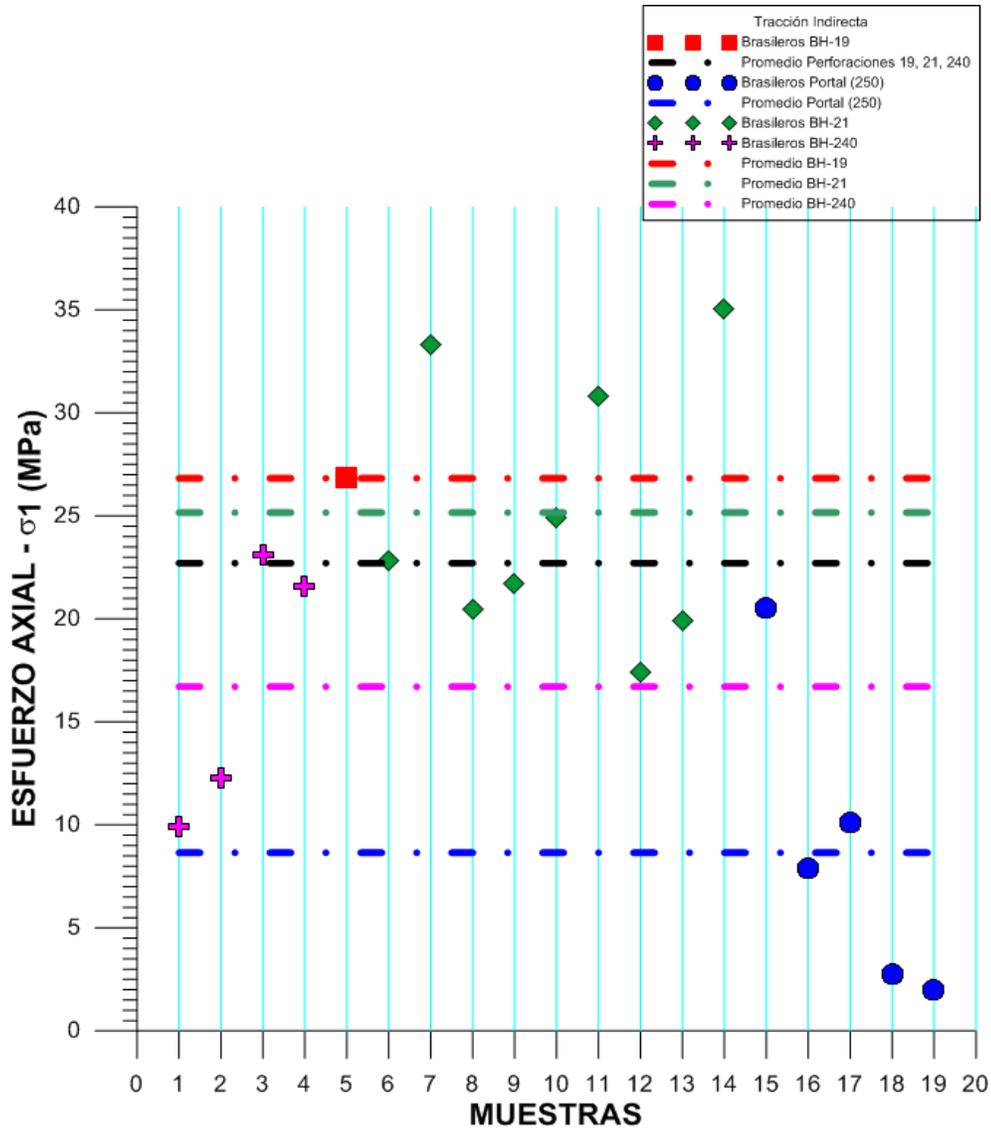


Grafico 4.4.1. Resultado General los Ensayos de Tracción Indirecta (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21.

El gráfico 4.4.1, presenta los resultados ensayos Brasileros (Esfuerzo axial vs muestra) de todas las perforaciones analizadas en este trabajo de investigación, mostrando las diferentes líneas de promedio de esfuerzo axial que arroja como resultado las diversas perforaciones del Metro Petare-Guarenas-Guatire y por métodos indirectos nos permite determinar la tracción indirecta de la muestra.

La perforación BH-19 (profundidad 84-86m) ensayos señalados con rectángulos y línea de promedio de color rojo muestra una resistencia promedio de esfuerzo de 27 MPa y la BH-21

(Profundidad 160-166m) de color verde tiene un promedio similar, de 25 MPa, que indican alta resistencia a la tracción que está asociada a las cantidades de minerales resistente que la conforman (cuarzo), el bajo grado de meteorización y pocas discontinuidades a la profundidad que se encontraban las muestras, sin embargo la perforación BH-21 tienen menor esfuerzo axial a pesar de tener mayor profundidad debido a la dispersión de datos que presenta, que evidencia una variación mineral. La perforación BH-240 (Profundidad 174-188m) denotada por la línea de promedio color morado con esfuerzo axial de 17 MPa indica una resistencia intermedia y la perforación BH-250 de color azul, tiene como esfuerzo axial 8.65 MPa que refleja menor tracción debido a la poca profundidad a la que se encontraba las muestras en un intervalo de 16 a 39 m la cual en muestra de mano se observa una fuerte meteorización.

Cabe acotar que la roca en estudio es de tipo metamórfica con diversas y numerosa fases de plegamiento lo que incide directamente en la resistencia a la tracción y en el esfuerzo axial, donde la orientación de la foliación y mineralización juegan un papel importante en su estudio.

4.4.2. Ensayos Triaxial Estático

ODEBRECHT RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS		29/01/2014	Espécimen: 243

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Espécimen	243
PERFORACIÓN	BH240
Tipo de Roca	MEDIA
Profundidad	188,02 m
Altura	109,5 mm
Long med. Deform-	109,5 mm
Diámetro	47,5 mm
Área	17,721 cm ²
Volumen	194,04 cm ³
Peso	551 gr
Densidad	Ton/m ³
L/D	-
σ_3 (calculado)	MPa



Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO		
ACTUADOR AXIAL			ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	2	MPa/min	Velocidad	0.6	MPa/min
Valor Final de Carga	6	MPa	Valor Final de Carga	200	MPa
PRESIÓN DE CELDA			PRESIÓN DE CELDA		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial	Relativo	MPa	Valor Inicial	Relativo	MPa
Velocidad	2	MPa/min	Velocidad	-	MPa/min
Valor Final	5	MPa	Valor Final	5	MPa
PRESIÓN DE POROS			PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad	-	MPa / min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa	Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	5	%
Tiempo Máximo de Carga	10	min	Tiempo Máximo de Carga	60	min
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial \geq 6 MPa		Variable de Control	AI-1: Axial Load	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando	-	
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN
				Umbral	0.80 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS			ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	1 segundo		Incremento de tiempo	1 segundo	
Nivel de cruce			Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	0.80	MPa
TIPO	Drenado		TIPO	Drenado	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS		29/01/2014	Espécimen: 243

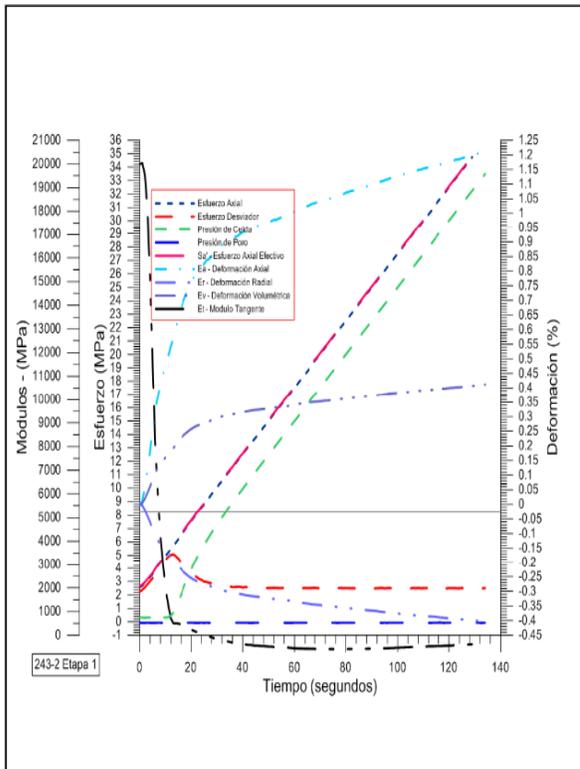
RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente		Perforación: BH-240	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes		Tipo de roca	Esquisto Cuarzo Grafitoso	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			ETAPA 2 – Etapa de Carga			
Espécimen			Espécimen			
Altura	109,5	mm	Altura	109,5	mm	mm
Long medidor deformaciones	109,5	mm	Long medidor deformaciones	109,5	mm	mm
Diámetro	47,5	mm	Diámetro	47,5	mm	mm
Área	17,721	cm ²	Área	17,721	cm ²	cm ²
Volumen	194,04	cm ³	Volumen	194,04	cm ³	cm ³
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite alcanzado		Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado		
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	5092	kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	137615	kPa	
t - Tiempo	12,2155	segundos	t - Tiempo	367,689	segundos	
CP - Presión de Celda	486	kPa	CP - Presión de Celda	35538	kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-74	MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-67	MPa	
Ea - Deformación Axial	0,55	%	Ea - Deformación Axial	2,64	%	
Er - Deformación Radial	-0,183	%	Er - Deformación Radial	-0,88	%	
Ev - Deformación Volumétrica	0,185	%	Ev - Deformación Volumétrica	0,919	%	
Sa - Esfuerzo Axial	5578	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	173153	kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	5652	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	173220	kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	560	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	35605	kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	2439	12,2155	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	107146	kPa	
Tiempo	141,919	segundos	Tiempo	368,236	segundos	
CP - Presión de Celda	35492	kPa	CP - Presión de Celda	35985	kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-67	kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-67	kPa	
Ea - Deformación Axial	1,231	%	Ea - Deformación Axial	3,257	%	
Er - Deformación Radial	-0,41	%	Er - Deformación Radial	-1,086	%	
Ev - Deformación Volumétrica	0,419	%	Ev - Deformación Volumétrica	1,145	%	
Sa - Esfuerzo Axial	37931	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	143130	kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	37998	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	143198	kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	35559	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36052	kPa	

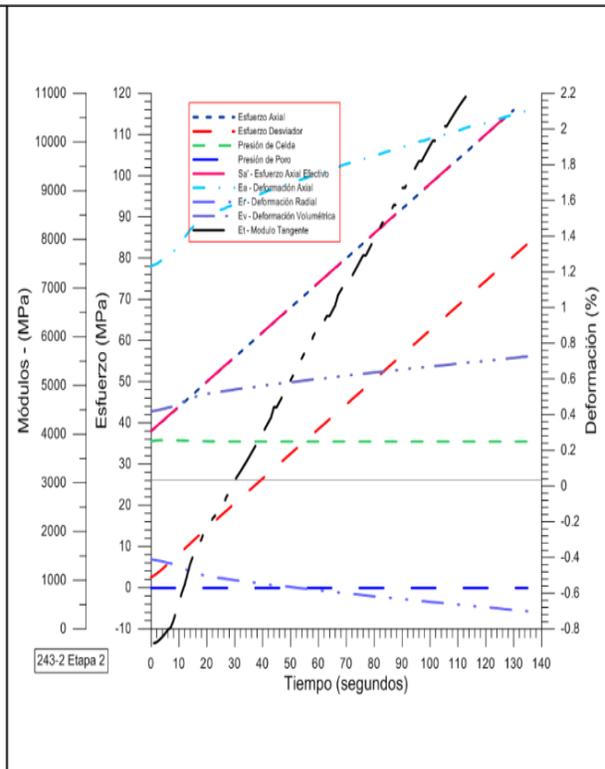
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS		29/01/2014	Espécimen: 243

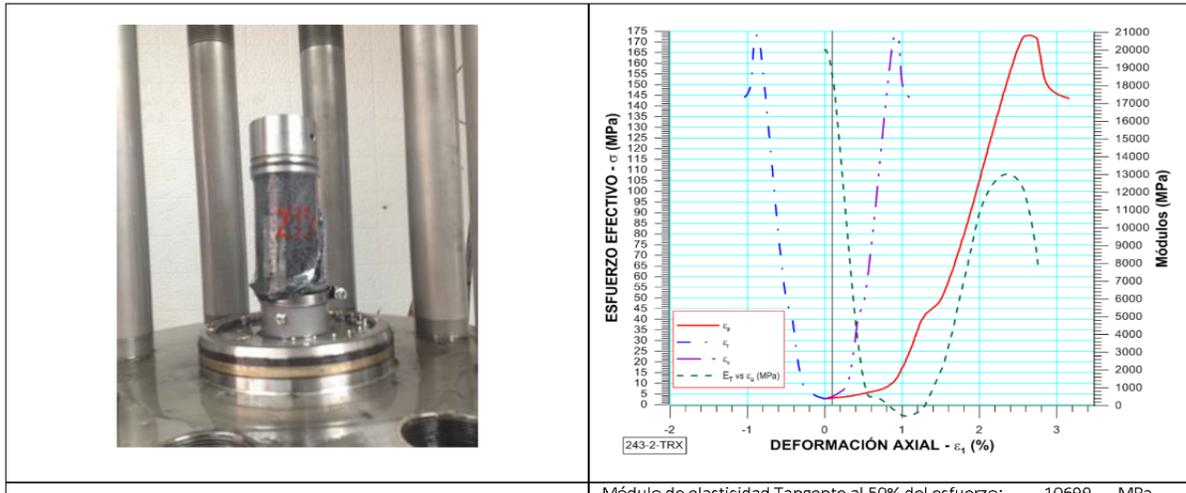


Desarrollo del ensayo Etapa 1



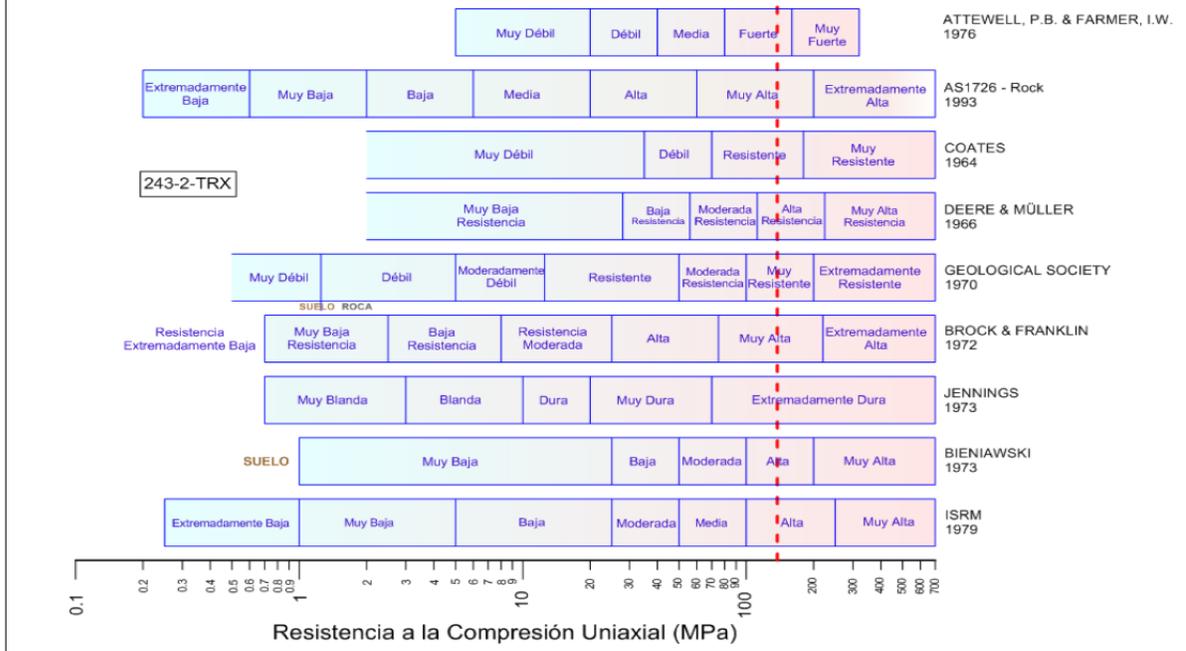
Desarrollo del ensayo Etapa 2

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS		29/01/2014	Espécimen: 243



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo:	10699	MPa
---	-------	-----

Condición final del Espécimen Parámetros vs. Deformación Axial



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

4.4.2.1. Resultados del Ensayo compresión Triaxial

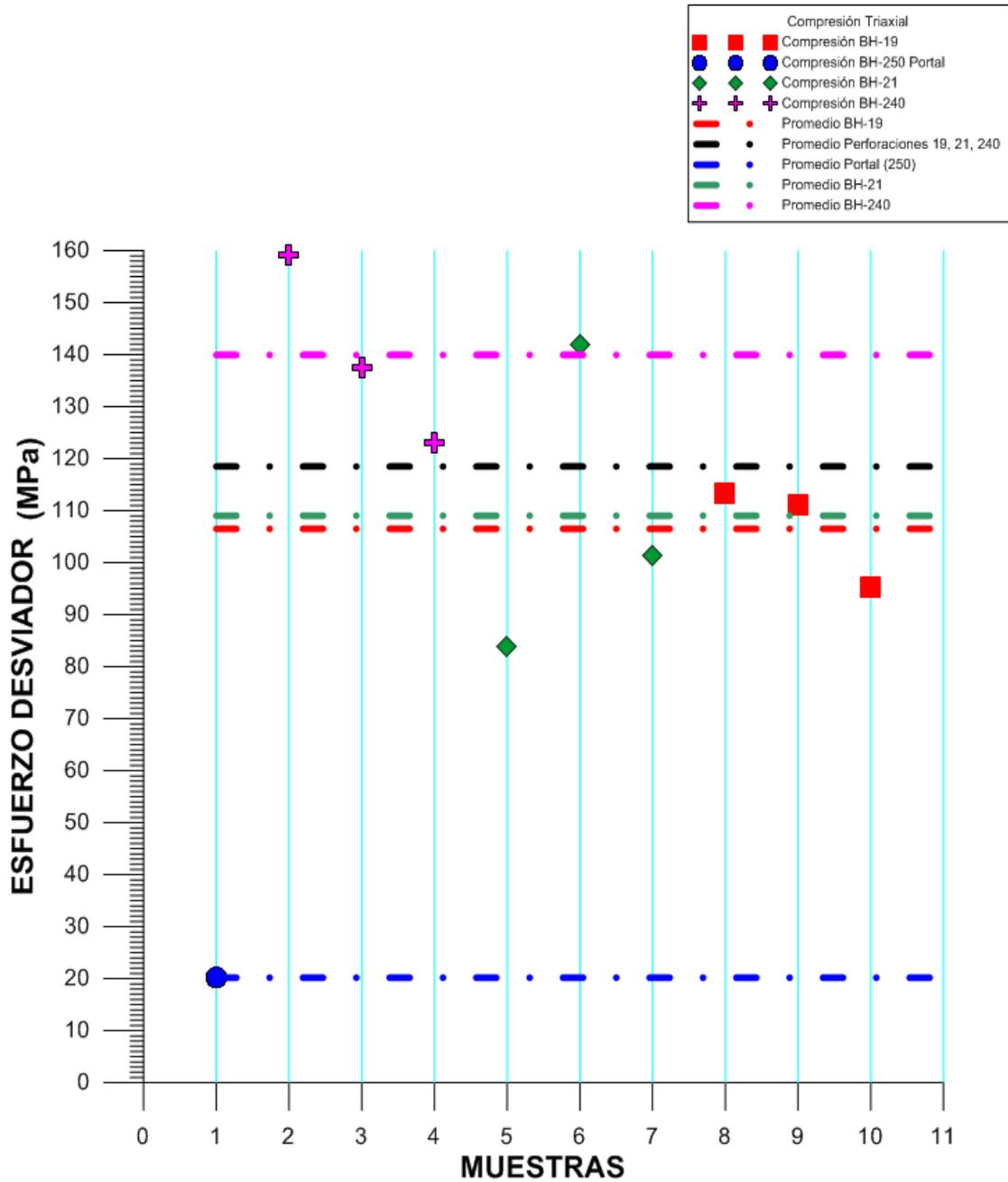
Tabla 4.4.2. Resultados del ensayo Triaxial.

Perforación	Ensayo de Compresión Triaxial				
	# Muestras	Esfuerzo Desviador Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Sigma 3 (Mpa)	Sigma 1 (Mpa)
BH-250	509-1	20,19	3,504	6.293	26.46
BH-240	237-2	159.26	2,355	36.38	195.64
BH-240	243-2	137.52	2,64	35.63	173.15
BH-240	246-1	123.05	3,153	36.62	159.68
BH-21	14-2	89.86	1,697	31.5	121.42
BH-21	11-1	142.10	1,616	31.57	173.63
BH-21	10-2	101.48	2,72	31.70	133.18
BH-19	29-1	95.13	2,273	23.2	118.34
BH-19	24-2	111.06	1,36	23.04	134.1
BH-19	19-1	113.33	1,392	23.12	136.46

Tabla 4.4.2B. Resistencia Promedio de Ensayos Triaxial

Ensayo de Compresión Triaxial					
Perforación	Esfuerzo Desviador Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Sigma 3	Sigma 1	Dev. Estándar E.D.P
BH-250	20,19	3,504	6.293	26.46	-
BH-240	139,94	2,71	36.21	176,16	18,22
BH-21	111,15	2,00	31,59	142,74	27,42
BH-19	106,5	1,67	23.12	129,63	9,91

La tabla 4.4.2B Presenta un promedio de los valores de esfuerzo desviador y deformación axial pico, de cada perforación con sus respectiva desviación estándar



Grafica 4.4.2. Resultado General los Ensayos de Triaxial (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21

El grafico de los ensayos de Compresión Triaxial (muestra vs esfuerzo Desviador), denota las diferentes líneas de promedio del esfuerzo desviador que resulta de las diversas perforaciones del Metro Petare-Guarenas-Guatire en estudio.

La perforación de BH- 240 se encuentra a una profundidad entre 187-189m, la cual posterior a los ensayos arrojó como resultado de resistencia al esfuerzo desviador 141,79MPa lo que indica que se está en presencia de una roca muy resistente, catalogada en la clasificación ISMR Y BIENAWSKI como una roca de alta competencia, se presume que la roca posee estas características debido a su composición mineral, fases de deformación, poca afectación de agentes exógenos y gran profundidad.

Las perforaciones BH-19 y BH-21 se comportan de manera similar con una variación entre de ellas de 3 MPa de esfuerzo desviador, aunque estas perforaciones estén a distintas profundidades litológicamente son muy parecidas, la BH-21 por tener mayor profundidad posee mayor resistencia al esfuerzo desviador, con diferencias muy mínima referente a la BH-19, como se evidencia en la gráfica antes presentada.

La perforación BH-250 presenta una resistencia al esfuerzo desviador 20,6 MPa lo cual es muy bajo, esto se debe, a que esta perforación se encuentra en un nivel más somero, donde está expuesta a los agentes exógenos de forma más directa, presentándose fuertemente meteorizada y alterada.

La franja promedio del esfuerzo desviador se encuentra en 118,49 MPa, indicando que a pesar que la roca está compuesta por minerales fácilmente alterables, puede ser catalogada como de alta resistencia, pero siempre hay que tener en cuenta que es una roca metamórfica con planos de debilidad.

4.4.3. Ensayos de Compresión Uniaxial

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 003-1

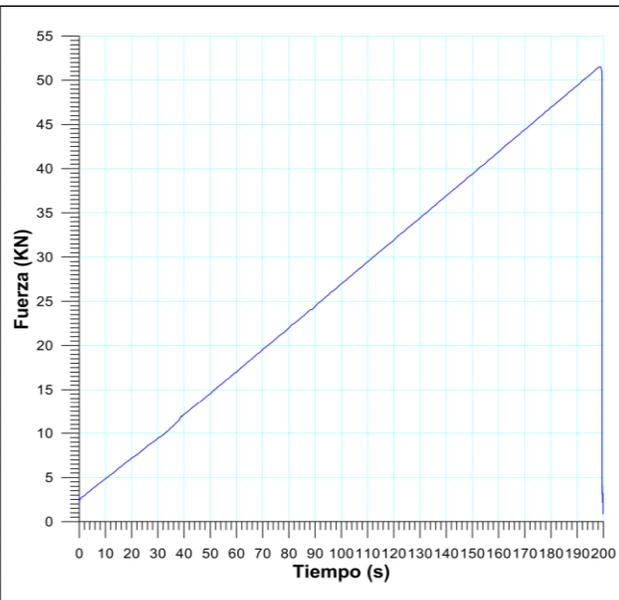
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	003-1
Perforación:	BH-19 –BOX 17 (102-105 m)0 cm
Profundidad:	102.00 m
Peso	467.80 gr
Altura (L)	96.40 mm
Diámetro (D)	47.70 mm
L/D	2.02 -
Área	17.87 cm ²
Volumen	172.27 cm ³
Densidad	2.72 Ton/m ³
σ_2 (calculado)	276.99 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	27.70 MPa
Duración:	199.853 seg seg
Coordenadas de la perforación	N E



INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA	
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress
Tipo	Incremental
Esfuerzo de Asiento	1 MPa
Valor Inicial	Relativo
Velocidad de Carga:	30 MPa/min
Carga Máxima permitida	150 MPa
Presión de Celda	- MPa
Presión de poros	- MPa
Medición de las deformaciones	En el actuador
ETAPA FINAL	
Deformación Axial - ϵ_a máxima	\leq 2.0 %
Tiempo Máximo del Ensayo	- min
Carga Máxima del Ensayo	- kN
Pico Reverso	Variable de Control AI-1: Axial Load
	Valor Reverso: 20 kN
	Umbral 2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:	
Incremento de Tiempo	0.3 seg
Level Crossing	Entrada de Control AI-1: Carga Axial
	Sensitividad 1 kN
OTRAS VARIABLES	
Tipo	Drenada
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar
Condición de la muestra	-
Medición de las deformaciones	Actuador Axial

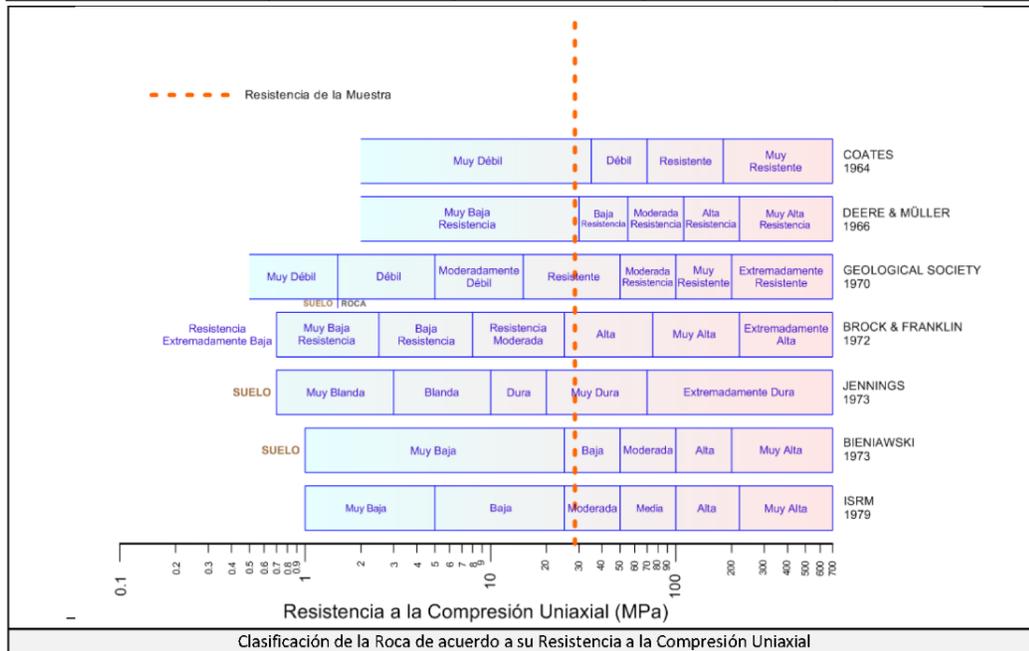


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 003-1



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

4.4.3.1 Resultados del Ensayo Compresión Uniaxial

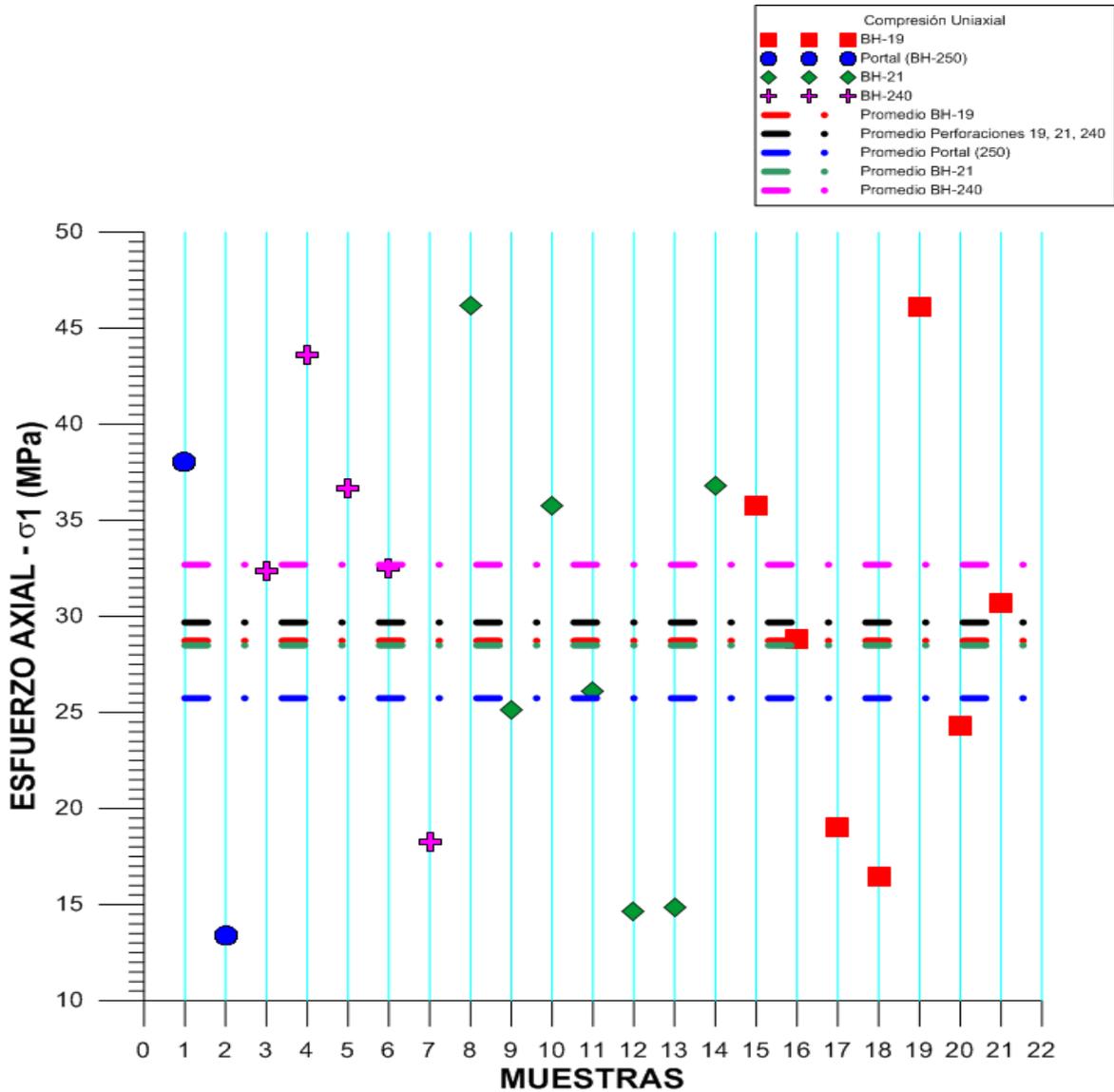
Tabla 4.4.3. Resultados del Ensayo de Compresión Uniaxial.

Ensayo de Compresión Uniaxial					
Perforación	N° de Muestra	Esfuerzo Axial Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Módulo de Elasticidad Tangente (50%) GPa	Módulo de Elasticidad Secante (50%) GPa
BH-250	501	38.06	0.80	5.75	4.18
BH-250	511	13.42	0.67	12.40	2.61
BH-240	214-1	32.36	0.44	13.83	6.85
BH-240	240-1	43.62	0.46	15.34	8.91
BH-240	240-2	36.69	0.45	16.24	8.75
BH-240	240-4	32.51	0.40	15.77	7,92
BH-240	246-2	18.28	0.36	16.05	5.16
BH-21	4-2b	46.15	1.27	3.10	2.38
BH-21	6-1	25.10	1.82	1.24	0.90
BH-21	8-2	35.74	1.36	1.68	1.61
BH-21	13-1	26.11	1.49	0.79	1.06
BH-21	14-1	14.67	1.56	0.30	0.69
BH-21	15-1	14.87	1.96	0.36	0.65
BH-21	32-1	36.8	1.63	1.89	1.41
BH-19	1-1	35.76	1.50	1.60	1.46
BH-19	3-1	28.82	0.44	2.86	1.66
BH-19	21-1	19.04	1.87	0.43	0.64
BH-19	22-1	16.46	1.73	0.45	0.67
BH-19	23-1	46.08	1.22	2.58	2.44
BH-19	24-3	24.29	1.50	0.93	1.07
BH-19	25	30.69	1.46	1.49	1.35

Tabla 4.4.3B. Resistencia Promedio de Ensayos Compresión Simple

Perforación	Esfuerzo Axial Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Módulo de Elasticidad Tangente (50%) GPa	Módulo de Elasticidad Secante (50%) GPa	Desv estándar E.A.P.
BH-250	25,74	0,73	9,07	3,39	17,42
BH-240	32,69	0,42	15,44	7,51	9,26
BH-21	28,49	1,58	1,33	1,24	11,74
BH-19	28,73	1,38	1,53	1,32	10,15

La tabla 4.4.3B Muestra los valores promedio y la desviación estándar de los resultados arrojados por los ensayos de compresión simple de forma resumida.



Grafica 4.4.3. Resultado General los Ensayos de Compresión Uniaxial (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21

El grafico 4.4.3. Compresión Uniaxial (muestra vs esfuerzo axial), denota las diferentes líneas de tendencia promedio del esfuerzo axial que resulta de las diversas perforaciones del Metro Petare-Guarenas-Guatire en estudio.

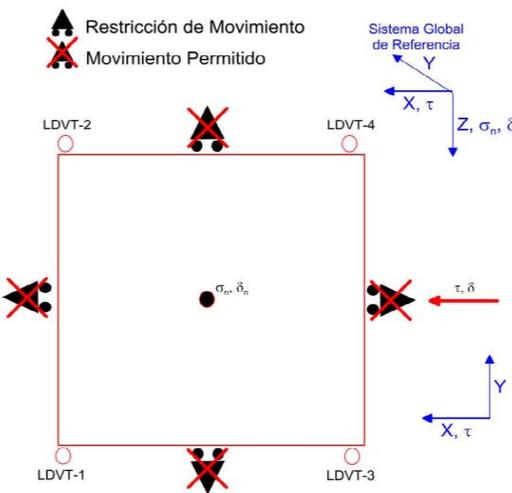
La Perforación BH-240 indica una mayor resistencia a la compresión con un esfuerzo axial promedio de 32,69 MPa, esta se encuentra a una profundidad que oscila entre 187-189 m, la dispersión de sus datos se asocia a sus discontinuidades, planos de debilidades, composición

mineralógica, fases de plegamiento, y la intervención de agentes exógenos. Por su parte, las perforaciones BH-19 y BH-21 poseen un comportamiento similar ya que presentan un esfuerzo axial de 28,73 MPa y 28,49 MPa respectivamente, esto se puede asociar a que dichas perforaciones se encuentran más cercanas a Petare donde la litología previamente estudiada indica que se está en presencia de rocas más competentes y menos afectadas por la meteorización, obteniendo características mineralógicas parecidas a diferentes profundidades.

Por último la perforación BH-250 posee menor resistencia a la compresión y el promedio de esfuerzo axial es de 25,74 MPa, esta se encuentra ubicada en las cercanías de la ciudad Guarenas, a profundidades de 17,5-35 m siendo el portal por donde accederá la TBM, presentándose en ese sector los agentes exógenos con mayor grado de influencia incrementando la meteorización y alteración de la roca como se observan en los núcleos de perforación.

Cabe destacar que las líneas de promedio general se ubican entre un patrón de 25 a 33 MPa lo que indican que la variabilidad de esfuerzo axial no es tan marcada en el trayecto que cubrirá la TBM.

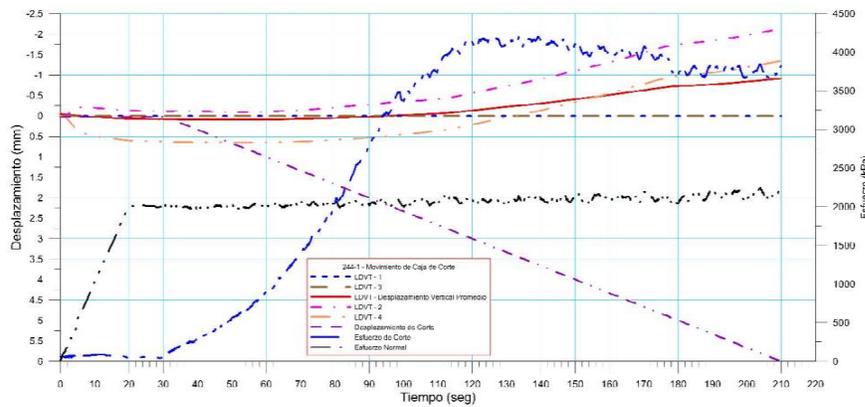
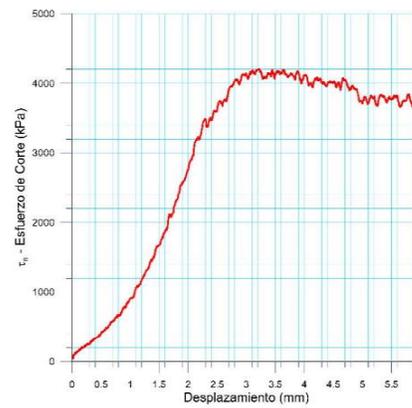
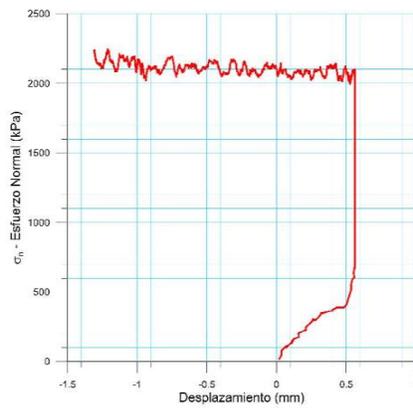
4.4.4. Ensayos de Corte Directo

 RIF: J-00363691-6		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
		SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 6	
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Especimen: 244	
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining Shear Strength (1975)			
	ASTM	D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force			
DATOS GENERALES					
Equipo	GCTS - RDS-500				
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89				
Proyecto	Metro Petare-Guarenas-Guatire				
Especimen	244				
Origen del Especimen	Suministrado por el cliente				
Coordenadas de la muestra	-				
Perforación	BH 240- BOX 25 (189-190 m) 12cm				
Clasificación Geológica del Especimen	Esquisto Cuarzo-Grafitosos				
Formación Geológica	Esquisto De Las Mercedes				
Tipo de Roca	Media -				
Inclinación de la Discontinuidad	Circular	Referido al eje vertical de la caja			
Tipo de Especimen	Cilíndrico	Altura	41 mm		
		Diámetro	48 mm		
		Angulo de inclinación con la vertical:	90°		
Dirección de Esfuerzo de Corte	Circular	-			
Área Inicial	18,10	cm²			
Grados de libertad de la Caja de Corte	Todos		GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO		
PROGRAMA DE CARGA					
Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL σ_n			Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE τ_n		
Actuador de Corte			Actuador de Corte		
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte		Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte	
Modo	Constante		Modo	Incremental	
Valor Constante	Relativo		Valor Inicial	0 mm	
Actuador Normal			Velocidad de Desplazamiento		
Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal		Valor Final	6 mm	
Modo	Incremental		Actuador Normal		
Valor Inicial	0 kPa		Retroalimentación	AI-1: Carga Normal	
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados		Modo	Constante	
Valor Final	kPa		Valor Constante	Relativo	
Adquisición de Datos			Adquisición de Datos		
Incrementos de Tiempo	0.5 segundo		Incrementos de Tiempo	0.2 segundo	
Nivel de Cruce	Seleccionado		Nivel de Cruce	Seleccionado	
Picos/valles	Seleccionado		Picos/valles	Seleccionado	
Entrada Maestra	AI-2: Desplazamiento del actuador normal		Entrada Maestra	AI-4: Desplazamiento de corte	
Sensitividad	0.05 mm		Sensitividad	0.05 mm	
Tiempo Máximo de Ejecución	0.5 minutos		Tiempo Máximo de Ejecución	5 minutos	
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección		Corrección del área para la Deformación por Corte	con corrección	

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

Resultados

Punto 1	Velocidad de Carga – σ_n 100 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	91.17	35.45	4224.86	3818.84	kPa
Tiempo	6.8497	30.0002	126.0920	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0220	0.0170	3.2020	5.9970	mm
Deformación Normal	0.0070	0.0810	-0.1872	-0.9153	mm
σ - Esfuerzo Normal	8.43	1998.71	2109.52	2236.10	kPa



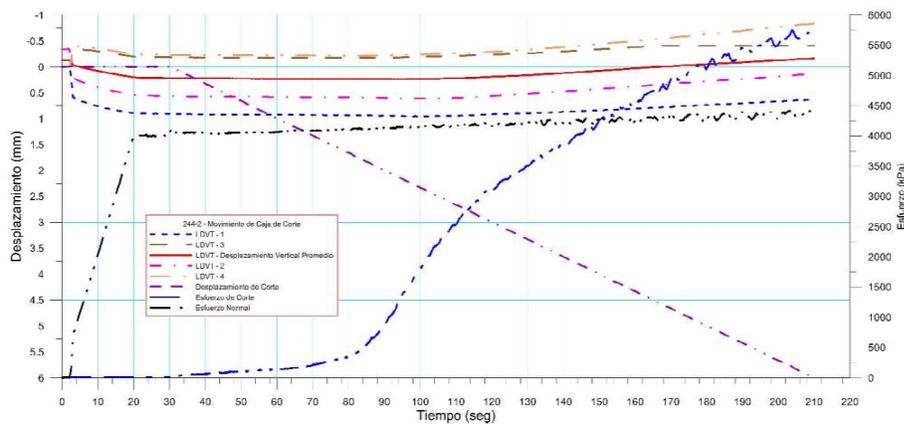
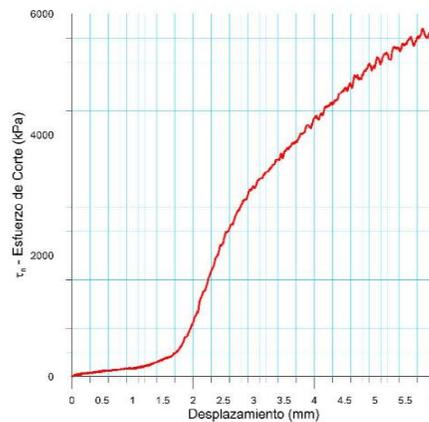
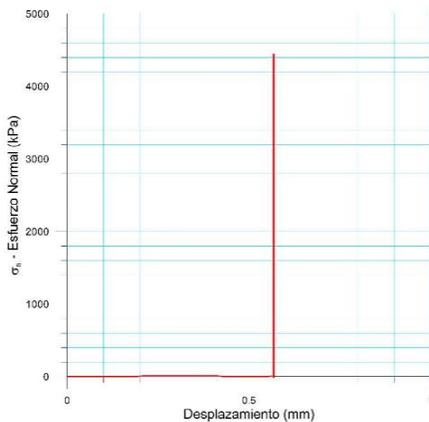
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

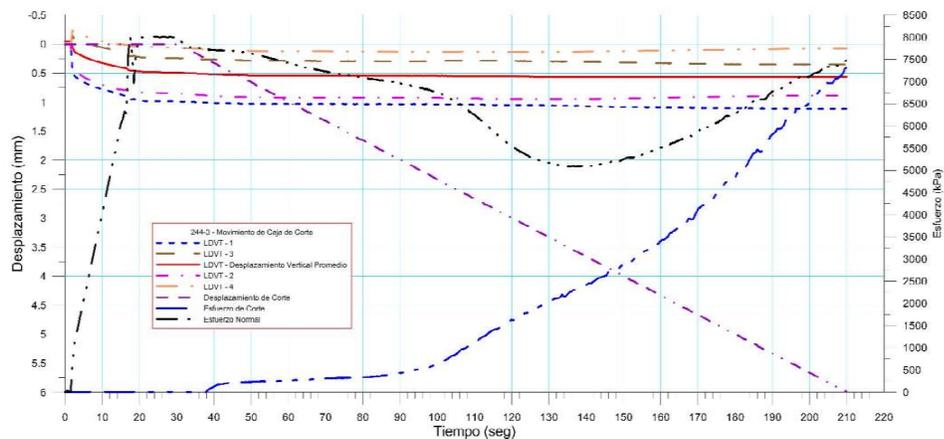
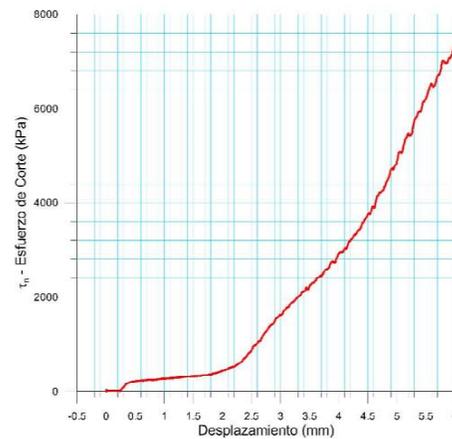
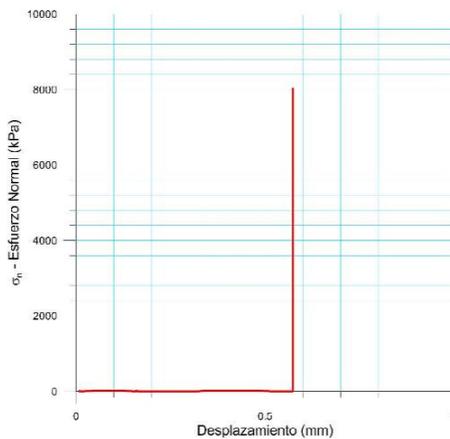
Punto 2	Velocidad de Carga – σ_n 200 kPa/segundo	Valor Final – σ_n 4000 kPa			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	10.13	-91.17	5830.36	5813.65	kPa
Tiempo	0.0015	30.0002	210.0010	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0020	-0.0030	5.9950	5.9940	mm
Deformación Normal	-0.1324	0.2129	-0.1685	-0.1690	mm
σ - Esfuerzo Normal	8.43	4005.85	4435.29	4425.99	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

Punto 3	Velocidad de Carga – σ_n 400 kPa/segundo	Valor Final – σ_n 8000 kPa			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	25.33	-1002.87	7311.27	7305.74	kPa
Tiempo	0.3840	30.0002	209.9930	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0030	0.0000	5.9940	5.9940	mm
Deformación Normal	-0.0467	0.4894	0.5614	0.5603	mm
σ - Esfuerzo Normal	8.43	7995.02	7480.93	7480.93	kPa

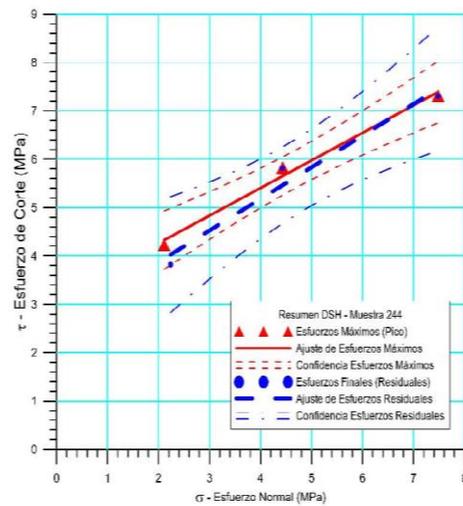


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
lgo Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 5 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Especimen: 244

Resumen de los Resultados

Datos del Especimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	σ_n (MPa)	τ (MPa)	σ_n (MPa)	τ (MPa)
1	2.10952	4.22486	2.23610	3.81884
2	4.43529	5.83036	4.42599	5.81365
3	7.48093	7.31127	7.48093	7.30574



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$t = 0.57015 * s + 3.12$	$t = 0.65363 * s + 2.56$
Cohesión (c) (MPa)	3.12	2.56
Ángulo de Fricción (ϕ), (grados)	29.69	33.17
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal (σ_n)	4.6752	4.7143
Promedio Esfuerzo de Corte (τ)	5.7888	5.6461
Suma de los residuos cuadrados	0.0480	0.1919
Regresión Suma de los residuos cuadrados	4.7176	5.9295
Coefficiente de Determinación (R^2)	0.9899	0.9687

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 6 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244
INICIAL				
				
244-L		244-U		
FINAL - CAJA INFERIOR		FINAL - CAJA SUPERIOR		

Ciudad Universitaria de Caracas - Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 - Fax +58 (212) 605.3172 - RIF: G-20000062-7

4.4.4.1 Resultados del Ensayo Corte directo

Tabla 4.4.4. Resultados Corte Directo

Ensayo de Corte Directo								
Perforación	Nº de Muestra	Etapas	σ_n	τ	Sigma 3 MPa	Sigma 1 MPa	Cohesión MPa	Angulo de fricción
BH-240	222	1	2.22	5.13	-2.90	7.35	5.14	4.67°
		2	4.41	5.79	-1.37	10.20		
		3	8.74	5.75	2.98	14.50		
BH-240	244	1	2.10	4.22	-2.11	6.33	3.12	29.69°
		2	4.43	5.83	-1.39	10.26		
		3	7.48	7.31	0.16	14.79		
BH-250	506	1	2.16	1.19	0.96	3.66	0.86	9.97°
		2	2.14	1.28	0.86	3.42		
		3	4.28	1.61	2.66	5.75		
		4	8.54	2.21	6.33	10.7		

4.4.6 Ensayo de abrasividad método (Cerchar)

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 10

NORMAS UTILIZADAS	ISRM ASTM	ND D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	10	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-21-BOX-31 (163-166 m) 143 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	164.43 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_1^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
310 μm =	Valor CAI determinado 3.10	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Véase los demás reportes en el apéndice.

4.5. Comparación de índice de abrasividad de los métodos Schimazek y Cerchar

4.5.1. Método de Schimazek

Tabla 4.5.1. Resultados de abrasividad obtenidos por el método Schimazek

Perforaciones	Q (%)	d50%(mm)	$\sigma T(N/mm^2)$	F(N/mm)	F (kp/cm)	Rozabilidad
BH-19	26.42	0.40	8.94	0.94	0.96	Muy mala
BH-21	42.02	0.15	8.39	0.53	0.54	Regular
BH-240	36.78	0.18	6.31	0.41	0.42	Moderada
BH-250	34.00	0.20	2.88	0.20	0.20	Muy buena

Contenido de cuarzo equivalente (Q)
Diámetro medio de cuarzo (d50%)
Resistencia tracción (σT)
Coefficiente de abrasividad (F)

Abrasividad F (kp/cm)	Clasificación
0.2-0.3	Muy buena
0.3-0.4	Buena
0.4-0.5	Moderada
0.5-0.6	Regular
0.6-0.8	Mala
0.8-1.0	Muy mala

4.5.2. Método Cerchar

Tabla 4.5.2. Resultados de abrasividad obtenidos por el método Cerchar

Abrasividad Método CERCHAR			
Perforación	# de Muestra	Índice de Abrasividad	Abrasividad
BH-250	511	2.10	Alta
BH-250	508	4.50	Extremada
BH-250	507	2.90	Alta
BH-240	246-1	1.10	Media
BH-240	243-2	3.20	Alta
BH-240	237-2	2.40	Alta
BH-21	10	3.10	Alta
BH-21	11-1	2.60	Alta
BH-21	12	3.40	Alta
BH-19	19	3.00	Alta
BH-19	24	3.10	Alta
BH-19	29	3.40	Alta
PROMEDIO		2.90	Alta

Tabla 4.5.3. Criterio de abrasividad para el método Cerchar

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR	
ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

4.5.3. Comparación entre los Métodos de Schimazek y Cerchar

Las perforaciones BH-19, BH-21, BH-240 poseen valores similares de abrasividad y rozabilidad en ambos métodos, debido a que sus características geológicas son similares y prácticamente no han sido expuestas a los agentes exógenos en el lineamiento del túnel, cabe destacar que la rozabilidad es inversamente proporcional a la abrasividad y esto se evidencia en ambos cuadros de resultados.

Sin embargo en la perforación BH-250 tiene una rozabilidad muy buena según el método Schimazek, es decir una baja abrasividad que no es correspondiente con la abrasividad arrojada por el método Cerchar.

La divergencia de ambos métodos está asociada a la meteorización ejercida por los agentes exógenos, causando una baja resistencia a la tracción de 2.6 MPa en promedio sobre la perforación BH-250, que al ser tan baja produce cambios notorios en este índice de rozabilidad.

Por lo tanto en rocas intactas como los las perforaciones BH-19, BH21, Y BH240 se recomienda utilizar el método cerchar por su rapidez y efectividad pero en rocas altamente descompuestas es mejor ir a método de Schimazek evalúa más a detalle los parámetros geológicos y su composición

4.6. MODELO GEOMECANICO

Los siguientes gráficos presentan las distintas curvas de ajuste generadas con los parámetros geomecánicos, características geológicas y tipo de excavación a ejecutar en el macizo rocoso, obtenidos mediante los ensayos de tracción indirecta, compresión uniaxial y compresión triaxial.

El reajuste de los valores de cohesión, ángulo de fricción y tracción indirecta permitió generar la mejor envolvente de falla, obteniendo datos representativos y parte del perfil geomecánico del lineamiento Metro Caracas- Guarenas-Guatire

4.6.1. Ajuste Geomecánico BH-19

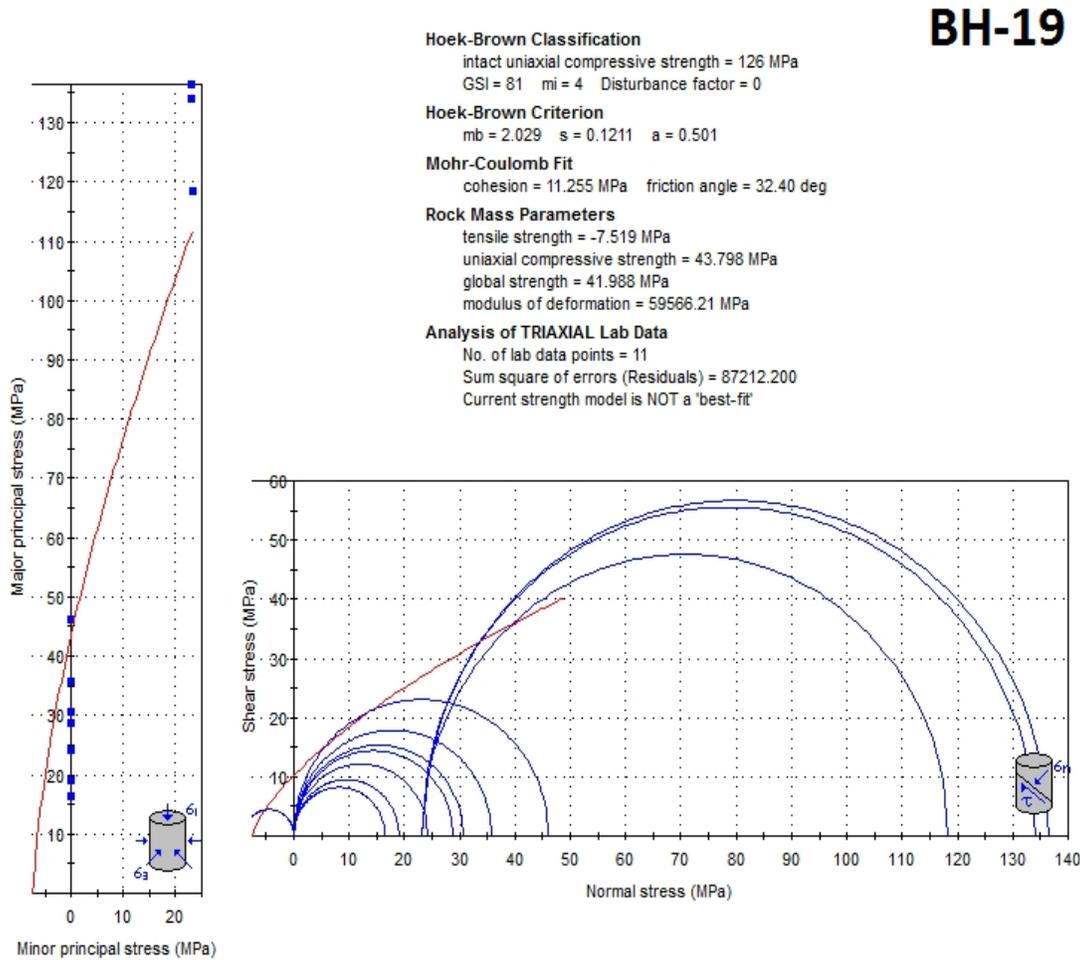


Figura 4.6.1. Ajuste Geomecánico BH-19

Tabla 4.6.1 Parámetros geomecánicos de la perforación BH-19

M. LABORATORIO	Parámetros		
	Perforación	Nomenclatura	BH-19
Profundidad (m)	P	(85.90-102.00)	
Porosidad n (%)	N	1.52	
Absorción A (%)	A	0.58	
P. Unitario húmedo (gr/cm ³)	ρh	2.64	
P. Unitario seco (gr/cm ³)	ρs	2.63	
MACIZO ROCOSO	Resistencia a la compresión (MPa)	σc	43.798
	Resistencia a la tracción (MPa)	σt	-7.519
	Cohesión (MPa)	C	11.255
	Angulo de fricción (deg)	Φ	32.40
	Abrasividad cerchar	-	Alta
	Resistencia I.S.M.R	-	Moderada
Nombre		Esquisto calcítico, cuarzo moscovítico, grafitoso	

4.6.2 Ajuste Geomecánico BH-21

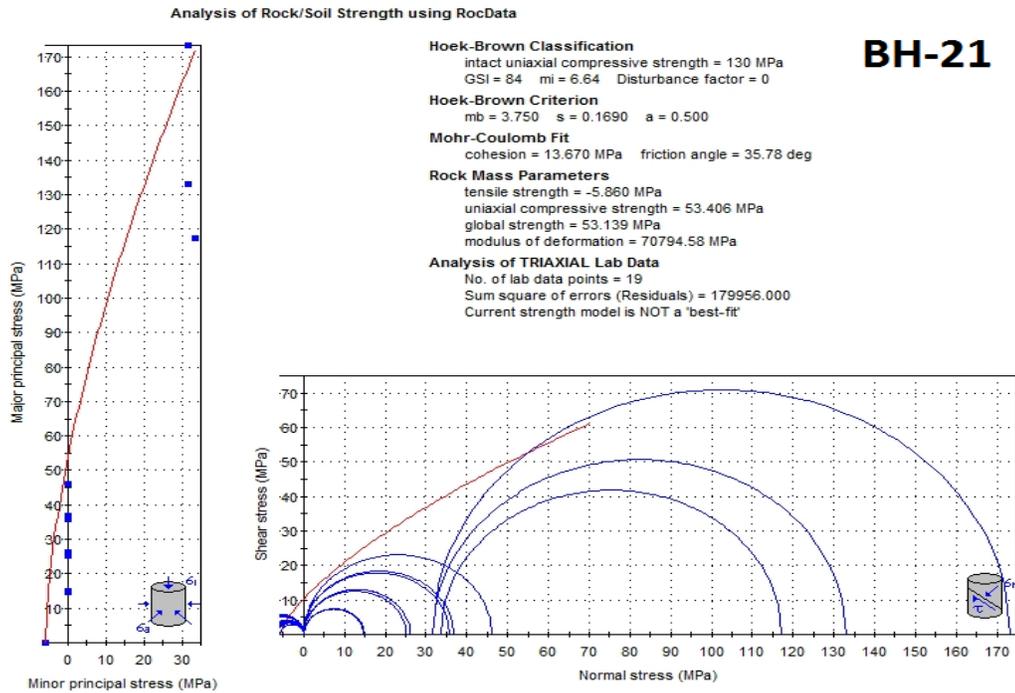


Figura 4.6.2. Ajuste Geomecánico BH-21

Tabla 4.6.2 Parámetros geomecánicos de la perforación BH-21

M. LABORATORIO	Parámetros		
	Perforación	Nomenclatura	BH-21
Profundidad (m)	P	(163.93-165.51)	
Porosidad (%)	N	1.63	
Absorción (%)	A	0.61	
P. Unitario húmedo (gr/cm ³)	ρh	2.71	
P. Unitario seco (gr/cm ³)	ρs	2.70	
MACIZO ROCOSO	Resistencia a la compresión (MPa)	σc	53.406
	Resistencia a la tracción (MPa)	σt	-5.86
	Cohesión (MPa)	C	13.670
	Angulo de fricción (deg)	Φ	35.78
	Abrasividad cerchar	-	Alta
	Resistencia I.S.M.R	-	Moderada
Nombre		Esquisto cuarzo, calcítico moscovítico, grafitoso	

4.6.3. Ajuste Geomecánico BH-240

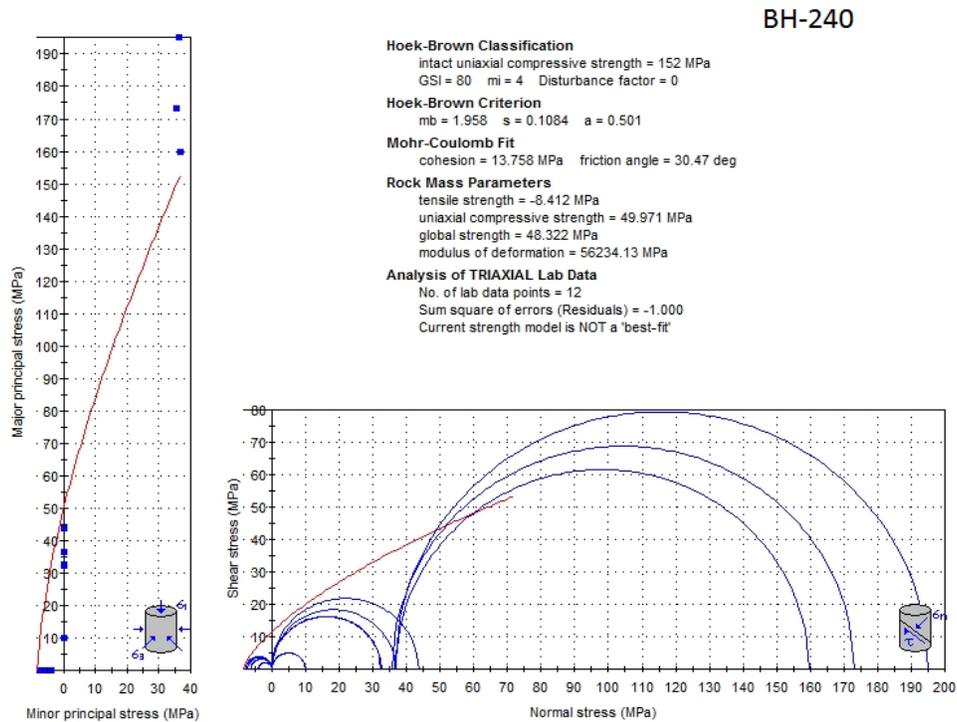


Figura 4.6.3. Ajuste Geomecánico BH-240

Tabla 4.6.3 Parámetros geomecánicos de la perforación BH-240

		Parámetros	
		Perforación	Nomenclatura
M. LABORATORIO		Perforación	BH-240
		Profundidad (m)	P (185.34-189.31)
		Porosidad (%)	N 1.7
		Absorción (%)	A 0.64
		P. Unitario húmedo (gr/cm ³)	ph 2.70
		P. Unitario seco (gr/cm ³)	ps 2.68
MACIZO ROCOSO		Resistencia a la compresión (MPa)	σc 49.971
		Resistencia a la Tracción (MPa)	σt -8.412
		Cohesión (MPa)	C 13.758
		Angulo de fricción (deg)	Φ 30.47
		Abrasividad cerchar	- Alta
		Resistencia I.S.M.R	- Moderada
Nombre		Esquisto cuarzo, calcítico grafitoso, moscovítico	

4.6.4. Ajuste Geomecánico BH-250

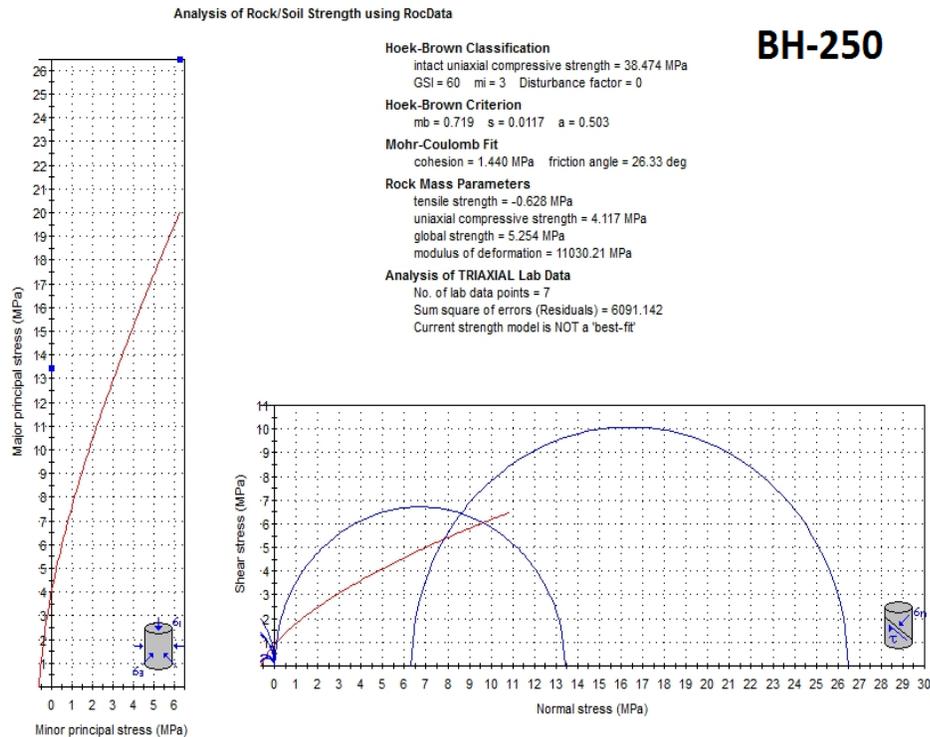
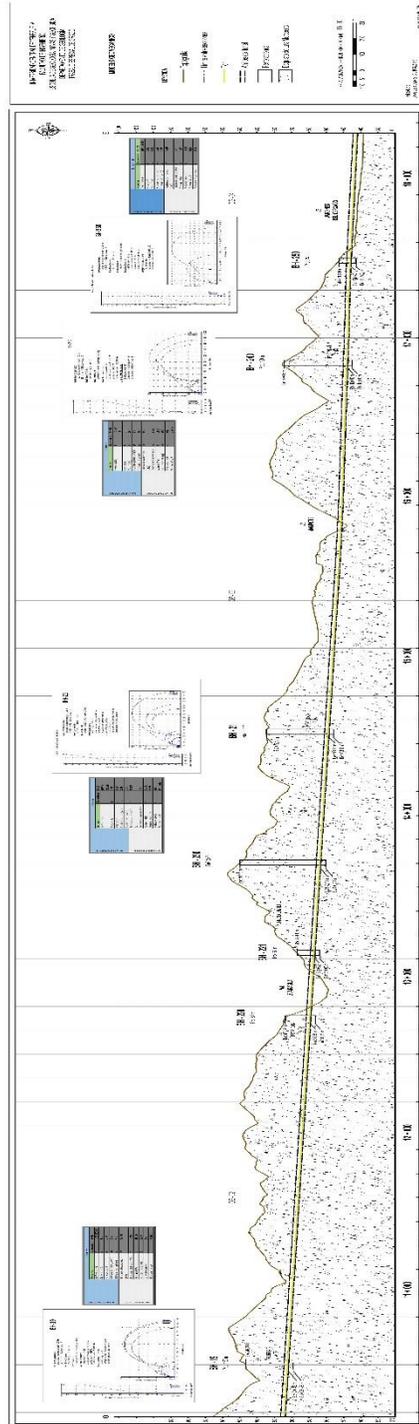


Figura 4.6.4. Ajuste Geomecánico BH-250

Tabla 4.6.4 Parámetros geomecánicos de la perforación BH-250

M. LABORATORIO	PARÁMETROS		
	Perforación	Nomenclatura	BH-250
	Profundidad (m)	P	(13.00-46.30)
	Porosidad (%)	N	2.56
	Absorción (%)	A	0.99
	P. Unitario húmedo (gr/cm ³)	Ph	2.59
	P. Unitario seco (gr/cm ³)	Ps	2.56
MACIZO ROCOSO	Resistencia a la compresión (MPa)	Σc	4.117
	Resistencia a la tracción (MPa)	Σt	-0.628
	Cohesión (MPa)	C	1.40
	Angulo de fricción (deg)	Φ	26.33
	Resistencia I.S.M.R	-	Baja
	Abrasividad (M. Schimazek)	-	Baja
Nombre		Esquisto calcítico, cuarzo moscovítico, grafitoso	

4.6.5. Modelo Geomecánico General



Véase apéndice

4.7. MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

A continuación se presentan la simulación de las etapas de excavación de los túneles gemelos del Metro Caracas- Guarenas- Guatire, dividida de la siguiente manera:

1. Etapa 1 Mallado y túneles gemelos sin excavar y excavado
2. Etapa 2 Mallado y Primer túnel sin excavar y excavado
3. Etapa 3 Mallado y Ambos túneles sin excavar y excavado

Donde se introdujeron los parámetros obtenidos de las distintas perforaciones (modulo secante, resistencia a la tracción, resistencia a la compresión, cohesión, ángulo de fricción, densidad, foliación aparente medida en núcleo, profundidad, tipo de roca, numero de litologías y las características de los túneles.

Las características de los túneles son las siguientes

- Diámetro 9 m
- Distancia entre ellos 9 m
- Distancia entre sus centros 18 m
- Carga litostática según su densidad y profundidad.
- Características geomecánicas y geológicas según su perforación

BH-19

- N° de nodos en etapa n°1 (2146)
- N° de elementos etapa n°1 (3853)
- N° de nodos en etapa n°2 (1867)
- N° de elementos etapa n°2 (3297)
- N° de nodos en etapa n°3 (1573)
- N° de elementos etapa n°3 (2708)
- Tipo de elementos nodos triangulares

BH-21

- N° de nodos en etapa n°1 (2407)
- N° de elementos etapa n°1 (4261)
- N° de nodos en etapa n°2 (2096)
- N° de elementos etapa n°2 (3668)

- N° de nodos en etapa n°3 (1756)
- N° de elementos etapa n°3 (3013)
- Tipo de elementos nodos triangulares

BH-240

- N° de nodos en etapa n°1 (2520)
- N° de elementos etapa n°1 (4411)
- N° de nodos en etapa n°2 (2221)
- N° de elementos etapa n°2 (3835)
- N° de nodos en etapa n°3 (1859)
- N° de elementos etapa n°3 (3132)
- Tipo de elementos nodos triangulares

BH-250

- N° de nodos en etapa n°1 (2216)
- N° de elementos etapa n°1 (3997)
- N° de nodos en etapa n°2 (1916)
- N° de elementos etapa n°2 (3407)
- N° de nodos en etapa n°3 (1592)
- N° de elementos etapa n°3 (2768)
- Tipo de elementos nodos triangulares

4.7.1. Análisis de elementos finitos BH-19 (Se modela con carga litostática)

Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)

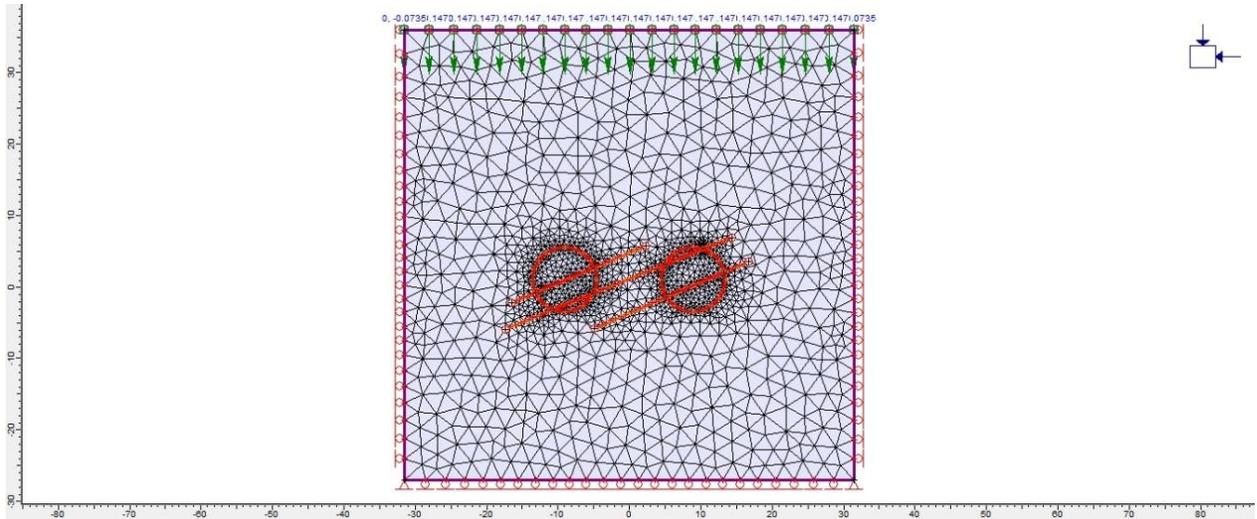


Figura 4.7.1. Etapa 1 BH-19 (S)

Etapa 1 Desplazamiento Vertical (Sin Excavar)

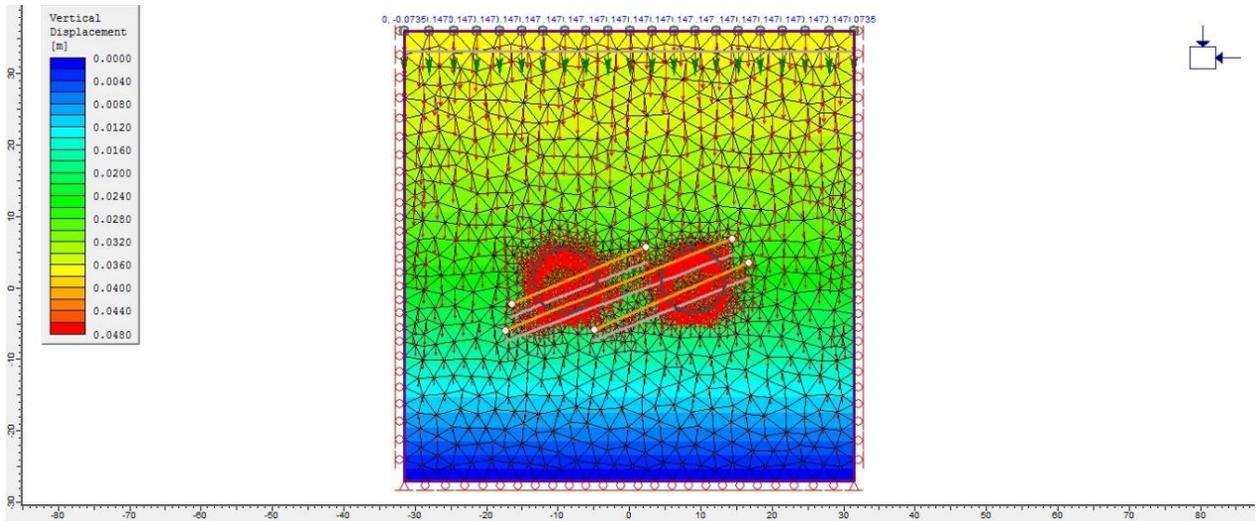


Figura 4.7.1. Etapa 1 BH-19 (E)

Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)

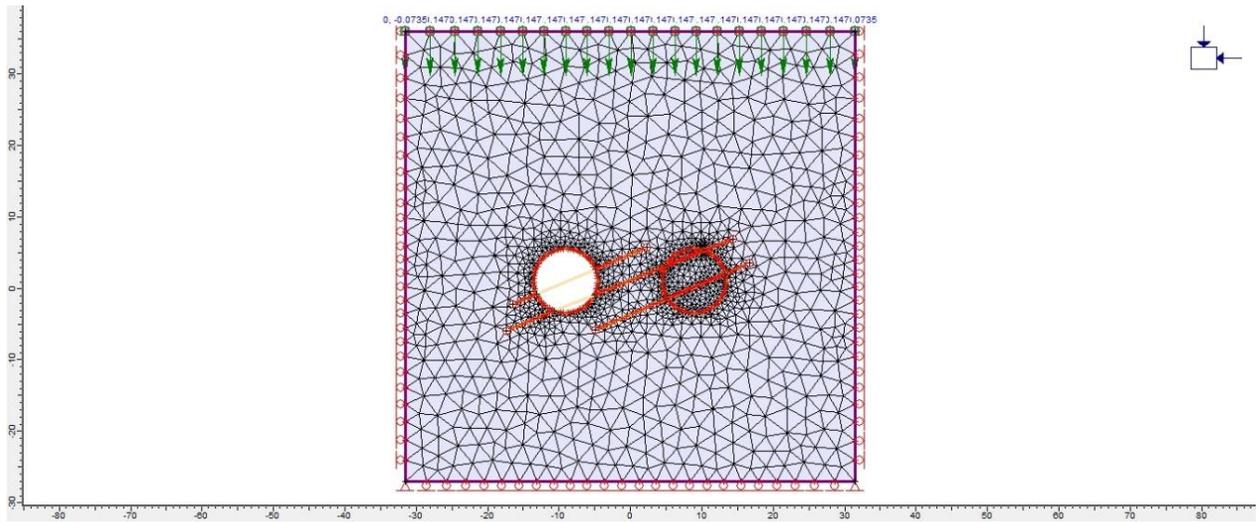


Figura 4.7.1. Etapa 2 BH-19 (S)

Etapa 2 Desplazamiento Vertical (Excavado)

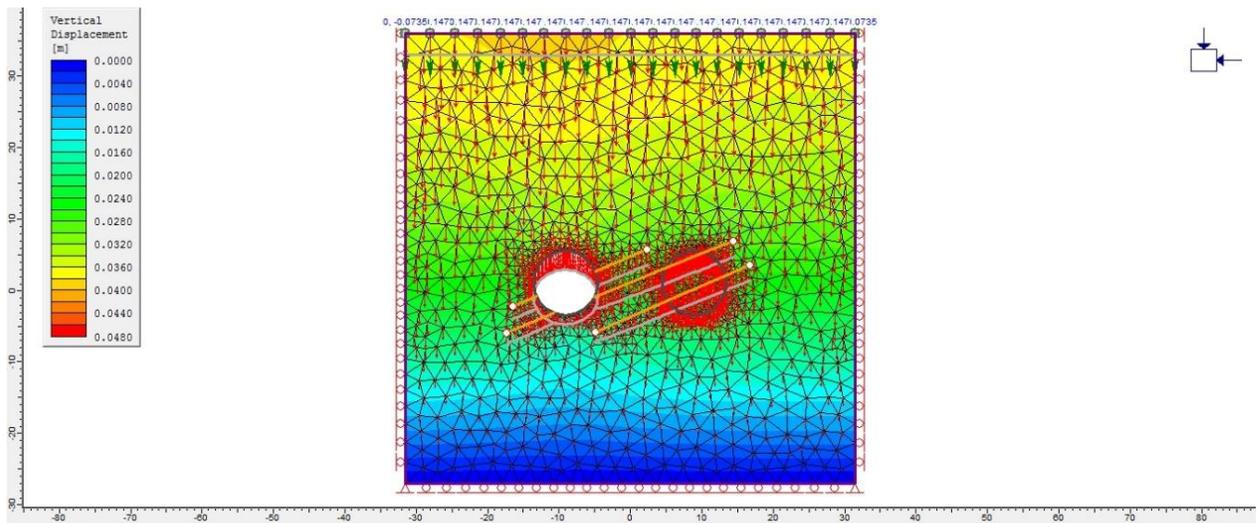


Figura 4.7.1. Etapa 2 BH-19 (E)

4.7.2. Análisis General BH-19 (Se modela con carga litostática)

Primera etapa: Se observa el desplazamiento vertical producido por el macizo rocoso sin ninguna alteración, dicho desplazamiento se debe al esfuerzo litostático generado por la columna de roca que se encuentra encima del túnel proyectado. En estas condiciones según el estudio, la zona superior del túnel se desplazaría 28 mm, en el centro 24 mm y en la base 20 mm.

Segunda etapa: Se procedió a simular la excavación del primer túnel, se observa un desplazamiento vertical de 32mm en la zona superior del túnel, en los laterales 26 mm y en la base 16mm. Cabe destacar el otro túnel simulado no se ve afectado por la excavación del primero.

Tercera etapa: se procedió a excavar el segundo túnel simulando los 100 m de distancia entre TBM lo que arrojó como resultado un desplazamiento vertical del segundo túnel de 34 mm en la parte superior del túnel, 26 mm en la zona lateral y 16 mm en la base. Cabe destacar que los 9 m de separación entre ellos son suficientes para que estos no se afecten entre sí.

4.7.2. Análisis de elementos finitos BH-21(Se modela con carga litostática)

Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)

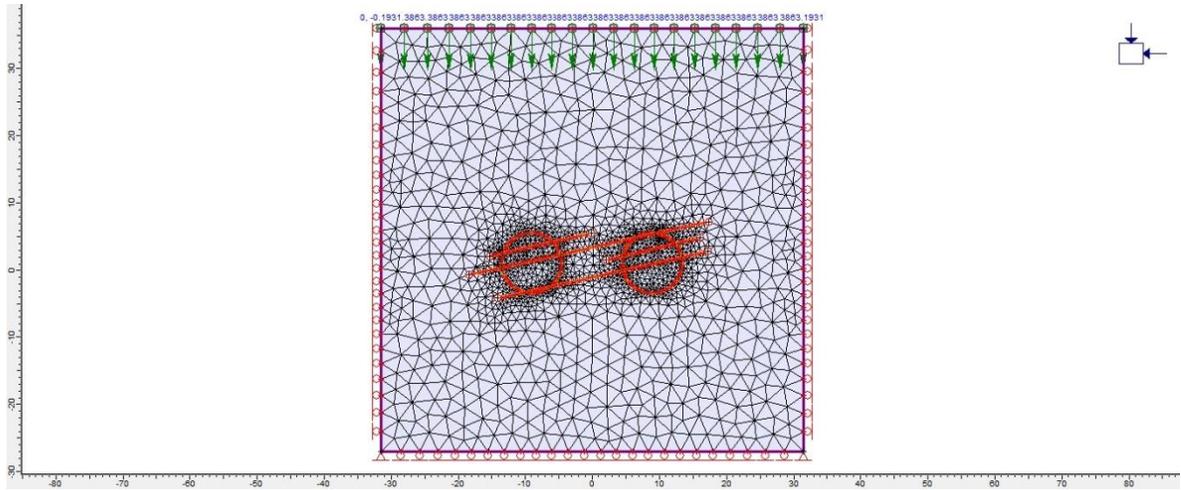


Figura 4.7.2. Etapa 1 BH-21 (S)

Etapa 1 Desplazamiento Vertical (Sin Excavar)

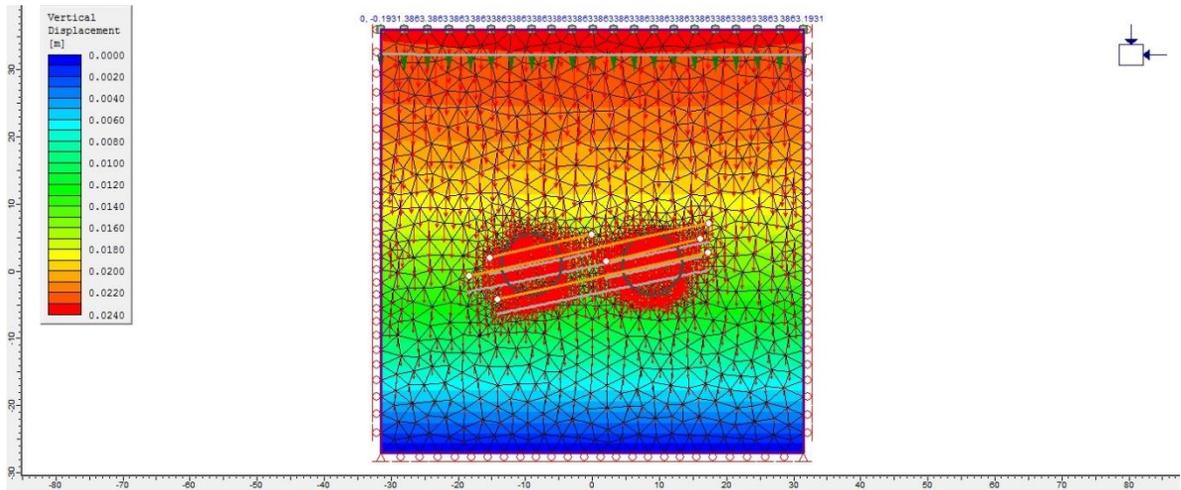


Figura 4.7.2. Etapa 1 BH-21 (E)

Etapa 3 Mallado y Ambos túneles (Excavados)

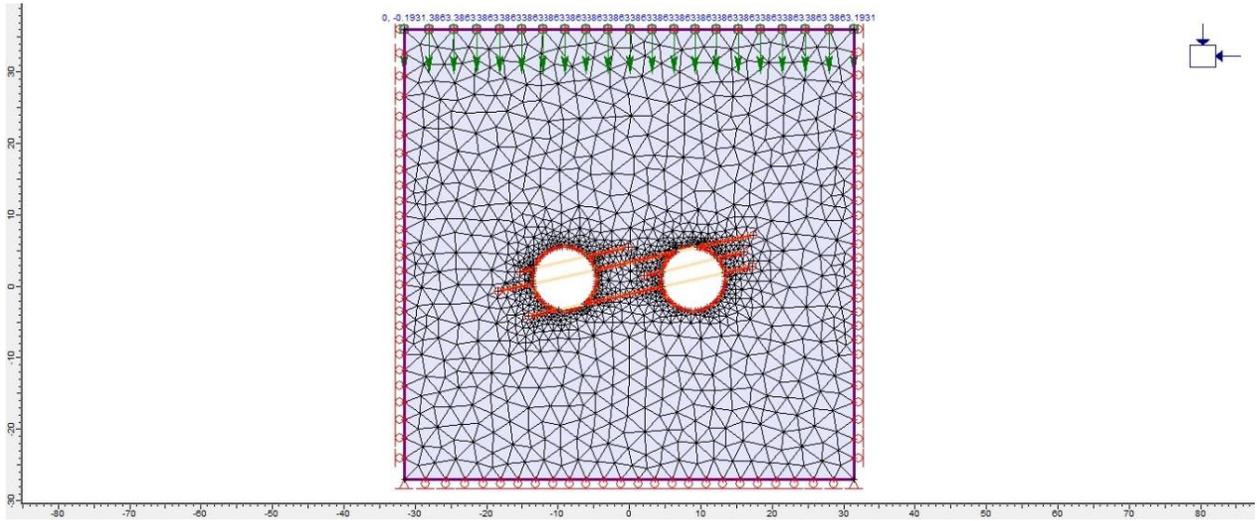


Figura 4.7.2. Etapa 3 BH-21 (S)

Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)

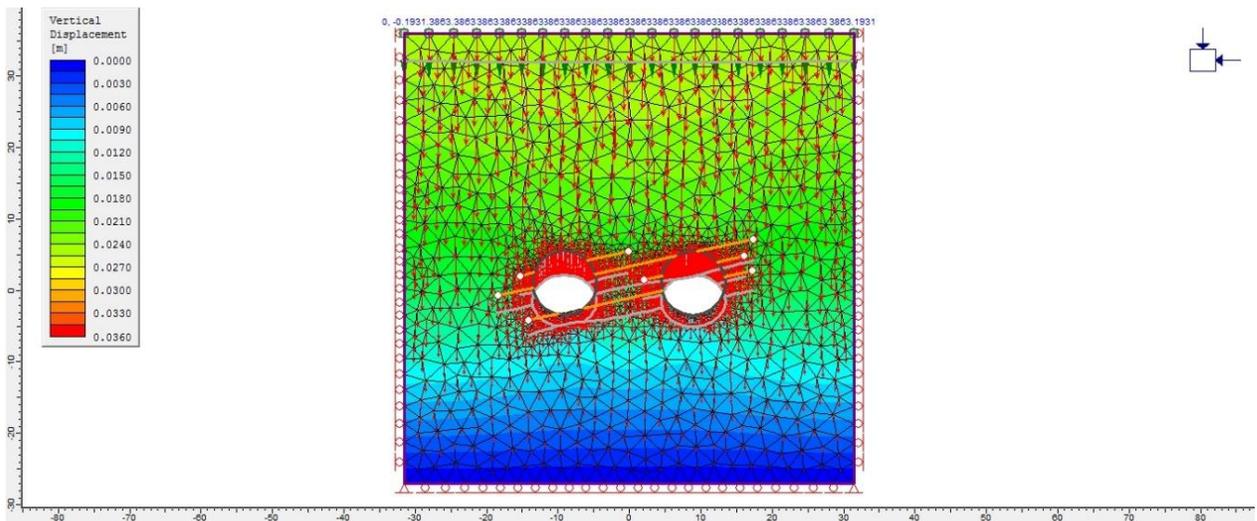


Figura 4.7.2. Etapa 3 BH-21 (E)

4.7.3. Análisis general BH-21 (Se modela con carga litostática)

Primera etapa: Se observa el desplazamiento vertical producido por el macizo rocoso sin ninguna alteración, dicho desplazamiento se debe al esfuerzo litostático generado por la columna de roca que se encuentra encima del túnel proyectado. En estas condiciones según el estudio, la zona superior del túnel se desplazaría 17 mm, en el centro 15 mm y en la base 13 mm.

Segunda etapa: Se procedió a simular la excavación del primer túnel, se observa un desplazamiento vertical de 21 mm en la zona superior del túnel, en los laterales 15 mm y en la base 10mm. Cabe destacar el otro túnel simulado no se ve afectado por la excavación del primero.

Tercera etapa: se procedió a excavar el segundo túnel simulando los 100 m de distancia entre TBM lo que arrojó como resultado un desplazamiento vertical del segundo túnel de 21 mm en la parte superior del túnel, 15 mm en la zona lateral y 10 mm en la base. Cabe destacar que los 9 m de separación entre ellos son suficientes para que estos no se afecten entre sí.

4.7.4. Análisis de elementos finitos BH-240 (Se modela con carga litostática)

Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)

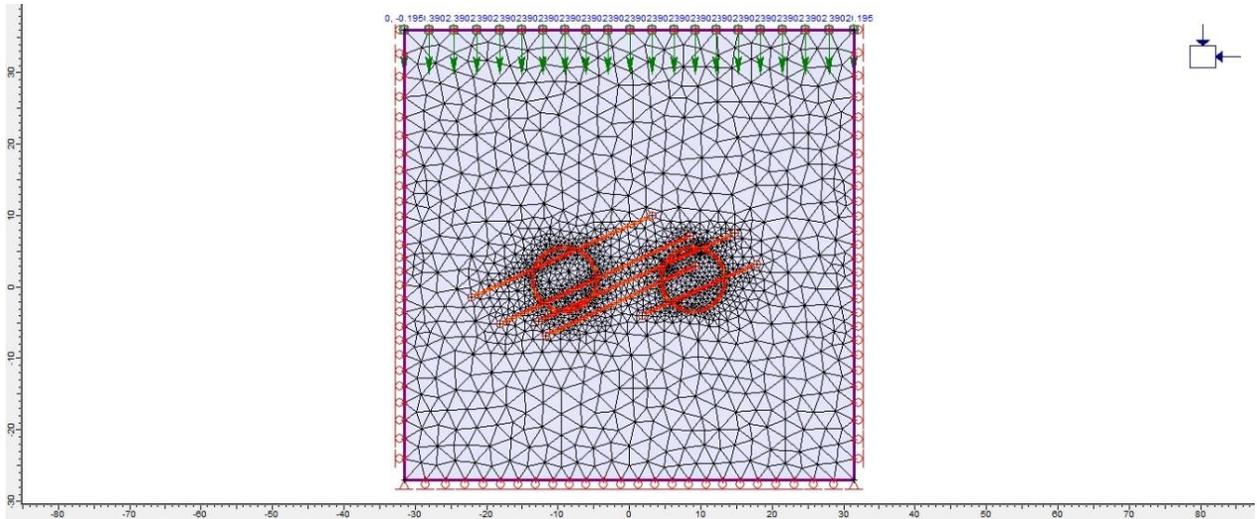


Figura 4.7.3. Etapa 1 BH-240 (S)

Etapa 1 Desplazamiento Vertical (Sin Excavar)

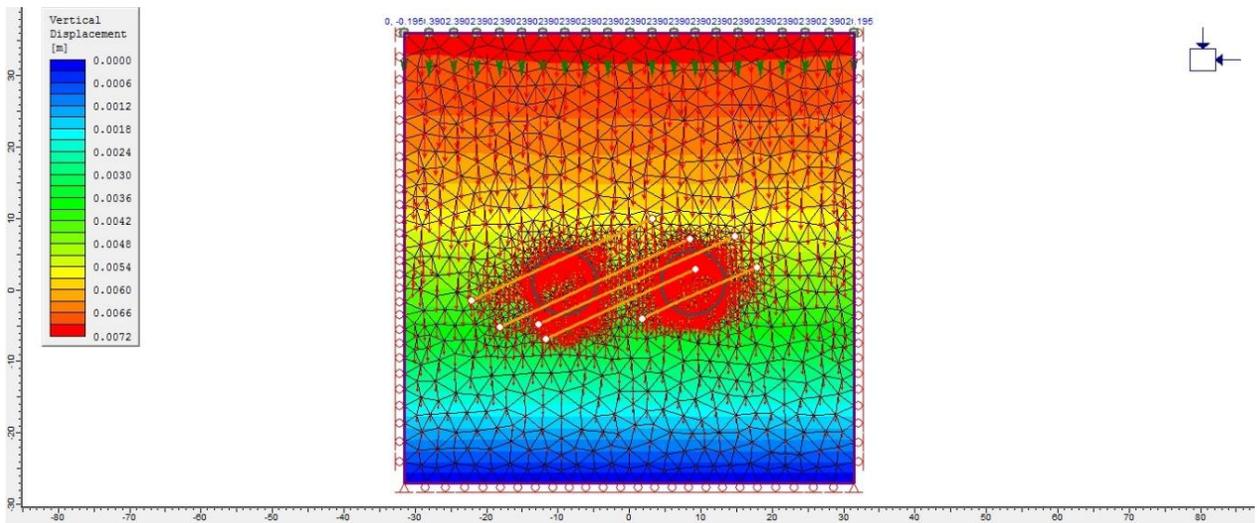


Figura 4.7.3. Etapa 1 BH-240 (E)

Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)

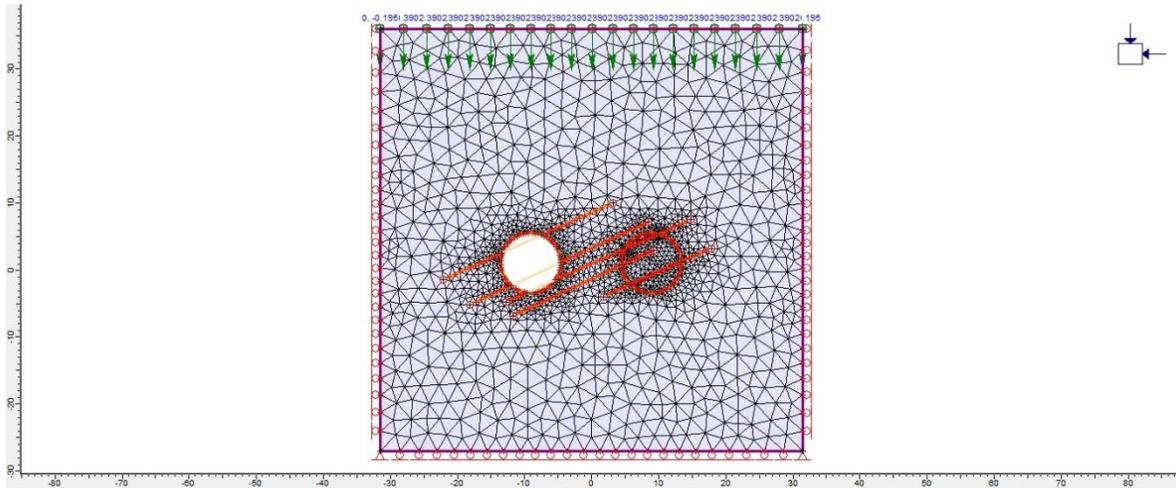


Figura 4.7.3. Etapa 2 BH-240 (S)

Etapa 2 Desplazamiento Vertical (Excavado)

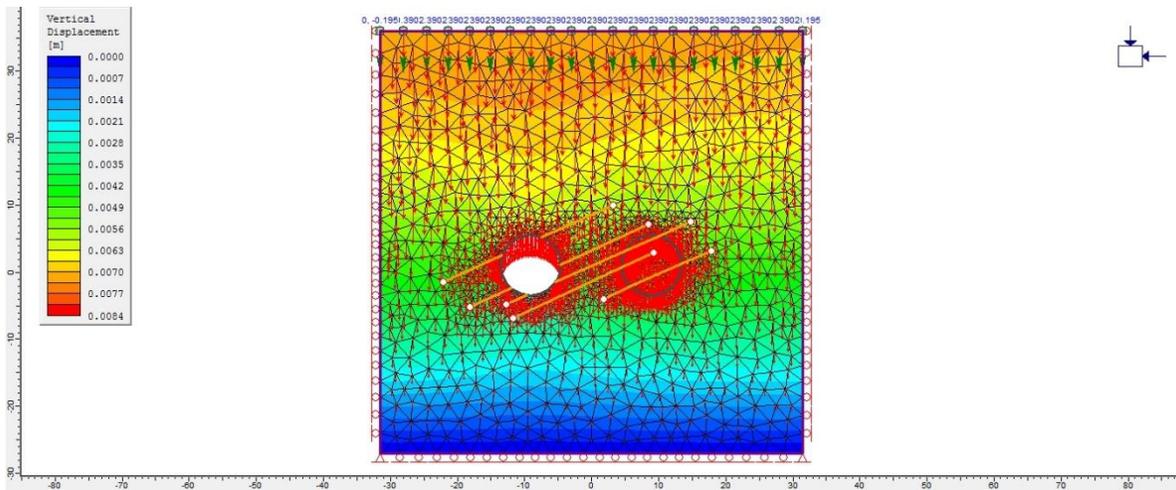


Figura 4.7.3. Etapa 2 BH-240 (E)

Etapa 3 Mallado y Ambos túneles (Excavados)

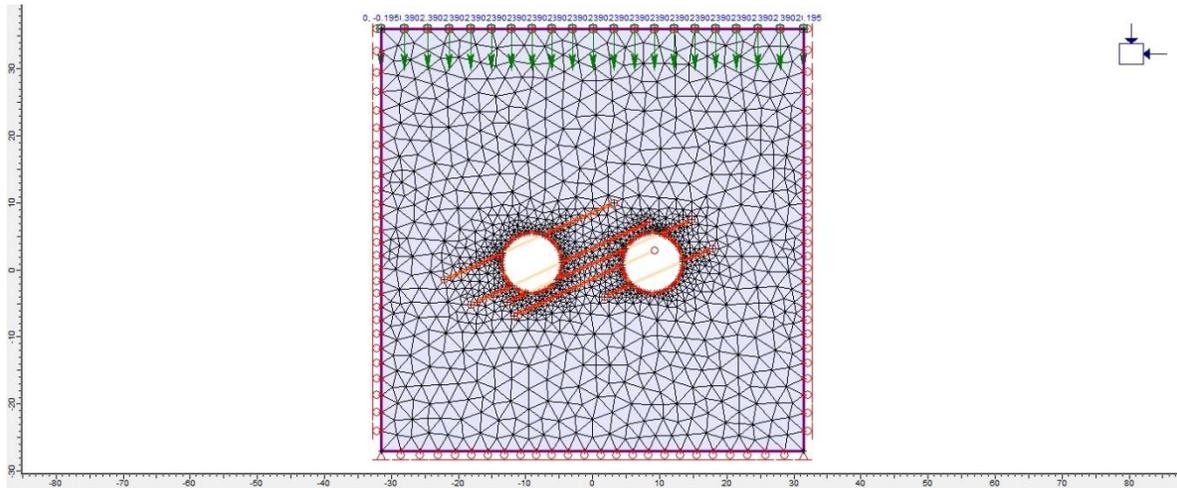


Figura 4.7.3. Etapa 3 BH-240 (S)

Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)

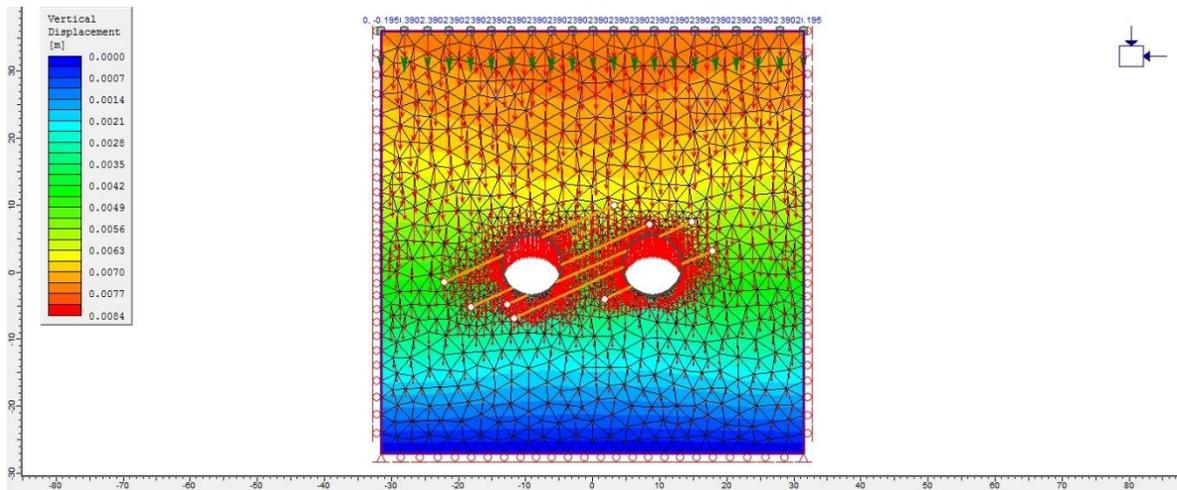


Figura 4.7.3. Etapa 3 BH-240 (E)

4.7.4. Análisis general BH-240 (Se modela con carga litostática)

- **Primera etapa:** Se observa el desplazamiento vertical producido por el macizo rocoso sin ninguna alteración, dicho desplazamiento se debe al esfuerzo litostático generado por la columna de roca que se encuentra encima del túnel proyectado. En estas condiciones según el estudio, la zona superior del túnel se desplazaría 5 mm, en el centro 4.5 mm y en la base 3.9 mm.
- **Segunda etapa:** Se procedió a simular la excavación del primer túnel, se observa un desplazamiento vertical de 6.3mm en la zona superior del túnel, en los laterales 4.9 mm y en la base 3.2mm. Cabe destacar el otro túnel simulado no se ve afectado por la excavación del primero.
- **Tercera etapa:** se procedió a excavar el segundo túnel simulando los 100 m de distancia entre TBM lo que arrojó como resultado un desplazamiento vertical del segundo túnel de 6.3 mm en la parte superior del túnel, 4.9 mm en la zona lateral y 3.2 mm en la base. Cabe destacar que los 9 m de separación entre ellos son suficientes para que estos no se afecten entre sí.

4.7.4. Análisis de elementos finitos BH-250

Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)

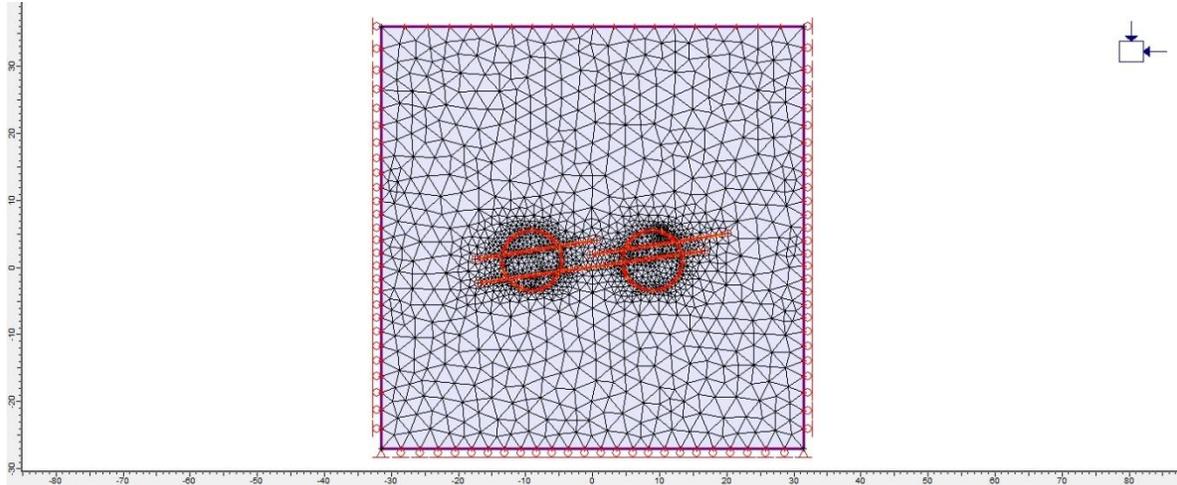


Figura 4.7.4. Etapa 1 BH-250 (S)

Etapa 1 Desplazamiento Vertical (Sin Excavar)

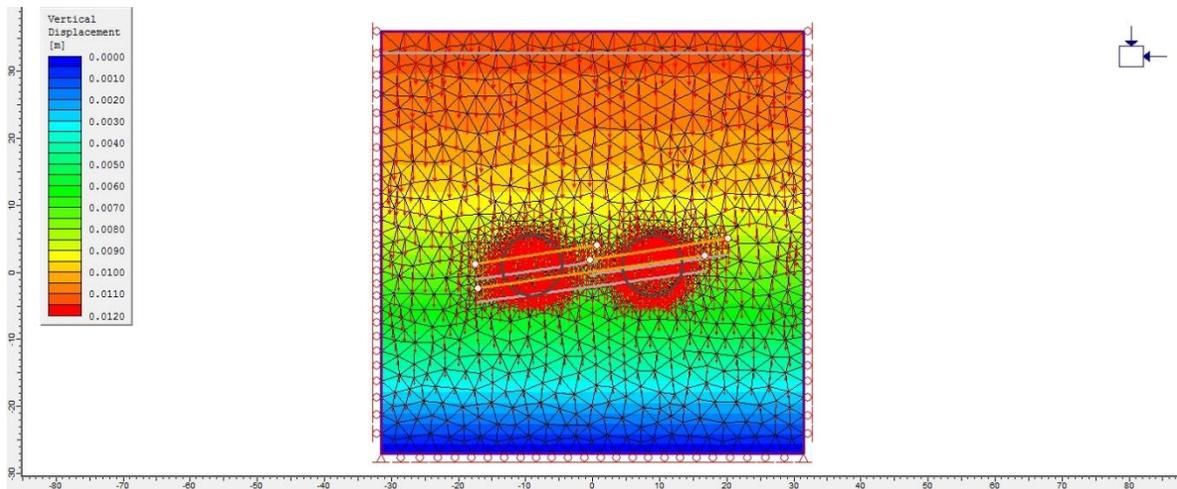


Figura 4.7.4. Etapa 1 BH-250 (E)

Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)

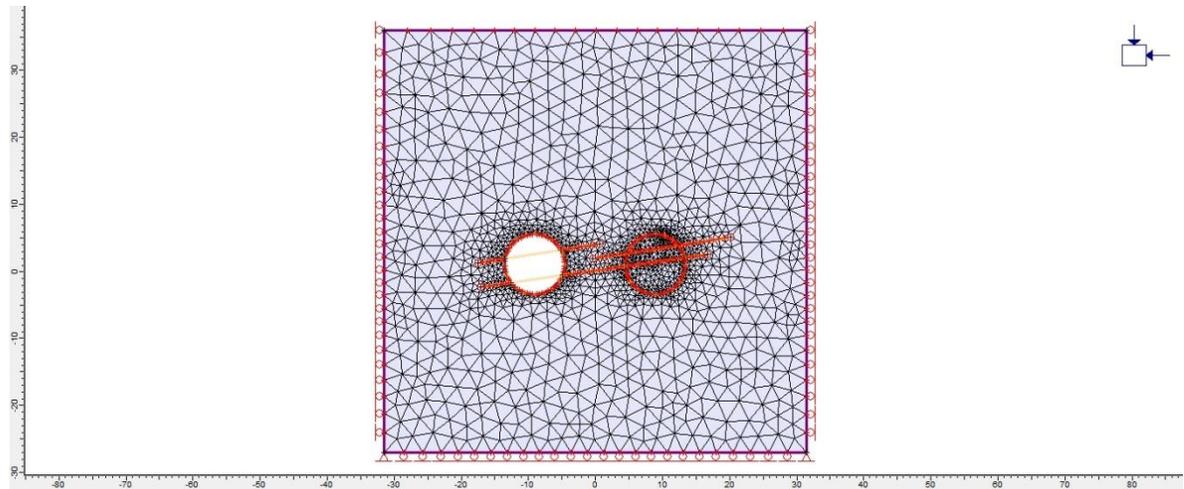


Figura 4.7.4. Etapa 2 BH-250 (S)

Etapa 2 Desplazamiento Vertical (Excavado)

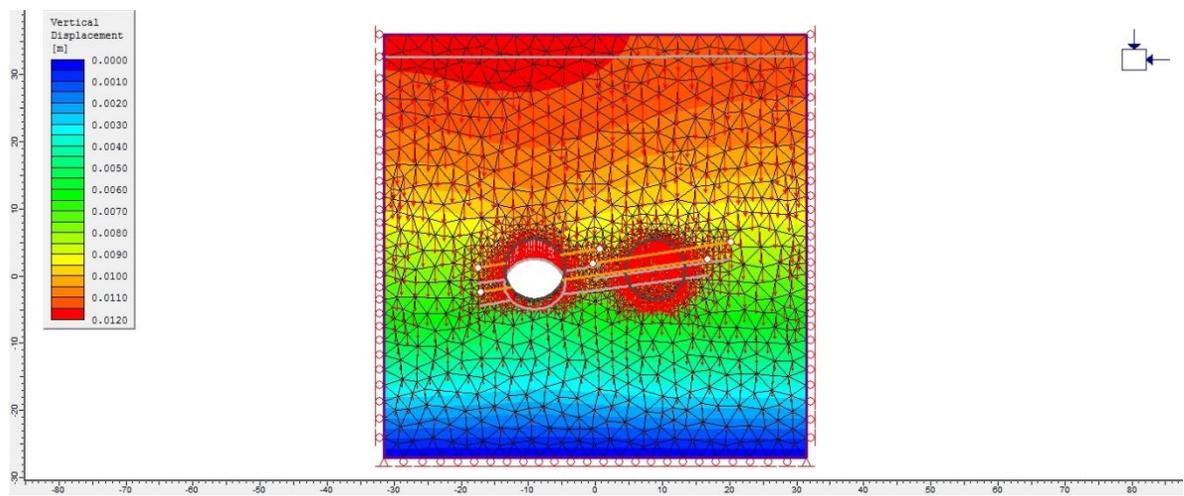


Figura 4.7.4. Etapa 2 BH-250 (E)

Etapa 3 Mallado y Ambos túneles (Excavados)

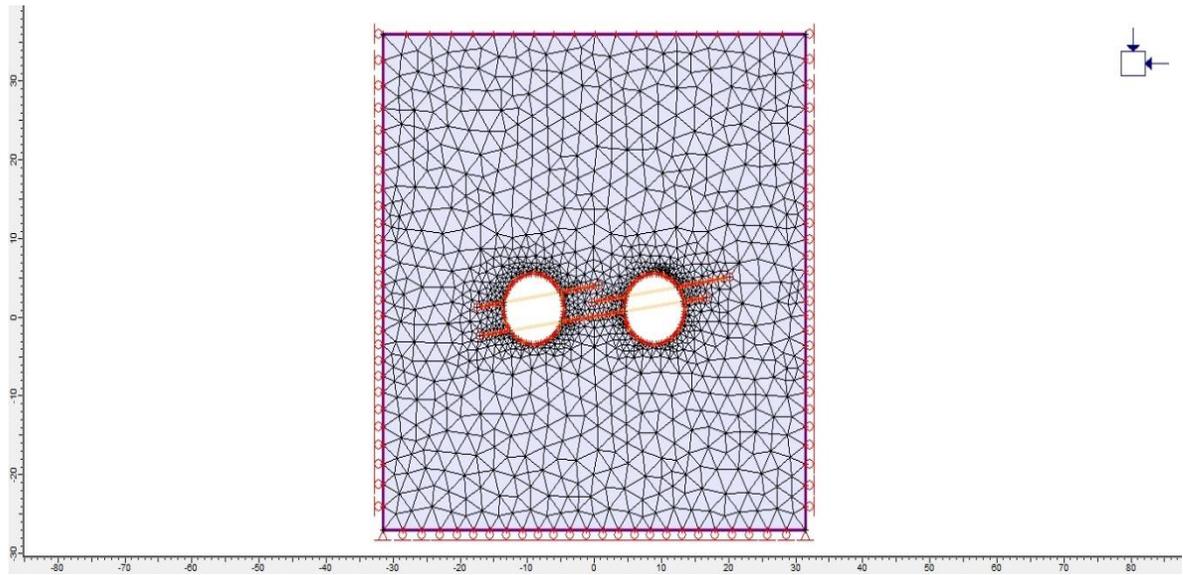


Figura 4.7.4. Etapa 3 BH-250 (S)

Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)

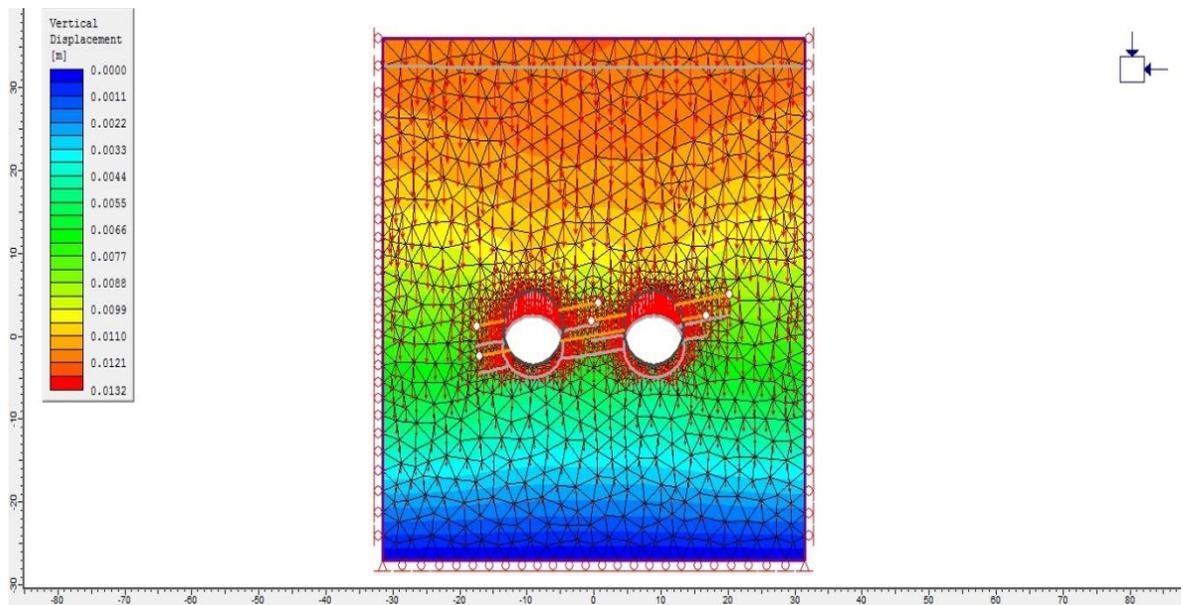


Figura 4.7.4. Etapa 3 BH-250 (E)

4.7.5. Análisis general BH-250

- **Primera etapa:** Se observa el desplazamiento vertical producido por el macizo rocoso es bajo, debido principalmente a su bajo módulo de Young lo cual está relacionado a la calidad de la roca que se encuentra sobre el túnel. En estas condiciones según el estudio, la zona superior del túnel se desplazaría 8.5 mm, en el centro 7.5 mm y en la base 6.5 mm. Cabe destacar que no se modela con carga litostática debido a que la distancia del mallado al tope del túnel es la misma que la profundidad de la perforación.
- **Segunda etapa:** Se procedió a simular la excavación del primer túnel, se observa un desplazamiento vertical de 10 mm en la zona superior del túnel, en los laterales 7.5 mm y en la base 5 mm. Cabe destacar el otro túnel simulado no se ve afectado por la excavación del primero.
- **Tercera etapa:** se procedió a excavar el segundo túnel simulando los 100 m de distancia entre TBM lo que arrojó como resultado un desplazamiento vertical del segundo túnel de 10.5 mm en la parte superior del túnel, 7.7 mm en la zona lateral y 5.5 mm en la base. Cabe destacar que los 9 m de separación entre ellos son suficientes para que estos no se afecten entre sí.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Los resultados de los ensayos geomecánicos dependen de la calidad de la roca, criterio de selección y el seguimiento de las normas que los regulan.
2. La variación de los resultados obtenidos a nivel central de la montaña en las perforaciones BH-19, BH-21, BH-240 con respecto a la perforación cercana al portal BH-250, ha definido que las rocas del portal se encuentran más meteorizadas o alteradas, siendo esto verificado por la petrografías.
3. El ensayo Cerchar, es el indicado para el estudio del índice de abrasividad en rocas que estén a profundidades mayores a 30 m (BH-19; BH-21; BH-240), donde la meteorización no influya de manera considerable sobre la roca.
4. El método Schimazek, se debe aplicar a rocas que se encuentren expuestas a los agentes exógenos a una profundidad menor a 30 m (BH-250), ya que es representativo por su conteo modal de mineral de cuarzo y ensayo de tracción indirecta.
5. El Esquisto las Mercedes es altamente abrasivo en el tramo estudiado.
6. El ajuste de los datos obtenidos mediante los ensayos geomecánicos permitió obtener el criterio de resistencia y fracturamiento real del macizo rocoso, obteniendo valores de cohesión, ángulo de fricción, tracción y compresión representativos, este se modelo mediante el uso del programa Rocdata®.
7. El análisis de elementos finitos se realizó a través del programa Phase 2.0®, donde se determinó el estado de esfuerzo del macizo rocoso antes de la construcción de los túneles y después su ejecución en dos etapas sucesivas (lapso de tiempo), donde el desplazamiento vertical producido por los esfuerzos que ejerce el macizo rocoso sobre el túnel, varía desde 4 mm hasta 25 mm en la zona de mayor cobertura de 199m, es indispensable tener presente estos parámetros a la hora de construir los túneles gemelos. Estas deformaciones producidas son despreciables a nivel de la montaña, ya que no afectan a ninguna estructura existente de importancia (Parque Nacional).

8. Las perforaciones que se encuentran más cercanas al portal poseen un mayor módulo de elasticidad secante, las cuales tienden a tener menor deformación con un esfuerzo axial similar, a las que se encuentran más alejadas del portal, lo que implica que en modelo de elementos finitos van a tener un menor desplazamiento vertical.
9. El esquistos las Mercedes es una roca competente a profundidad, sin embargo los planos de foliación juegan un papel importante en su comportamiento, donde evidencia que a mayor profundidad, la roca se comporta más resistente a los esfuerzos y no posee ni meteorización, ni fracturas, lo que hace inferir una permeabilidad secundaria baja a alta profundidad. Cabe destacar que en toda su extensión presenta múltiples plegamientos.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar el ensayo Triaxial drenado para obtener la permeabilidad secundaria y así evitar una posible presión de agua que retrase el avance de la TBM durante su trayecto.
2. Durante la excavación del túnel es primordial tener el modelo geomecánico, para observar la variación de los parámetros del macizo rocoso durante el avance de la TBM y así evaluar posibles sitios de riesgos para la TBM y ajustar el modelo a los valores obtenidos durante el avance del TBM y prever el comportamiento en las etapas de construcción subsiguiente.
3. Se recomienda completar el modelo geomecánico y el análisis de elemento finito de todo el trayecto con las perforaciones restantes del Sistema de Transporte Masivo Metro Caracas Guarenas Guatire.
4. Realizar geología de superficie en todo el trayecto para determinar estructuras locales a lo largo del lineamiento.
5. Realizar distintos ensayos geomecánicos en los portales y fundaciones de los viaductos en el lineamiento.
6. Realizar un Perfil de meteorización del al roca.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Addinal, E. & Hackett, P., (1964). Tensile Failure In Rock-Like Materlals. *6th Symposium on Rock Mechanics*, pp. 515-538.

Aguerrevere, S. E. & Zuloaga, G., (1937). Observaciones geológicas de la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *Bol. Geología y Minería, Tomo I*, pp. 8-24.

Aguerrevere, S. & Zuloaga, G., (1938). Nomenclatura de las formaciones de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Bol, Geologia y Minería, Tomo I, Caracas*, pp. 281-284.

Álvarez & Rodríguez, (2008). *caracterización geomecánica para el proyecto del sistema subterráneo Metro de Caracas. Línea 5, tramo Zona Rental de la U.C.V-Bello Monte*. Caracas: s.n.

Anon., (1968). Uniaxial Compression Test At Straln Rates From 10^{**4} /Sec On Three Geologic Materials. *10 th Symposium on Rock Mechanics*, pp. 34-35.

Arias , F., (1999). *El proyecto de investigación: Guía para su elaboración*. Caracas: Episteme.

Baamonde, J., (2006). *Petrología*. Caracas: Facultad de Ciencias , UCV. pp. 363

Boada, A., (2008). *Análisis de esfuerzos del comportamiento del macizo rocoso debido a la excavación de los túneles del ferrocarril San Juan- Los Flores, mediante el método de los elementos finitos, en el municipio Juan German Roscío del estado Guárico*, Caracas: s.n.

Castillejo, M., (1993a). *Análisis Comparativo de los métodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 1*, Caracas: s.n.

Castillejo, M., (1993b). *Análisis Comparativo de los métodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 2*, Caracas: s.n.

Castillejo, M., (1993c). *Análisis Comparativo de los métodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 3*, Caracas: s.n.

Chacon, A. y. G. W., (2008). *Caracterización geomecánica y modelado 3D de los macizos rocosos correspondientes al desarrollo de las obras subterráneas del sistema Caracas-Guarenas-Guatire*, Caracas: s.n.

- Espinoza, D. A., (2005). *Análisis de subsidencia producida por la excavación de túneles de la línea 4 del metro de Caracas, aplicando el método de los elementos finitos*, Caracas: s.n.
- Farfan & Marconi, (2008). *Caracterización geomecánica para el proyecto del tunel del sistema subterráneo Metro de Caracas. Línea 5, tramo Bello Monte-Chuao (UNEFA)*. Caracas: s.n.
- González de Juana, C., Iturralde de A, J. & Pica, X., (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas: Foninves, 2 tomos,1021p.
- González de Vallejo, L. & Ferrer, M., 2002. *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson, 744pp
- Hoek, E. & Brown, T., 1990. *Underground Excavations in Rock*. New Ed ed. s.l.:Spon Press, 527 pp
- Hurtado de Barrera, J., (2008). *Como formular objetivos de investigación*. Caracas: Quirón,
- M, C., (1989). Estudio geológico y geotécnico de la cuenca de la quebrada Mamera, Distrito Federal. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano, Barquisimeto*, pp. 1047-1069.
- Megaw, T. M. & Bartlett, J. V., (1988). *Tuneles: Planeación, diseño y construcción, 2 volúmenes* México: Limusa
- Mogi, K., (1966). *Some Precise Measurement Of Fracture Strength Of Rocks Under Uniform Compressive Stress, Rock Mechanlcs and Engneerlng Geology*. s.l.:s.n.
- Navarro, E., Ostos , M. & Yoris, F., (1988). Revisión y redefinición de unidades litoestratigráficas y síntesis de un modelo tectónico para la evolución de la parte norte - central de Venezuela durante el Jurásico Medio - Paleogeno. *Acta Científica Venezolana*, pp. 427-436.
- Ostos , M., (1990b). Evolución tectónica del margen sur-central del Caribe basado en datos geoquímicos. *Geos, Caracas*, pp. 1-294.
- Rocscience, 2013. *Rocscience software tools for rock and soil*. : <http://www.rocscience.com/products/4/feature/176>[Último acceso: 9 mayo 2013].
- Seiders, V. M., (1965). Geología de Miranda Central, Venezuela.. *Bol. Geología y Minería . Caracas*, pp. 298-461.
- Talukdar , S. & Loureiro., D., (1982). Geología de una zona ubicada en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa, Venezuela: metamorfismo y deformación. Evolución del margen septentrional de Suramérica en el marco de la tectónica de placas. *Geos, Caracas*, pp. 15-76.

Ulusay, R. & Hudson, J., (2007). *The complete isrm suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*. Ankara: s.n.

Urbani,, . F., Silva, . J. & Sánchez., . R., (1989b). Reconocimiento geológico de la región de La Sabana - Cabo Codera - Capaya, D. F. y Miranda. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano, Barquisimeto,,* pp. 223-244.

Urbani, F., (1988a). Algunos complejos de rocas metaígneas en la Cordillera de la Costa. *Revista de la Facultad de Ingeniería 3:(2), UCV, Caracas*, pp. 22-31.

Urbani, F., (2000). Revisión de las Unidades de Rocas Ígneas y Metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *GEOS*, Volumen 33, pp. 42-43.

Wehrmann, M., (1972). Geología de la región de Caracas. Colonia Tovar. *Bol. Geología y Minería. Caracas*, pp. 2093-2121.

7. APENDICES

7.1 Reportes Petrográficos

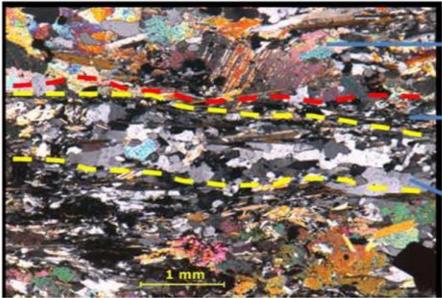
BH-19

ODEBRECHT		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	
DATOS GENERALES			ANÁLISIS		
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -		<p>Roca meteorizada, blanda y fracturada (Rmbf) de color gris, con bandas de 0,5 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,01 mm y 0,5 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,2 mm espesor. Tanto las micas como el grafito presentan tamaños de cristales similares al cuarzo dando como resultado una textura equigranular muy fina.</p> <p>El cuarzo presenta agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,5 mm a 4 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación, así como también en forma de matriz con cristales desde 0,01 mm a 0,4 mm</p> <p>La calcita está presente tanto en bandas paralelas a las bandas de cuarzo como en vetas perpendiculares a la foliación de la roca, en ambos casos los cristales van de 3 mm a 0,1 mm, siendo los más abundante de 0,5 mm; algunas vetas de calcita contienen pequeñas cavernas (2mm de espesor y hasta 4 cm de longitud) producto de procesos de disolución y re precipitación de la calcita.</p> <p>Estas microcavernas representan fracturas discontinuas que en su mayoría están orientadas perpendicularmente al plano de foliación, las cuales al interconectarse generan una superficie de debilidad estructural al macizo rocoso.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 0,5 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta dos superficies de debilidad estructural: una paralela a la foliación, la cual fue deformada (formación de micropliegues) y otra perpendicular a la foliación, siendo esta última la que controla el comportamiento mecánico de la roca, es decir la superficie de mayor inestabilidad es la paralela a las bandas de grafito y micas.</p>		
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
Espécimen:					
Perforación:	BH19-Box02 (10,5 - 12,0) m				
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Grafito	Accesorios (pirita)	
45,5	21,4	28,2	4,6	0,3	

<p>Nicoles Cruzados: Bandas intercalas de micas - grafito y cuarzo.</p>	<p>Banda compuesta por micro cristales de moscovita, banda de textura lepidoblástica</p> <p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino metamórfico muy fracturado, banda de textura nematoblástica.</p>
--	---

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO									
	METRO PETARE - GUARENAS									
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2						
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:						
										
<p>Nicoles Cruzados: Bandas de cuarzo intercaladas con bandas de cuarzo y micas.</p>										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;">Banda de Calcita</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;">Plano de foliación, Grafito y micas</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;">Banda de Cuarzo</td> </tr> </table>						Banda de Calcita		Plano de foliación, Grafito y micas		Banda de Cuarzo
	Banda de Calcita									
	Plano de foliación, Grafito y micas									
	Banda de Cuarzo									

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

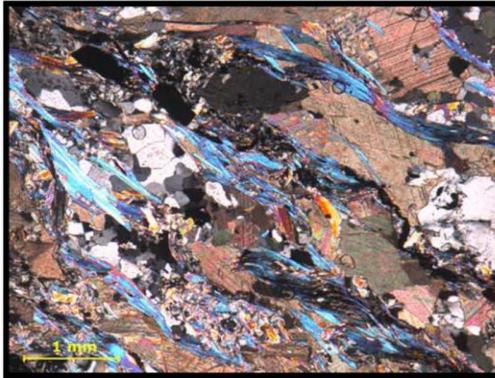
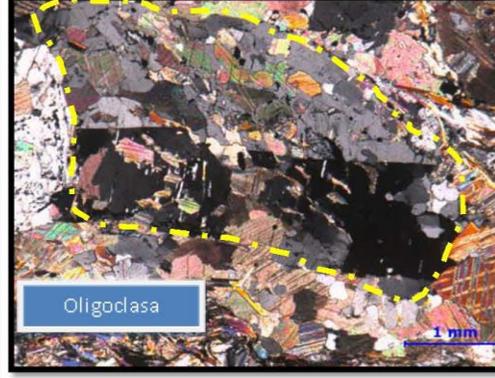
DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,3 a 0,5 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,5 mm y 1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por agregados elongados paralelos a la foliación, con espesores que varían en tamaño desde 0,5 mm a 1 mm, están bandas blancas también contienen micas blancas tipo moscovita que en algunos casos están interconectadas desarrollando microplanos de foliación internamente en las bandas blancas, produciendo una roca con mayor debilidad estructural que las muestras antes descritas.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH19-Box17 (102-105) m					
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso moscovítico grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Grafito	Accesorios (Pirita)	
53,0	23,3	12,8	2,6	5,8	2,6	

Banda compuesta por calcita, cuarzo y micro cristales de moscovita además de grafito, generando superficies discontinuas y en otros planos de foliación continuos.

Superficie discontinua.

Plano de foliación continuo.

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

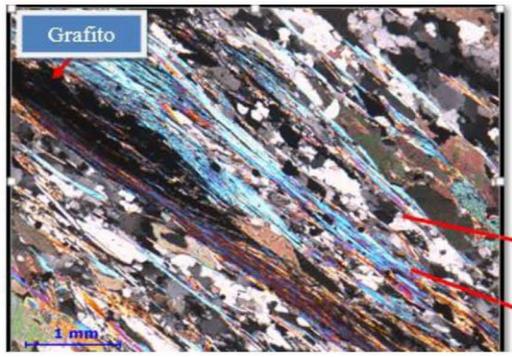
 <p>Planos de foliación desarrollados por la alineación de los cristales moscovitas, espaciados de 0,5 mm a 1 mm, intercalados con bandas de calcita y cuarzo.</p> <p style="text-align: center;">Nicoles Cruzados.</p>	 <p>Porfidoblasto de oligoclasa alterando a calcita.</p> <p style="text-align: center;">Nicoles Cruzados.</p>
---	--

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFb) de color gris, con blandas de 0,2 a 0,4 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,2 mm y 0,01 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 0,4 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares, con espesores 0,2 mm, están bandas blancas son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita no están entremezclados como en las muestras anteriores, por el contrario forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,3 mm a 3 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante y de mayor espesor y presencia de microplegamiento que en algunos casos desarrollan crenulación (clivaje de roca paralelos a los planos axiales de los micro pliegues) que en las muestras anteriores, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH19-Box18 (111-114) m					
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Grafito	Accesorios (Pirita)	
31,1	29,4	19,2	0,0	16,7	1,5	



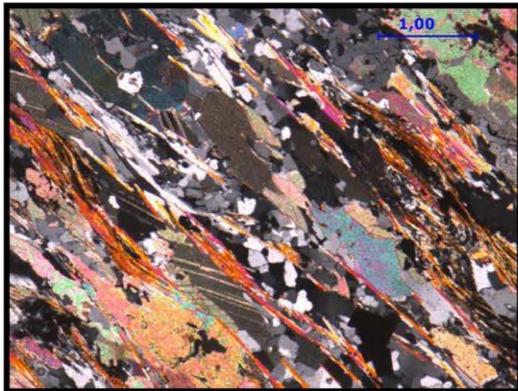
Bandas paralelas de cuarzo - Moscovita - grafito - calcita, superficies de debilidad de la roca.

Nicoles Cruzados

Banda de cuarzo policristalino

Banda de moscovita

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

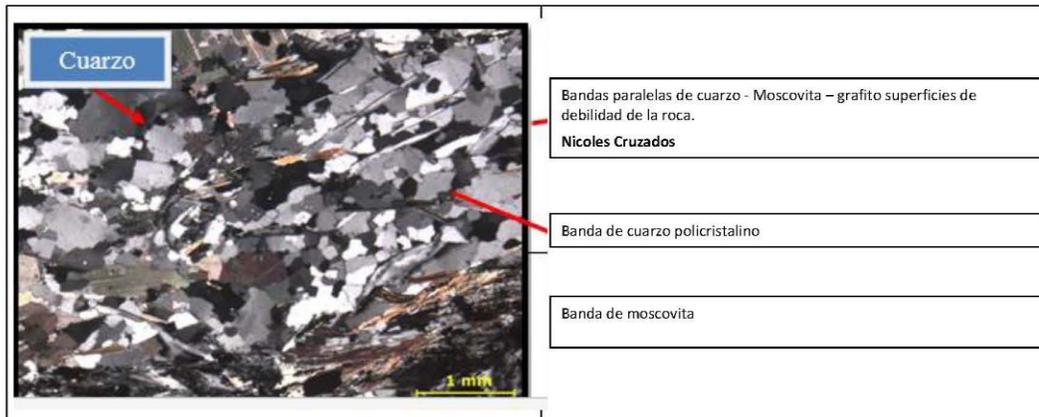
	
<p>Bandas paralelas de cuarzo - micas – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.</p> <p>Nicoles Cruzados.</p>	<p>Bandas paralelas de cuarzo - micas – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.</p> <p>Nicoles Cruzados.</p>

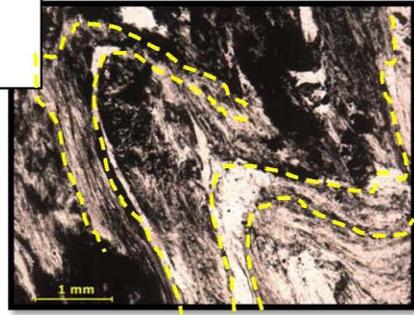
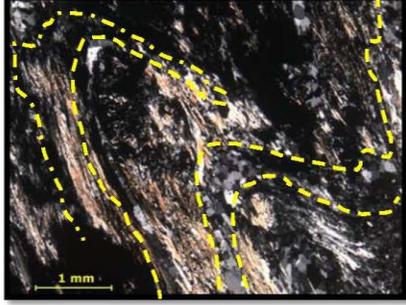
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFb) de color gris, con blandas de 0,2 a 0,4 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,2 mm y 0,01 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 0,4 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares, con espesores 0,2 mm, están bandas blancas son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita no están entremezclados como en las muestras anteriores, por el contrario forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>El cuarzo también está presente en vetas de hasta 1,5 cm de ancho, paralelas al plano de foliación. Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,3 mm a 3 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante y de mayor espesor, además presencia de microplegamiento que en algunos casos desarrollan crenulación (clivaje de roca paralelos a los planos axiales de los micro pliegues) que en las muestras anteriores, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH19-Box18 (114-117) m					
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzo micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Grafito	Accesorios (Pirita)	
27,2	26,8	22,6	0,0	22,6	0,8	



	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:
				
<p>Bandas paralelas de cuarzo - micas – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.</p> <p>Nicoles Cruzados.</p>		<p>Bandas paralelas de cuarzo - micas – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.</p> <p>Nicoles Cruzados.</p>		

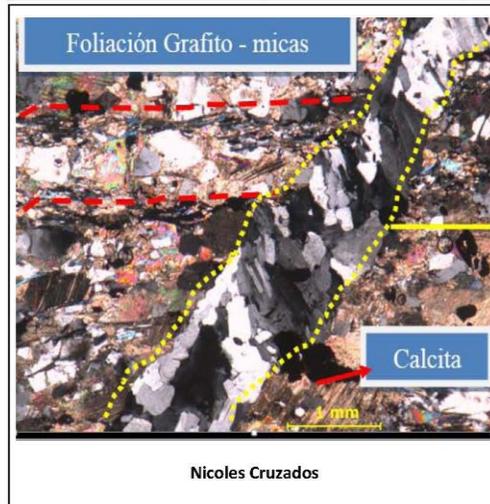
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	
DATOS GENERALES			ANÁLISIS		
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -		<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 1 a 2 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,03 mm y 1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,2 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita están entremezclados en las bandas blancas de la roca en forma de agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,5 mm a 2 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación.</p> <p>El cuarzo desarrolla microvetas perpendiculares a la foliación en forma de agregados policristalinos, representando la tercera superficie de debilidad de la roca.</p> <p>La calcita está presente tanto en bandas junto al cuarzo como en vetas perpendiculares a la foliación de la roca, en ambos casos los cristales van de 3 mm a 5 mm, siendo los más abundante de 1 mm; en la muestra de mano está desarrollada una superficie de drusa con cristales de calcita prismática que representa la pared de una caverna (2 cm de espesor mínimo y hasta 10 cm de longitud) producto de procesos de disolución y re precipitación de la calcita.</p> <p>Estas cavernas representan fracturas discontinuas paralelas al plano de foliación, las cuales al interconectarse pueden generar superficies de debilidad estructural al macizo rocoso.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita, con tamaños desde 0,1 mm a 0,5 mm (al igual que la muestra anterior), que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta tres superficies de debilidad estructural; dos paralela a la foliación, representadas por la alineación de los minerales laminares (foliación) y por las cavernas, la otra superficie de debilidad son las microvetas de cuarzo perpendiculares a la foliación.</p> <p>La superficie de mayor inestabilidad es la paralela las bandas de grafito y micas.</p>		
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
Espécimen:					
Perforación:	Muestra BH19-Box07 (31,5-33,0) m				
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Grafito	Accesorios (pirita)	
53,9	31,2	7,3	3,2	4,4	



	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:



Microveta de cuarzo policristalino perpendicular al plano de foliación, representando la tercera superficie de debilidad de la roca.

BH-21

ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,3 a 1 mm cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,1 mm y 0,3 mm, las cuales están intercaladas con bandas microplegadas de micas y grafito de 0,1 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por agregados elongados paralelos a la foliación, con espesores que varían en tamaño desde 0,5 mm a 1 mm,</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación y zonas microplegadas en la roca, representando las superficies principales de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores y que están en muchas zonas microplegados.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH21-Box32 (166-169) m					
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso calcítico micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
30,1	35,1	22,2	11,4	0,3	0,9 - Pirita	

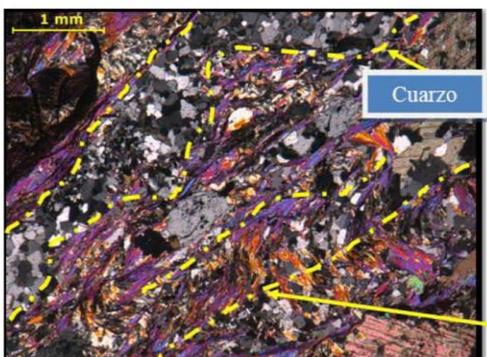


ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

	<p>Planos de foliación desarrollados por la alineación de los cristales moscovitas y grafito microplegados rodeando cristales de cuarzo monocristalino como policristalino.</p> <p>Nicoles Cruzados</p>
---	---

ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 1mm a 3 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,2 mm y 0,1 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 3 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares, con espesores 2 mm, están bandas blancas son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita no están entremezclados como en las muestras anteriores, por el contrario forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>La muestra es muy similar a la anterior (BH21-Box32) presentando una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante que en las muestras anteriores y que están en muchas zonas microplegados.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH21-Box32 (169-172) m					
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
29,2	27,5	19,5	21,9	1,7	0,3 (Pirita)	

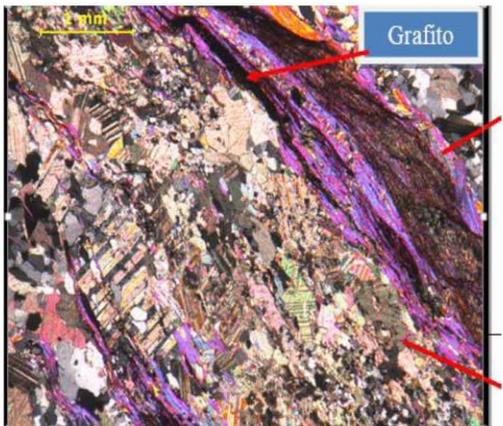


Bandas paralelas de cuarzo policristalino - Moscovita – grafito – calcita, superficies de debilidad de la roca.

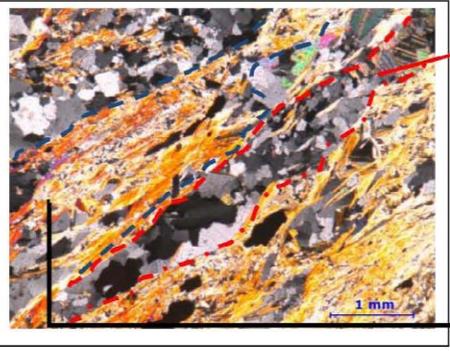
Nicoles Cruzados

Banda de moscovita

		METRO PETARE - GUARENAS			 
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Bandas de moscovita y grafito desarrollando planos de foliación.</p> <p>Nicoles Cruzados</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Banda de calcita</p> </div>
---	--

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	
DATOS GENERALES			ANÁLISIS		
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -		Roca meteorizada, blanda y fracturada (RMbf) de color blanco, con blandas de 0,5 mm a 1,5 cm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,5 mm y 2,0 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas, moscovitas de 2,0 mm espesor. La textura equigranular de grano medio a grueso. El cuarzo presenta agregados policristalino que varían en tamaño desde 1,0 mm a 5,0 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación, así como también en forma de matriz con cristales desde 0,2 mm. La calcita está presente en bandas paralelas a las bandas de cuarzo y micas, con cristales que van de 3 mm a 0,5 mm, siendo los más abundante de 1 mm; Paralelas a las bandas de cuarzo están las bandas de minerales laminares tipo micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,5 mm a 1,0 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.		
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
Espécimen:					
Perforación:	BH-21 (49.50 -51.00 m)				
Clasificación:	ESQUISTO CALCÍTICO CUARZOSO MICÁCEO GRAFITOSO				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
40.7	20.1	34.4	0.8	Pirita - 4.1	



Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino metamórfico muy fracturado, banda de textura nematoblástica.

Nicoles Cruzados: Bandas intercaladas de micas, grafito y cuarzo.

Banda compuesta por micro cristales de moscovita, banda de textura lepidoblástica



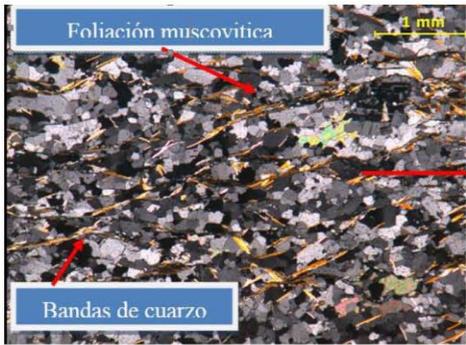
Banda de calcita

Banda de micas

Nicoles Cruzados: Bandas intercalas de micas - calcita.

ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

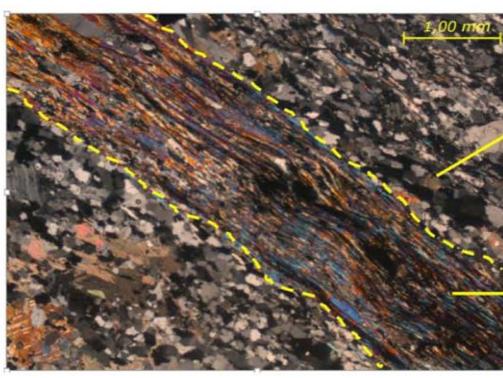
DATOS GENERALES					ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -				<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,5 mm a 1 mm con cristales granulares de cuarzo policristalino con tamaño menores a 0,5 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,2 mm espesor. La textura es equigranular de grano fino.</p> <p>El cuarzo está dispuesto en las bandas blancas de la roca en forma de agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,2 mm a 1 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación.</p> <p>La calcita está presente dentro de las bandas de cuarzo y los cristales son menores a 0,5 mm.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo están las bandas discontinuas de minerales laminares tipo grafito y micas, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 0,2 mm, que desarrollan el plano de foliación discontinuos en la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
Espécimen:					
Perforación:	BH-21 (61,5-63,0) m				
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso micáceo calcítico grafitoso				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
5,9	71,8	16,5	5,9	-	

	<p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p> <p>Nicoles Cruzados</p>
	<p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p> <p>Nicoles Cruzados</p> <p>Banda compuesta por micro cristales de moscovita desarrollando plano discontinuos de foliación.</p>

BH-240

ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 1 a 2 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,1 mm y 0,5 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,5 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita están entremezclados en las bandas blancas de la roca en forma de agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,1 mm a 1 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación.</p> <p>La calcita está presente en bandas junto al cuarzo, paralelas al plano de foliación de la roca, los cristales van de 0,2 mm a 1 mm, siendo los más abundantes de 0,5 mm.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo micas y grafito, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH240-Box12 (102,0 – 105,0) m					
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso micáceo calcítico grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
13,0	59,2	13,0	14,2	-	0,6 Pirita	



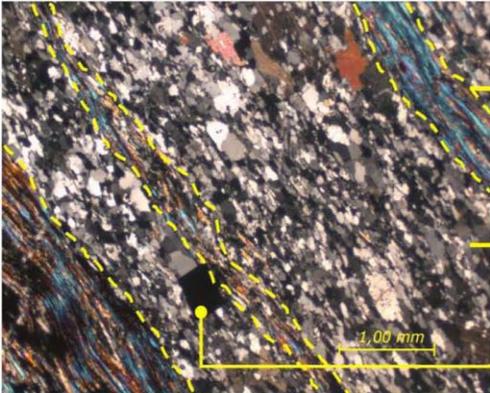
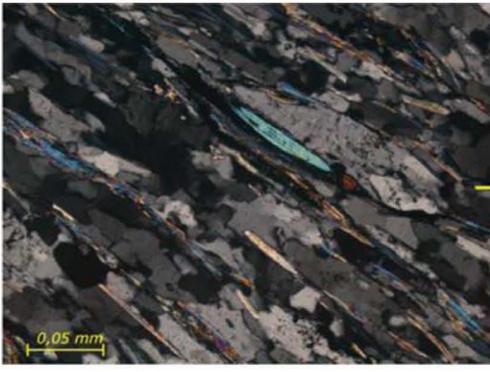
Banda de 1,5 mm de micro cristales de cuarzo anhedrales de 0,2 mm de diámetro.

Nicoles cruzados

Banda de 1 mm de espesor compuesta por micro cristales de moscovita y grafito.

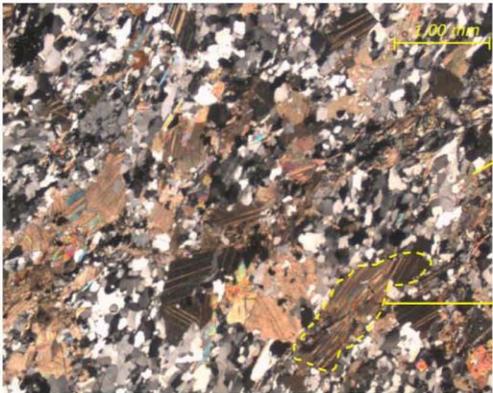
Nicoles Cruzados: Bandas intercalas de micas - grafito

	METRO PETARE - GUARENAS			 
	Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

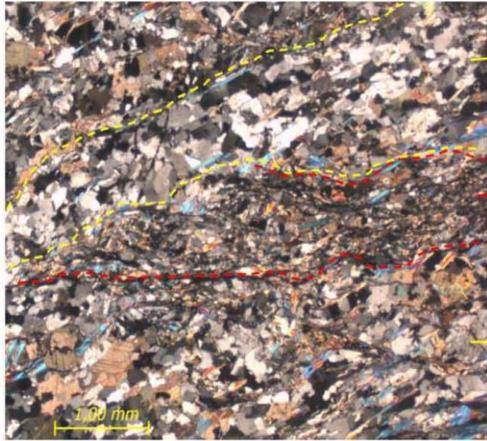
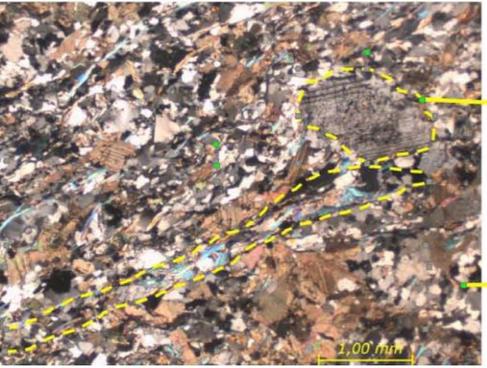
	<p>Banda de moscovita de 0,5 mm de espesor, responsable del plano de foliación de la roca.</p> <p>Nicoles Cruzados</p> <p>Banda de 3,0 mm de micro cristales de cuarzo anhedrales de 0,2 mm de diámetro.</p> <p>Cristal de pirita</p>
	<p>Banda de 5 mm de micro cristales de cuarzo anhedrales intercalados con cristales de moscovita no conectados entre sí, de 0,2 mm de elongación. Generación de un plano de foliación discontinuo dentro de la banda de cuarzo.</p>

		METRO PETARE - GUARENAS			 
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 1 a 2 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 0,1 mm y 0,5 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,5 mm espesor. La textura es equigranular de grano muy fino.</p> <p>El cuarzo y la calcita están entremezclados en las bandas blancas de la roca en forma de agregados policristalinos que varían en tamaño desde 0,1 mm a 1 mm, con evidentes contactos suturados y marcada extinción ondulatoria evidencia de deformación.</p> <p>La calcita está presente en bandas junto al cuarzo, paralelas al plano de foliación de la roca, los cristales van de 0,2 mm a 1 mm, siendo el más abundante de 0,5 mm.</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo micas y grafito, específicamente moscovita con tamaños desde 0,1 mm a 1 mm, que desarrollan el plano de foliación de la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH240-Box18 (132 - 135) m					
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso calcítico grafitoso micáceo					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
27,9	49,5	11,8	9,8	1,0	-	

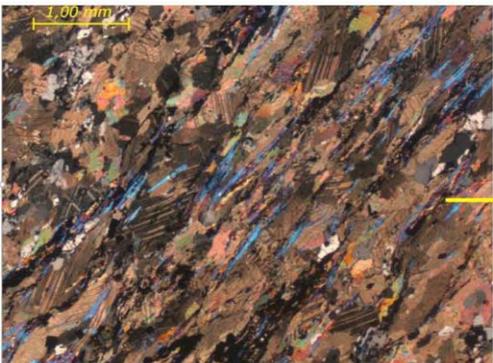
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Banda compuesta por micro cristales de calcita entremezclados con cristales cuarzo micro cristalinos sin orientación preferencial y sin desarrollo de planos de foliación.</p> <p>Nicoles cruzados</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Cristal de calcita</p> </div>
---	---

ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

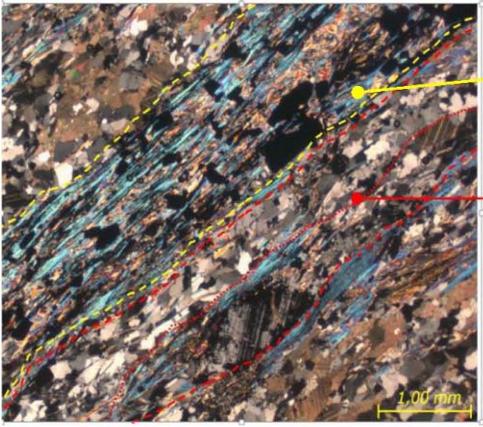
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo y calcita.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Banda de cuarzo con micro cristales de moscovita y grafito, plano de foliación de la roca.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Banda compuesta por micro cristales de calcita entremezclaos con cristales cuarzo micro cristalinos.</p> </div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Blasto de oligoclasa con el típico macado polisintético tipo albita, orientado perpendicular al plano de foliación</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Banda compuesta por micro cristales de calcita entremezclaos con cristales cuarzo micro cristalinos</p> </div>

		METRO PETARE - GUARENAS			 
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 1 a 3 mm con cristales granulares de calcita de tamaño entre 0,5 mm y 4 mm, las cuales presentan cristales de moscovita y cuarzo intercalados con los cristales de calcita sin desarrollo de planos de foliación continuos, esto es debido a que los minerales laminares no están interconectados unos con otros. La textura es equigranular de grano muy medio.</p> <p>La calcita representa el 60 % de la roca en forma de bandas blancas, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares de tamaño medio.</p> <p>El cuarzo está presente en menor porcentaje que en las muestras anteriores y no desarrolla bandas, estando entremezclado con los cristales de calcita.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural poco desarrollada, representada por los planos de foliación discontinuos desarrollados por los minerales laminares como grafito y micas.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH240 – Box21 (153-156-) m					
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
46,2	26,6	12,4	14,8	-	-	

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Bandas de calcita con cristales de moscovita y grafito dispuestos paralelamente al plano de foliación de la roca, el cual es discontinuo en esta zona</p> </div>
---	--

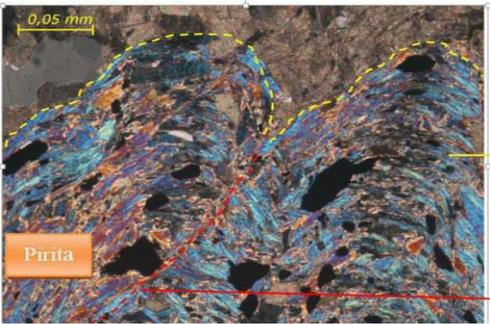
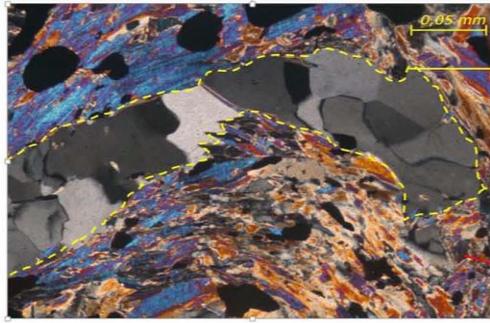
ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Banda moscovita, grafito y pirita, orientados desarrollando el plano de foliación discontinuo</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Banda de cuarzo micro cristalino entremezclado con cristales de moscovita .</p> <p>Nicoles cruzados</p> </div>
---	--

ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

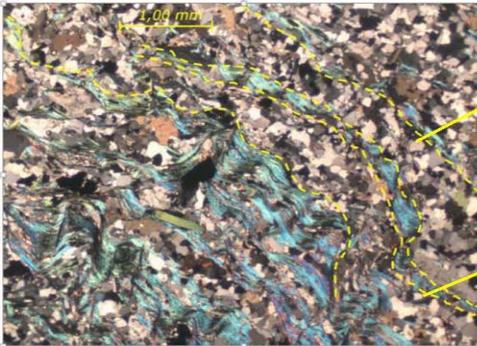
DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 3 mm con cristales granulares de cuarzo y calcita con tamaño entre 1 mm y 3 mm, las cuales están intercaladas con bandas de micas y grafito de hasta 2 mm espesor. La textura es equigranular de grano medio.</p> <p>El cuarzo y la calcita forman las bandas blancas de la roca, las cuales están constituidas principalmente por cristales granulares de calcita y en menor proporción cuarzo, con espesores 3 mm, están bandas blancas no son homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y la calcita están entremezclados, formando bandas discontinuas de ambos minerales</p> <p>Paralelas a las bandas de cuarzo y calcita están las bandas de minerales laminares tipo grafito y micas, siendo el grafito el responsable del desarrollo de plano de foliación de hasta 2 mm de espesor en la roca, el cual es la principal superficie de debilidad del macizo.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más abundante y de mayor espesor, debido al incremento porcentual de los minerales laminares como grafito y micas.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH240 – Box21 (156 - 159) m					
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso calcítico micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
29,5	33,0	1,1	27,3	-	9,1 Pirita	



ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	
		<p>Micropliegues de moscovita, grafito y pirita, cuyos ejes axiales están orientados casi perpendicularmente a la dirección del plano de foliación de la roca, evidenciando planos de crenulación.</p> <p style="text-align: center;">Plano de crenulación</p>			
		<p style="text-align: center;">Plano de crenulación</p> <p>Micropliegues de moscovita, grafito y pirita.</p>			

ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

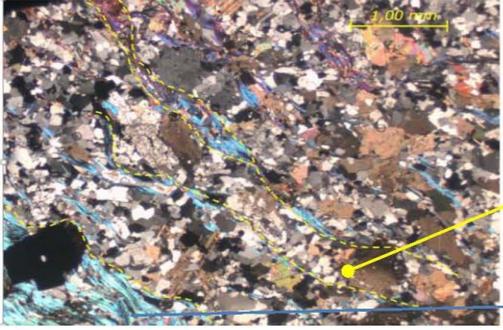
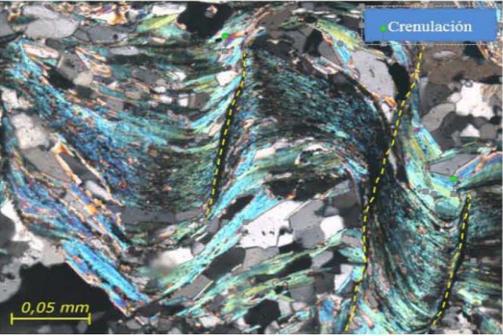
DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,3 - 1,0 mm de espesor de cristales granulares de cuarzo y calcita equigranulares, estas bandas están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 - 0,5 mm espesor.</p> <p>La calcita es anhedral y su tamaño varía entre 0,2 – 1,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,4 mm. La calcita está distribuida uniformemente dentro de la banda de cuarzo (no existen bandas de calcita en la roca).</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,05- 0,2 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,5 mm. El cuarzo forma bandas paralelas al plano de foliación.</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,2 - 1,5 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 1,0 mm de longitud. La muscovita está en las bandas junto con el grafito desarrollando el plano de foliación discontinuo, el cual representa la principal estructura de debilidad de la roca, en algunos casos existen micropliegues de estos planos de foliación y el desarrollo de crenulación (clivaje de roca). La roca presenta algunos cristales de oligoclasa subhedral de 0,5-1,0 mm de diámetro.</p> <p>La muestra presenta dos superficies de debilidad estructural bien marcada y están representadas por los planos de foliación y otra por los planos de crenulación orientados ortogonalmente a los planos de foliación.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:	9					
Perforación:	BH240 – Box22 (168-171) m					
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso micáceo grafitoso calcítico					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
10,1	51,5	11,8	17,2	9,5	-	



Banda compuesta por cuarzo microcristalinos sin orientación preferencial y sin desarrollo de planos de foliación.

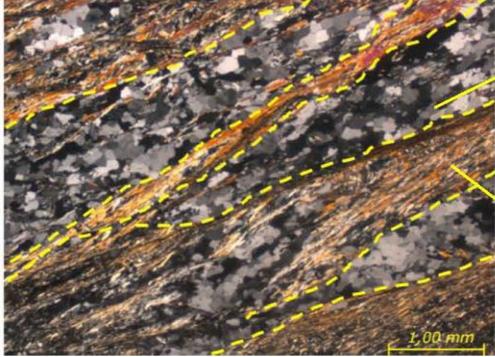
Banda compuesta por cuarzo microcristalinos sin orientación preferencial y sin desarrollo de planos de foliación.

	METRO PETARE - GUARENAS			 
	Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Banda de cuarzo policristalino y calcita</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Bandas de moscovita – grafito - pirita</div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Micro pliegue de micas moscovita y cuarzo policristalino, en el plano de foliación y clivaje de la roca (crenulación)</div>

		METRO PETARE - GUARENAS			 
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

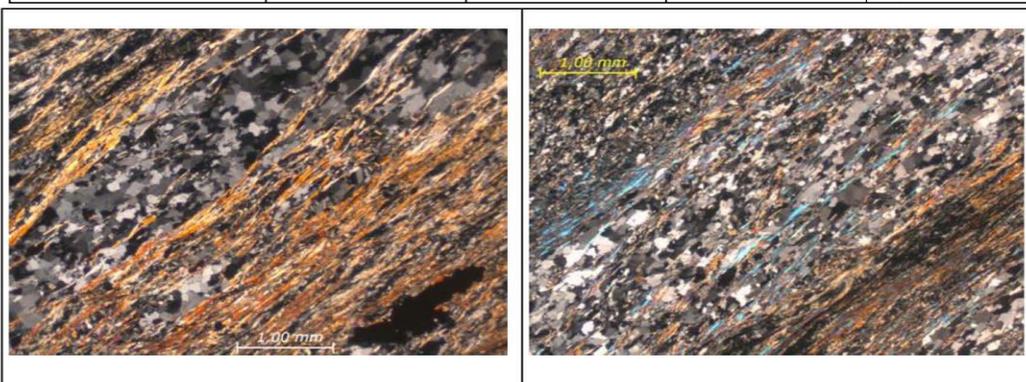
DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,5 - 2,0 mm de espesor de cristales granulares de cuarzo equigranulares, intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,2 - 1,0 mm espesor.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1- 0,4 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,4 mm. El cuarzo está distribuido en bandas blancas homogéneas en mineralogía, es decir el cuarzo y las micas no están entremezclados y forman bandas continuas mono minerales bien diferenciadas unas de otras.</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 0,5 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,3 mm de longitud. La muscovita está en las bandas junto con el grafito desarrollando el plano de foliación continuo, el cual representa la principal estructura de debilidad de la roca</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural bien marcada y representada por los planos de foliación que son más continuos y paralelos entre ellos.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:	13					
Perforación:	BH240 – Box23 (174-177) m					
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso micáceo grafitoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
-	54,0	16,6	29,4	-	-	



Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino metamórfico, banda de textura nematoblástica.

Banda compuesta por micro cristales de moscovita y grafito, banda de textura lepidoblástica

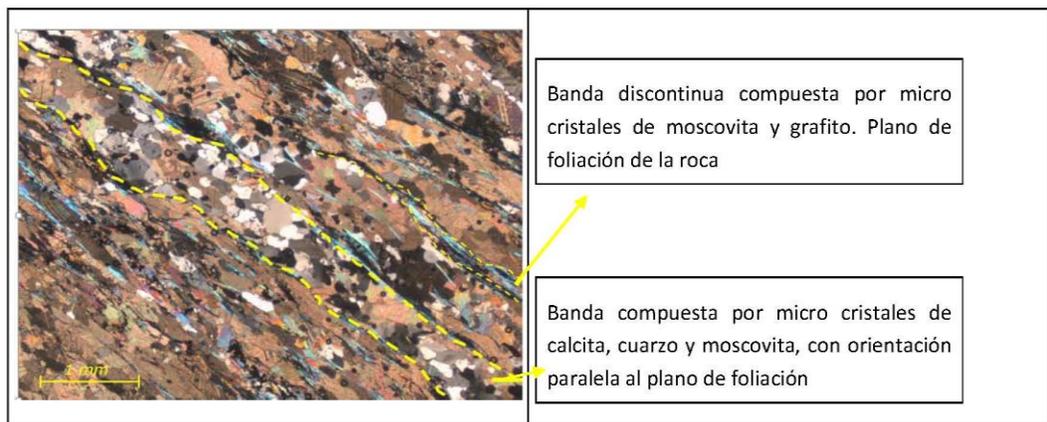
	METRO PETARE - GUARENAS			 
	Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

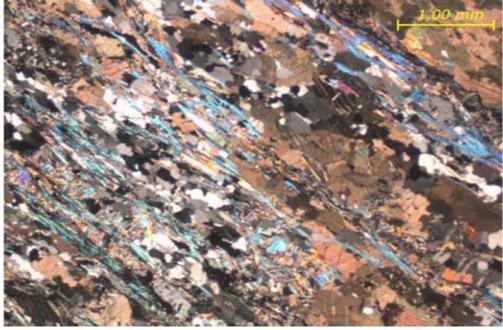


Bandas compuestas por micro cristales de cuarzo policristalino metamórfico intercaladas con bandas de micro cristales de moscovita y grafito, con orientación paralela al plano de foliación.

		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

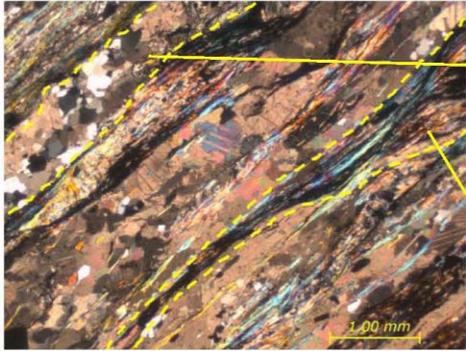
DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con blandas de 0,5 - 2,0 mm de espesor de cristales granulares de cuarzo y calcita equigranulares, estas bandas están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 - 0,2 mm espesor.</p> <p>La calcita es anhedral y su tamaño varía entre 0,2 – 2,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 1,0 mm.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1- 1,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,3 mm. El cuarzo está distribuido uniformemente dentro de la banda de calcita (no existen bandas de cuarzo en la roca)</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 1,0 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,5 mm de longitud. La muscovita está en las bandas junto con el grafito desarrollando el plano de foliación discontinuo, el cual representa la principal estructura de debilidad de la roca.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural, la cual está desarrollada paralela las bandas de grafito y micas, es decir el plano de foliación</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH240 – Box24 (183-186) m					
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso grafitoso micáceo					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
60,6	12,9	14,8	10,3	-	1,3 Pirita	



	METRO PETARE - GUARENAS			 
	Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Página 2 de 2
Espécimen:				
				
Banda compuesta por micro cristales de calcita, cuarzo y moscovita, con orientación paralela al plano de foliación		Banda compuesta por micro cristales de calcita, moscovita y grafito, con orientación paralela al plano de foliación.		

ODEBRECHT		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	

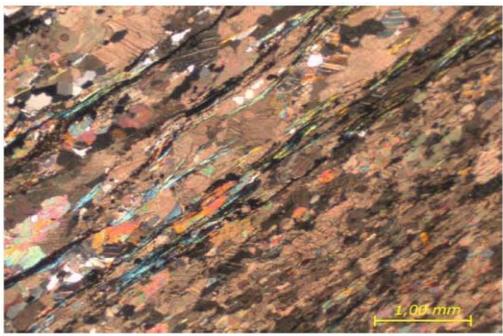
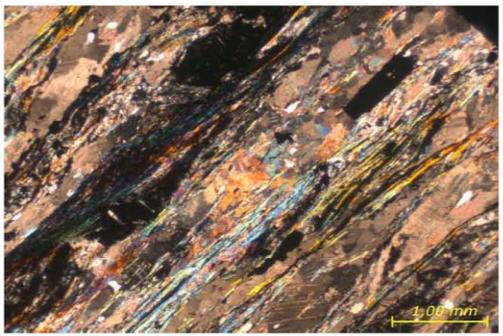
DATOS GENERALES						ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -					<p>Roca Fresca, dura y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de 0,2 - 0,5 mm de espesor, compuesta por cristales granulares de calcita y poco cuarzo, estas bandas están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 - 0,5 mm espesor.</p> <p>La calcita es anhedral y su tamaño varía entre 0,2 – 2,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,4 mm.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1- 0,5 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,5 mm. El cuarzo está distribuido uniformemente dentro de la banda de calcita (no existen bandas de cuarzo en la roca)</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 0,3 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,3 mm de longitud. La muscovita está en las bandas junto con el grafito desarrollando el plano de foliación continuo, el cual representa la principal estructura de debilidad de la roca.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural, la cual está desarrollada paralela las bandas de grafito y micas, es decir el plano de foliación.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina					
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE					
Espécimen:						
Perforación:	BH240 – Box25 (189-192) m					
Clasificación:	Esquisto Calcítico grafitoso micáceo cuarzoso					
Mineralogía (%)						
Calcita	Cuarzo	grafito	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
56,6	7,6	21,0	14,6	-	0,3 Pirita	



Banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo, con orientación paralela al plano de foliación.

Banda continua compuesta por micro cristales de moscovita y grafito. Plano de foliación de la roca.

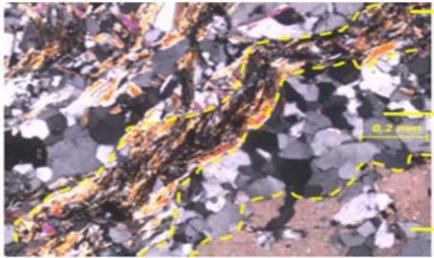
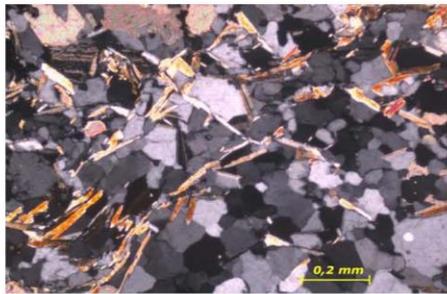
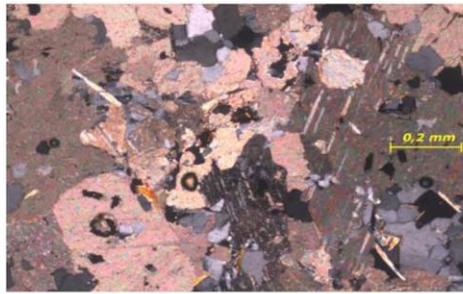
	METRO PETARE - GUARENAS			 
	Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

	
---	--

Blandas de 0,2 - 0,5 mm de espesor, compuesta por cristales granulares de calcita y poco cuarzo, estas bandas están intercaladas con bandas de micas y grafito de 0,1 - 0,5 mm de espesor.

BH-250

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
		METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1	
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:	
DATOS GENERALES			ANÁLISIS		
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -		<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, intensamente microplegada donde no es posible identificar las diferentes bandas características del macizo rocoso. La roca está constituida por cristales de cuarzo, calcita, muscovita y grafito entremezclados, en algunas zonas es posible observar segmentos de bandas microplegadas de grafito y micas los cuales desarrollan planos de foliación discontinuos, representando estos la superficie de debilidad estructural de la roca.</p> <p>La calcita es subhedral y su tamaño varía entre 0,3 – 2,0 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 1,0 mm.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía de 0,1 – 0,8 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,2 mm. El cuarzo está distribuido uniformemente en agregados policristalinos.</p> <p>La muscovita varía su tamaño de 0,1 - 0,5 mm de longitud, con la mayoría de los cristales cercanos a 0,3 mm de longitud. La roca presenta algunos cristales de pirita.</p>		
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
Espécimen:					
Perforación:	BH-250 Box 6 (40,0 – 41,5) m				
Clasificación:	Esquisto Cuarzoso calcítico muscovítico grafitoso				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
32,70	41,30	19,30	0,00	6,70	

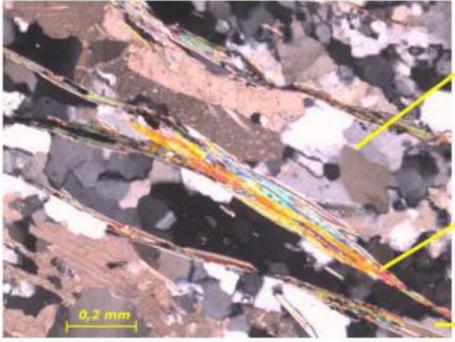
	<p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de grafito y muscovita con micropliegues, banda de textura lepidoblástica. Planos de foliación</p> <p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p> <p>Segmento de banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino.</p>
	
<p>Banda compuesta por micro cristales de muscovita y cuarzo policristalino.</p>	<p>Banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino.</p>

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:

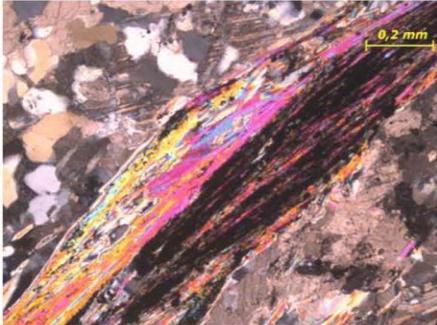
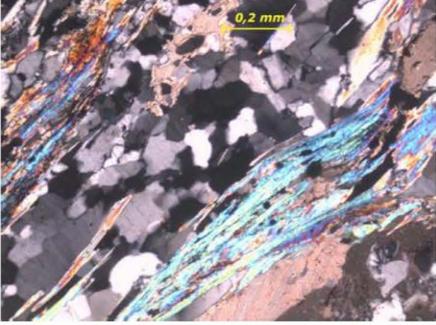
DATOS GENERALES					ANÁLISIS
Equipo:	Microscopio Petrográfico - Leica -				<p>Roca Fresca, blanda y fracturada (RFbf) de color gris, con bandas de cuarzo de 0,2 - 0,5 mm de espesor intercaladas con bandas continuas de grafito y mica de hasta 0,1 - 0,5 mm de espesor. Además de bandas compuesta por calcita y cuarzo entre 0,5 - 1,5 mm de espesor.</p> <p>La calcita es anhedral y varía su tamaño desde 0,2 - 1,5 mm de espesor, siendo 0,8 mm el tamaño más abundante.</p> <p>El cuarzo es anhedral y su tamaño varía entre 0,1 - 0,5 mm, con la mayoría de los diámetros los cristales cercanos a 0,4 mm y está tanto en bandas continuas como en las bandas de calcita.</p> <p>La muscovita presenta cristales entre 0,1 - 1,0 mm, con la mayoría de los diámetros de ellos cristales cercanos a 0,5 mm y está microplegada e intensamente entremezclada con cristales de grafito representando el plano de foliación.</p> <p>La muestra presenta una superficie de debilidad estructural, la cual está desarrollada paralela las bandas de grafito y micas.</p>
Método de Análisis:	Porcentajes determinados por el método de análisis modal de mínimo 300 puntos por sección fina				
Proyecto:	METRO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE				
Espécimen:					
Perforación:	BH-250 Box 7 (44,5 - 46,0) m				
Clasificación:	Esquisto Calcítico cuarzoso moscovítico grafitoso				
Mineralogía (%)					
Calcita	Cuarzo	Micas	Oligoclasa	Accesorios	
44,70	26,70	23,30	0,00	5,3	



Banda compuesta por micro cristales de calcita y cuarzo policristalino

Banda compuesta por micro cristales de grafito y muscovita con microplegues, banda de textura lepidoblástica. Planos de foliación

Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino, banda de textura nematoblástica.

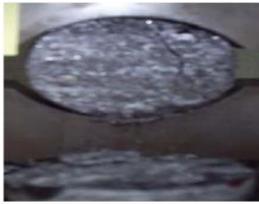
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ANÁLISIS PETROGRÁFICO			
	METRO PETARE - GUARENAS			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	Carlos Oliveros	Ruthman Hurtado	10/12/2013	Espécimen:
				
<p>Bandas compuesta por cristales de moscovita y grafito, desarrollando el plano de foliación.</p>		<p>Banda compuesta por micro cristales de cuarzo policristalino.</p>		

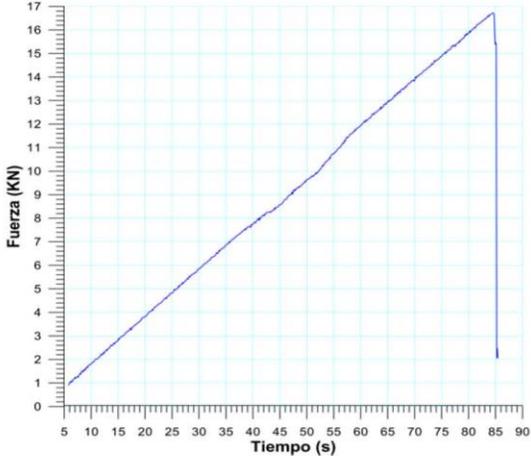
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

7.2 Reportes de Tracción Indirecta

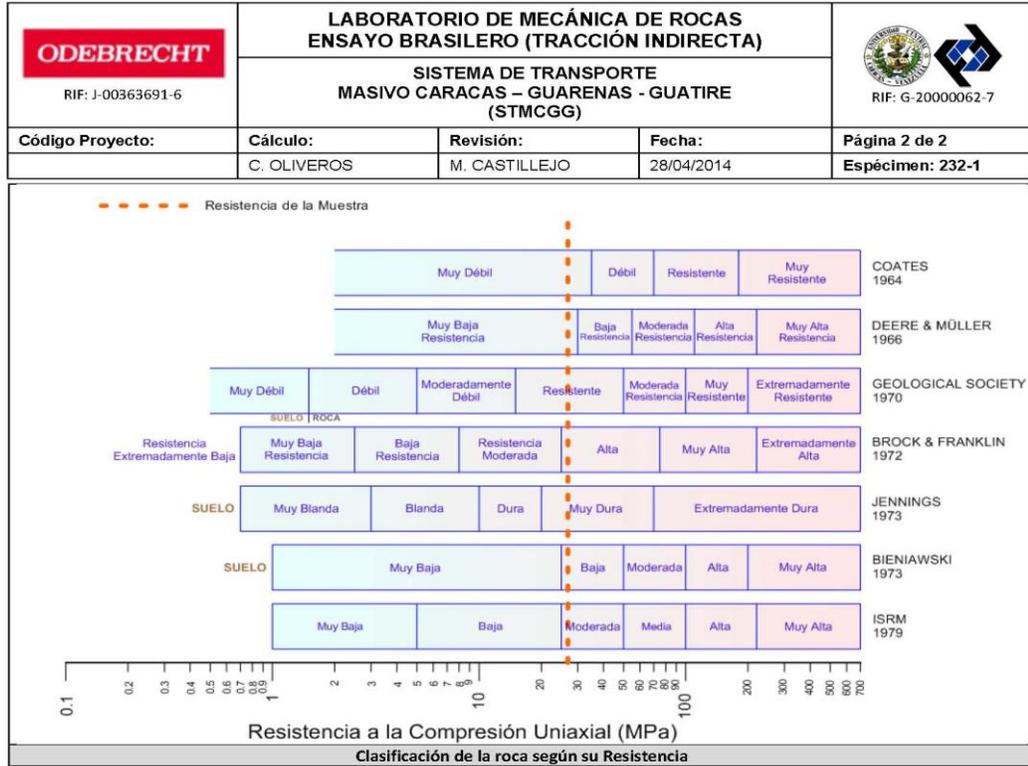
BH-19

ODEBRECHT RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 232-1
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
Espécimen:	020-3			
Perforación:	BH19-BOX 14 (84-87 m) 86 cm			
Profundidad:	84.86	m		
Diámetro (D)	47.50	mm		
Espesor	25.00	mm		
Duración:	85.4306	seg		
				
		INICIO	FINAL	

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	
RESULTADOS DEL ENSAYO		OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	16.72	kN
Resistencia a la Tracción	-8.94	MPa
Resistencia a la Compresión	26.83	MPa
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja	

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

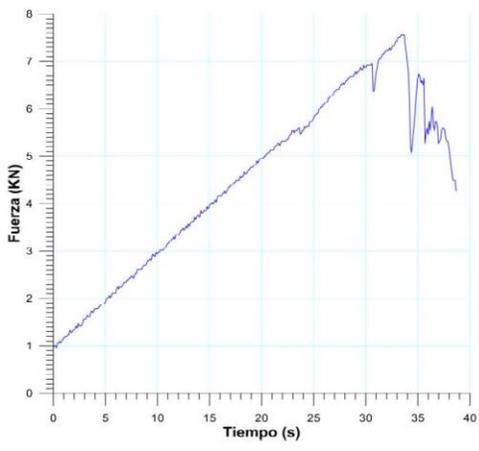
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



BH-21

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 001-2
NORMAS UTILIZADAS		ISRM Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials ASTM D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
Espécimen:	001-2			
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 010 cm			
Profundidad:	160.10	m		
Diámetro (D)	47.60	mm		
Espesor	13.30	mm		
Duración:	38.674	seg		
				
		INICIO		FINAL

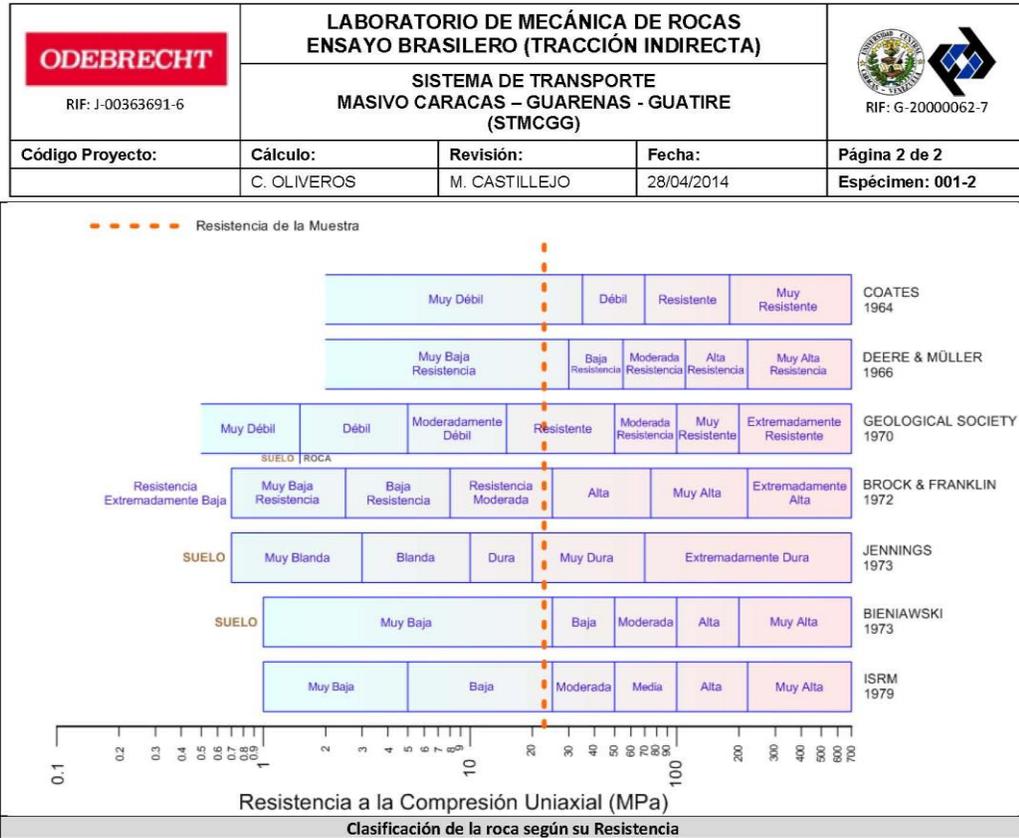
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	-	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	12	kN/seg	
Carga Máxima permitida	80	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial – Ea	>=	1.3%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min	
Carga Máxima del Ensayo	-	kN	
ADQUISICIÓN DE DATOS:			
Incremento de Tiempo	0.1 seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial	
	Sensitividad	2 kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna		
RESULTADOS DEL ENSAYO		OBSERVACIONES	
Carga Axial Pico	7.56	kN	
Resistencia a la Tracción	-7.60	MPa	
Resistencia a la Compresión	22.80	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		



Force (kN) vs Time (s) graph showing a linear increase from 0 to 7.56 kN over 35 seconds, followed by a sharp drop.

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

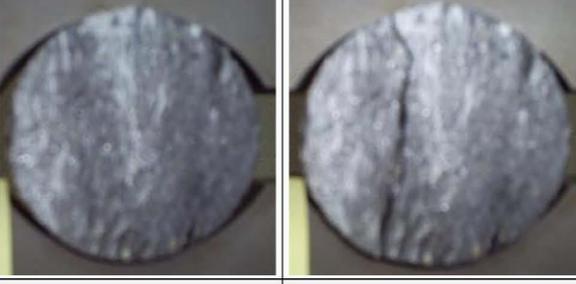


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

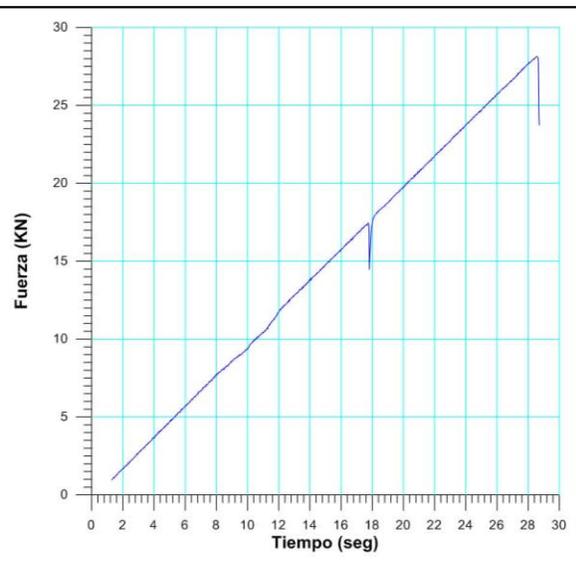
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 2-2

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications

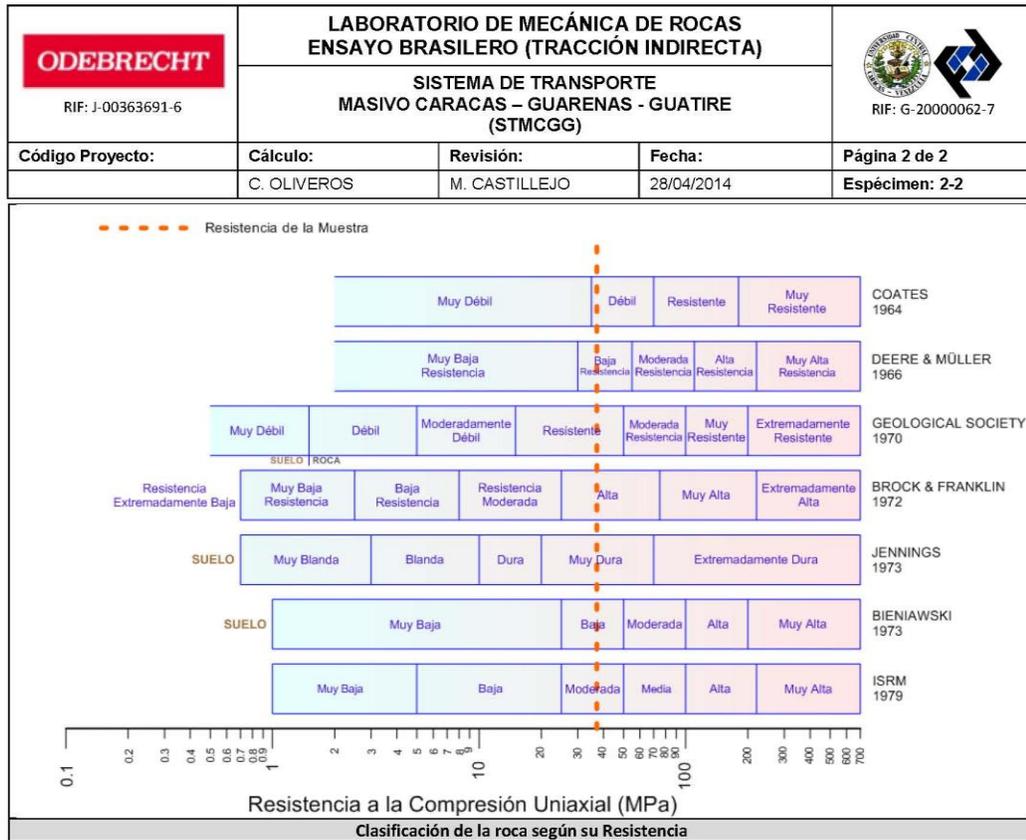
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	2-2	
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 10 cm	
Profundidad:	160.10 m	
Diámetro (D)	47.40 mm	
Espesor	30.50 mm	
Duración:	137.20 seg	

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 KN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN



ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	

RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	28.13	kN	
Resistencia a la Tracción	-12.37	MPa	
Resistencia a la Compresión	37.12	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Media		



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

ODEBRECHT RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 007-4

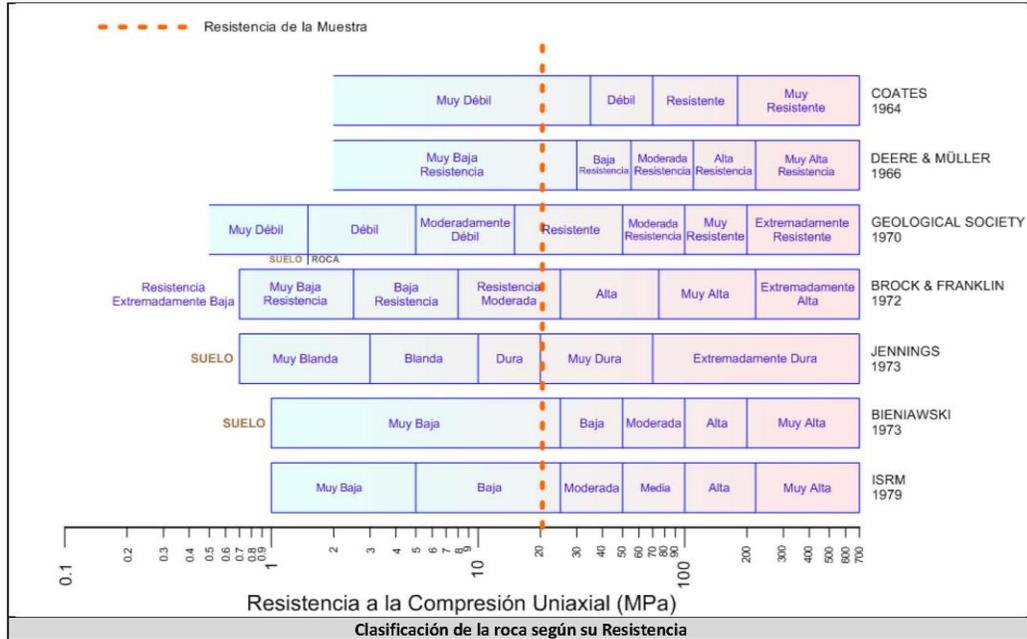
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials	
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications	
DATOS GENERALES			
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89		
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE		
Espécimen:	007-4		
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 231 cm		
Profundidad:	162.31	162.31	
Diámetro (D)	47.50	47.50	
Espesor	19.90	19.90	
Duración:	56.8757	56.8757	
	INICIO	FINAL	

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	- MPa		
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	12	kN/seg	
Carga Máxima permitida	80	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial – Ea	>=	1.3%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min	
Carga Máxima del Ensayo	-	kN	
ADQUISICIÓN DE DATOS:			
Incremento de Tiempo	0.1 seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial	
	Sensitividad	2 kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
Carga Axial Pico	10.12	KN	
Resistencia a la Tracción	-6.82	MPa	
Resistencia a la Compresión	20.45	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		
OBSERVACIONES			

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 007-4

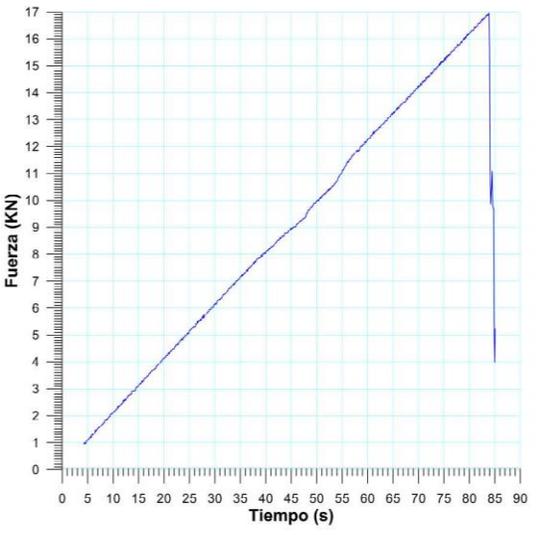


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

ODEBRECHT RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 007-3

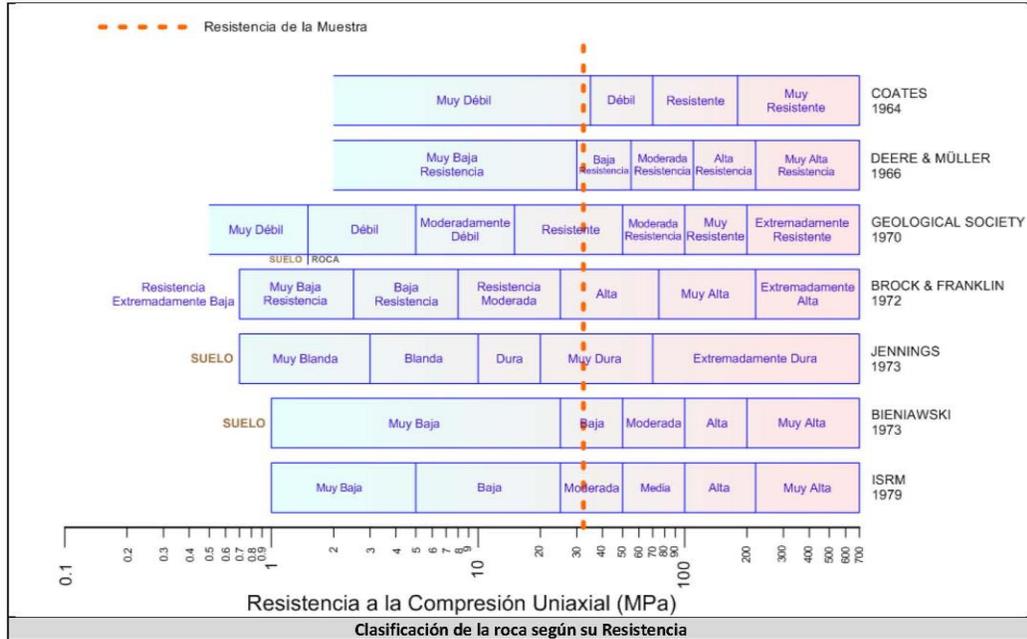
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	007-3	
Perforación:	BH21-BOX 30 (160-163 m) 231 cm	
Profundidad:	162.31	m
Diámetro (D)	47.70	mm
Espesor	21	mm
Duración:	85.0686	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/seg
Carga Máxima permitida	80	KN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial – Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	
		
RESULTADOS DEL ENSAYO		OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	16.95	KN
Resistencia a la Tracción	-10.77	MPa
Resistencia a la Compresión	32.32	MPa
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Moderada	

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

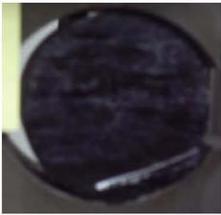
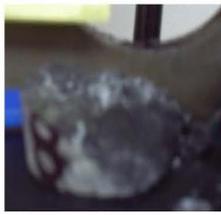
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

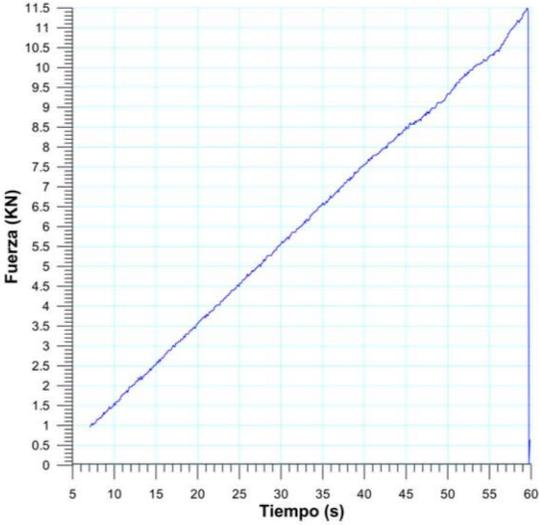
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 007-3



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

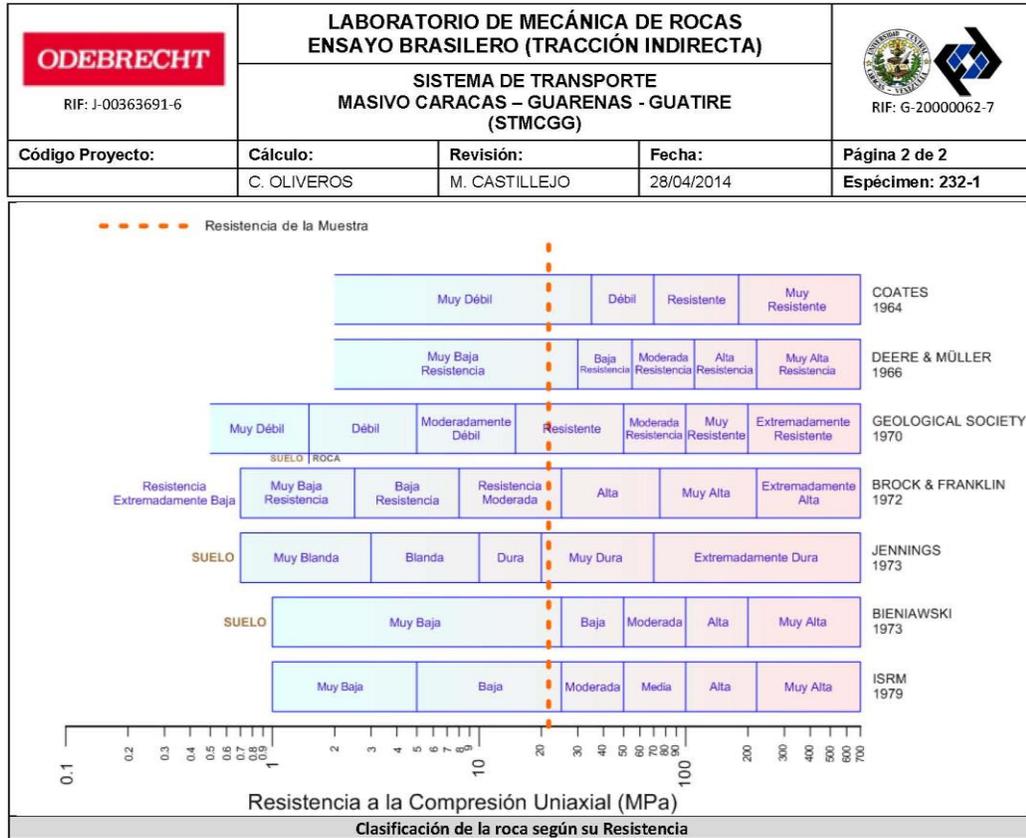
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 232-1
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
Espécimen:	008-5			
Perforación:	BH21-BOX 31 (163-166 m) 21 cm			
Profundidad:	163.21	m		
Diámetro (D)	47.50	mm		
Espesor	21.30	mm		
Duración:	60.1415	seg		
			INICIO	FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	- MPa		
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	12	kN/seg	
Carga Máxima permitida	80	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min	
Carga Máxima del Ensayo	-	kN	
ADQUISICIÓN DE DATOS:			
Incremento de Tiempo	0,1 seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial	
	Sensitividad	2 kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna		
RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	11,5	kN	
Resistencia a la Tracción	-7,24	MPa	
Resistencia a la Compresión	21,71	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

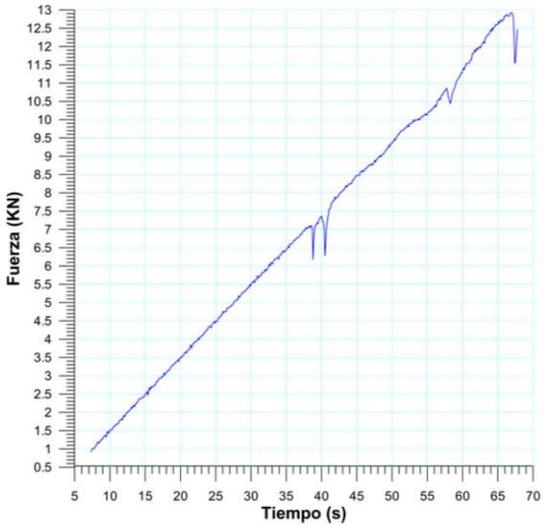
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

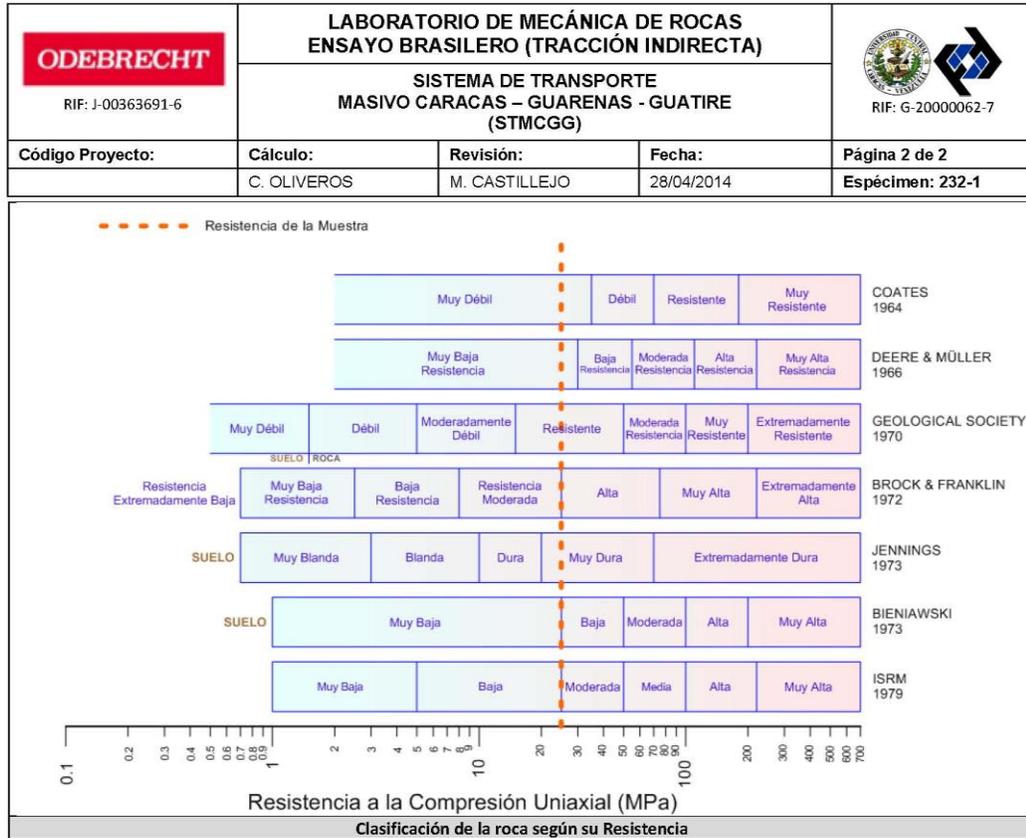
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

ODEBRECHT RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 232-1
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
Espécimen:	008-6			
Perforación:	BH21-BOX 31 (163-166 m) 21 cm			
Profundidad:	163.21	m		
Diámetro (D)	47.50	mm		
Espesor	20.80	mm		
Duración:	67.8043	seg		
			INICIO	FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA					
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load				
Tipo	Incremental				
Esfuerzo de Asiento	- MPa				
Valor Inicial	Relativo				
Velocidad de Carga:	12	kN/seg			
Carga Máxima permitida	80	KN			
ETAPA FINAL					
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%			
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min			
Carga Máxima del Ensayo	-	kN			
ADQUISICIÓN DE DATOS:					
Incremento de Tiempo	0.1 seg				
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial			
	Sensitividad	2 kN			
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna				
RESULTADOS DEL ENSAYO				OBSERVACIONES	
Carga Axial Pico	12.92	kN			
Resistencia a la Tracción	-8.33	MPa			
Resistencia a la Compresión	24.98	MPa			
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja				

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax: +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



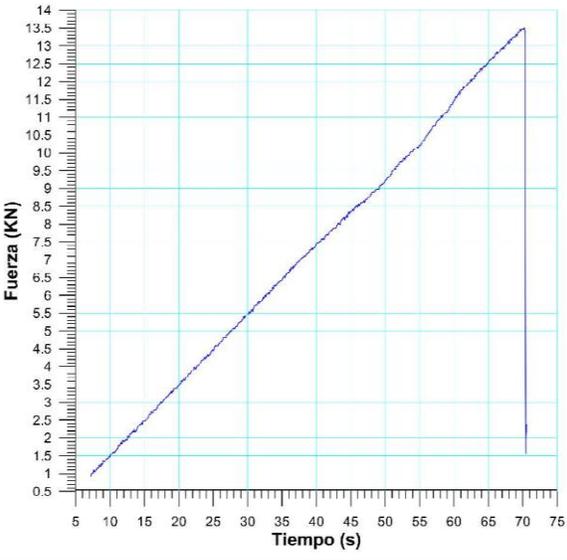
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 232-1

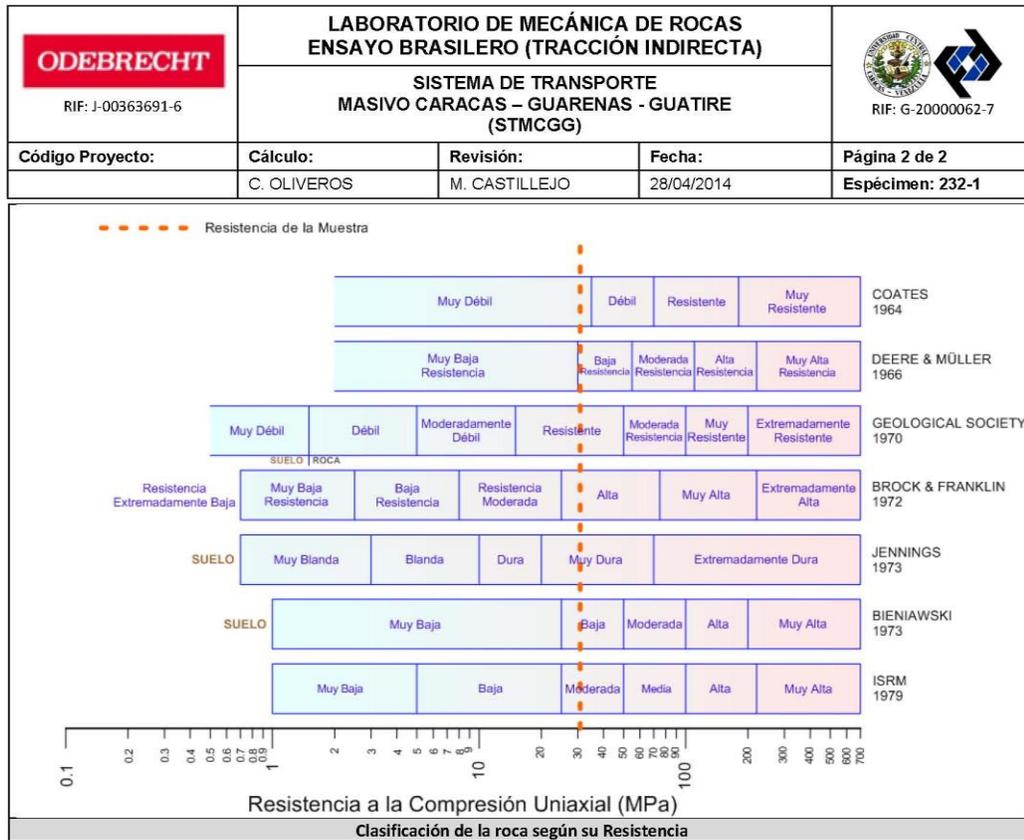
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications

DATOS GENERALES		 
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	008-7	
Perforación:	BH21-BOX 31 (163-166 m) 021 cm	
Profundidad:	163,21 m	
Diámetro (D)	47 mm	
Espesor	17,8 mm	
Duración:	80,9 seg	

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>= 1.3%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	

ADQUISICIÓN DE DATOS:	
Incremento de Tiempo	0,1 seg
Level Crossing	Entrada de Control
	Carga Axial
	Sensitividad
	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna

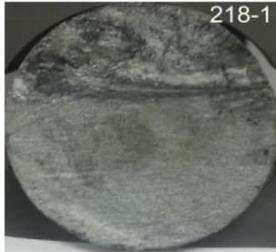
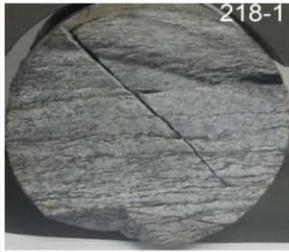
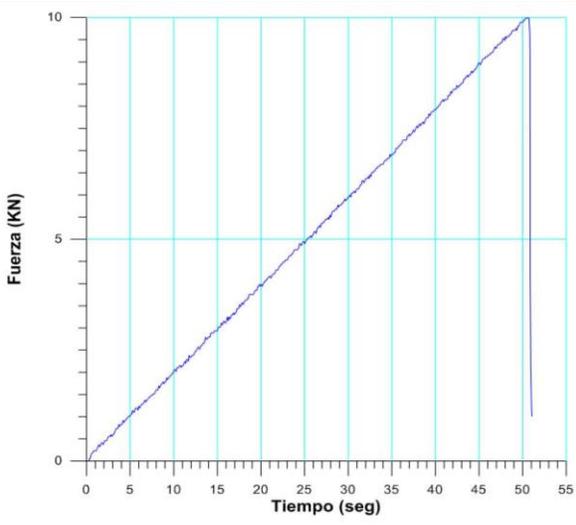
RESULTADOS DEL ENSAYO		OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	13,51 kN	
Resistencia a la Tracción	-10,28 MPa	
Resistencia a la Compresión	30,84 MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Moderada	

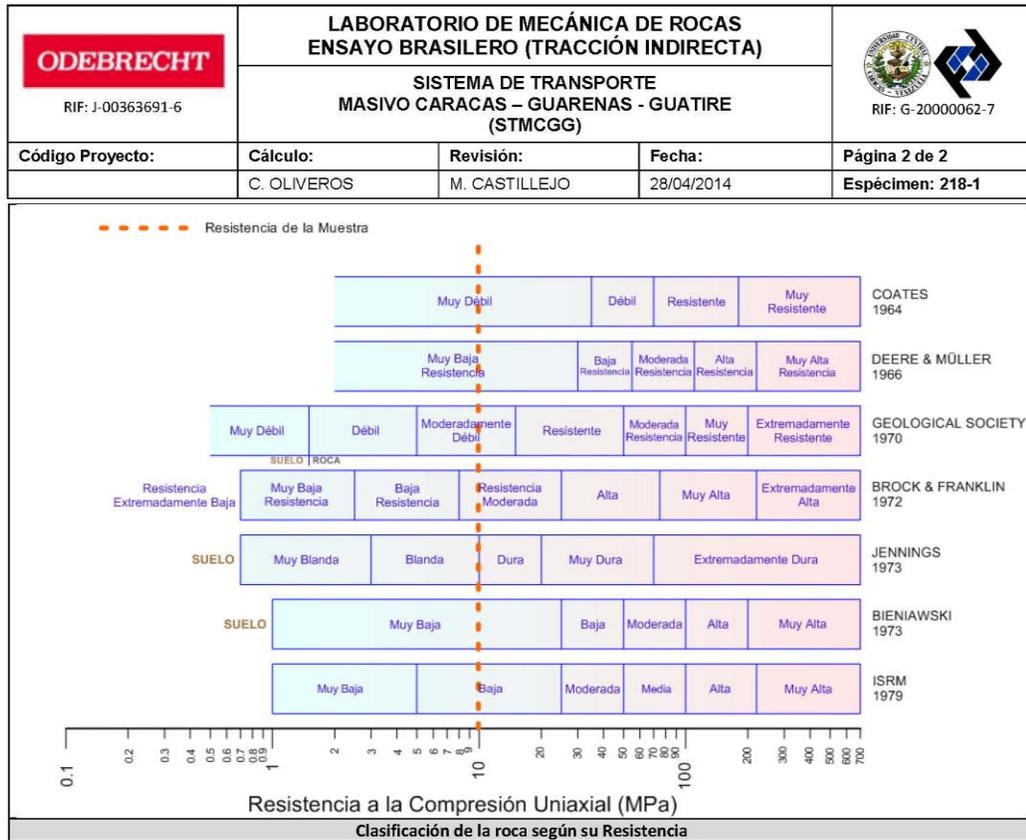


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-240

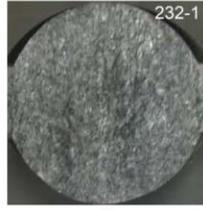
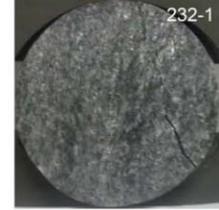
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	28/04/2014	Espécimen: 218-1
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE			
Espécimen:	218-1			
Perforación:	BH 240- BOX 23 (174-177m) 201 cm			
Profundidad:	176.01	m		
Diámetro (D)	48.1	mm		
Espesor	40	mm		
Duración:	89.25	seg		
				
		INICIO		FINAL
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA				
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	- MPa			
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/seg		
Carga Máxima permitida	80	KN		
ETAPA FINAL				
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	-	kN		
				
ADQUISICIÓN DE DATOS:				
Incremento de Tiempo	0.1 seg			
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2 kN		
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna			
RESULTADOS DEL ENSAYO				
Carga Axial Pico	9.98	kN		
Resistencia a la Tracción	-3.30	MPa		
Resistencia a la Compresión	9.91	MPa		
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja			
OBSERVACIONES				



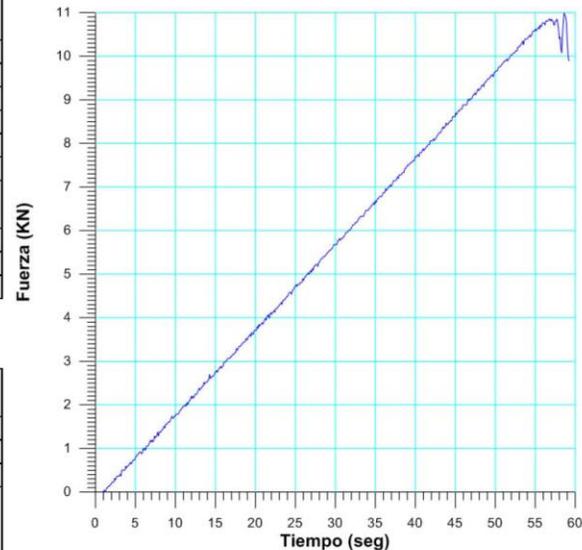
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

ODEBRECHT RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	14/09/2013	Espécimen: 232-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	232-1	
Perforación:	BH 240- BOX 24 (180-183 m) 365 cm	
Profundidad:	183.65	m
Diámetro (D)	48.50	mm
Espesor	35.30	mm
Duración:	59.20	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/seg
Carga Máxima permitida	80	KN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN

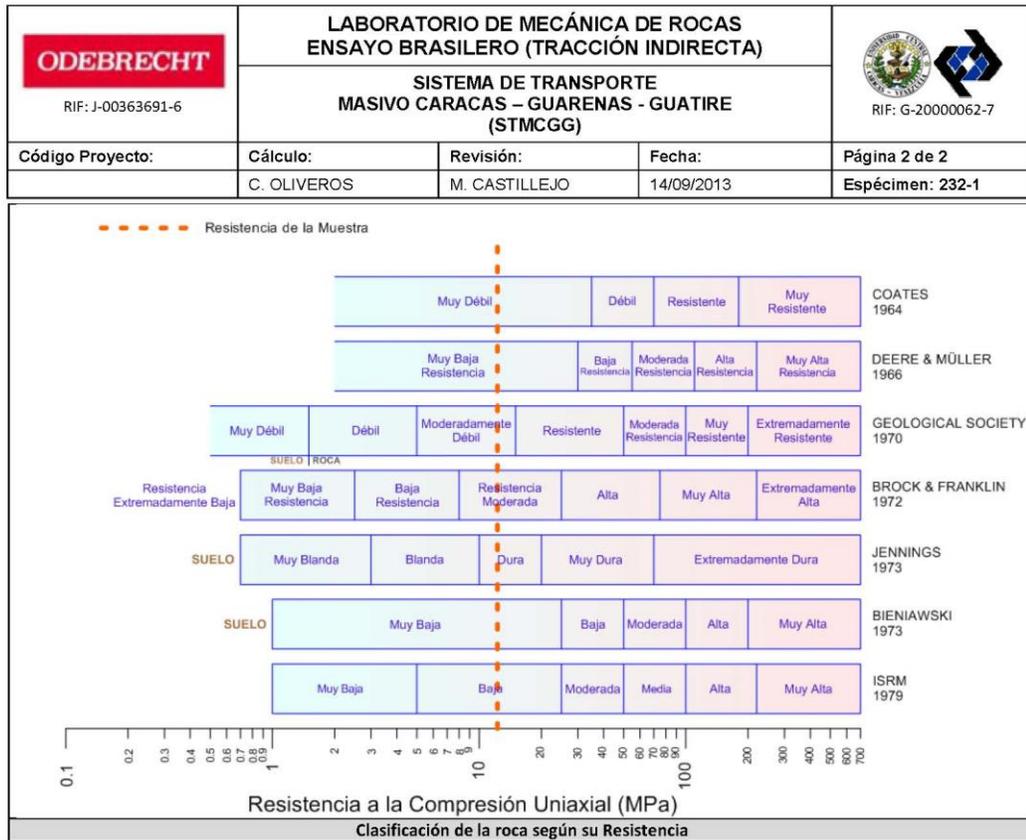


ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	

RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	10,99	kN	
Resistencia a la Tracción	-4,04	MPa	
Resistencia a la Compresión	12,26	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

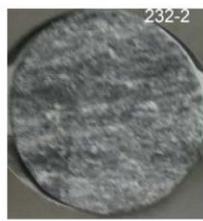
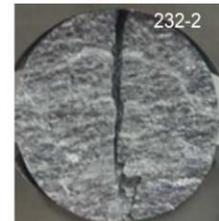
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

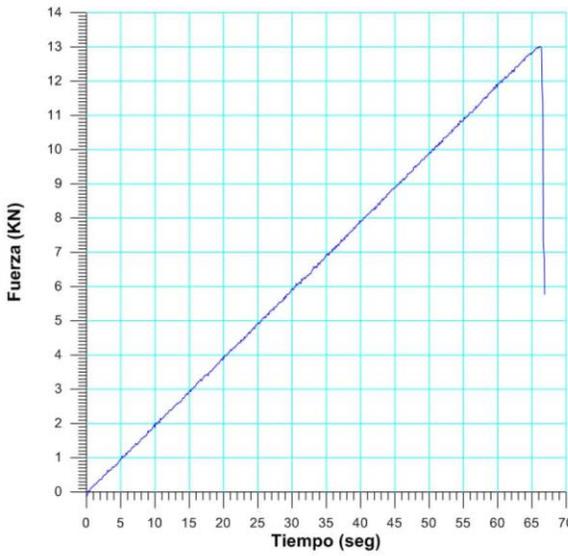


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

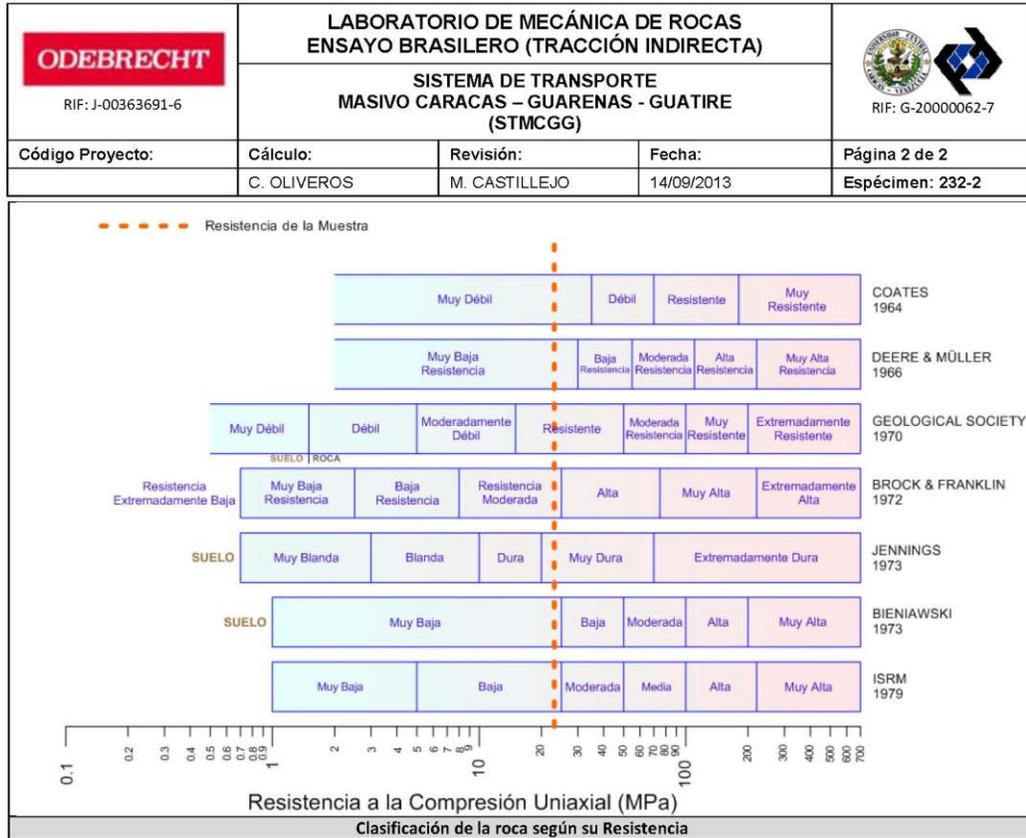
ODEBRECHT RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	14/09/2013	Espécimen: 232-2

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	232-2	
Perforación:	BH 240- BOX 24 (180-183 m) 365 cm	
Profundidad:	183.65	m
Diámetro (D)	48.70	mm
Espesor	22.20	mm
Duración:	66.83	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	- MPa		
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	12	kN/seg	
Carga Máxima permitida	80	KN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min	
Carga Máxima del Ensayo	-	kN	
ADQUISICIÓN DE DATOS:			
Incremento de Tiempo	0.1 seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial	
	Sensitividad	2 kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna		
RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	13.09	KN	
Resistencia a la Tracción	-7.70	MPa	
Resistencia a la Compresión	23.10	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

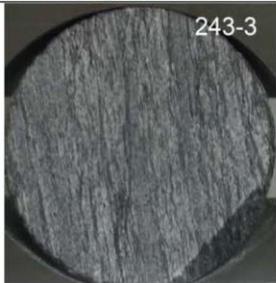
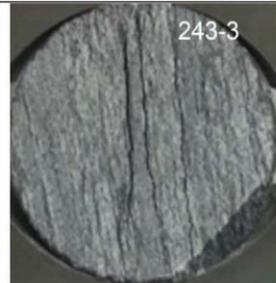
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



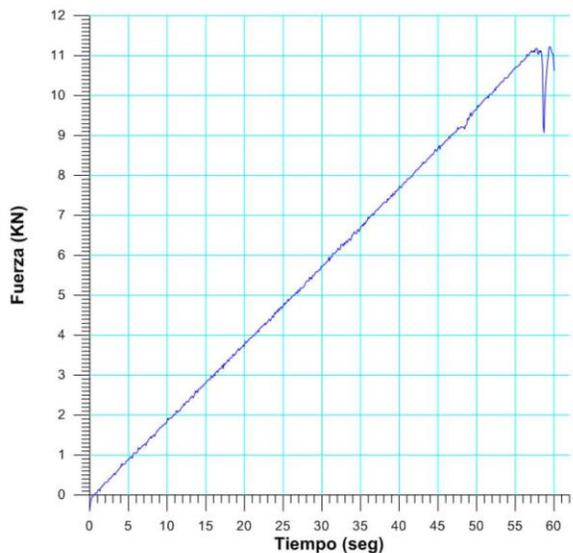
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

ODEBRECHT RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	14/09/2013	Espécimen: 243-3

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	METRO PETARE-GUARENAS-GUATIRE	
Espécimen:	243-3	
Perforación:	BH 240- BOX 25 (186-189 m) 202 cm	
Profundidad:	188.02	m
Diámetro (D)	48.20	mm
Espesor	20.60	mm
Duración:	60.0042	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	- MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/min
Carga Máxima permitida	80	KN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1.3%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN

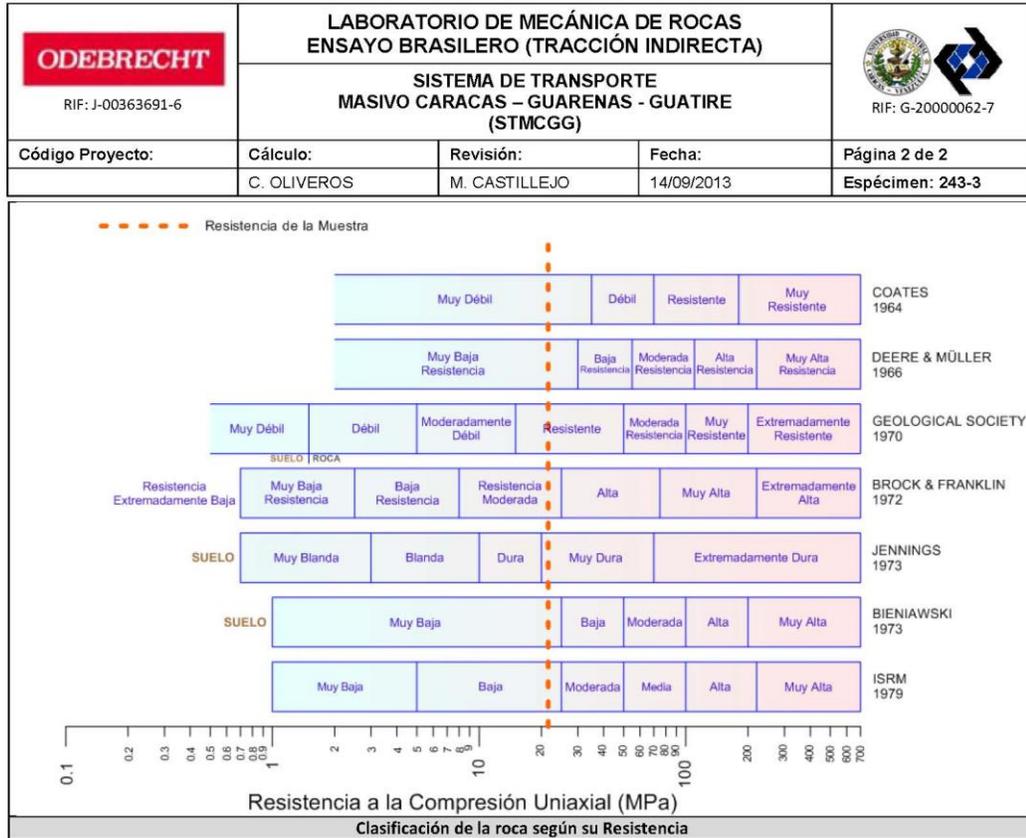


ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	ninguna	

RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	11,22	kN	
Resistencia a la Tracción	-7,20	MPa	
Resistencia a la Compresión	21,59	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



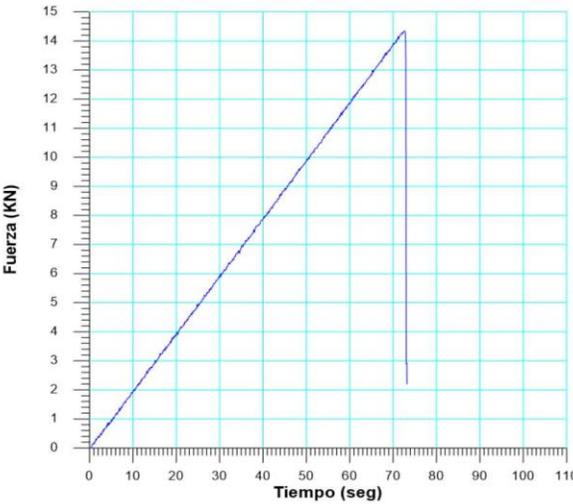
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-250

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 501-2

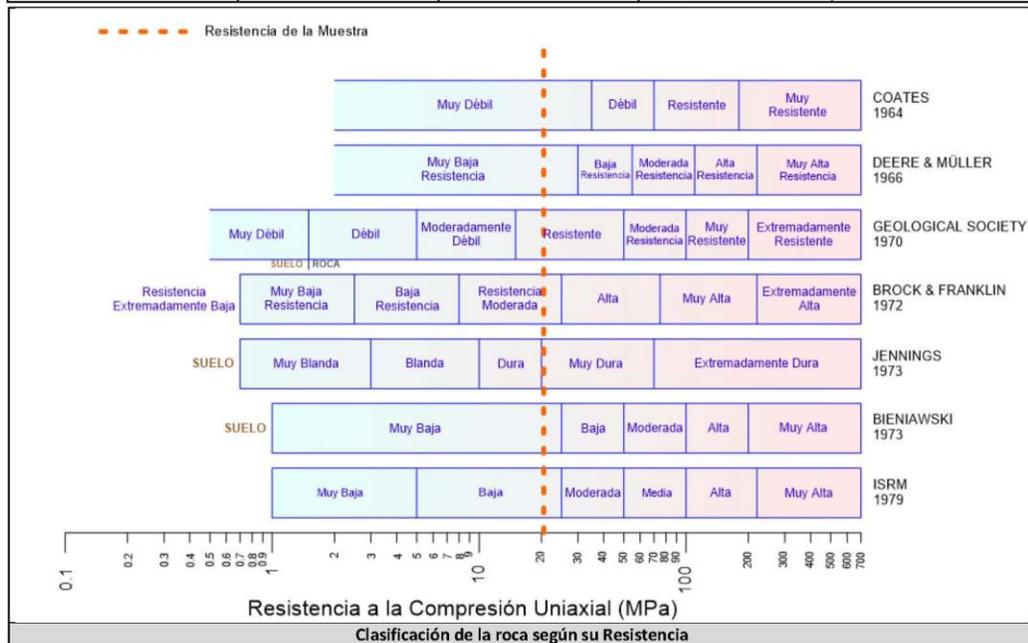
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89	
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire	
Espécimen:	501-2	
Perforación:	BH 250- BOX 3 (14,5-6 m) 15 cm	
Profundidad:	14,65	m
Diámetro (D)	63,07	mm
Espesor	21,17	mm
Duración:	103,19	seg
		
		
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> INICIO FINAL </div>

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	1	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	12	kN/seg	
Carga Máxima permitida	80	kN	
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - Ea	>=	1%	
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min	
Carga Máxima del Ensayo	50	kN	
ADQUISICIÓN DE DATOS:			
Incremento de Tiempo	0.1 seg		
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial	
	Sensitividad	2 kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo			
RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	14,34	KN	
Resistencia a la Tracción	-6,84	MPa	
Resistencia a la Compresión	20,51	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 501-2

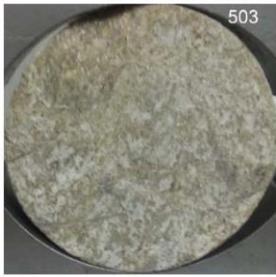


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

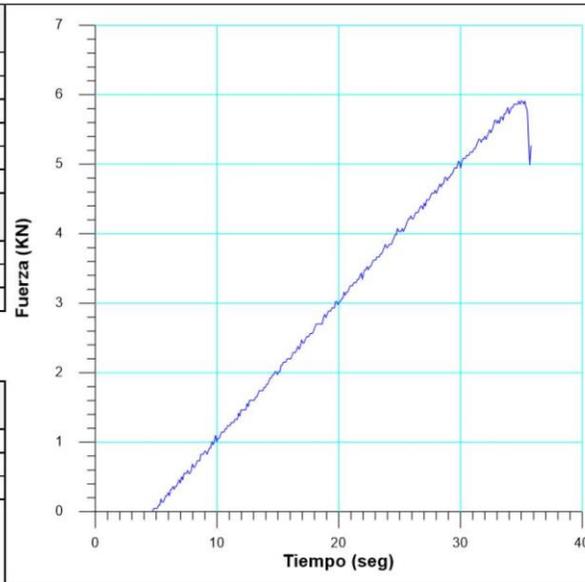
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 503

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications

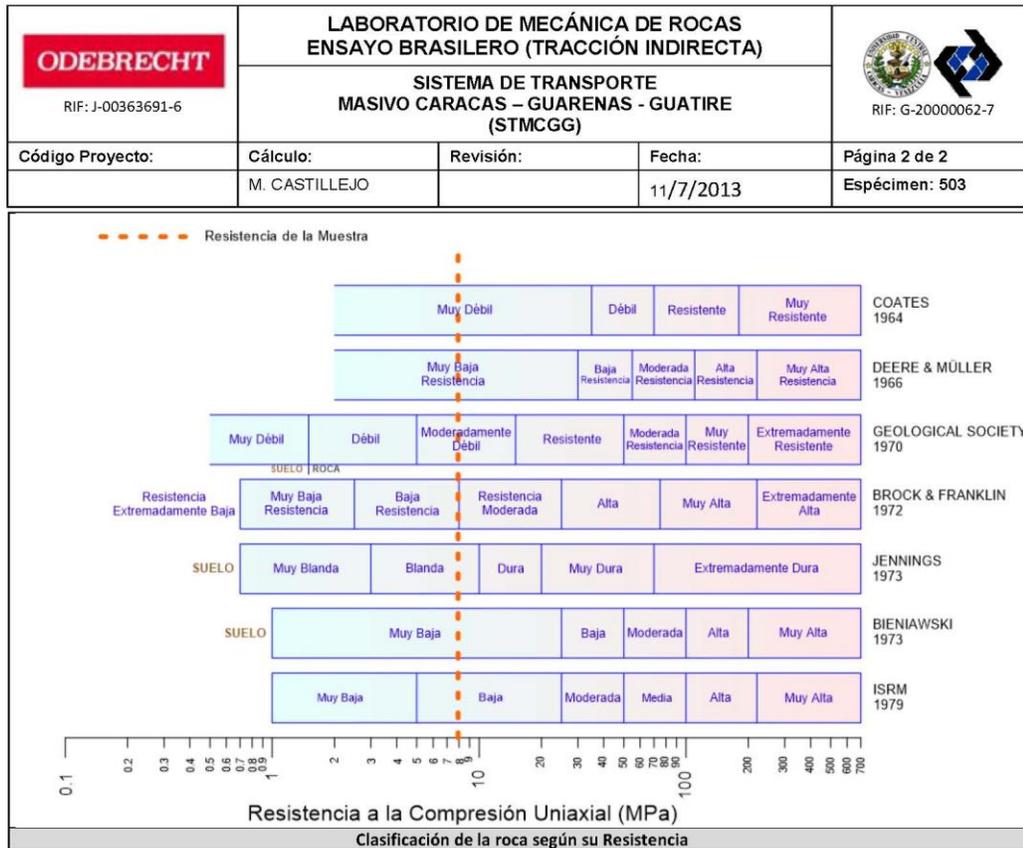
DATOS GENERALES			 INICIO	 FINAL
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire			
Espécimen:	503			
Perforación:	BH 250- BOX 3 (16-17,5 m) 32 cm			
Profundidad:	16,32	m		
Diámetro (D)	62,90	mm		
Espesor	22,70	mm		
Duración:	67,31	seg		

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1%
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min	
Carga Máxima del Ensayo	50 kN	



ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-	

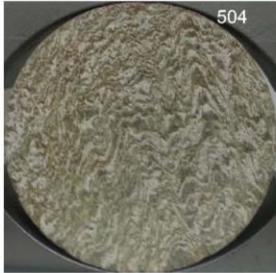
RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	5,91	kN	
Resistencia a la Tracción	-2,64	MPa	
Resistencia a la Compresión	7,91	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		



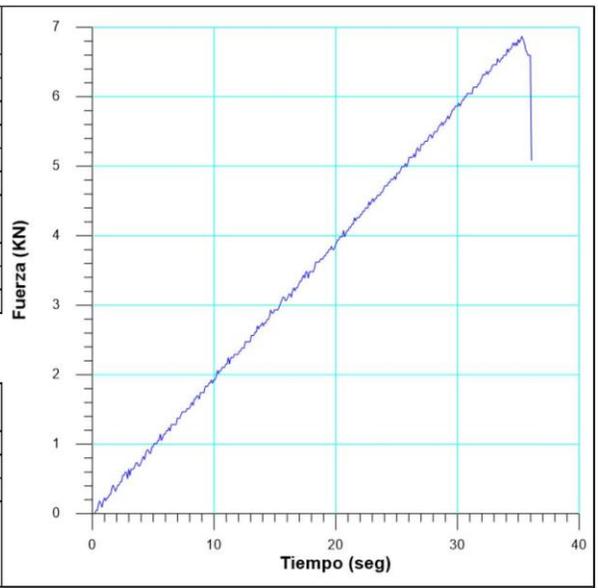
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 504

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire			
Espécimen:	504			
Perforación:	BH 250- BOX 3 (16-17,5 m) 36 cm			
Profundidad:	16,36	m		
Diámetro (D)	62,87	mm		
Espesor	20,53	mm		
Duración:	66,93	seg		
				
		INICIO		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1	MPa
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/seg
Carga Máxima permitida	80	kN
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	50	kN

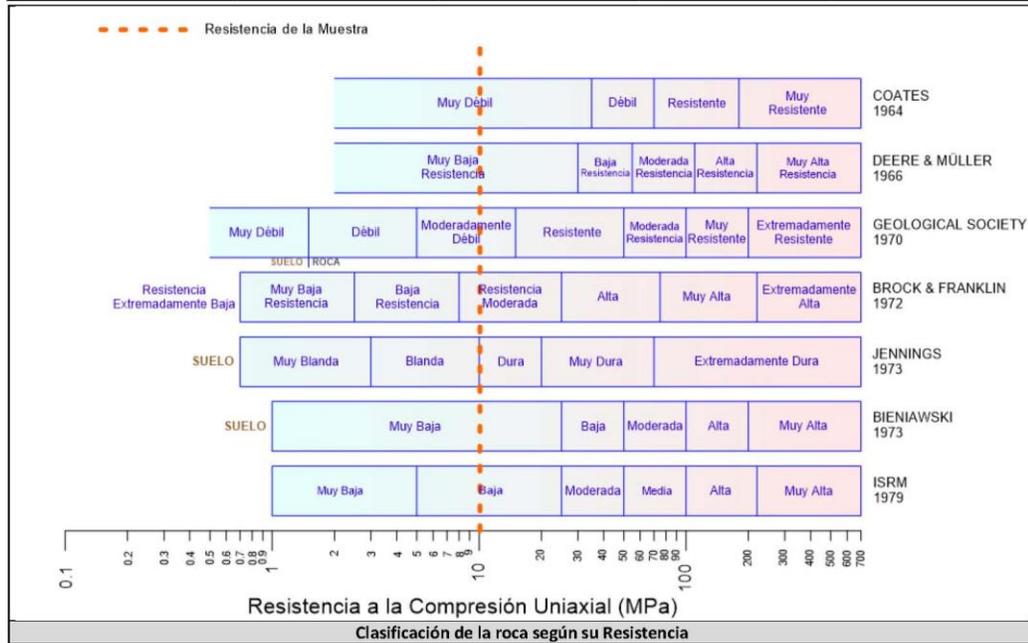


ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-	

RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	6,82	kN	
Resistencia a la Tracción	-3,36	MPa	
Resistencia a la Compresión	10,09	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		
			Carga aplicada paralela a la foliación

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 504



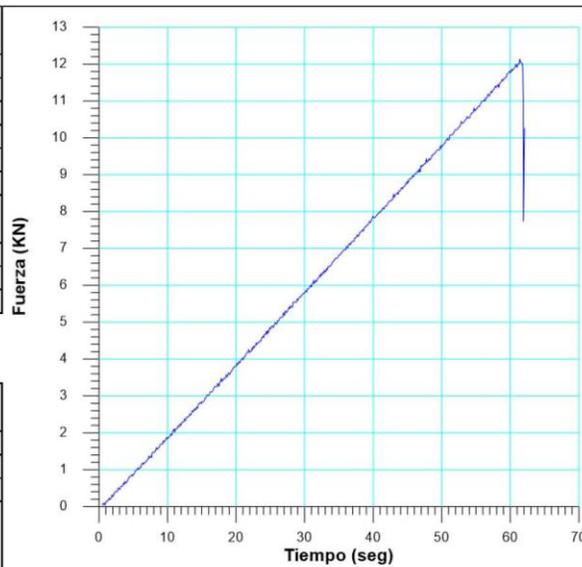
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 505-2

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire			
Espécimen:	505-2			
Perforación:	BH 250- BOX 3 (16-17,5 m) 46 cm			
Profundidad:	16,46	m		
Diámetro (D)	63,10	mm		
Espesor	33,23	mm		
Duración:	92,94	seg		
				
		INICIO		FINAL

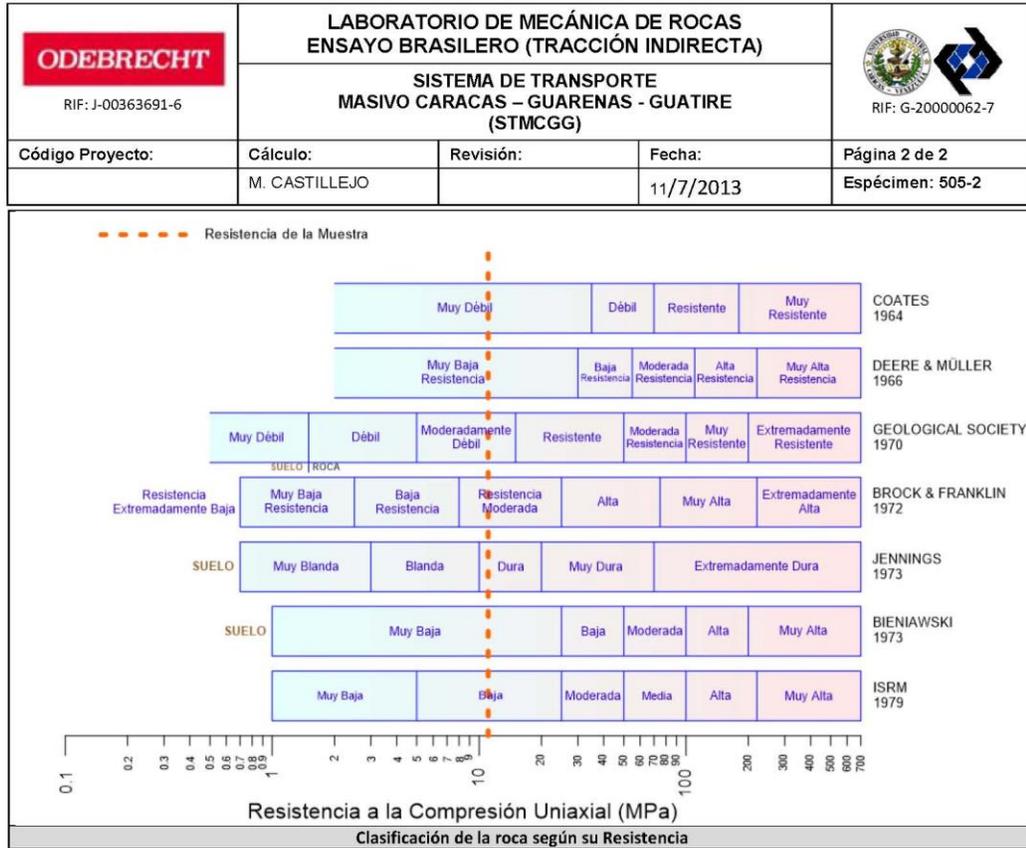
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1%
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min	
Carga Máxima del Ensayo	50 kN	



ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-	

RESULTADOS DEL ENSAYO			OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	12,14	kN	
Resistencia a la Tracción	-3,69	MPa	
Resistencia a la Compresión	11,06	MPa	
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja		

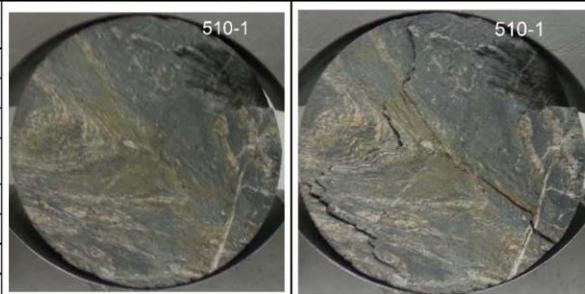
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

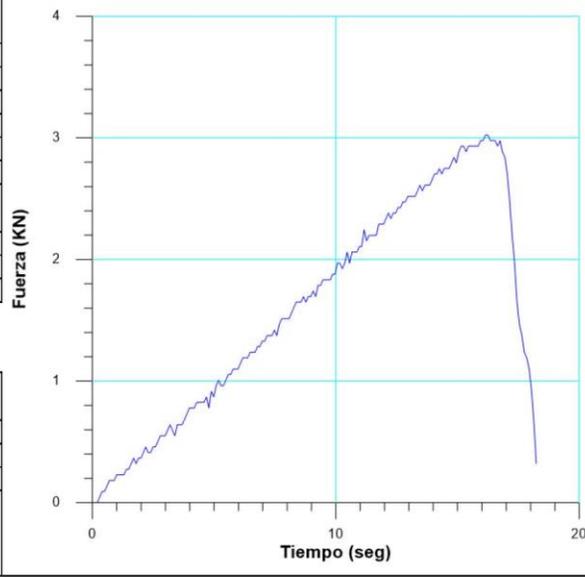


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 510-1

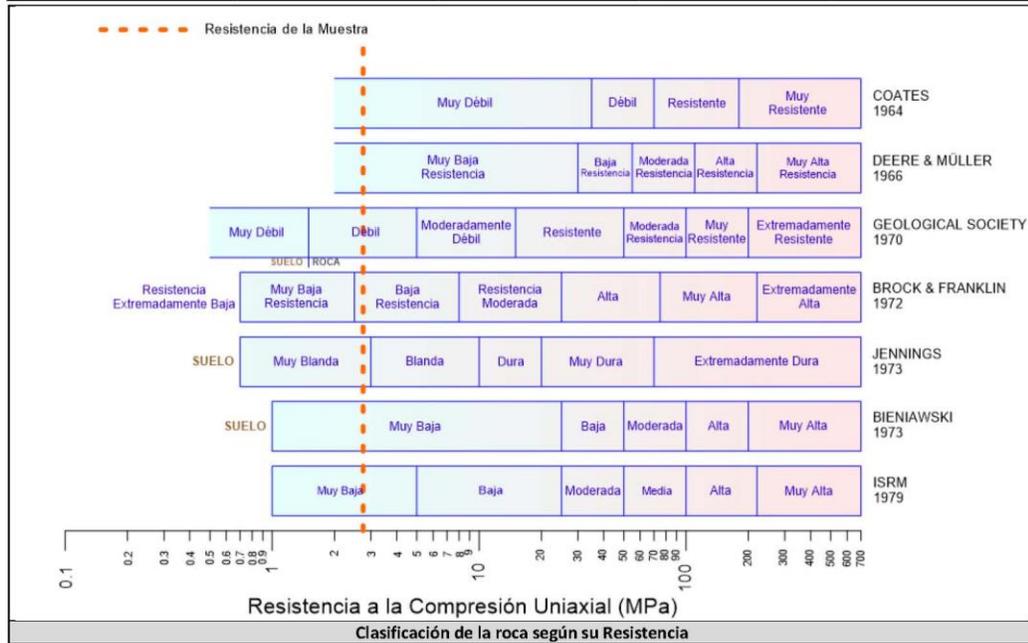
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
DATOS GENERALES				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire			
Espécimen:	510-1			
Perforación:	BH 250- BOX 6 (38,5-41,5 m) 112 cm			
Profundidad:	39,62	m		
Diámetro (D)	63,13	mm		
Espesor	25,23	mm		
Duración:	48,23	seg		
			INICIO	FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA				
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/seg		
Carga Máxima permitida	80	kN		
ETAPA FINAL				
Deformación Axial - Ea	>=	1%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
ADQUISICIÓN DE DATOS:				
Incremento de Tiempo	0.1 seg			
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensibilidad	2 kN		
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-			
RESULTADOS DEL ENSAYO				OBSERVACIONES
Carga Axial Pico	3,02	kN		
Resistencia a la Tracción	-0,92	MPa		
Resistencia a la Compresión	2,75	MPa		
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja			
				Carga aplicada paralela a la foliación.

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

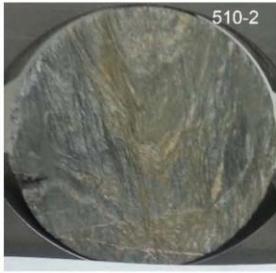
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 510-1

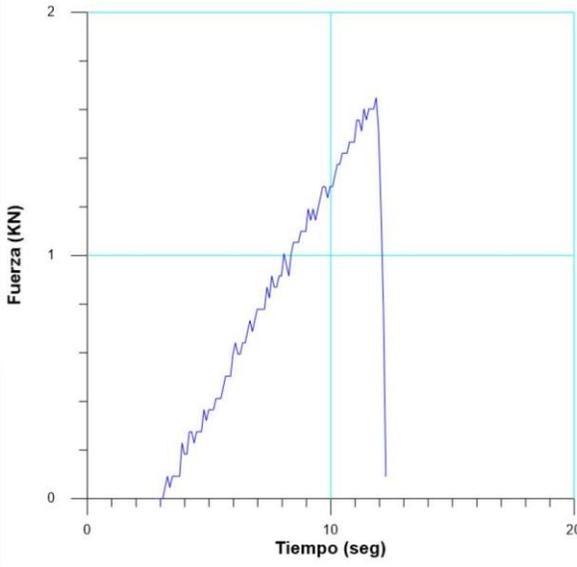


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 510-2

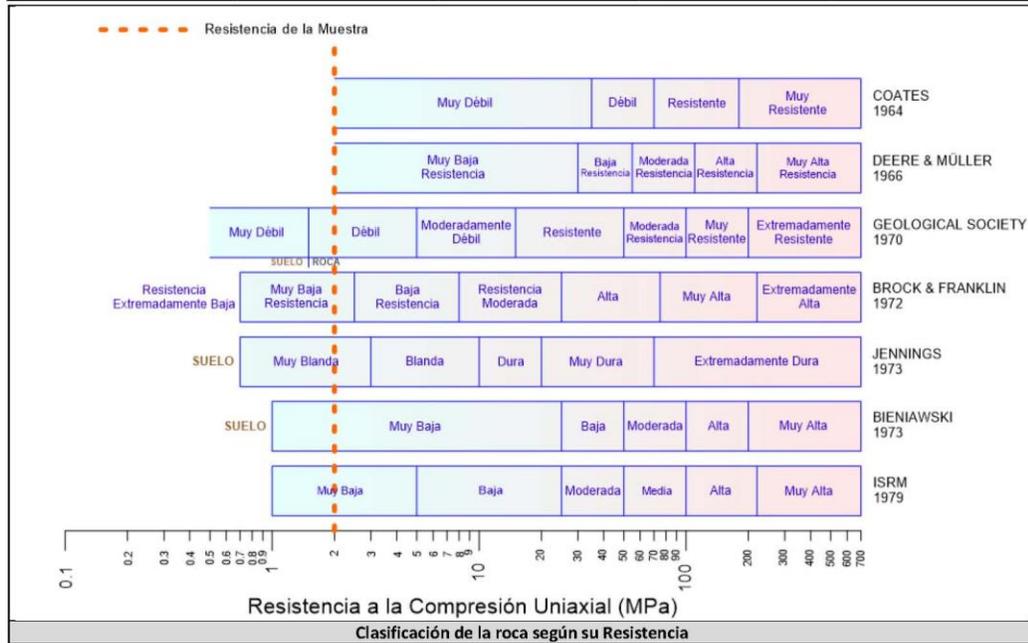
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
DATOS GENERALES		
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89	
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire	
Espécimen:	510-2	
Perforación:	BH 250- BOX 6 (38,5-41,5 m) 112 cm	
Profundidad:	39,62	m
Diámetro (D)	63,07	mm
Espesor	24,27	mm
Duración:	45,52	seg
		
		
		INICIO
		FINAL

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12 kN/seg	
Carga Máxima permitida	80 kN	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Ea	>=	1%
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min	
Carga Máxima del Ensayo	50 kN	
		
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.1 seg	
LevelCrossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensibilidad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-	
RESULTADOS DEL ENSAYO		
Carga Axial Pico	1,60	kN
Resistencia a la Tracción	-0,67	MPa
Resistencia a la Compresión	2,00	MPa
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja	
OBSERVACIONES		
Carga aplicada paralela a la foliación.		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 2
	M. CASTILLEJO		11/7/2013	Espécimen: 510-2



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

7.3 Reportes de Compresión Triaxial

BH-19

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS - GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 19-1

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Espécimen:	19-1
PERFORACIÓN:	BH19-BOX 19 (123-125 m) Ø33 cm
Tipo de Roca:	Media
Profundidad:	123,33 m
Altura:	120 mm
Long med. Deform-:	120 mm
Diámetro:	46,83 mm
Área:	17,224 cm ²
Volumen:	206,69 cm ³
Peso:	584,100 gr
Densidad:	Ton/m ³
L/D:	-
σ ₃ (calculado):	MPa



Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
ACTUADOR AXIAL				ACTUADOR AXIAL			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0,6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
PRESIÓN DE CELDA				PRESIÓN DE CELDA			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
PRESIÓN DE POROS				PRESIÓN DE POROS			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
FINALIZACIÓN DE LA ETAPA				FINALIZACIÓN DE LA ETAPA			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial >= 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS				ADQUISICIÓN DE DATOS			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 segundo		
Nivel de cruce				Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial			Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	0.10	MPa		Sensibilidad	0.80	MPa	
TIPO	Drenado			TIPO	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA				MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax: +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 19-1

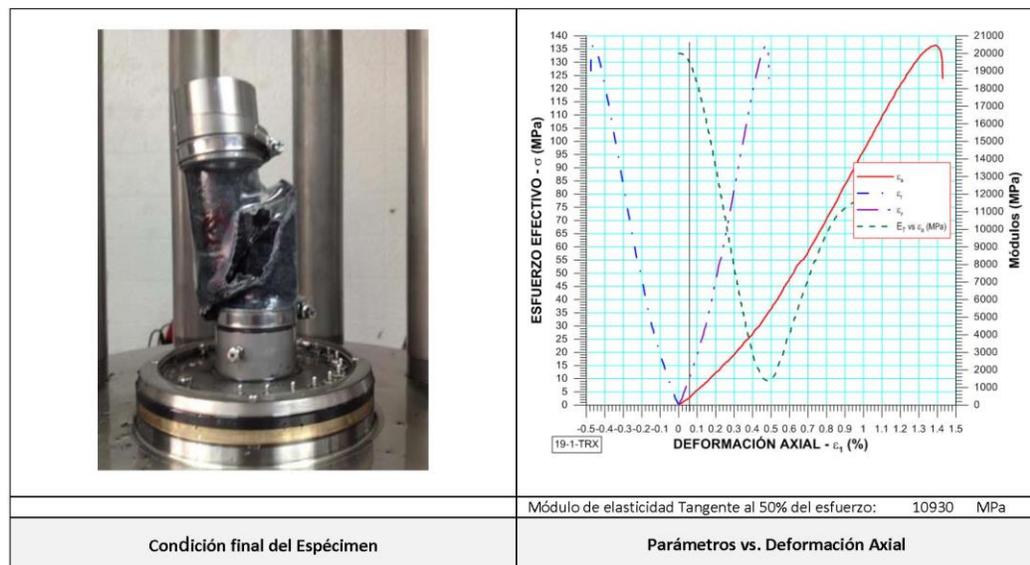
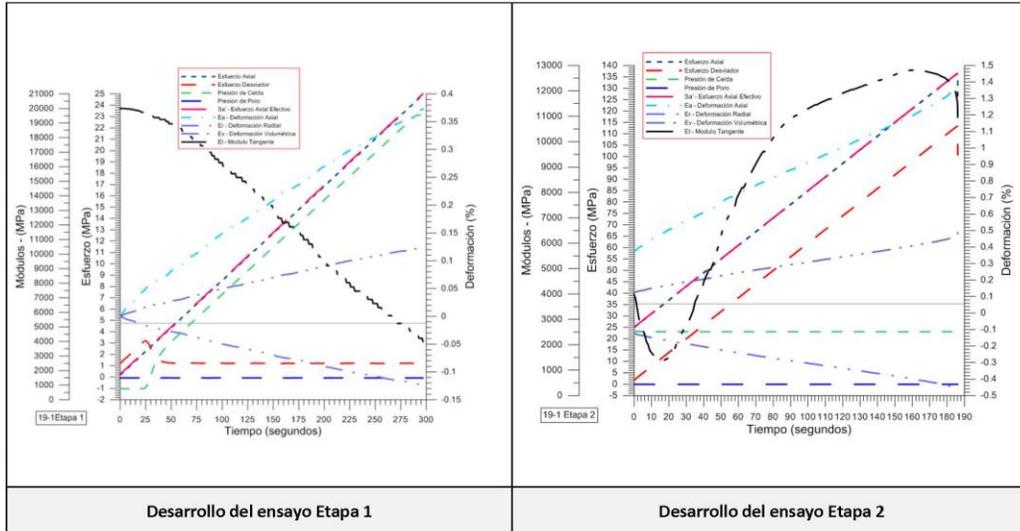
RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-19	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca	Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Espécimen			Espécimen		
Altura	120 mm	Altura	120 mm		
Long medidor deformaciones	120 mm	Long medidor deformaciones	120 mm		
Diámetro	46,83 mm	Diámetro	46,83 mm		
Área	17,224 cm ²	Área	17,224 cm ²		
Volumen	206,69 cm ³	Volumen	206,69 cm ³		
Finalización de la Etapa debido	Tiempo límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado		
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	3241 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	113344 kPa		
t - Tiempo	24,8816 segundos	t - Tiempo	483,224 segundos		
CP - Presión de Celda	-939 kPa	CP - Presión de Celda	23050 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-74 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-74 MPa		
Ea - Deformación Axial	0,05 %	Ea - Deformación Axial	1,392 %		
Er - Deformación Radial	-0,017 %	Er - Deformación Radial	-0,464 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,017 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,475 %		
Sa - Esfuerzo Axial	2302 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	136394 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	2376 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	136468 kPa		
Sc' - Presión de Celda Efectiva	-865 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	23124 kPa		
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1883 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	76213 kPa		
Tiempo	297,323 segundos	Tiempo	483,482 segundos		
CP - Presión de Celda	23103 kPa	CP - Presión de Celda	23221 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-81 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-74 kPa		
Ea - Deformación Axial	0,376 %	Ea - Deformación Axial	1,529 %		
Er - Deformación Radial	-0,125 %	Er - Deformación Radial	-0,51 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,126 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,523 %		
Sa - Esfuerzo Axial	24986 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	99435 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	25066 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	99509 kPa		
Sc' - Presión de Celda Efectiva	23184 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	23295 kPa		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

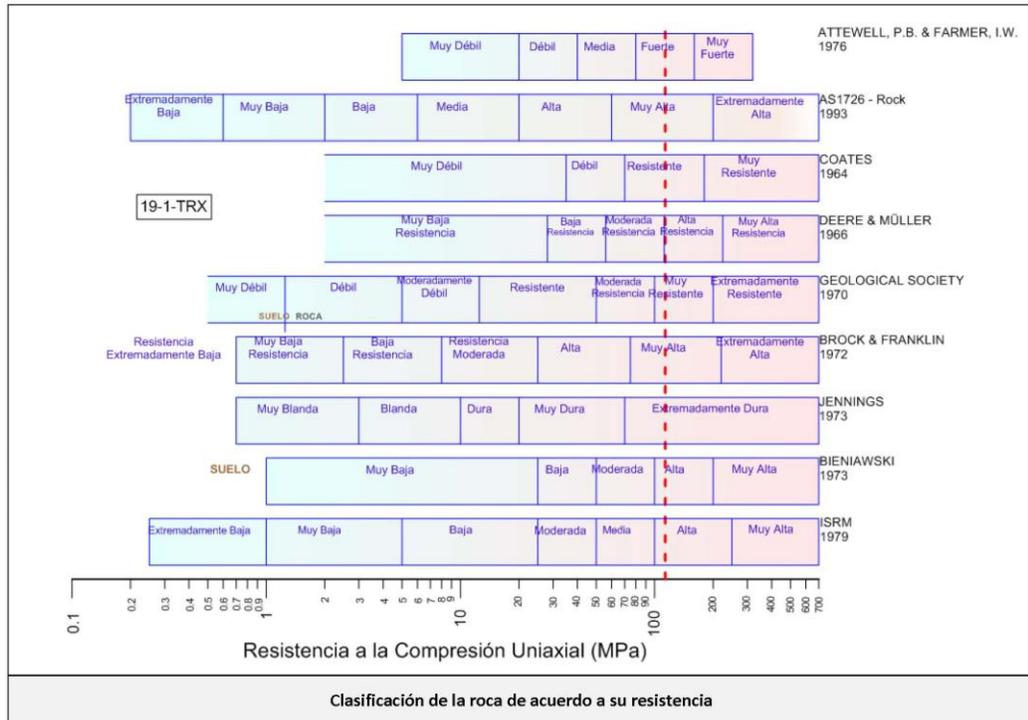
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 19-1



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 19-1



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especímen: 24-2

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Especímen	24-2
PERFORACIÓN	BH19-BOX 19 (123-125 m) 095 cm
Tipo de Roca	MEDIA
Profundidad	123,95 m
Altura	126,57 mm
Long med. Deform-	126,57 mm
Diámetro	46,9 mm
Área	17,276 cm ²
Volumen	218,659 cm ³
Peso	126,57 gr
Densidad	Ton/m ³
L/D	-
σ_3 (calculado)	MPa

Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO	
ACTUADOR AXIAL		ACTUADOR AXIAL	
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial
Tipo de Carga	Incremental Tipo de Carga	Tipo de Carga	Incremental Tipo de Carga
Valor Inicial de Carga	Relativo Carga de asiento	Valor Inicial de Carga	Relativo MPa
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	0.6 MPa/min
Valor Final de Carga	6 MPa	Valor Final de Carga	200 MPa
PRESIÓN DE CELDA		PRESIÓN DE CELDA	
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Constante
Valor Inicial	Relativo MPa	Valor Inicial	Relativo MPa
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	- MPa/min
Valor Final	5 MPa	Valor Final	5 MPa
PRESIÓN DE POROS		PRESIÓN DE POROS	
Control de Entrada	No definida	Control de Entrada	No definida
Velocidad	- MPa / min	Velocidad	- MPa / min
Valor Inicial	- MPa	Valor Inicial	- MPa
Valor Final	- MPa	Valor Final	- MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		FINALIZACION DE LA ETAPA	
Máxima Deformación Axial	- %	Máxima Deformación Axial	5 %
Tiempo Máximo de Carga	10 min	Tiempo Máximo de Carga	60 min
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial \geq 6 MPa	Variable de Control	AI-1: Axial Load
Pico reverso, cuando	-	Pico reverso, cuando	-
Reversa - kN	Umbral - kN	Reversa	25 kN Umbral 0.80 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS		ADQUISICIÓN DE DATOS	
Incremento de tiempo	1 segundo	Incremento de tiempo	1 segundo
Nivel de cruce		Nivel de cruce	
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial
Sensibilidad	0.10 MPa	Sensibilidad	0.80 MPa
TIPO	Drenado	TIPO	Drenado
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA		MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	
Deformaciones en cero		Continuación de la etapa anterior	

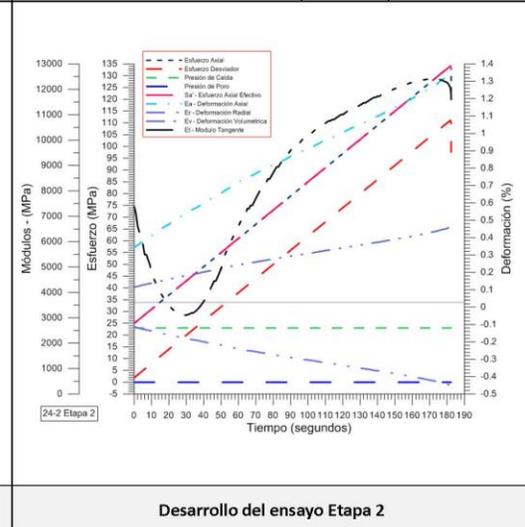
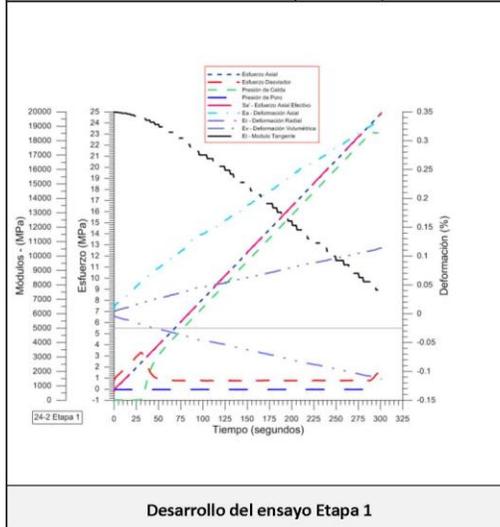
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 24-2

RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-19	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca	Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Espécimen			Espécimen		
Altura	123,95 mm	Altura	123,95 mm		
Long medidor deformaciones	126,57 mm	Long medidor deformaciones	126,57 mm		
Diámetro	126,57 mm	Diámetro	126,57 mm		
Área	46,9 cm ²	Área	46,9 cm ²		
Volumen	17,276 cm ³	Volumen	17,276 cm ³		
Finalización de la Etapa debido	Tiempo límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado		
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	3329 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	111128 kPa		
t - Tiempo	30,3813 segundos	t - Tiempo	483,977 segundos		
CP - Presión de Celda	-913 kPa	CP - Presión de Celda	23018 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-34 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-20 MPa		
Ea - Deformación Axial	0,055 %	Ea - Deformación Axial	1,36 %		
Er - Deformación Radial	-0,018 %	Er - Deformación Radial	-0,453 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,018 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,464 %		
Sa - Esfuerzo Axial	2416 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	134146 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	2450 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	134166 kPa		
Sc - Presión de Celda Efectiva	-879 kPa	Sc - Presión de Celda Efectiva	23038 kPa		
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1929 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	71255 kPa		
Tiempo	301,854 segundos	Tiempo	484,208 segundos		
CP - Presión de Celda	23044 kPa	CP - Presión de Celda	23188 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-27 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-20 kPa		
Ea - Deformación Axial	0,342 %	Ea - Deformación Axial	1,468 %		
Er - Deformación Radial	-0,114 %	Er - Deformación Radial	-0,489 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,115 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,501 %		
Sa - Esfuerzo Axial	24973 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	94443 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	25000 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	94463 kPa		
Sc - Presión de Celda Efectiva	23071 kPa	Sc - Presión de Celda Efectiva	23209 kPa		

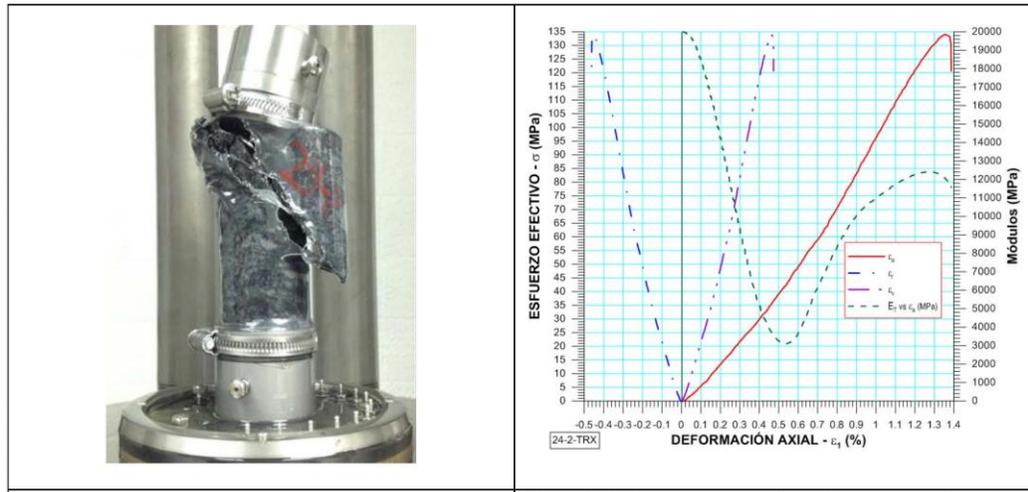


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

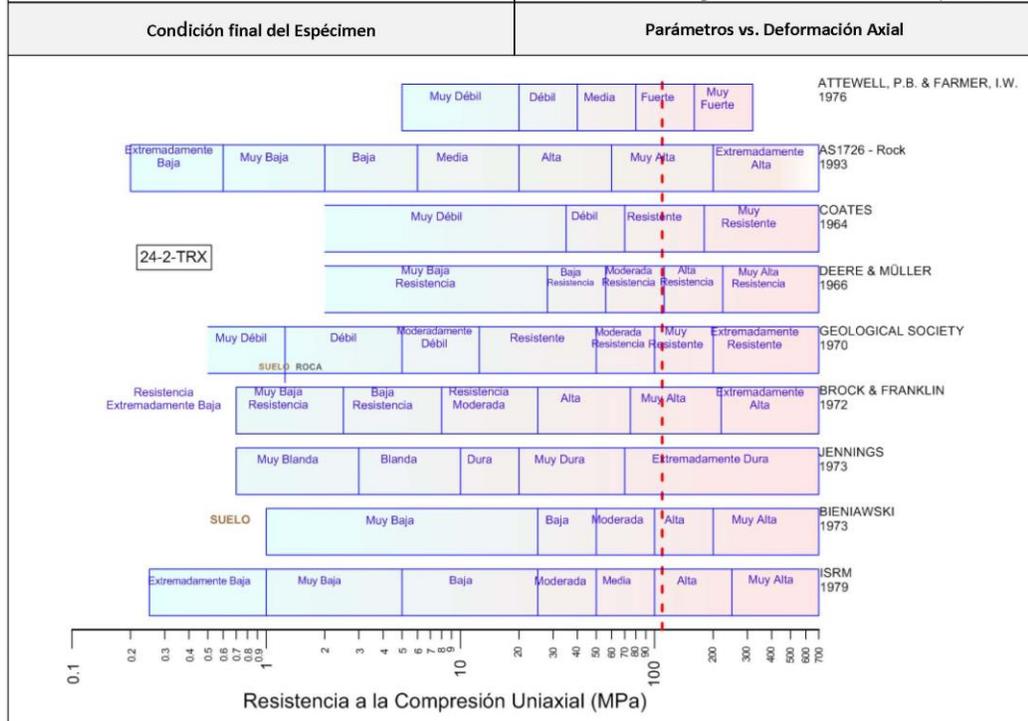
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 24-2



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 8830,3 MPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 29-1

DATOS GENERALES		Foto
Equipo:	GCTS - RDS-500	
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)	
Espécimen	29-1	
PERFORACIÓN	BH19-BOX 18 (120-123 m) Ø33 cm	
Tipo de Roca	MEDIA	
Profundidad	120,3 m	
Altura	118,93 mm	
Long med. Deform-	118,93 mm	
Diámetro	46,83 mm	
Área	17,224 cm ²	
Volumen	204,847 cm ³	
Peso	575,000 gr	
Densidad	Ton/m ³	
L/D	-	
σ₃ (calculado)	MPa	Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
ACTUADOR AXIAL				ACTUADOR AXIAL			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
PRESIÓN DE CELDA				PRESIÓN DE CELDA			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
PRESIÓN DE POROS				PRESIÓN DE POROS			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
FINALIZACION DE LA ETAPA				FINALIZACION DE LA ETAPA			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial >= 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS				ADQUISICIÓN DE DATOS			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 segundo		
Nivel de cruce				Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial			Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	0.10	MPa		Sensibilidad	0.80	MPa	
TIPO	Drenado			TIPO	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA				MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

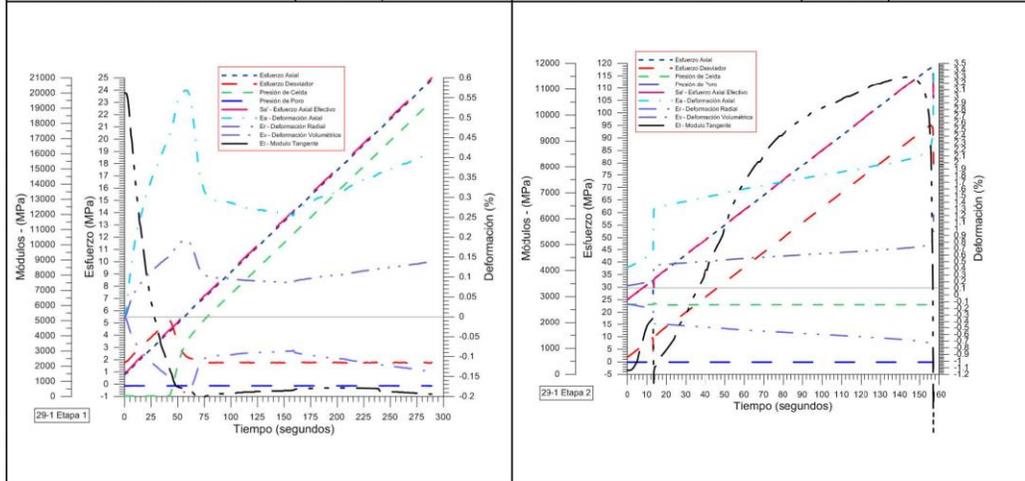
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 29-1

RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-19	Profundidad:	m
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca: Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Espécimen		Espécimen		
Altura	118,93 mm	Altura	118,93 mm	
Long medidor deformaciones	118,93 mm	Long medidor deformaciones	118,93 mm	
Diámetro	46,83 mm	Diámetro	46,83 mm	
Área	17,224 cm ²	Área	17,224 cm ²	
Volumen	204,847 cm ³	Volumen	204,847 cm ³	
Finalización de la Etapa debido	Tiempo límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado	
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	kPa	
t - Tiempo	41,9651 segundos	t - Tiempo	445,814 segundos	
CP - Presión de Celda	-933 kPa	CP - Presión de Celda	23090 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-128 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-128 MPa	
Ea - Deformación Axial	0,454 %	Ea - Deformación Axial	2,273 %	
Er - Deformación Radial	-0,151 %	Er - Deformación Radial	-0,758 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,152 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,786 %	
Sa - Esfuerzo Axial	4333 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	118302 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	4460 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	118430 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	-805 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	23218 kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	kPa	
Tiempo	289,731 segundos	Tiempo	446,969 segundos	
CP - Presión de Celda	23103 kPa	CP - Presión de Celda	24436 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-128 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-134 kPa	
Ea - Deformación Axial	0,412 %	Ea - Deformación Axial	3,698 %	
Er - Deformación Radial	-0,137 %	Er - Deformación Radial	-1,233 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,138 %	Ev - Deformación Volumétrica	1,309 %	
Sa - Esfuerzo Axial	24932 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	102661 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	25060 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	102795 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	23231 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	24571 kPa	

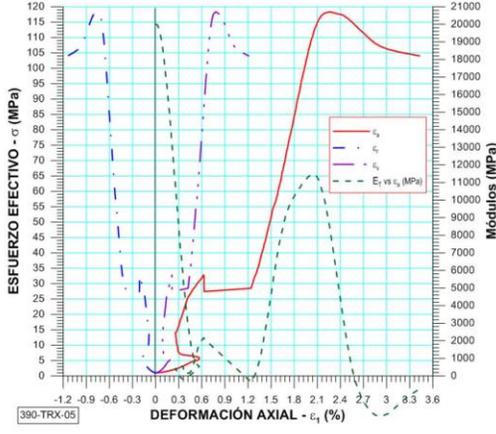


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

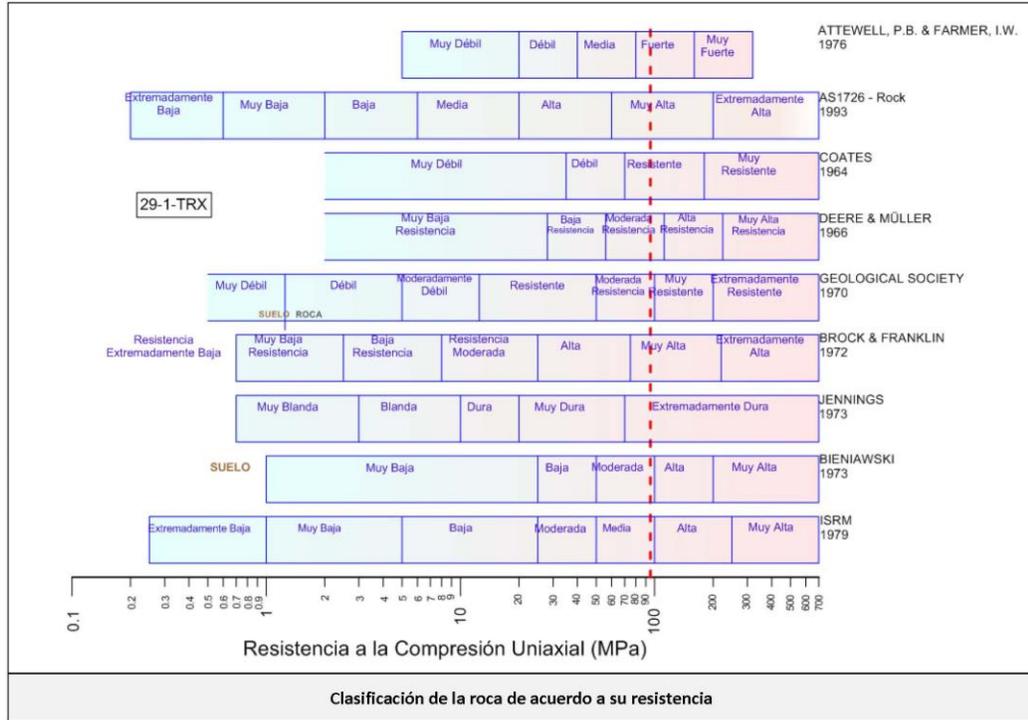
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 29-1

Desarrollo del ensayo Etapa 1	Desarrollo del ensayo Etapa 2
-------------------------------	-------------------------------

	
Condición final del Espécimen	Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 9046 MPa Parámetros vs. Deformación Axial

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 29-1



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-21

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 10-1

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Espécimen	10-1
PERFORACIÓN	BH21-BOX 31 (163-166 m) 143 cm
Tipo de Roca	MEDIA
Profundidad	164,43 m
Altura	119,1 mm
Long med. Deform-	119,1 mm
Diámetro	46,93 mm
Área	17,298 cm ²
Volumen	206,017 cm ³
Peso	573,800 gr
Densidad	Ton/m ³
L/D	-
σ ₃ (calculado)	MPa



Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO	
ACTUADOR AXIAL		ACTUADOR AXIAL	
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Incremental
Valor Inicial de Carga	Relativo	Valor Inicial de Carga	Relativo
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	0.6 MPa/min
Valor Final de Carga	6 MPa	Valor Final de Carga	200 MPa
PRESIÓN DE CELDA		PRESIÓN DE CELDA	
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Constante
Valor Inicial	Relativo	Valor Inicial	Relativo
Velocidad	2 MPa/min	Velocidad	- MPa/min
Valor Final	5 MPa	Valor Final	5 MPa
PRESIÓN DE POROS		PRESIÓN DE POROS	
Control de Entrada	No definida	Control de Entrada	No definida
Velocidad	- MPa / min	Velocidad	- MPa / min
Valor Inicial	- MPa	Valor Inicial	- MPa
Valor Final	- MPa	Valor Final	- MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA		FINALIZACION DE LA ETAPA	
Máxima Deformación Axial	- %	Máxima Deformación Axial	5 %
Tiempo Máximo de Carga	10 min	Tiempo Máximo de Carga	60 min
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial \geq 6 MPa	Variable de Control	AI-1: Axial Load
Pico reverso, cuando	-	Pico reverso, cuando	-
Reversa - kN	Umbral - kN	Reversa	25 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS		ADQUISICIÓN DE DATOS	
Incremento de tiempo	1 segundo	Incremento de tiempo	1 segundo
Nivel de cruce		Nivel de cruce	
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial
Sensibilidad	0.10 MPa	Sensibilidad	0.80 MPa
TIPO	Drenado	TIPO	Drenado
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA		MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA	
Deformaciones en cero		Continuación de la etapa anterior	

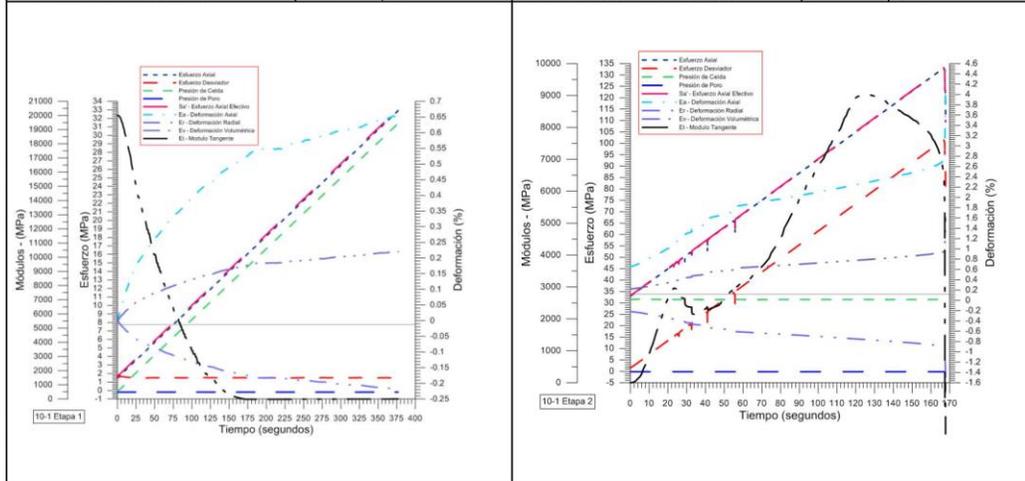
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 10-1

RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-21	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca Esquisto Cuarzo Grafitoso	Color:	Grís Oscuro	
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Especimen			Especimen		
Altura	119,1 mm	Altura	119,1 mm		
Long medidor deformaciones	119,1 mm	Long medidor deformaciones	119,1 mm		
Diámetro	46,93 mm	Diámetro	46,93 mm		
Área	17,298 cm ²	Área	17,298 cm ²		
Volumen	206,017 cm ³	Volumen	206,017 cm ³		
Finalización de la Etapa debido	Tiempo límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado		
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	1712 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	101488 kPa		
t - Tiempo	190,012 segundos	t - Tiempo	544,533 segundos		
CP - Presión de Celda	15838 kPa	CP - Presión de Celda	31505 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-188 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-195 MPa		
Ea - Deformación Axial	0,549 %	Ea - Deformación Axial	2,72 %		
Er - Deformación Radial	-0,183 %	Er - Deformación Radial	-0,907 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,185 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,948 %		
Sa - Esfuerzo Axial	17550 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	132993 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	17738 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	133188 kPa		
Sc' - Presión de Celda Efectiva	16026 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	31700 kPa		
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1510 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	75215 kPa		
Tiempo	377,576 segundos	Tiempo	545,399 segundos		
CP - Presión de Celda	31465 kPa	CP - Presión de Celda	32884 kPa		
Uw - Presión de Poros (agua)	-195 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-195 kPa		
Ea - Deformación Axial	0,655 %	Ea - Deformación Axial	4,511 %		
Er - Deformación Radial	-0,218 %	Er - Deformación Radial	-1,504 %		
Ev - Deformación Volumétrica	0,221 %	Ev - Deformación Volumétrica	1,618 %		
Sa - Esfuerzo Axial	32975 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	108099 kPa		
Sa' - Esfuerzos Efectivos	33170 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	108294 kPa		
Sc' - Presión de Celda Efectiva	31660 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	33079 kPa		



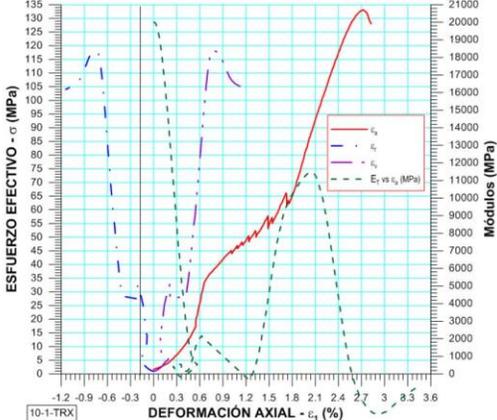
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 10-1

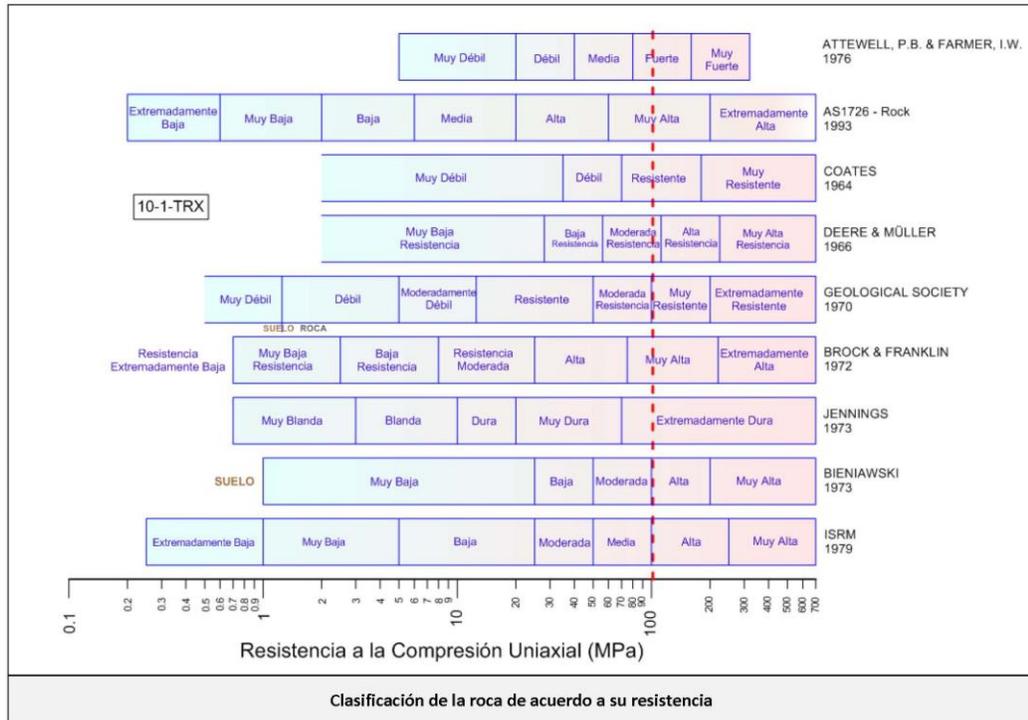
Desarrollo del ensayo Etapa 1	Desarrollo del ensayo Etapa 2
-------------------------------	-------------------------------

	
Condición final del Espécimen	Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 4845,2 MPa Parámetros vs. Deformación Axial

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 10-1



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 11-1

DATOS GENERALES		
Equipo:	GCTS - RDS-500	
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)	
Espécimen	11-1	
PERFORACIÓN	BH21-BOX 31 (163-166 m) 128 cm	
Tipo de Roca	MEDIA	
Profundidad	164,28	m
Altura	123	mm
Long med. Deform-	123	mm
Diámetro	46,8	mm
Área	17,202	cm ²
Volumen	211,586	cm ³
Peso	592,800	gr
Densidad		Ton/m ³
L/D		-
σ₃ (calculado)		MPa
Condición inicial del espécimen		

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
ACTUADOR AXIAL				ACTUADOR AXIAL			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
PRESIÓN DE CELDA				PRESIÓN DE CELDA			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
PRESIÓN DE POROS				PRESIÓN DE POROS			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
FINALIZACION DE LA ETAPA				FINALIZACION DE LA ETAPA			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial >= 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS				ADQUISICIÓN DE DATOS			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 segundo		
Nivel de cruce				Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial			Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	0.10	MPa		Sensibilidad	0.80	MPa	
TIPO	Drenado			TIPO	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA				MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

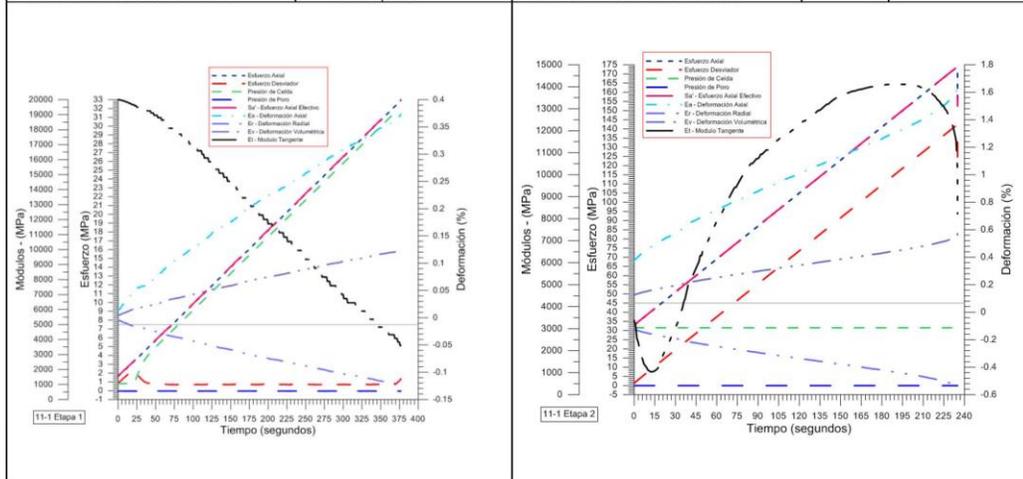
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 11-1

RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-21	Profundidad:	m
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca: Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Espécimen		Espécimen		
Altura	164,28 mm	Altura	164,28 mm	
Long medidor deformaciones	123 mm	Long medidor deformaciones	123 mm	
Diámetro	123 mm	Diámetro	123 mm	
Área	46,8 cm ²	Área	46,8 cm ²	
Volumen	17,202 cm ³	Volumen	17,202 cm ³	
Finalización de la Etapa debido	Tiempo límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado	
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	2494 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	142106 kPa	
t - Tiempo	20,7544 segundos	t - Tiempo	612,341 segundos	
CP - Presión de Celda	847 kPa	CP - Presión de Celda	31524 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-47 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-54 MPa	
Ea - Deformación Axial	0,047 %	Ea - Deformación Axial	1,616 %	
Er - Deformación Radial	-0,016 %	Er - Deformación Radial	-0,539 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,016 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,553 %	
Sa - Esfuerzo Axial	3341 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	173631 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	3388 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	173685 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	894 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	31578 kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1320 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	93637 kPa	
Tiempo	377,743 segundos	Tiempo	612,72 segundos	
CP - Presión de Celda	31597 kPa	CP - Presión de Celda	31636 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-54 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-54 kPa	
Ea - Deformación Axial	0,377 %	Ea - Deformación Axial	1,715 %	
Er - Deformación Radial	-0,126 %	Er - Deformación Radial	-0,572 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,126 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,588 %	
Sa - Esfuerzo Axial	32917 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	125273 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	32971 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	125326 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	31650 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	31690 kPa	



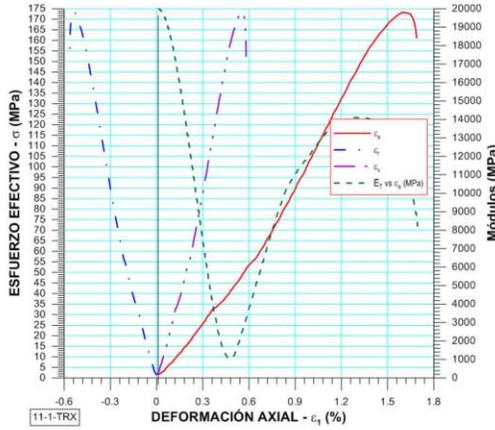
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

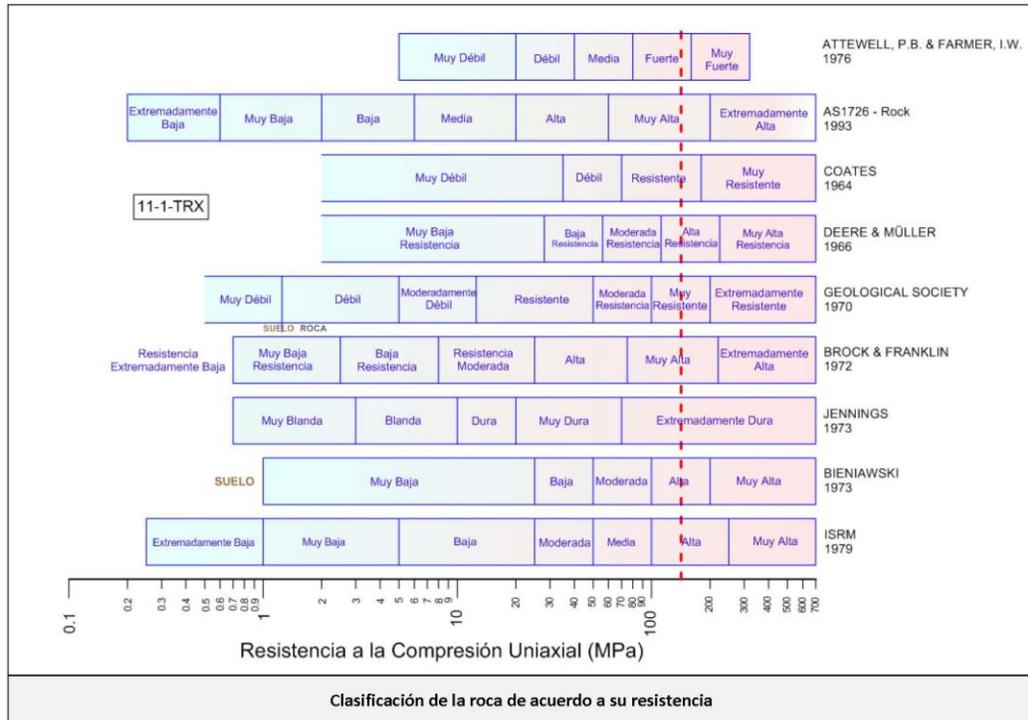
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 11-1

Desarrollo del ensayo Etapa 1	Desarrollo del ensayo Etapa 2
-------------------------------	-------------------------------

	
Condición final del Espécimen	Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 12034 MPa Parámetros vs. Deformación Axial

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 11-1



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		29/01/2014	Espécimen: 14-2

DATOS GENERALES			Foto
Equipo:	GCTS - RDS-500		
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89		
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)		
Espécimen	14-2		
PERFORACIÓN	BH21		
Tipo de Roca	MEDIA		
Profundidad	165.07	m	
Altura	119,2	mm	
Long med. Deform-	119,2	mm	
Diámetro	46,6	mm	
Área	17,055	cm ²	
Volumen	203,3	cm ³	
Peso		gr	
Densidad		Ton/m ³	
L/D		-	
σ_3 (calculado)		MPa	
			Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
ACTUADOR AXIAL				ACTUADOR AXIAL			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
PRESIÓN DE CELDA				PRESIÓN DE CELDA			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
PRESIÓN DE POROS				PRESIÓN DE POROS			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
FINALIZACION DE LA ETAPA				FINALIZACION DE LA ETAPA			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial \geq 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS				ADQUISICIÓN DE DATOS			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 segundo		
Nivel de cruce				Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial			Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	0.10	MPa		Sensibilidad	0.80	MPa	
TIPO	Drenado			TIPO	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA				MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

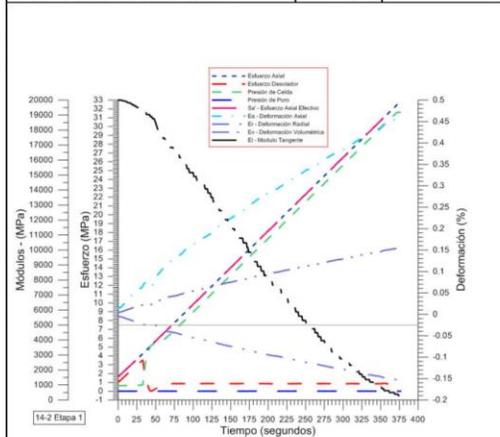
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

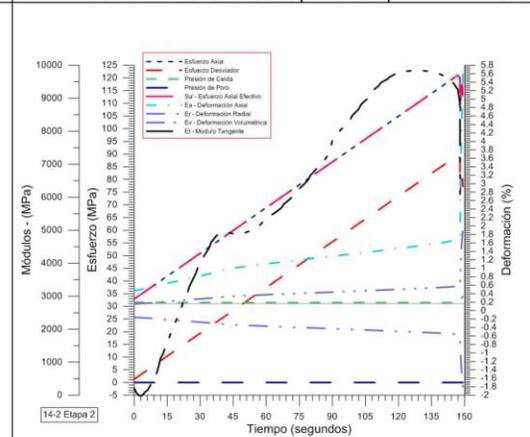
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		29/01/2014	Espécimen: 14-2

RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-21	Profundidad:	m
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca: Esquisto Cuarzo Grafitoso	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Espécimen		Espécimen		
Altura	119,2 mm	Altura	119,2 mm	
Long medidor deformaciones	119,2 mm	Long medidor deformaciones	119,2 mm	
Diámetro	46,6 mm	Diámetro	46,6 mm	
Área	17,055 cm ²	Área	17,055 cm ²	
Volumen	203,3 cm ³	Volumen	203,3 cm ³	
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado	
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	3551 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	89919 kPa	
t - Tiempo	33,2069 segundos	t - Tiempo	524,897 segundos	
CP - Presión de Celda	775 kPa	CP - Presión de Celda	31511 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	0 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	7 MPa	
Ea - Deformación Axial	0,066 %	Ea - Deformación Axial	1,697 %	
Er - Deformación Radial	-0,022 %	Er - Deformación Radial	-0,566 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,022 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,582 %	
Sa - Esfuerzo Axial	4326 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	121430 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	4326 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	121423 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	775 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	31504 kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1304 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	75825 kPa	
Tiempo	377,213 segundos	Tiempo	526,52 segundos	
CP - Presión de Celda	31616 kPa	CP - Presión de Celda	34237 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	0 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	7 kPa	
Ea - Deformación Axial	0,467 %	Ea - Deformación Axial	6,078 %	
Er - Deformación Radial	-0,156 %	Er - Deformación Radial	-2,026 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,157 %	Ev - Deformación Volumétrica	2,234 %	
Sa - Esfuerzo Axial	32921 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	110062 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	32921 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	110055 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	31616 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	34231 kPa	



Desarrollo del ensayo Etapa 1



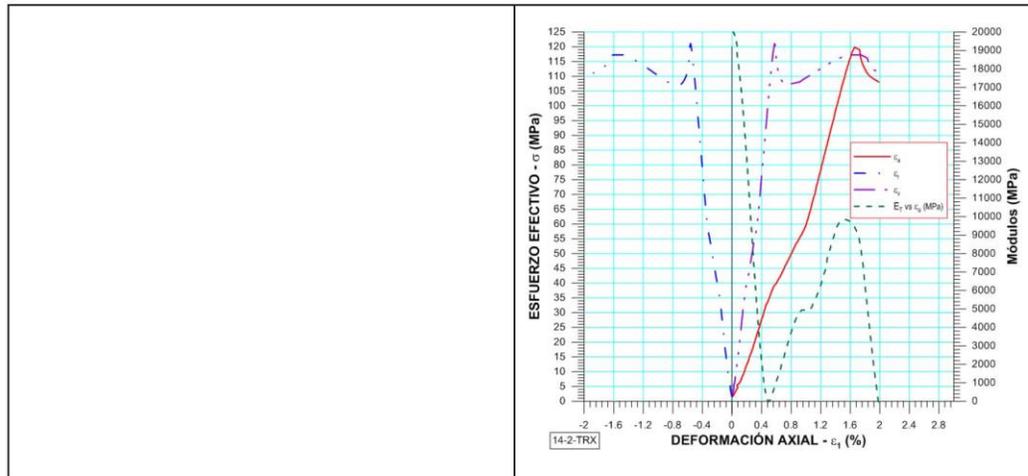
Desarrollo del ensayo Etapa 2

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

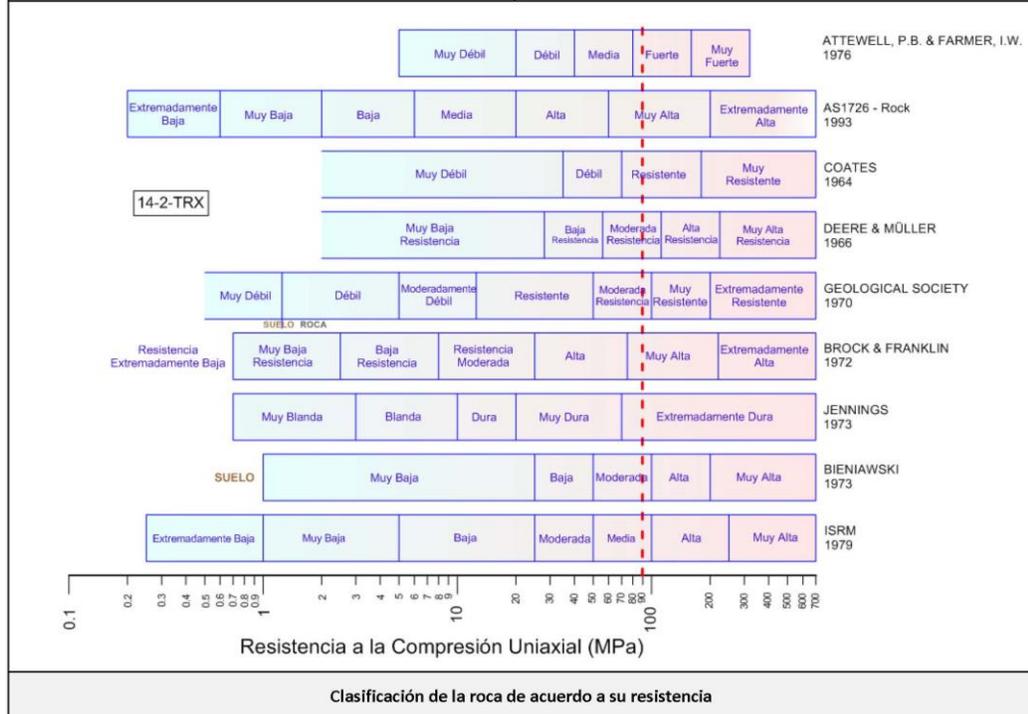
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 3
	M. CASTILLEJO		29/01/2014	Espécimen: 14-2



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 5297 MPa

Condición final del Espécimen	Parámetros vs. Deformación Axial
-------------------------------	----------------------------------



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-240

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 237

DATOS GENERALES

Equipo:	GCTS - RDS-500	
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)	
Espécimen	237	
PERFORACIÓN	BH 240- BOX 25 (183-186 m) 234 cm	
Tipo de Roca	MEDIA	
Profundidad	185,34	m
Altura	116,9	mm
Long med. Deform-	116,9	mm
Diámetro	47,2	mm
Área	17,497	cm ²
Volumen	204,545	cm ³
Peso	551	gr
Densidad		Ton/m ³
L/D		-
σ3 (calculado)		MPa



Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO		
ACTUADOR AXIAL			ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	2	MPa/min	Velocidad	0.6	MPa/min
Valor Final de Carga	6	MPa	Valor Final de Carga	200	MPa
PRESIÓN DE CELDA			PRESIÓN DE CELDA		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial	Relativo	MPa	Valor Inicial	Relativo	MPa
Velocidad	2	MPa/min	Velocidad	-	MPa/min
Valor Final	5	MPa	Valor Final	5	MPa
PRESIÓN DE POROS			PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad	-	MPa / min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa	Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	5	%
Tiempo Máximo de Carga	10	min	Tiempo Máximo de Carga	60	min
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial >= 6 MPa		Variable de Control	AI-1: Axial Load	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando	-	
Reversa	- kN	Umbral	Reversa	25 kN	Umbral
		- kN			0.80 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS			ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	1 segundo		Incremento de tiempo	1 segundo	
Nivel de cruce			Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	0.80	MPa
TIPO	Drenado		TIPO	Drenado	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		

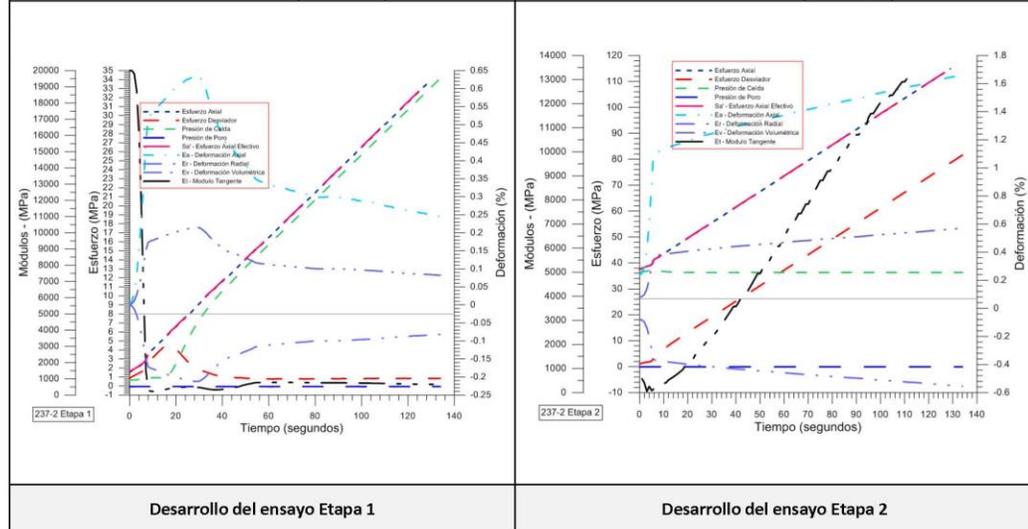
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería, Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

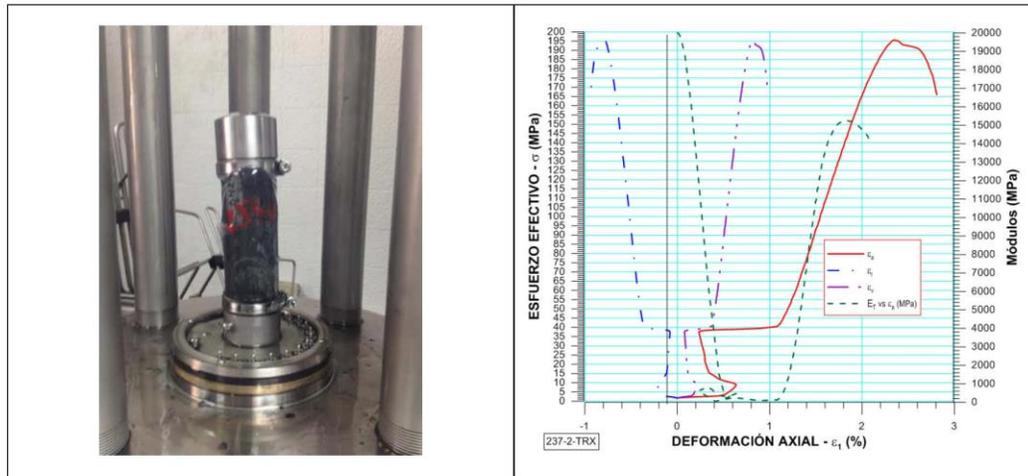
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 237

RESULTADOS

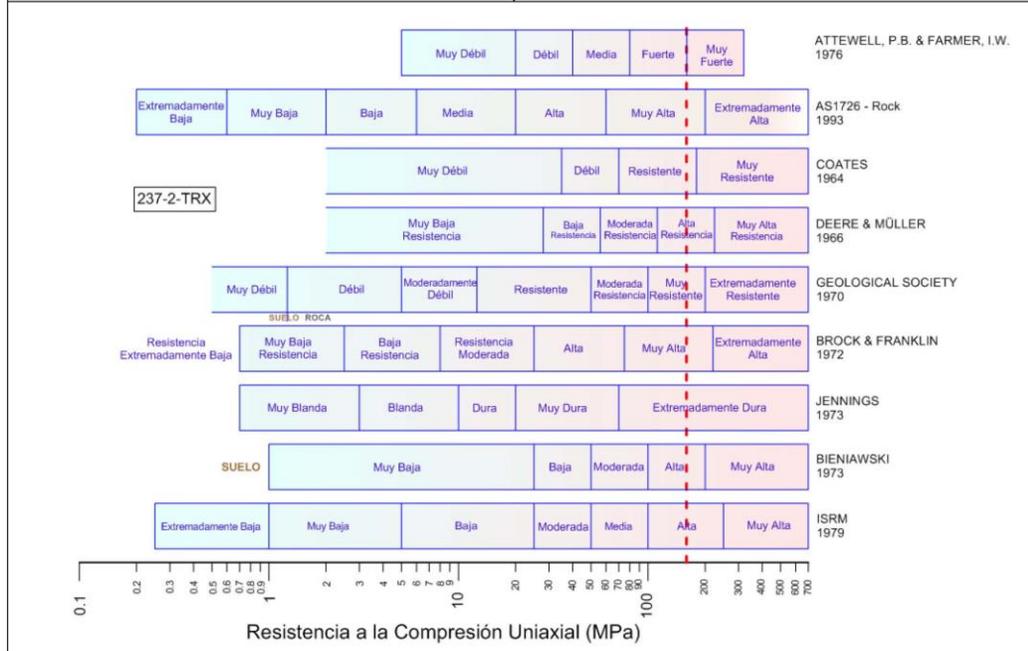
Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-240	Profundidad:	m
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca: Esquisto Cuarzo Grafitoso	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Espécimen		Espécimen		
Altura	116,9 mm	Altura	116,9 mm	
Long. medidor deformaciones	116,9 mm	Long. medidor deformaciones	116,9 mm	
Diámetro	47,2 mm	Diámetro	47,2 mm	
Área	17,497 cm ²	Área	17,497 cm ²	
Volumen	204,545 cm ³	Volumen	204,545 cm ³	
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado	
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	4624 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	159408 kPa	
t - Tiempo	16,9174 segundos	t - Tiempo	408,357 segundos	
CP - Presión de Celda	1235 kPa	CP - Presión de Celda	36333 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-67 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-54 MPa	
Ea - Deformación Axial	0,584 %	Ea - Deformación Axial	2,355 %	
Er - Deformación Radial	-0,195 %	Er - Deformación Radial	-0,785 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,196 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,816 %	
Sa - Esfuerzo Axial	5859 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	195741 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	5926 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	195794 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	1302 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36387 kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1067 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	121761 kPa	
Tiempo	144,088 segundos	Tiempo	409,68 segundos	
CP - Presión de Celda	36399 kPa	CP - Presión de Celda	36937 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-61 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-61 kPa	
Ea - Deformación Axial	0,235 %	Ea - Deformación Axial	2,851 %	
Er - Deformación Radial	-0,078 %	Er - Deformación Radial	-0,95 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,079 %	Ev - Deformación Volumétrica	0,996 %	
Sa - Esfuerzo Axial	37466 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	158699 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	37526 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	158759 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	36459 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36998 kPa	



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 237



Condición final del Especimen	Parámetros vs. Deformación Axial
-------------------------------	----------------------------------



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especímen: 243

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Especímen	243
PERFORACIÓN	BH 240- BOX 25 (186-189 m) 202 cm
Tipo de Roca	MEDIA
Profundidad	188,02 m
Altura	109,5 mm
Long med. Deform-	109,5 mm
Diámetro	47,5 mm
Área	17,721 cm ²
Volumen	194,04 cm ³
Peso	551 gr
Densidad	Ton/m ³
L/D	-
σ_3 (calculado)	MPa



Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
ACTUADOR AXIAL				ACTUADOR AXIAL			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
PRESIÓN DE CELDA				PRESIÓN DE CELDA			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
PRESIÓN DE POROS				PRESIÓN DE POROS			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
FINALIZACION DE LA ETAPA				FINALIZACION DE LA ETAPA			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial	≥ 6 MPa		Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa	- kN	Umbral	- kN	Reversa	25 kN	Umbral	0.80 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS				ADQUISICIÓN DE DATOS			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 segundo		
Nivel de cruce				Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial			Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	0.10	MPa		Sensibilidad	0.80	MPa	
TIPO	Drenado			TIPO	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA				MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 243

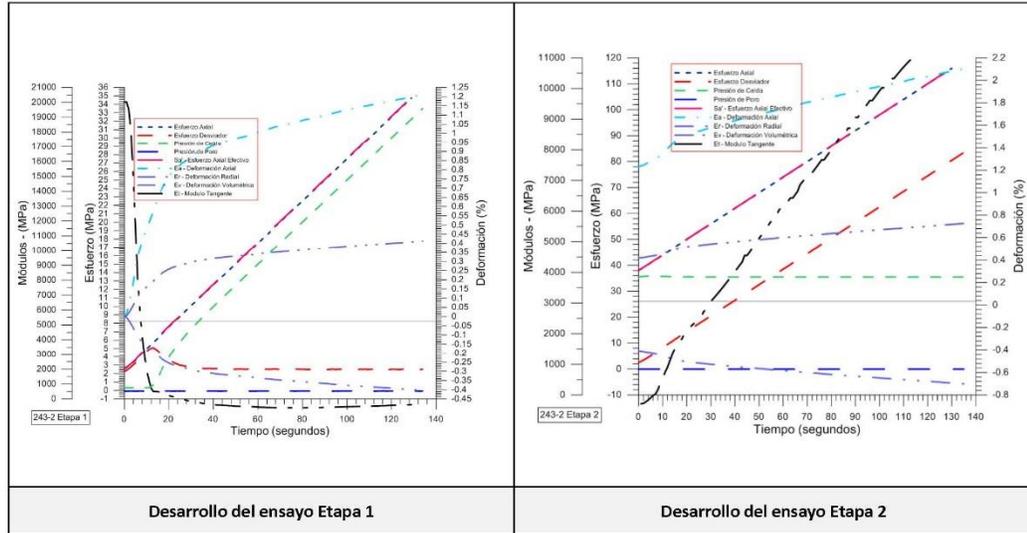
RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente		Perforación: BH-240	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes		Tipo de roca	Esquisto Cuarzo Grafitoso	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			ETAPA 2 – Etapa de Carga			
Especimen			Especimen			
Altura	109,5	mm	Altura	109,5	mm	
Long medidor deformaciones	109,5	mm	Long medidor deformaciones	109,5	mm	
Diámetro	47,5	mm	Diámetro	47,5	mm	
Área	17,721	cm ²	Área	17,721	cm ²	
Volumen	194,04	cm ³	Volumen	194,04	cm ³	
Finalización de la Etapa debido	Tiempo límite alcanzado		Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado		
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	5092	kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	137615	kPa	
t - Tiempo	12,2155	segundos	t - Tiempo	367,689	segundos	
CP - Presión de Celda	486	kPa	CP - Presión de Celda	35538	kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-74	MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-67	MPa	
Ea - Deformación Axial	0,55	%	Ea - Deformación Axial	2,64	%	
Er - Deformación Radial	-0,183	%	Er - Deformación Radial	-0,88	%	
Ev - Deformación Volumétrica	0,185	%	Ev - Deformación Volumétrica	0,919	%	
Sa - Esfuerzo Axial	5578	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	173153	kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	5652	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	173220	kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	560	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	35605	kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	2439	12,2155	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	107146	kPa	
Tiempo	141,919	segundos	Tiempo	368,236	segundos	
CP - Presión de Celda	35492	kPa	CP - Presión de Celda	35985	kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-67	kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-67	kPa	
Ea - Deformación Axial	1,231	%	Ea - Deformación Axial	3,257	%	
Er - Deformación Radial	-0,41	%	Er - Deformación Radial	-1,086	%	
Ev - Deformación Volumétrica	0,419	%	Ev - Deformación Volumétrica	1,145	%	
Sa - Esfuerzo Axial	37931	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	143130	kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	37998	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	143198	kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	35559	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36052	kPa	

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

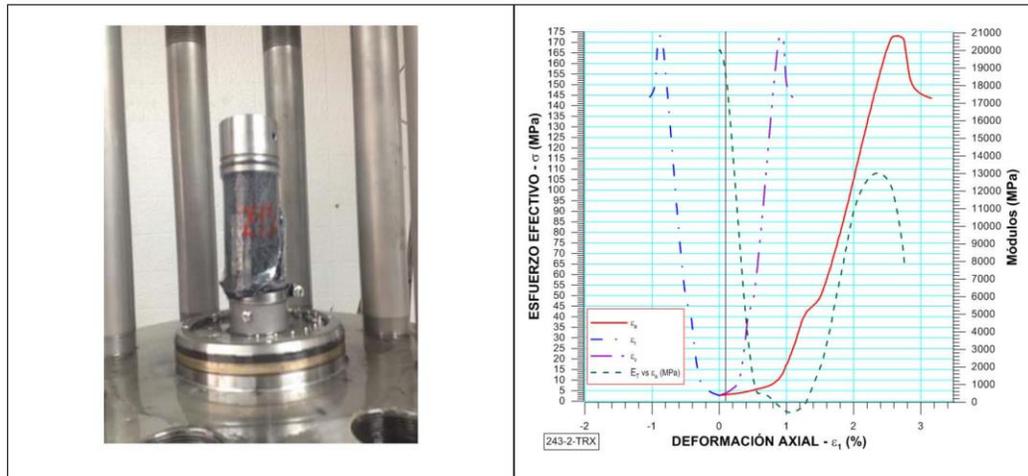
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 243



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

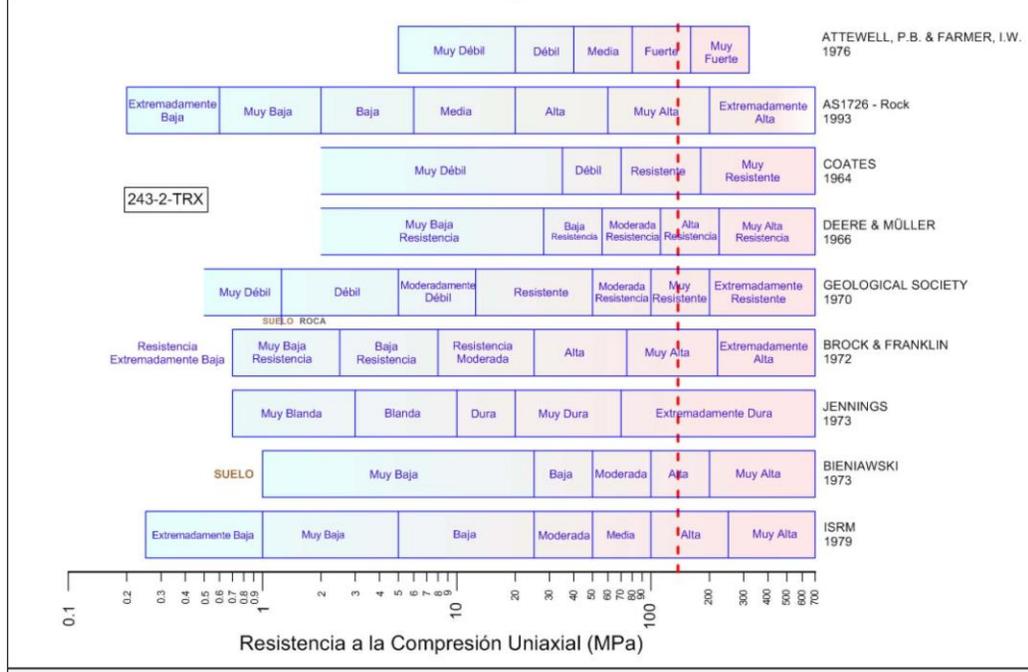
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 243



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 10699 MPa

Condición final del Espécimen	Parámetros vs. Deformación Axial
-------------------------------	----------------------------------



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 246-1

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS - RDS-500
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)
Especimen	246-1
PERFORACIÓN	BH 240- BOX 25 (189-190 m) 31 cm
Tipo de Roca	MEDIA
Profundidad	189,31 m
Altura	118,77 mm
Long med. Deform-	118,77 mm
Diámetro	47,5 mm
Área	17,721 cm ²
Volumen	210,467 cm ³
Peso	604,4 gr
Densidad	Ton/m ³
L/D	-
σ_3 (calculado)	MPa



Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO		
ACTUADOR AXIAL			ACTUADOR AXIAL		
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial	
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento	Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa
Velocidad	2	MPa/min	Velocidad	0.6	MPa/min
Valor Final de Carga	6	MPa	Valor Final de Carga	200	MPa
PRESIÓN DE CELDA			PRESIÓN DE CELDA		
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda	
Tipo de Carga	Incremental		Tipo de Carga	Constante	
Valor Inicial	Relativo	MPa	Valor Inicial	Relativo	MPa
Velocidad	2	MPa/min	Velocidad	-	MPa/min
Valor Final	5	MPa	Valor Final	5	MPa
PRESIÓN DE POROS			PRESIÓN DE POROS		
Control de Entrada	No definida		Control de Entrada	No definida	
Velocidad	-	MPa / min	Velocidad	-	MPa / min
Valor Inicial	-	MPa	Valor Inicial	-	MPa
Valor Final	-	MPa	Valor Final	-	MPa
FINALIZACION DE LA ETAPA			FINALIZACION DE LA ETAPA		
Máxima Deformación Axial	-	%	Máxima Deformación Axial	5	%
Tiempo Máximo de Carga	10	min	Tiempo Máximo de Carga	60	min
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial \geq 6 MPa		Variable de Control	AI-1: Axial Load	
Pico reverso, cuando	-		Pico reverso, cuando	-	
Reversa	- kN	Umbral	Reversa	25 kN	Umbral
		- kN			0.80 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS			ADQUISICIÓN DE DATOS		
Incremento de tiempo	1 segundo		Incremento de tiempo	1 segundo	
Nivel de cruce			Nivel de cruce		
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial	
Sensibilidad	0.10	MPa	Sensibilidad	0.80	MPa
TIPO	Drenado		TIPO	Drenado	
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA		
Deformaciones en cero			Continuación de la etapa anterior		

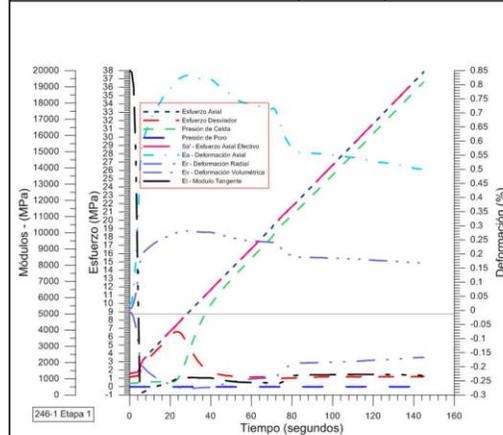
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

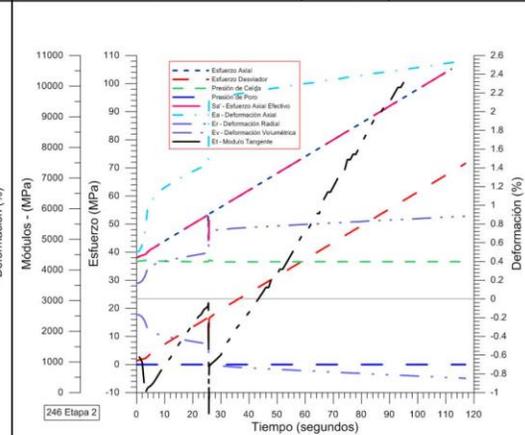
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 246-1

RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-240	Profundidad:	m
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca	Esquisto Cuarzo Grafitoso	Color: Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO		ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Especimen		Especimen		
Altura	118,77 mm	Altura	118,77 mm	
Long. medidor deformaciones	118,77 mm	Long. medidor deformaciones	118,77 mm	
Diámetro	47,5 mm	Diámetro	47,5 mm	
Área	17,721 cm ²	Área	17,721 cm ²	
Volumen	210,467 cm ³	Volumen	210,467 cm ³	
Finalización de la Etapa debido	Tiempo Límite alcanzado	Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado	
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	6684 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	123459 kPa	
t - Tiempo	23,3371 segundos	t - Tiempo	349,245 segundos	
CP - Presión de Celda	841 kPa	CP - Presión de Celda	36635 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-13 MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-20 MPa	
Ea - Deformación Axial	0,816 %	Ea - Deformación Axial	3,153 %	
Er - Deformación Radial	-0,272 %	Er - Deformación Radial	-1,051 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,276 %	Ev - Deformación Volumétrica	1,107 %	
Sa - Esfuerzo Axial	7525 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	160094 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	7539 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	160114 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	854 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36655 kPa	
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	1299 kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	106410 kPa	
Tiempo	145,475 segundos	Tiempo	349,572 segundos	
CP - Presión de Celda	36688 kPa	CP - Presión de Celda	36957 kPa	
Uw - Presión de Poros (agua)	-13 kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	-13 kPa	
Ea - Deformación Axial	0,501 %	Ea - Deformación Axial	3,565 %	
Er - Deformación Radial	-0,167 %	Er - Deformación Radial	-1,188 %	
Ev - Deformación Volumétrica	0,169 %	Ev - Deformación Volumétrica	1,259 %	
Sa - Esfuerzo Axial	37986 kPa	Sa - Esfuerzo Axial	143367 kPa	
Sa' - Esfuerzos Efectivos	38000 kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	143380 kPa	
Sc' - Presión de Celda Efectiva	36701 kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	36970 kPa	



Desarrollo del ensayo Etapa 1



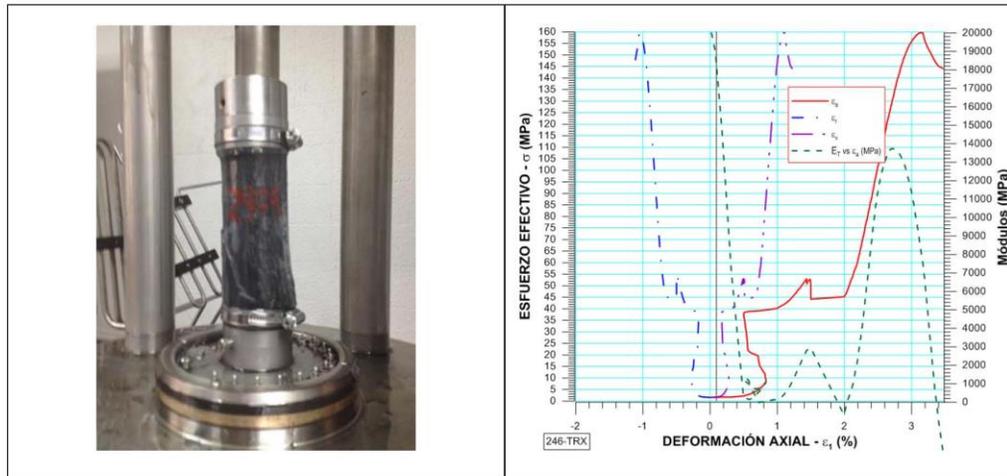
Desarrollo del ensayo Etapa 2

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

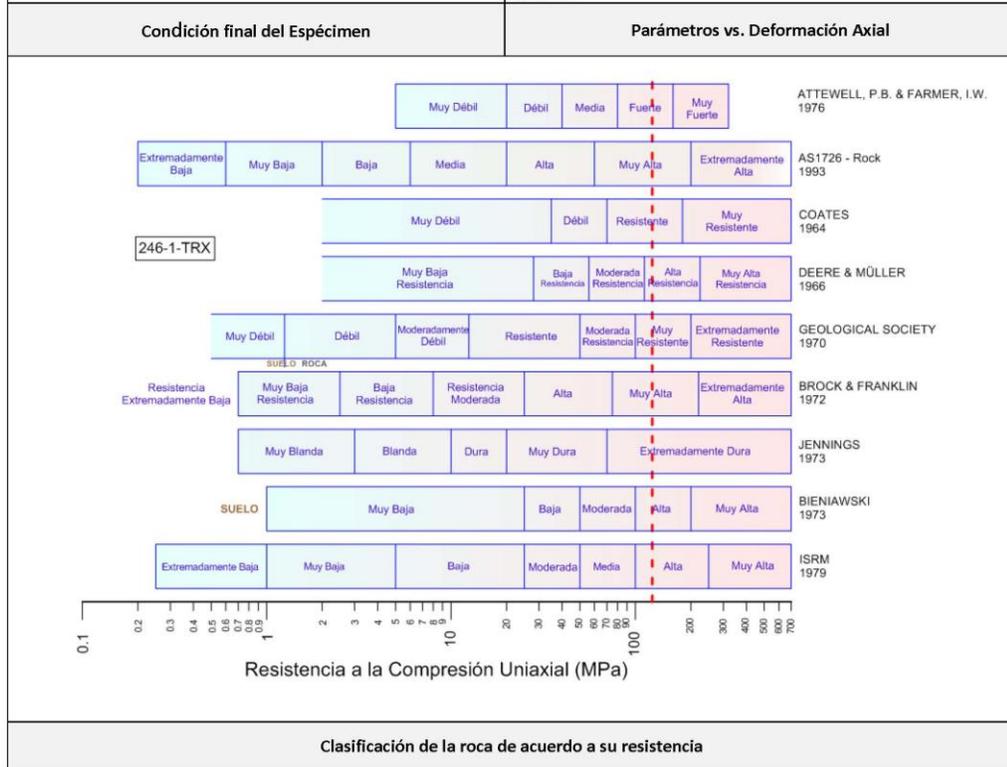
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 4
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Especimen: 246-1



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 10718 MPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-250

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 5
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 509

DATOS GENERALES		
Equipo:	GCTS - RDS-500	
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS-GUARENAS-GUATIRE (STMCGG)	
Espécimen	509	
PERFORACIÓN	BH 250- BOX 6 (38,5-41,5 m) 92 cm	
Tipo de Roca	MEDIA	
Profundidad	39,42 m	
Altura	124,03 mm	
Long med. Deform-	124,03 mm	
Diámetro	62,33 mm	
Área	30,513 cm ²	
Volumen	378,452 cm ³	
Peso	983,80 gr	
Densidad	Ton/m ³	
L/D	-	
σ_3 (calculado)	MPa	
		Condición inicial del espécimen

DISEÑO DEL ENSAYO

Etapa 1 - CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO				Etapa 2 - CARGA ESTÁTICA DEL ENSAYO			
ACTUADOR AXIAL				ACTUADOR AXIAL			
Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial			Control de Entrada	TI-8: SA - Esfuerzo Axial		
Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga		Tipo de Carga	Incremental	Tipo de Carga	
Valor Inicial de Carga	Relativo	Carga de asiento		Valor Inicial de Carga	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	0.6	MPa/min	
Valor Final de Carga	6	MPa		Valor Final de Carga	200	MPa	
PRESIÓN DE CELDA				PRESIÓN DE CELDA			
Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda			Control de Entrada	AI-3: CP – Presión de Celda		
Tipo de Carga	Incremental			Tipo de Carga	Constante		
Valor Inicial	Relativo	MPa		Valor Inicial	Relativo	MPa	
Velocidad	2	MPa/min		Velocidad	-	MPa/min	
Valor Final	5	MPa		Valor Final	5	MPa	
PRESIÓN DE POROS				PRESIÓN DE POROS			
Control de Entrada	No definida			Control de Entrada	No definida		
Velocidad	-	MPa / min		Velocidad	-	MPa / min	
Valor Inicial	-	MPa		Valor Inicial	-	MPa	
Valor Final	-	MPa		Valor Final	-	MPa	
FINALIZACION DE LA ETAPA				FINALIZACION DE LA ETAPA			
Máxima Deformación Axial	-	%		Máxima Deformación Axial	5	%	
Tiempo Máximo de Carga	10	min		Tiempo Máximo de Carga	60	min	
Variable de Control	TI-8: Sa – Esfuerzo Axial \geq 6 MPa			Variable de Control	AI-1: Axial Load		
Pico reverso, cuando	-			Pico reverso, cuando	-		
Reversa - kN	Umbral	-	kN	Reversa 25 kN	Umbral	0.80	kN
ADQUISICIÓN DE DATOS				ADQUISICIÓN DE DATOS			
Incremento de tiempo	1 segundo			Incremento de tiempo	1 segundo		
Nivel de cruce				Nivel de cruce			
Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial			Entrada de Control	TI-8: SA – Esfuerzo Axial		
Sensibilidad	0.10	MPa		Sensibilidad	0.80	MPa	
TIPO	Drenado			TIPO	Drenado		
MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA				MANEJO DE LAS DEFORMACIONES – AL INICIO DE LA ETAPA			
Deformaciones en cero				Continuación de la etapa anterior			

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax –58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 5
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 509

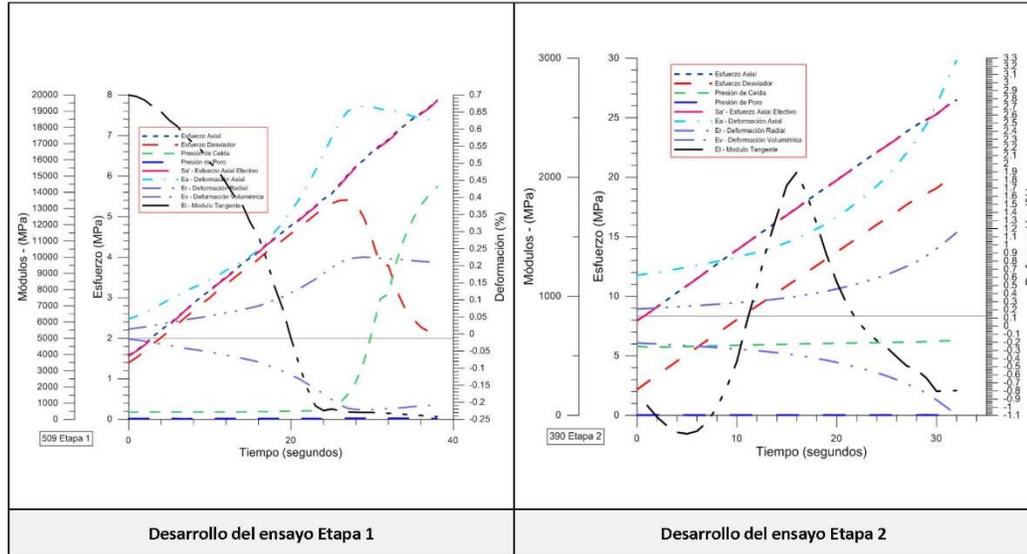
RESULTADOS

Origen de la Muestra:	Suministrado por el cliente	Perforación: BH-250	Profundidad:	m	
Formación: Grupo Caracas	Esquistos de Las Mercedes	Tipo de roca	Esquisto Cuarzo Grafítico	Color:	Gris Oscuro
ETAPA 1 – CONDICIONES INICIALES DEL ENSAYO			ETAPA 2 – Etapa de Carga		
Espécimen			Espécimen		
Altura	124,03	mm	Altura	124,03	mm
Long medidor deformaciones	124,03	mm	Long medidor deformaciones	124,03	mm
Diámetro	62,33	mm	Diámetro	62,33	mm
Área	30,513	cm ²	Área	30,513	cm ²
Volumen	378,452	cm ³	Volumen	378,452	cm ³
Finalización de la Etapa debido	Tiempo límite alcanzado		Finalización de la Etapa debido	Pico Reverso Activado	
Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	5452	kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Máximo (pico)	20632	kPa
t - Tiempo	26,5975	segundos	t - Tiempo	71,4312	segundos
CP - Presión de Celda	526	kPa	CP - Presión de Celda	6313	kPa
Uw - Presión de Poros (agua)	27	MPa	Uw - Presión de Poros (agua)	20	MPa
Ea - Deformación Axial	0,646	%	Ea - Deformación Axial	3,504	%
Er - Deformación Radial	-0,215	%	Er - Deformación Radial	-1,168	%
Ev - Deformación Volumétrica	0,218	%	Ev - Deformación Volumétrica	1,237	%
Sa - Esfuerzo Axial	5978	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	26945	kPa
Sa' - Esfuerzos Efectivos	5951	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	26925	kPa
Sc' - Presión de Celda Efectiva	499	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	6293	kPa
Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	2132	kPa	Sd - Esfuerzo Desviador Final (residual)	20632	kPa
Tiempo	38,666	segundos	Tiempo	71,4312	segundos
CP - Presión de Celda	5853	kPa	CP - Presión de Celda	6313	kPa
Uw - Presión de Poros (agua)	20	kPa	Uw - Presión de Poros (agua)	20	kPa
Ea - Deformación Axial	0,625	%	Ea - Deformación Axial	3,505	%
Er - Deformación Radial	-0,208	%	Er - Deformación Radial	-1,168	%
Ev - Deformación Volumétrica	0,211	%	Ev - Deformación Volumétrica	1,237	%
Sa - Esfuerzo Axial	7985	kPa	Sa - Esfuerzo Axial	26945	kPa
Sa' - Esfuerzos Efectivos	7965	kPa	Sa' - Esfuerzos Efectivos	26925	kPa
Sc' - Presión de Celda Efectiva	5833	kPa	Sc' - Presión de Celda Efectiva	6293	kPa

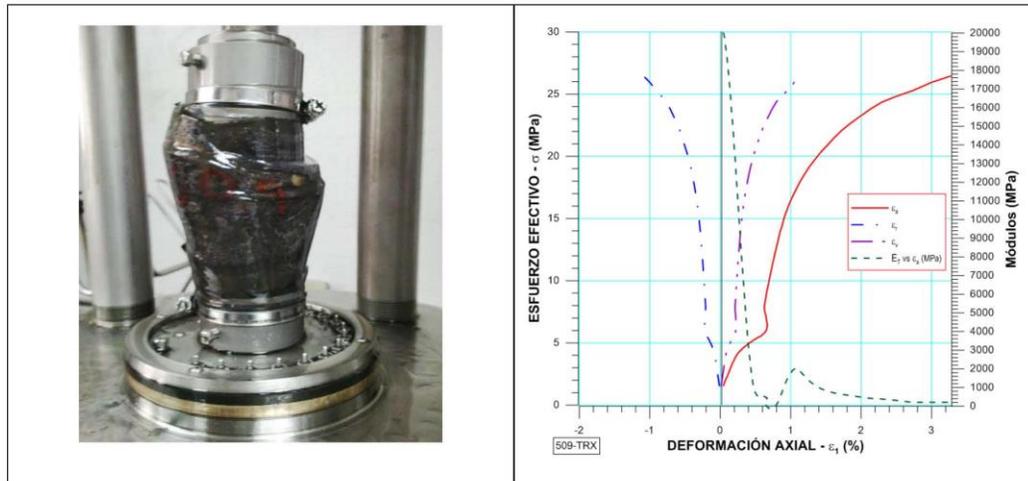
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 5
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 509

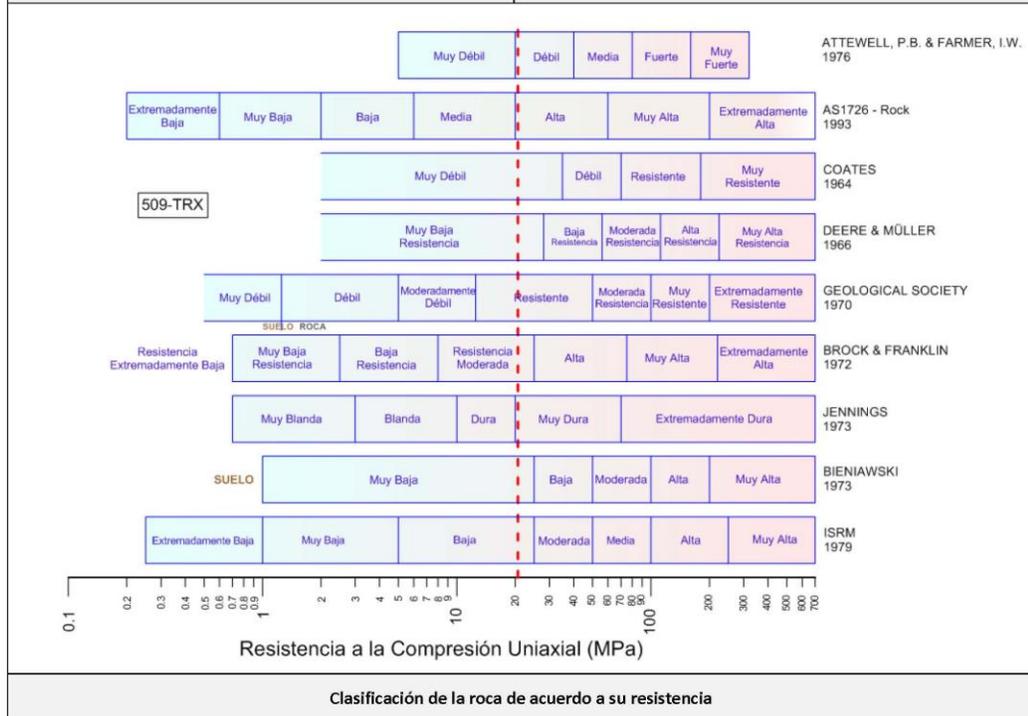


 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO TRIAXIAL - ESTÁTICO			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 5
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	29/01/2014	Espécimen: 509



Módulo de elasticidad Tangente al 50% del esfuerzo: 1932,7 MPa

Condición final del Especimen	Parámetros vs. Deformación Axial
--------------------------------------	---



Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

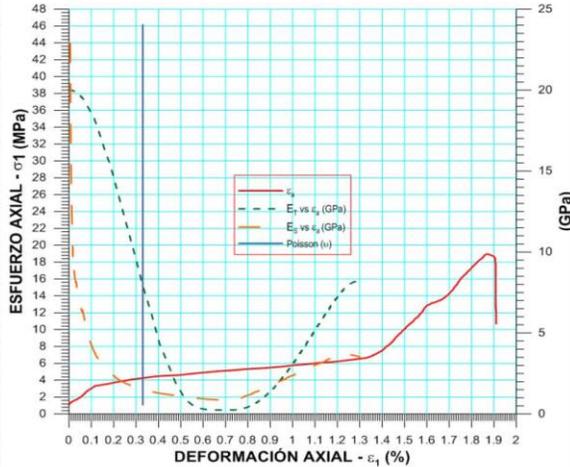
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

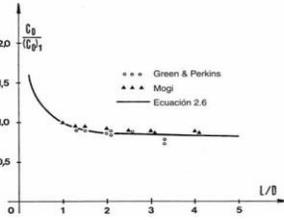
7.4 Reportes de Compresiones Simple

BH-19

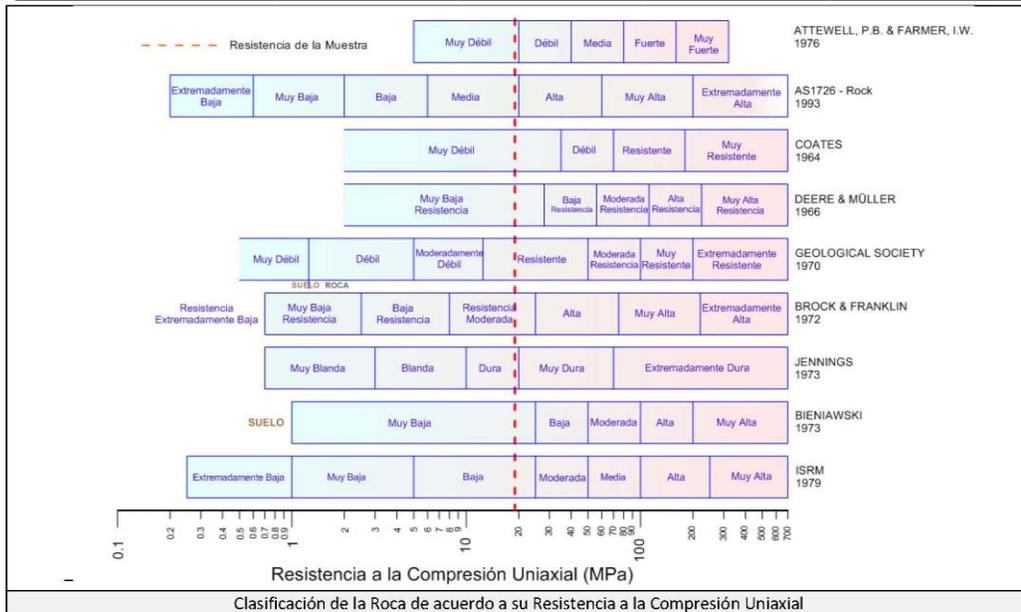
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 021-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	71.13 mm
Diámetro:	47.70 mm
Relación L/D: (menor de 2)	1.49 -
Área:	17.87 cm ²
Volumen:	127.11 cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico	19.04 MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	17.65 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	1.8707 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	- %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	- %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico σ_r	0 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_r	- %
Deformación Radial Pico ϵ_r	- %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	- %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}	
Módulo de Elasticidad Tangente	0,4378200 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	0,6481746 GPa
Módulo de Poisson	0.33 -
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$
FINAL

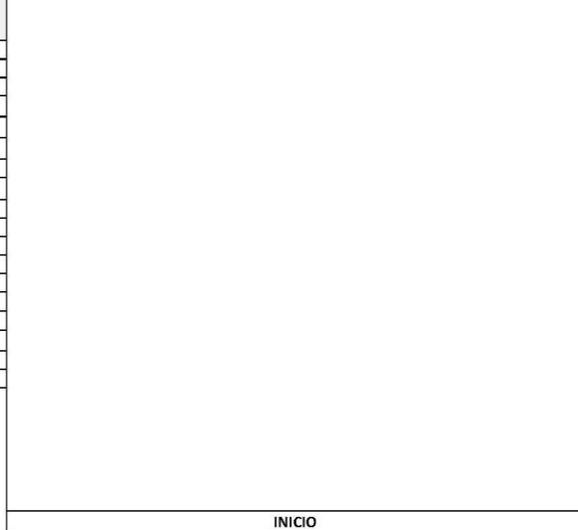
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 021-1



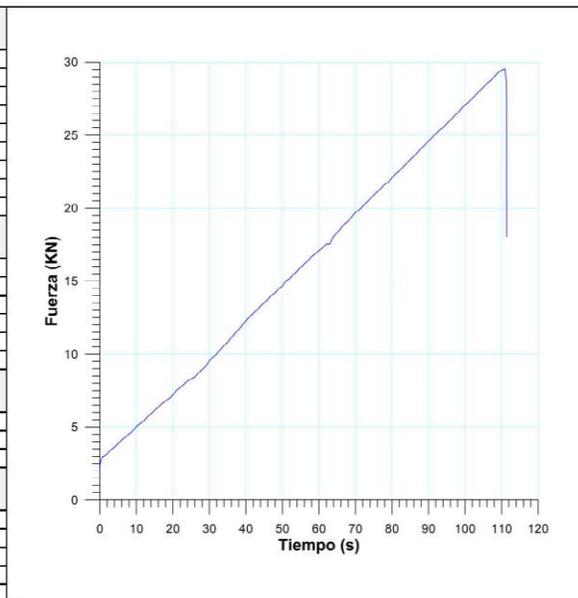
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen: 022-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	022-1
Perforación:	BH-19 –BOX 14 (84-87m) 26 cm
Profundidad:	84.26 m
Peso	432.00 gr
Altura (L)	90.50 mm
Diámetro (D)	47.80 mm
L/D	1.89 -
Área	17.95 cm ²
Volumen	162.40 cm ³
Densidad	2.66 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	224.14 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	22.41 MPa
Duración:	325.813 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



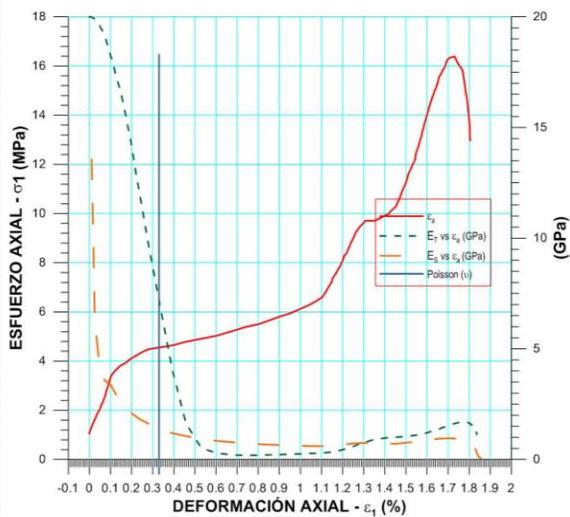
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	Ti-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - ϵ_a máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	Al-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Al-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

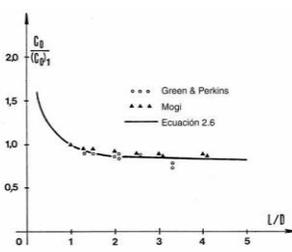


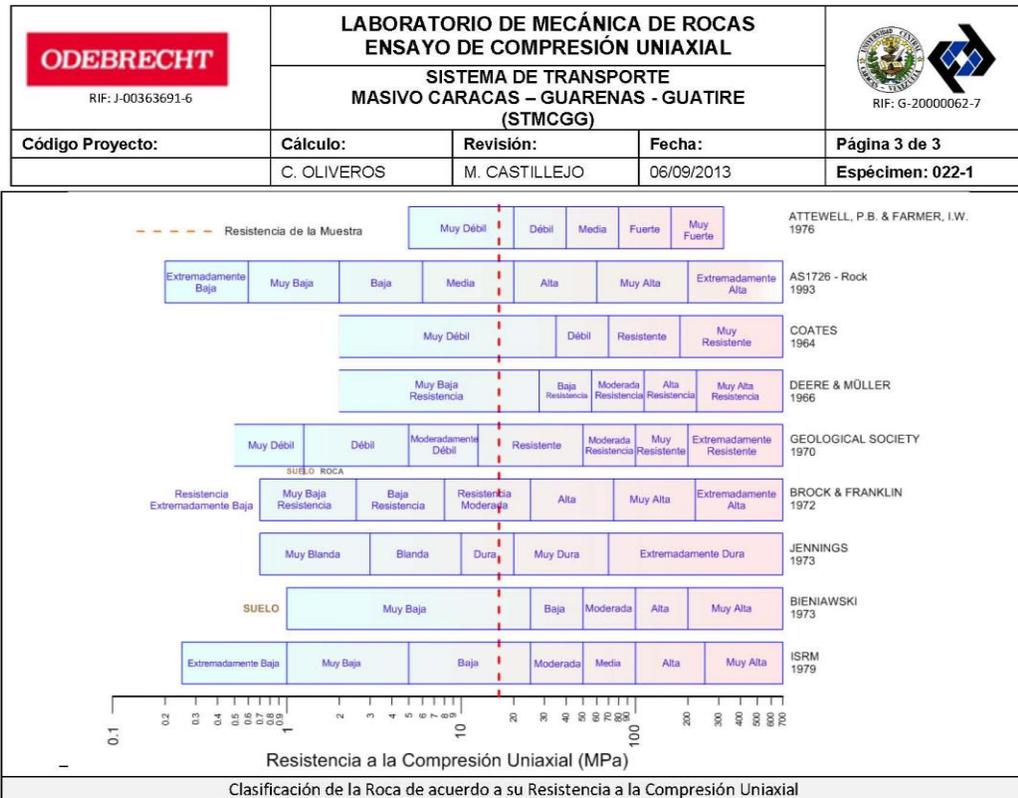
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen: 022-1

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura	90.50	mm
Diámetro:	47.80	mm
Relación L/D: (menor de 2)	1.89	-
Área:	17.95	cm ²
Volumen:	162.40	cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico σ_a	16.46	MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	14.74	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	1.7308	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	-	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico σ_s	0	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_s	-	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	-	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	0,45077	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	0,67929	GPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada	



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$
FINAL



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO		Espécimen: 023-1

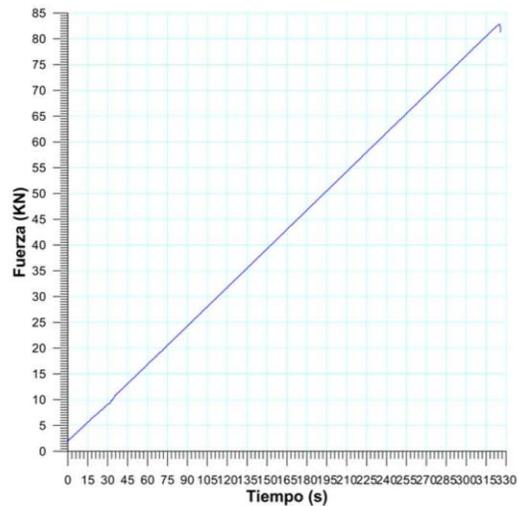
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	023-1
Perforación:	BH-19 –BOX 15 (93-96 m) 135 cm
Profundidad:	94.35 m
Peso	616.30 gr
Altura (L)	127.30 mm
Diámetro (D)	47.85 mm
L/D	2.66 -
Área	17.98 cm ²
Volumen	228.92 cm ³
Densidad	2.69 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	254.01 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	25.40 MPa
Duración:	325.813 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - ϵ_a máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



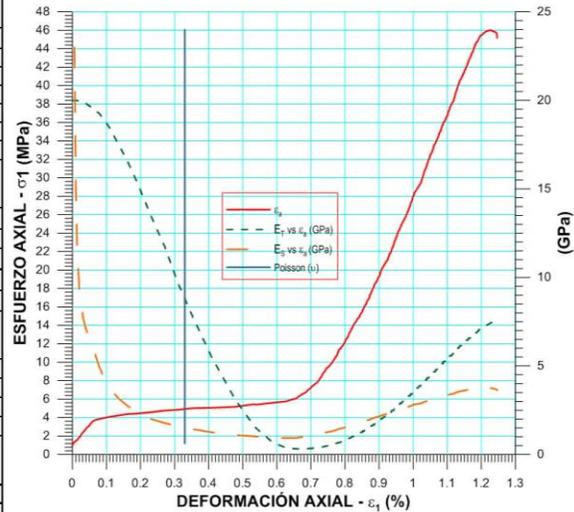
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

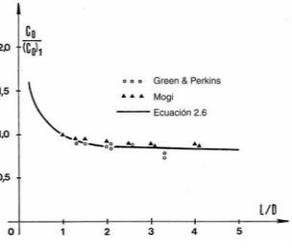
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

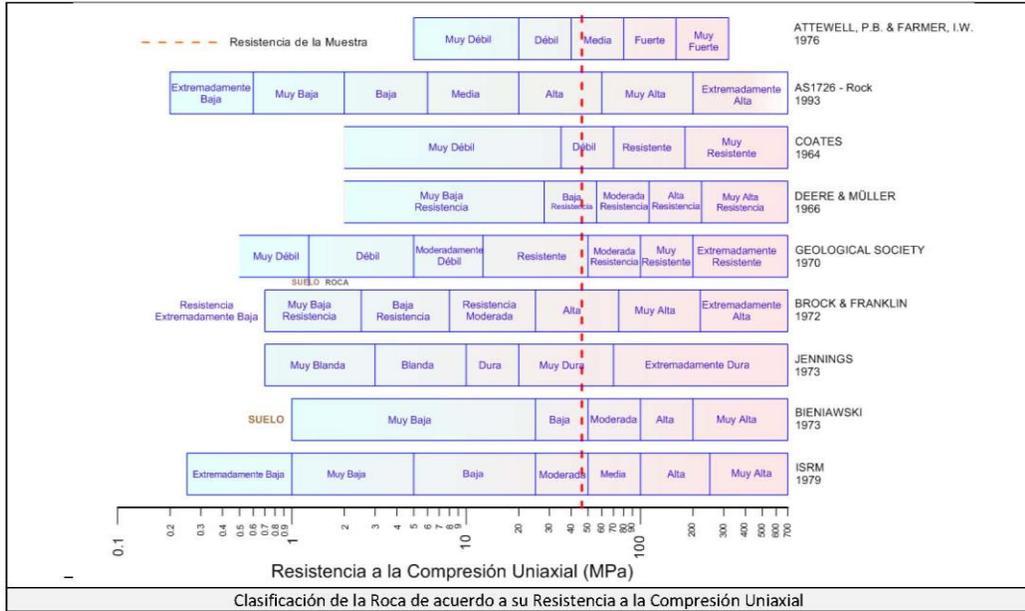
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO		Espécimen: 023-1

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura	127.30	mm
Diámetro:	47.85	mm
Relación L/D: (menor de 2)	2.66	-
Área:	17.98	cm ²
Volumen:	228.92	cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico σ_a	46.08	MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	-	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	1.2268	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	-	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico σ_s	0	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_s	-	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	-	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	2,58424	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	2,44167	GPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada	



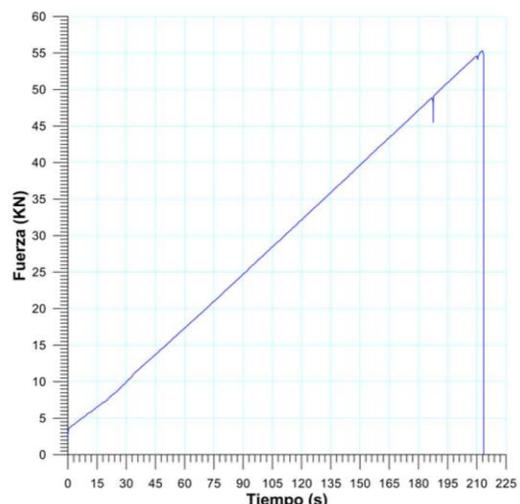
OBSERVACIONES:	
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2	
	<p style="text-align: center;">FINAL</p>
$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$	

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 3
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO		Espécimen: 023-1



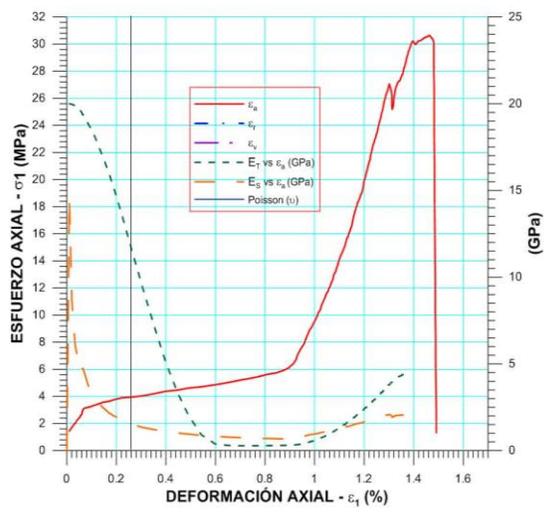
 RIF: J-00363691-6		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
		SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3	
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 025-1	
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)			
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures			
DATOS GENERALES					
Equipo:	GCTS – RDS - 500				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89				
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS				
Espécimen:	025-1				
Perforación:	BH-19 –BOX 16 (96-99 m) 86 cm				
Profundidad:	86.39	m			
Peso	463.80	gr			
Altura (L)	95.90	mm			
Diámetro (D)	47.80	mm			
L/D	2.01	-			
Área	17.95	cm ²			
Volumen	172.09	cm ³			
Densidad	2.70	Ton/m ³			
σ_3 (calculado)	232.83	Ton/m ²			
σ_3 (calculado)	23.28	MPa			
Duración:	025-1	seg			
Coordenadas de la perforación		N			
		E			
INICIO					

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA			
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	1	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga:	30	MPa/min	
Carga Máxima permitida	150	MPa	
Presión de Celda	-	MPa	
Presión de poros	-	MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador		
ETAPA FINAL			
Deformación Axial - ϵ_a máxima	<=	2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	-	min	
Carga Máxima del Ensayo	-	KN	
Pico Reverso	Variable de Control		
	Valor Reverso:	20	kN
	Umbral	2	kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:			
Incremento de Tiempo	0.3	seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial	
	Sensitividad	1	KN
OTRAS VARIABLES			
Tipo	Drenada		
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar		
Condición de la muestra	-		
Medición de las deformaciones	Actuador Axial		

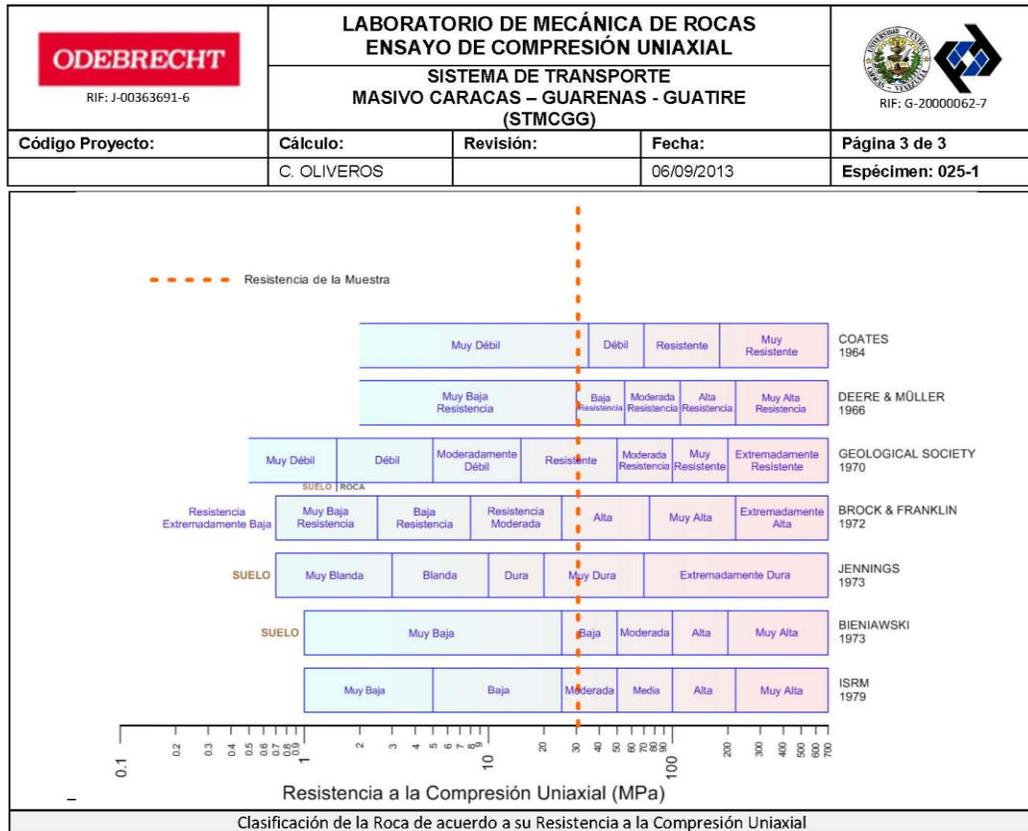


 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 025-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	95.90 mm
Diámetro:	47.80 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2.01 -
Área:	17.95 cm ²
Volumen:	172.09 cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	30,69 MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	- MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	1,463 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	- %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	- %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	0 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	- %
Deformación Radial Pico ϵ_r	- %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	- %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}	
Módulo de Elasticidad Tangente	1,497 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	1,355 GPa
Módulo de Poisson	0.33 -
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2
<p>The graph shows the ratio C_0/C_{01} on the y-axis (0 to 2.0) versus the L/D ratio on the x-axis (0 to 5). Data points are shown for Green & Perkins (dots), Moggi (triangles), and a theoretical curve (Equation 2.6).</p>
$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$
FINAL



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 003-1

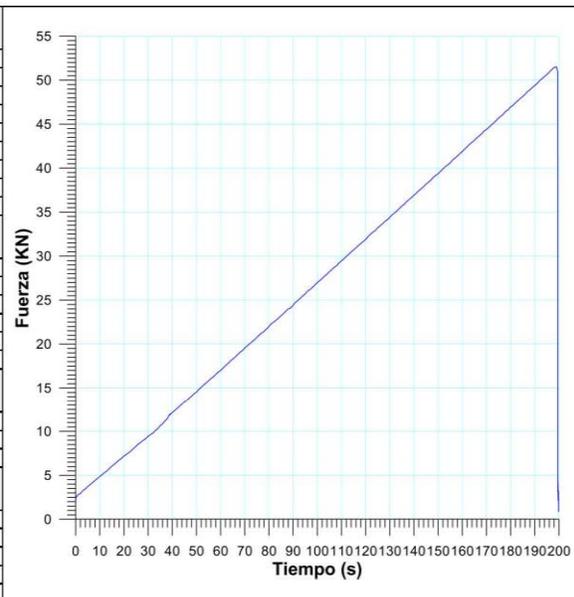
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	003-1
Perforación:	BH-19 –BOX 17 (102-105 m) 0 cm
Profundidad:	102.00 m
Peso	467.80 gr
Altura (L)	96.40 mm
Diámetro (D)	47.70 mm
L/D	2.02 -
Área	17.87 cm ²
Volumen	172.27 cm ³
Densidad	2.72 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	276.99 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	27.70 MPa
Duración:	199.853 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E

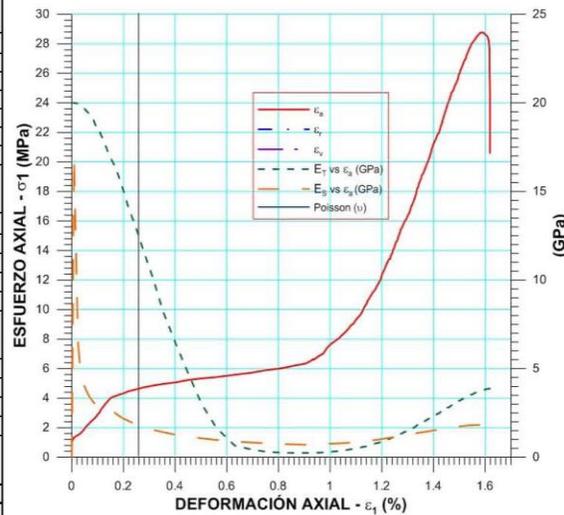


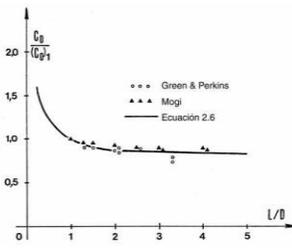
INICIO

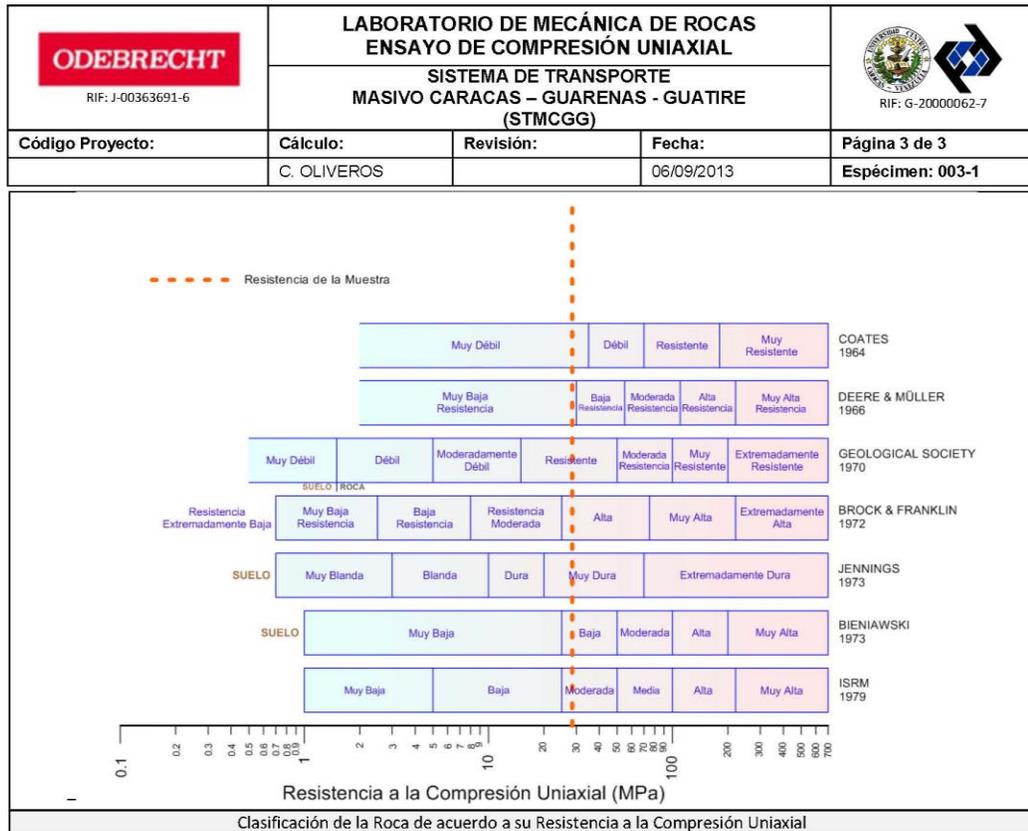
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - ϵ_a máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Especimen: 003-1
RESULTADOS DEL ENSAYO				
Tipo de Carga:	Estática			
Altura	96.40	mm		
Diámetro:	47.70	mm		
Relación L/D: (menor de 2)	2.02	-		
Área:	17.87	cm ²		
Volumen:	172.27	cm ³		
Finalización de la Etapa:	Falla			
VALORES PICO				
Esfuerzo Axial Pico σ_a	28,506	MPa		
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	24,62	MPa		
Deformación Axial Pico ϵ_a	0,446	%		
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,149	%		
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,15	%		
VALORES RESIDUALES				
Esfuerzo Axial Pico σ_a	0	MPa		
Deformación Axial Pico ϵ_a	-	%		
Deformación Radial Pico ϵ_r	-	%		
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	-	%		
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}				
Módulo de Elasticidad Tangente	2.86043	GPa		
Módulo de Elasticidad Secante	1.66751	GPa		
Módulo de Poisson	0.33	-		
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada			



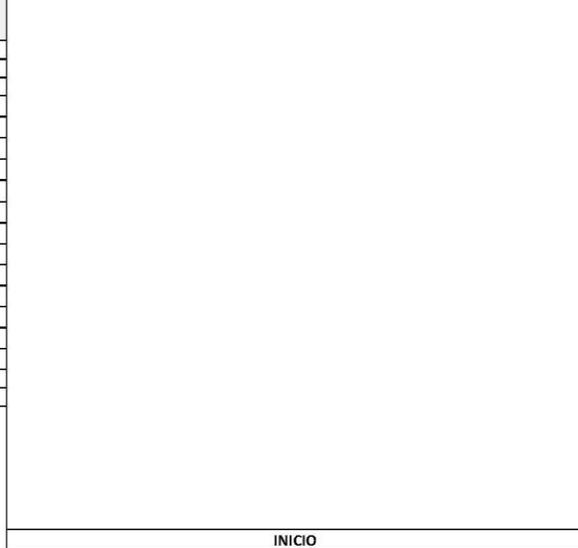
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2</p>  <p style="text-align: center;"> $C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$ </p>	 FINAL
---	---



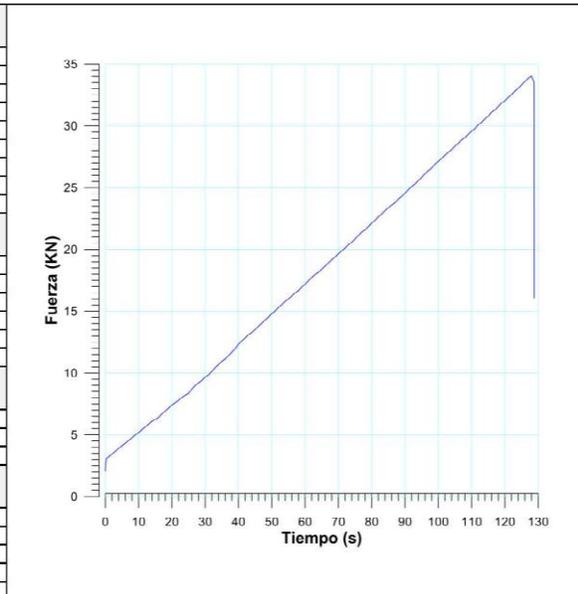
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 021-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	021-1
Perforación:	BH-19 –BOX 17 (102-105m) 66 cm
Profundidad:	102.2 m
Peso	341.9 gr
Altura (L)	71.13 mm
Diámetro (D)	47.70 mm
L/D	1.49 -
Área	17.87 mm ²
Volumen	127.11 mm ³
Densidad	2.69 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	274.90 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	27.49 MPa
Duración:	129.111 Seg
Coordenadas de la perforación	



ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - ϵ_a máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-21

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 004-2b

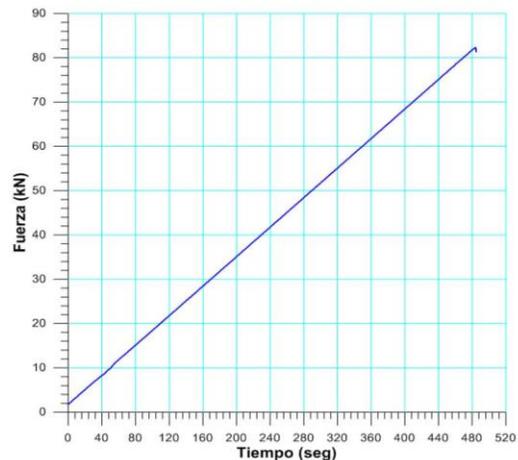
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	004-2B
Perforación:	BH-21 –BOX 30 (160-163 m) 215 cm
Profundidad:	162.15 m
Peso	545.1 gr
Altura (L)	112.87 mm
Diámetro (D)	47.67 mm
L/D	2.37 -
Área	17.85 mm ²
Volumen	201.45 mm ³
Densidad	2.71 Ton/m ³
σ_1 (calculado)	438.77 Ton/m ²
σ_1 (calculado)	43.88 MPa
Duración:	484,751 Seg
Coordenadas de la perforación	



INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	Ti-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - ϵ_a máxima	\leq 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	Al-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Al-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	



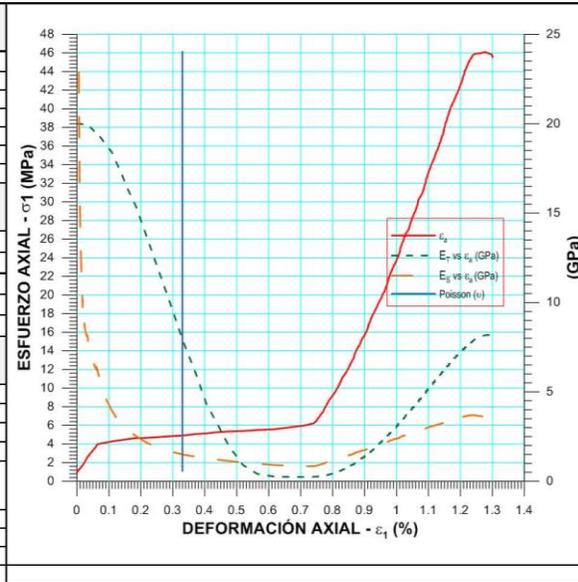
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS – GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 004-2b

Medición de las deformaciones	Actuador Axial
-------------------------------	----------------

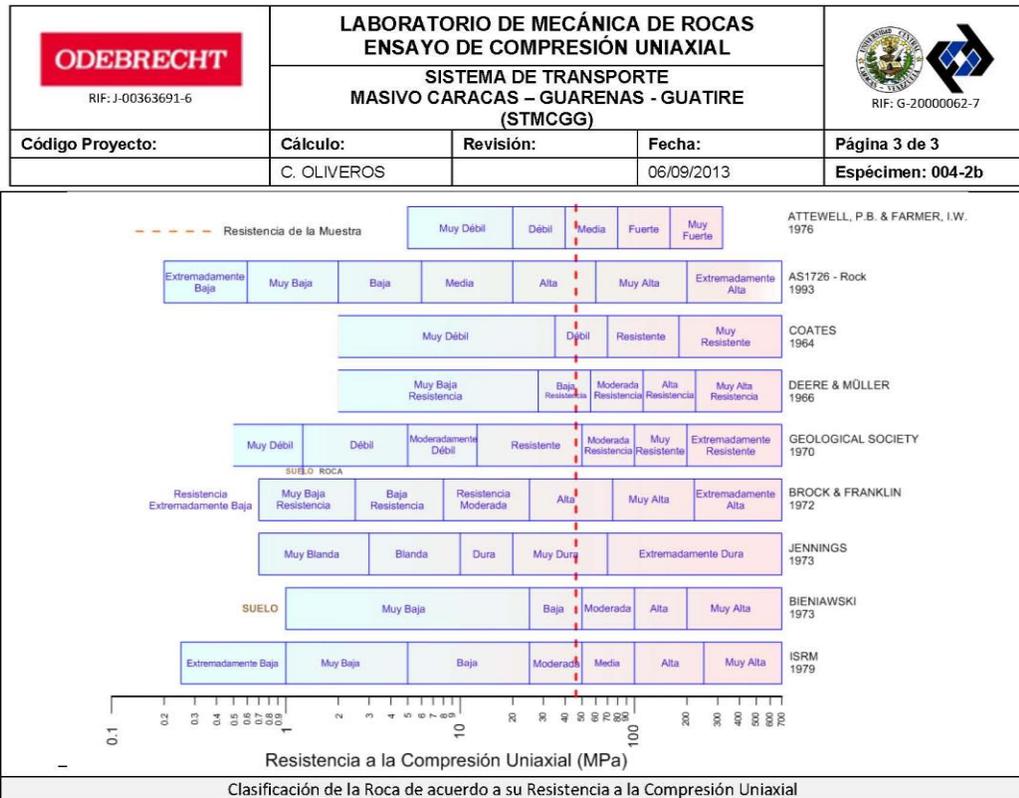
RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura	112.87	mm
Diámetro:	47.67	mm
Relación L/D: (menor de 2)	2.37	-
Área:	17.85	cm ²
Volumen:	201.45	cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico	46.15	MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	-	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	1.2764	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	-	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico σ_r	0	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_r	-	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	-	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	3,10016	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	2,38881	GPa
Módulo de Poisson	0.33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada	



OBSERVACIONES:

Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$$

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 006-1

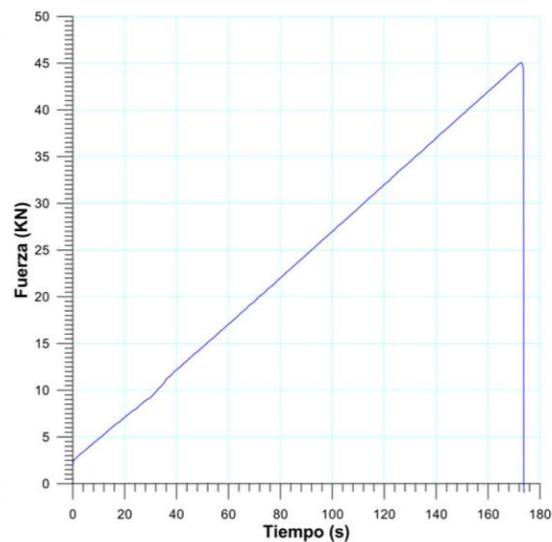
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	006-1
Perforación:	BH-21 –BOX 30 (160-163 m) 173 cm
Profundidad:	161.73 m
Peso	438.5 gr
Altura (L)	92.4 mm
Diámetro (D)	47.8 mm
L/D	1.93 -
Área	17.95 cm ²
Volumen	165.81 cm ³
Densidad	2.64 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	427.70 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	42.77 MPa
Duración:	173.944 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



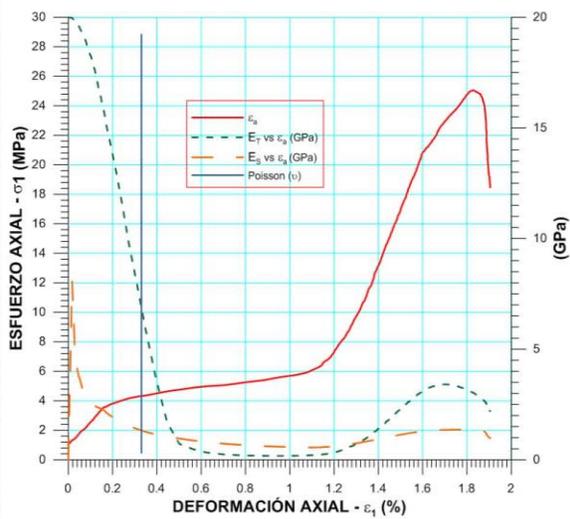
INICIO

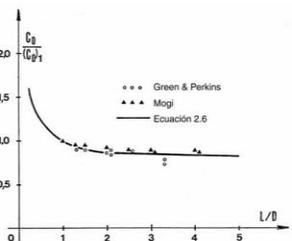
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - ϵ_a máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



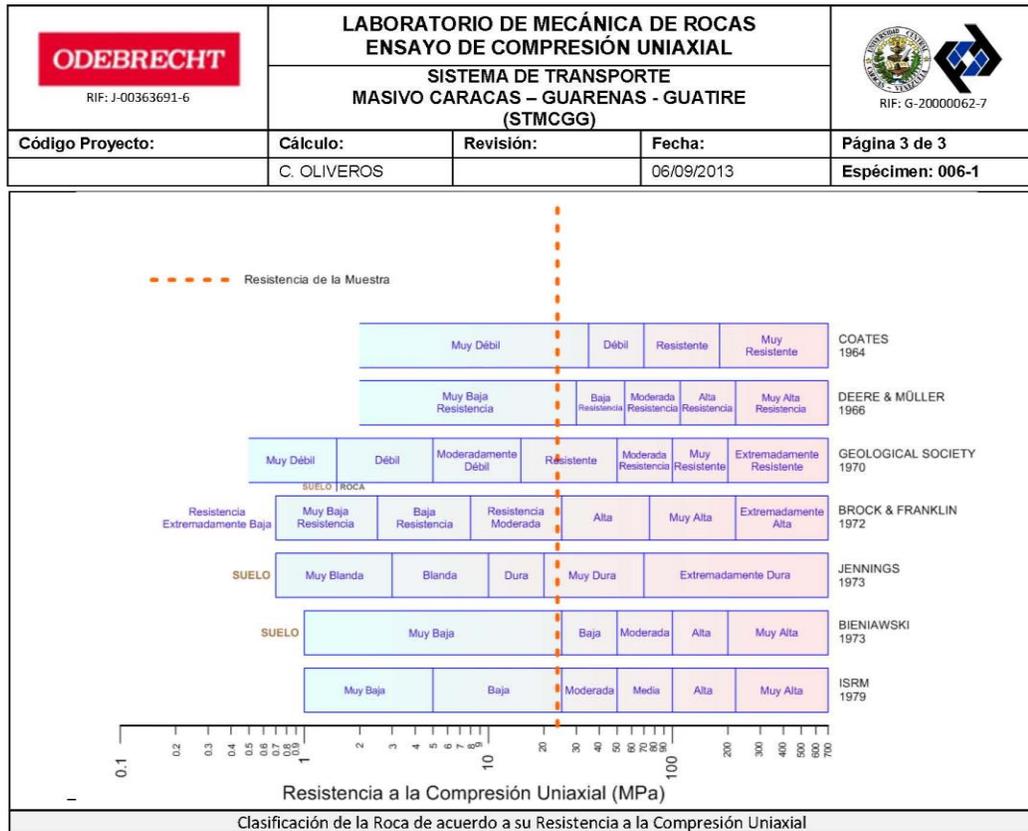
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 006-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	92.4 mm
Diámetro:	47.8 mm
Relación L/D: (menor de 2)	1.93
Área:	17.95 cm ²
Volumen:	165.81 cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	25,1 MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	- MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	1.829 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	- %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	- %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	- MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	- %
Deformación Radial Pico ϵ_r	- %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	- %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}	
Módulo de Elasticidad Tangente	1.247 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	0.907 GPa
Módulo de Poisson	0.33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Baja



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$

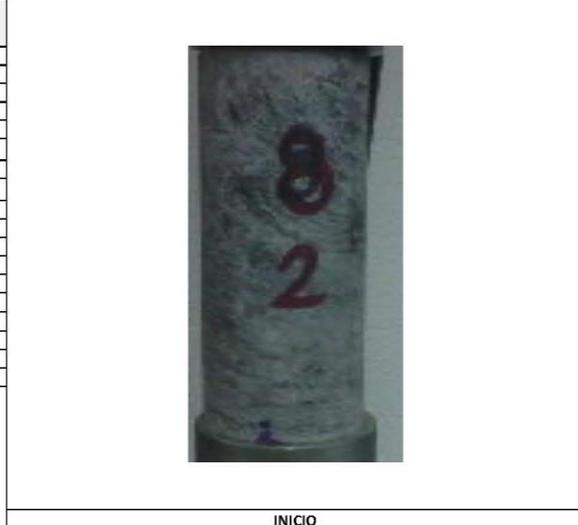
FINAL



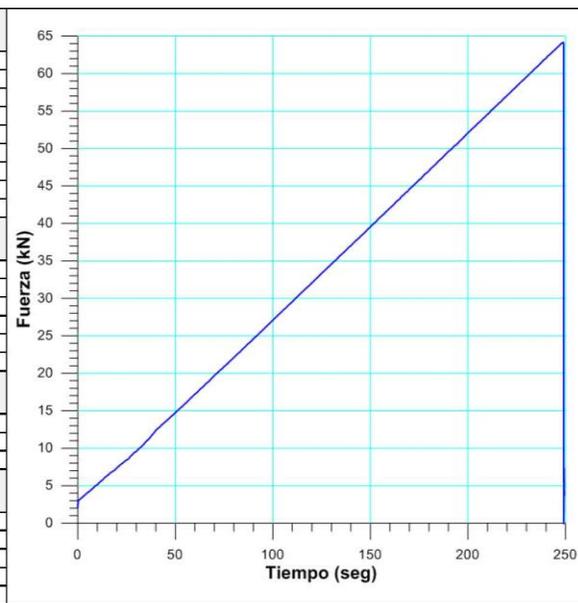
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 008-2

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	008-2
Perforación:	BH21-BOX 31 (163-166 m) Ø21 cm
Profundidad:	166,21 m
Peso:	512,3 gr
Altura (L):	104,8 mm
Diámetro (D):	47,4 mm
L/D:	2,21 -
Área:	17,65 cm ²
Volumen:	184,93 cm ³
Densidad:	2,77 Ton/m ³
σ_3 (calculado):	460,44 Ton/m ²
σ_3 (calculado):	46,04 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación:	N
	E



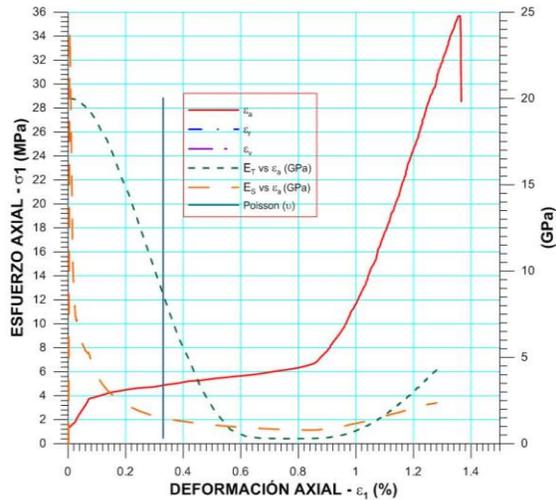
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retrealimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - ϵ_a máxima	\leq 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



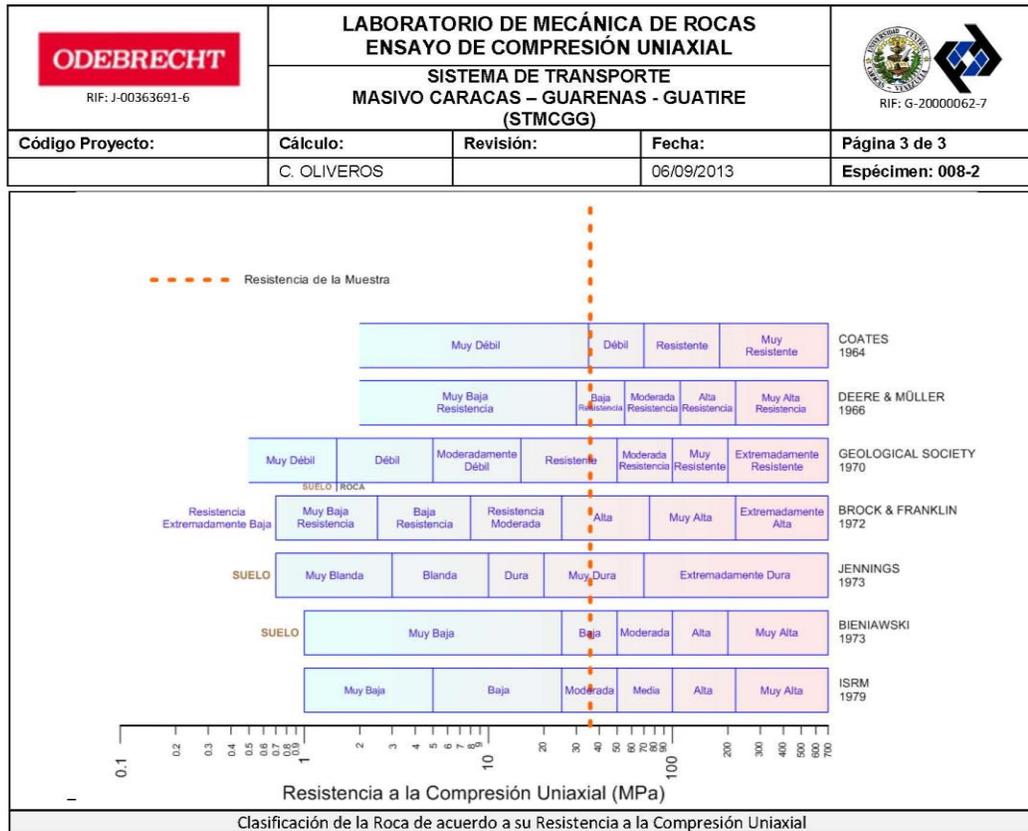
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 008-2

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura:	mm
Diámetro:	mm
Relación L/D: (menor de 2)	-
Área:	cm ²
Volumen:	cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	35,74503 MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	- MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	1,36141 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	- %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	- %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	- MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	- %
Deformación Radial Pico ϵ_r	- %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	- %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}	
Módulo de Elasticidad Tangente	1,68 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	1,61 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2
$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$
FINAL



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 014-1

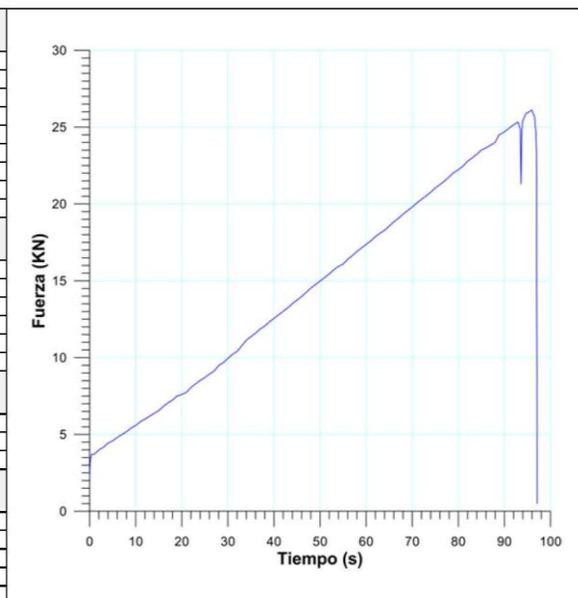
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	METRO PETARE - GUARENAS
Espécimen:	014-1
Perforación:	BH-21 –BOX 31 (163-166 m) 207 cm
Profundidad:	165.070 m
Peso	476.400 gr
Altura (L)	97.000 mm
Diámetro (D)	47.600 mm
L/D	2.038 -
Área	17.795 cm ²
Volumen	172.614 cm ³
Densidad	2.760 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	455.580 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	45.558 MPa
Duración:	97.11 seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - ϵ_a máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



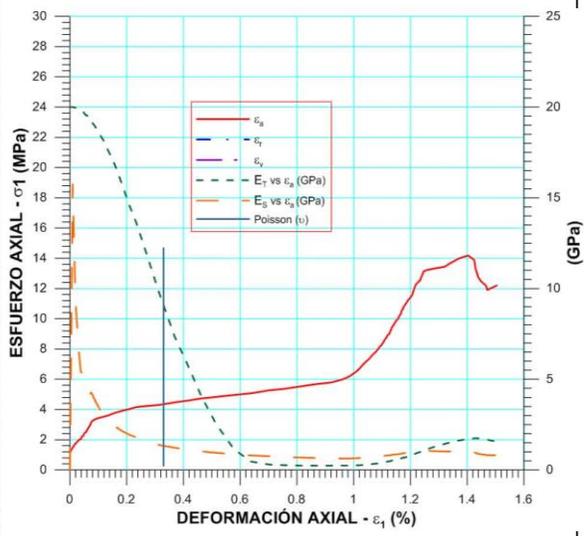
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

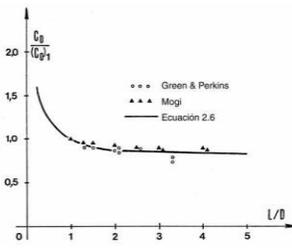
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

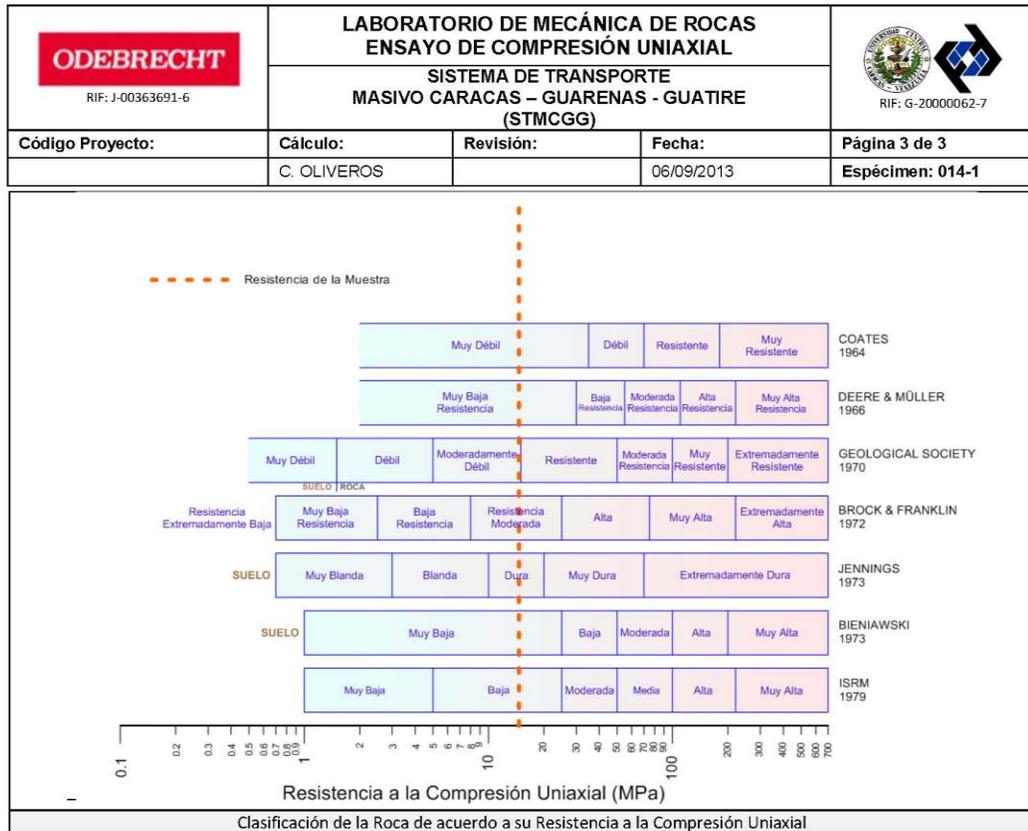
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS		06/09/2013	Espécimen: 014-1

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura	97.000	mm
Diámetro:	47.600	mm
Relación L/D: (menor de 2)	2.038	-
Área:	17.795	cm ²
Volumen:	172.614	cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico σ_a	14.67	MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	-	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	1.567	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	-	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico σ_a	-	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	-	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	-	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	0,30232	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	0,69541	GPa
Módulo de Poisson	0,33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Baja	



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$
FINAL



BH-240

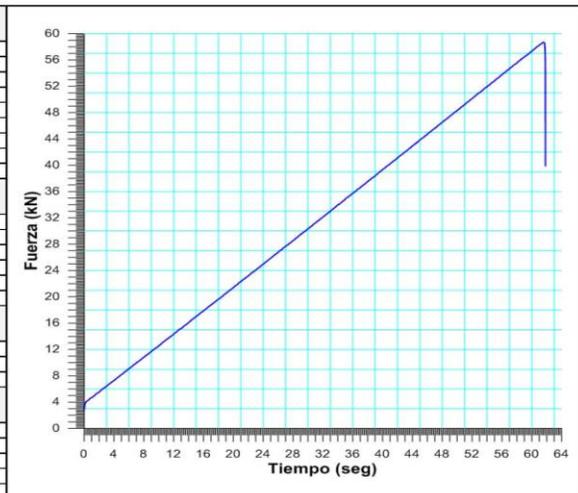
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 214-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	214-1
Perforación:	BH 240- BOX 23 (174-177 m) 64 cm
Profundidad:	174,64 m
Peso:	607,6 gr
Altura (L):	124 mm
Diámetro (D):	48 mm
L/D:	2,58 -
Área:	18,10 cm ²
Volumen:	224,39 cm ³
Densidad:	2,71 Ton/m ³
σ_3 (calculado):	472,90 Ton/m ²
σ_1 (calculado):	47,29 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación:	N E



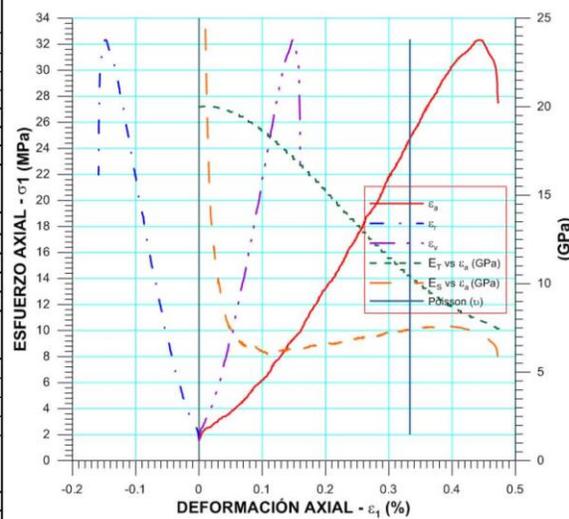
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA	
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress
Tipo:	Incremental
Esfuerzo de Asiento:	1 MPa
Valor Inicial:	Relativo
Velocidad de Carga:	30 MPa/min
Carga Máxima permitida:	150 MPa
Presión de Celda:	- MPa
Presión de poros:	- MPa
Medición de las deformaciones:	En el actuador
ETAPA FINAL	
Deformación Axial - Ila máxima:	<= 2.0 %
Tiempo Máximo del Ensayo:	- min
Carga Máxima del Ensayo:	- kN
Pico Reverso	Variable de Control: AI-1: Axial Load
	Valor Reverso: 20 kN
	Umbral: 2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:	
Incremento de Tiempo:	0.3 seg
Level Crossing	Entrada de Control: AI-1: Carga Axial
	Sensitividad: 1 kN
OTRAS VARIABLES	
Tipo:	Drenada
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo:	Cero al Iniciar
Condición de la muestra:	
Medición de las deformaciones:	Actuador Axial

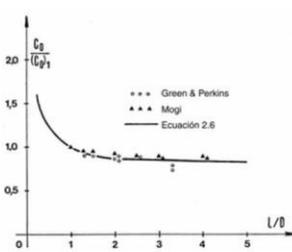


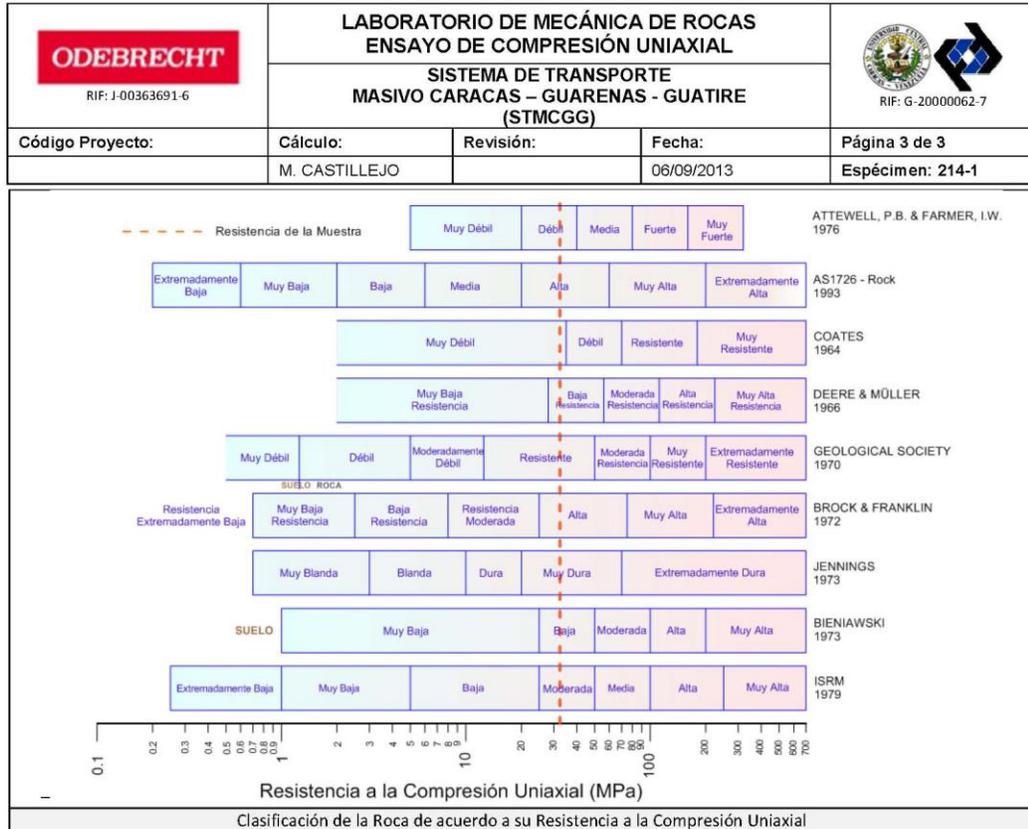
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax: +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 214-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	124 mm
Diámetro:	48 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,58
Área:	18,10 cm ²
Volumen:	224,39 cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	32,365 MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	27,96 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,443 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,148 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,149 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	6,636 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,5 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,167 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,168 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}	
Módulo de Elasticidad Tangente	13,83885 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	6,85811 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$

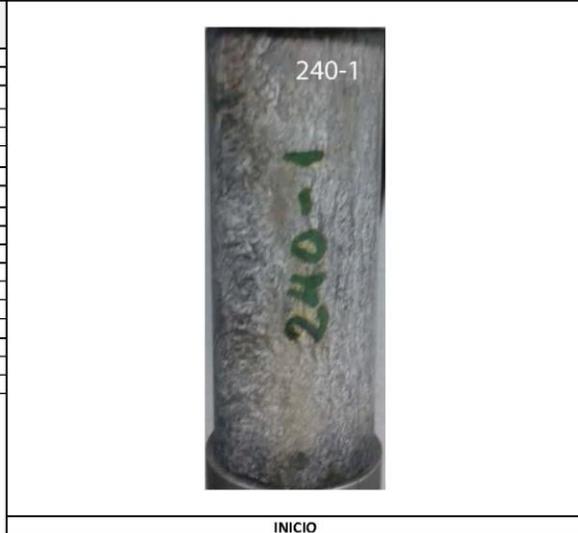
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240-1

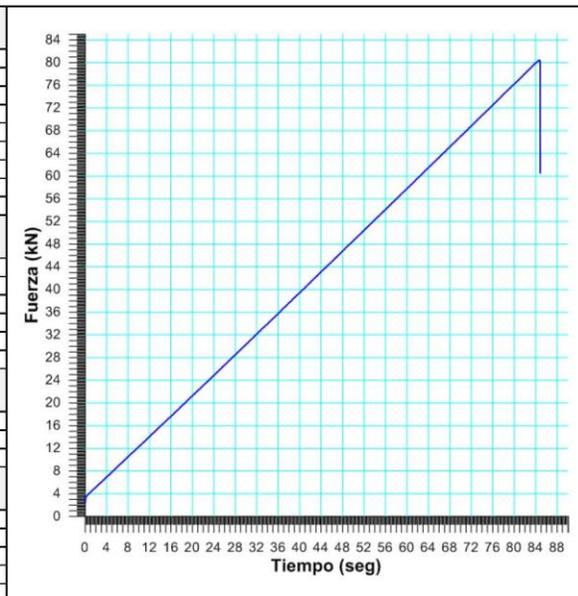
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	240-1
Perforación:	BH 240- BOX 25 (186-189 m) 119 cm
Profundidad:	187,19 m
Peso:	623,4 gr
Altura (L)	124,6 mm
Diámetro (D)	48,4 mm
L/D	2,57 -
Área	18,40 cm ²
Volumen	229,24 cm ³
Densidad	2,72 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	509,04 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	50,90 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- KN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 Seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 KN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

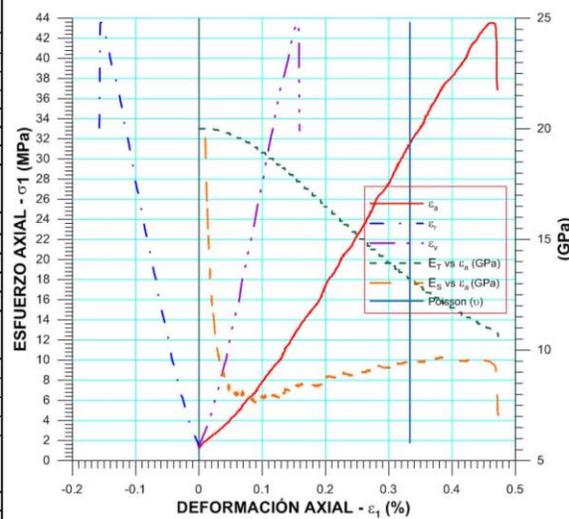


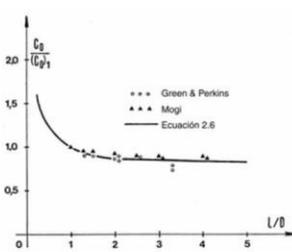
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

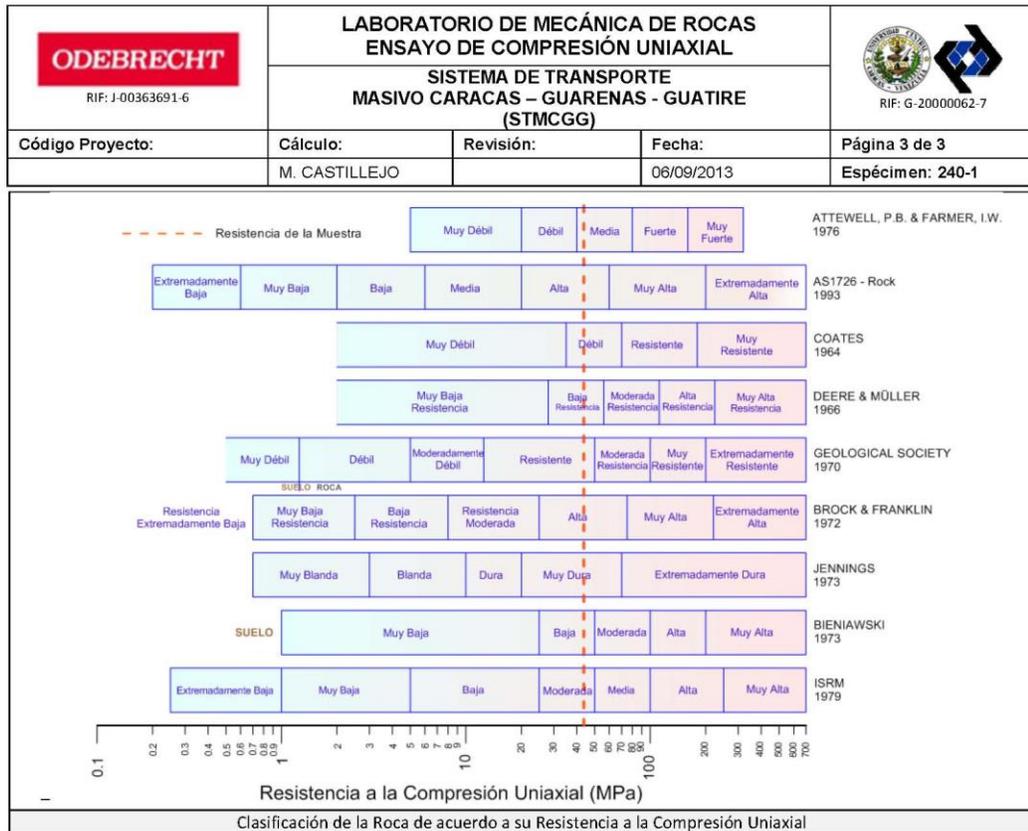
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura:	124,6 mm
Diámetro:	48,4 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,57
Área:	18,40 cm ²
Volumen:	229,24 cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	43,626 MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	37,70 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,463 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,154 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,156 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico σ_r	13,75 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,524 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,175 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,176 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}	
Módulo de Elasticidad Tangente	15,34106 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	8,91428 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240-2

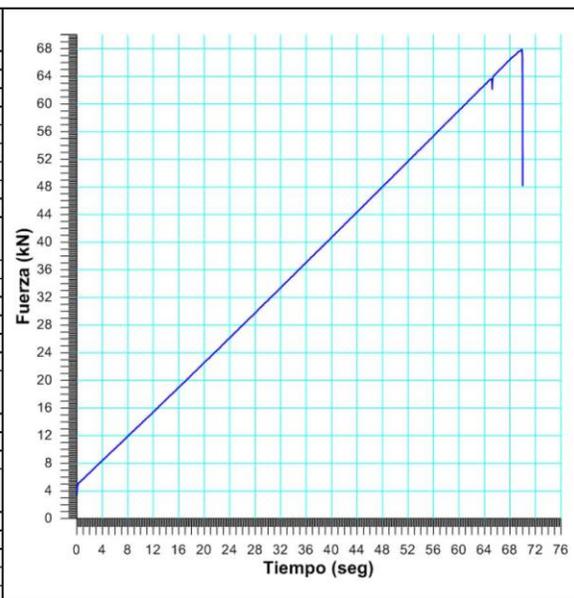
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	240-2
Perforación:	BH 240- BOX 25 (186-189 m) 119 cm
Profundidad:	187,19 m
Peso:	640,8 gr
Altura (L)	127,3 mm
Diámetro (D)	48,5 mm
L/D	2,62 -
Área	18,47 cm ²
Volumen	235,18 cm ³
Densidad	2,72 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	510,04 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	51,00 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



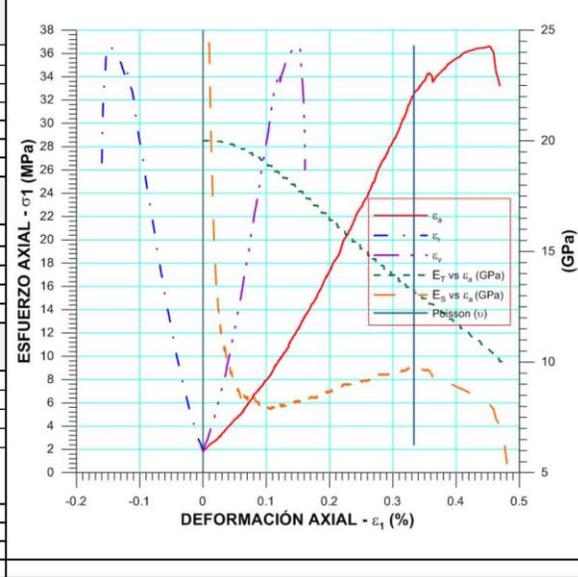
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

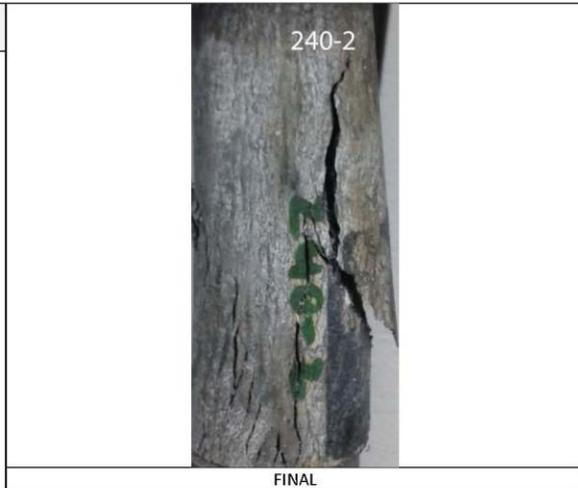
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240-2

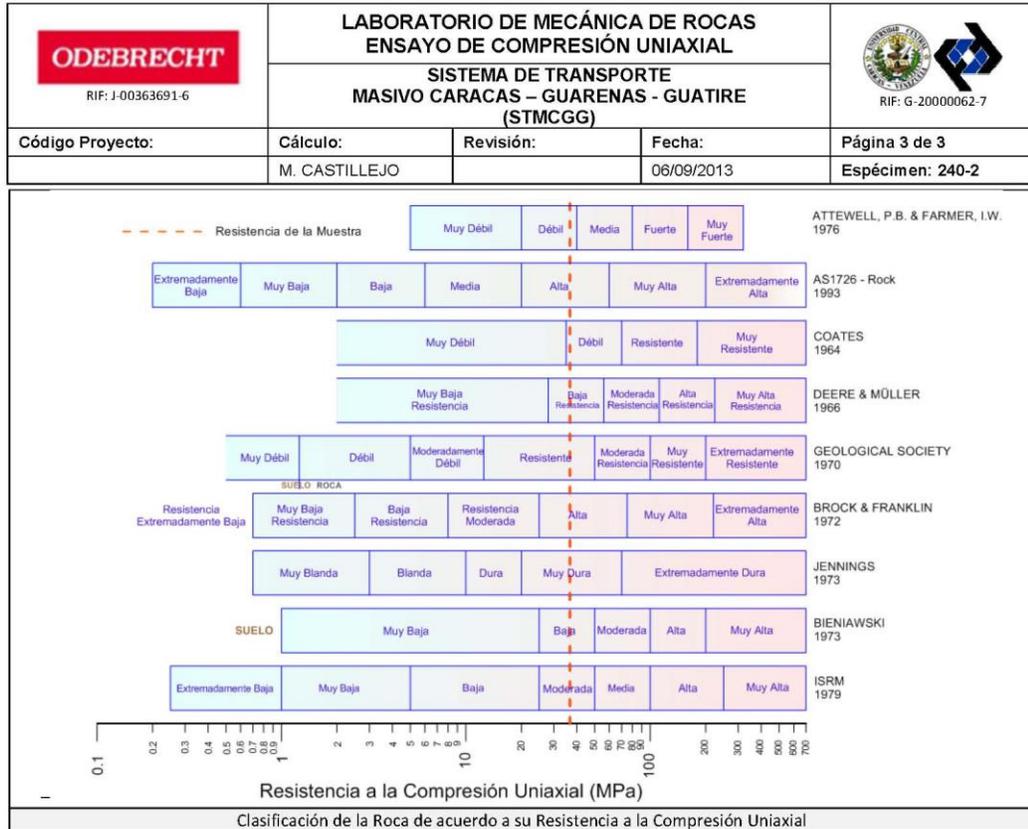
RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de Carga:	Estática	
Altura	127,3	mm
Diámetro:	48,5	mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,62	-
Área:	18,47	cm ²
Volumen:	235,18	cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla	
VALORES PICO		
Esfuerzo Axial Pico σ_a	36,693	MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	31,65	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,452	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,151	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,152	%
VALORES RESIDUALES		
Esfuerzo Axial Pico σ_r	4,93	MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,53	%
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,177	%
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,178	%
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}		
Módulo de Elasticidad Tangente	16,24917	GPa
Módulo de Elasticidad Secante	8,75217	GPa
Módulo de Poisson	0,33	-
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada	



OBSERVACIONES:

Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$$




Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

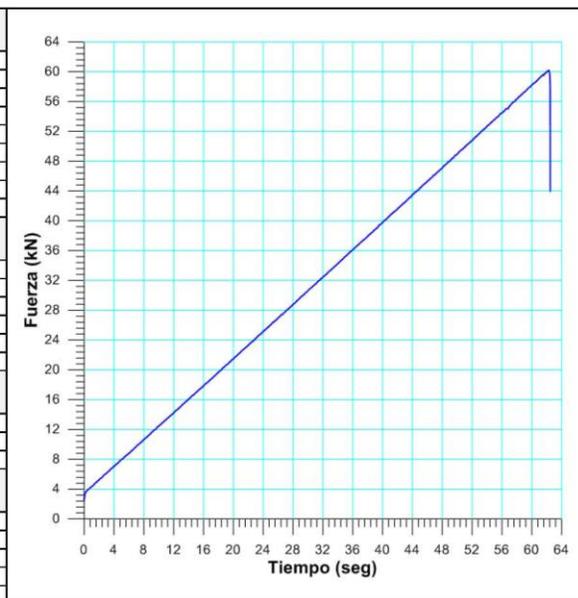
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240 -4

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	240-4
Perforación:	BH 240- BOX 25 (186-189 m) 119 cm
Profundidad:	187,19 m
Peso	574,9 gr
Altura (L)	113,7 mm
Diámetro (D)	48,5 mm
L/D	2,34 -
Área	18,47 cm ²
Volumen	210,06 cm ³
Densidad	2,74 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	512,32 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	51,23 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E

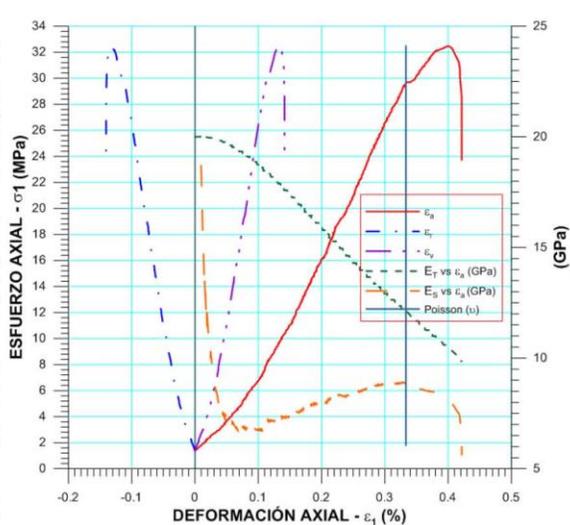


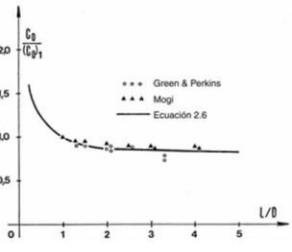
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	



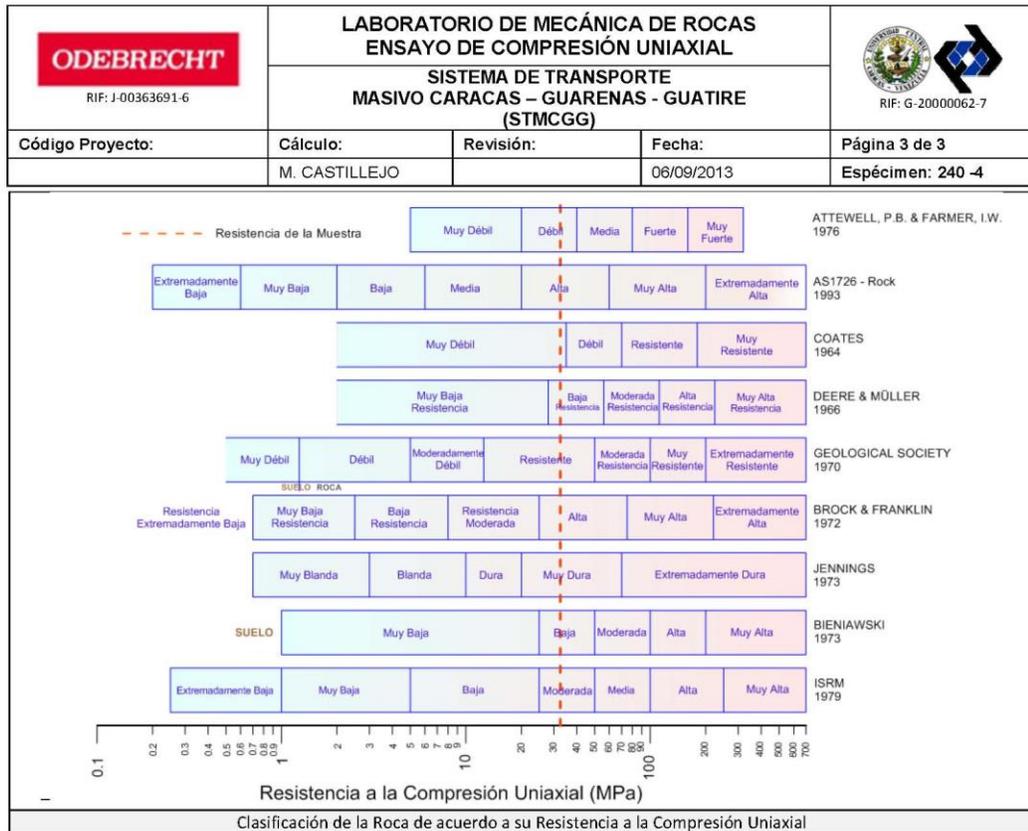
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 240 -4

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	113,7 mm
Diámetro:	48,5 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,34
Área:	18,47 cm ²
Volumen:	210,06 cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	32,518 MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	28,38 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,401 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,134 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,135 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico σ_r	0,025 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,498 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,166 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,167 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}	
Módulo de Elasticidad Tangente	15,77835 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	7,92725 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2

$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$

FINAL



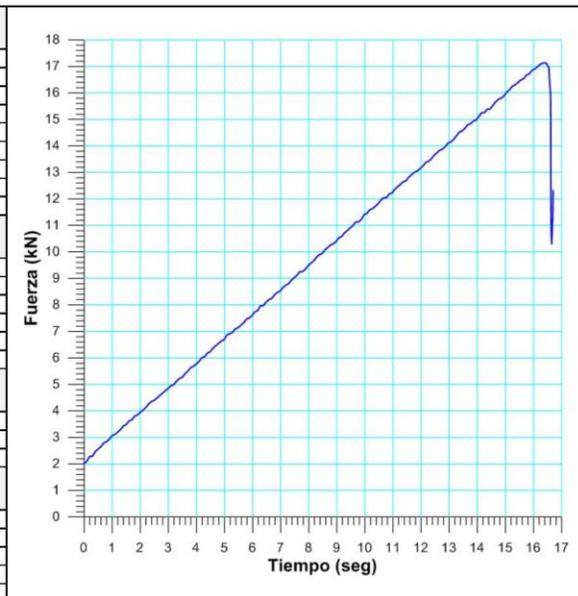
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 243-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	243-1
Perforación:	BH 240- BOX 25 (186-189 m) 202 cm
Profundidad:	188,20 m
Peso	590 gr
Altura (L)	120,6 mm
Diámetro (D)	48,5 mm
L/D	2,49 -
Área	18,47 cm ²
Volumen	222,80 cm ³
Densidad	2,65 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	498,37 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	49,84 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - Iba máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- KN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 KN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

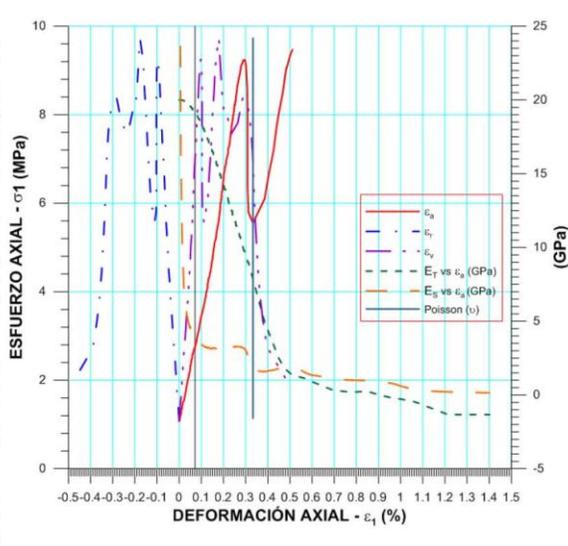


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

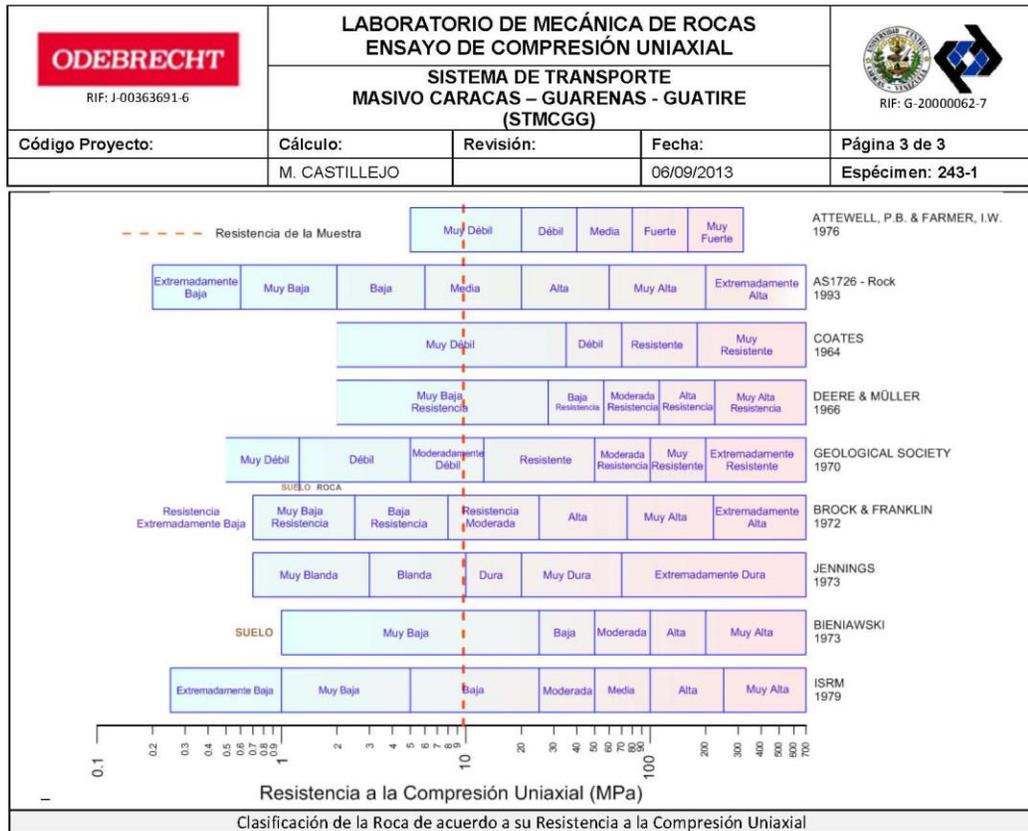
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 243-1

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	120,6 mm
Diámetro:	48,5 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,49
Área:	18,47 cm ²
Volumen:	222,80 cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	9,718 MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	8,43 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,53 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,177 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,178 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	0,905 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_x	2,079 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,693 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,717 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}	
Módulo de Elasticidad Tangente	16,6959 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	3,13129 GPa
Módulo de Poisson	0,33
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



OBSERVACIONES:
Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2
$C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



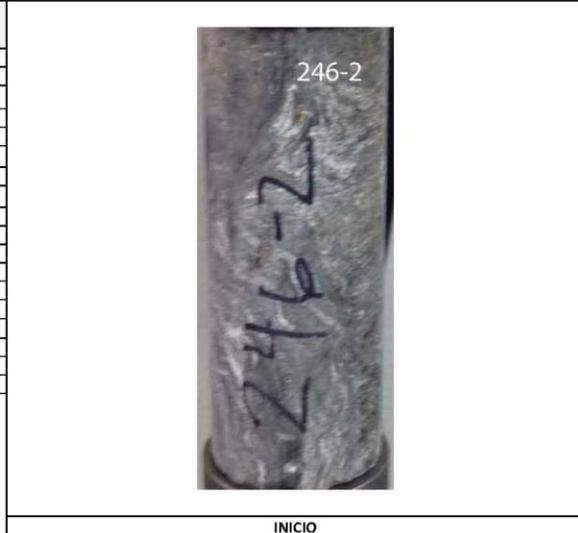
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 246-2

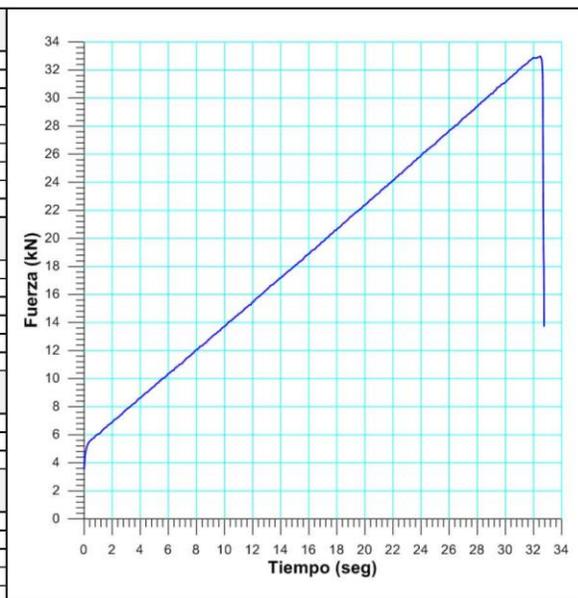
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	246-2
Perforación:	BH 240- BOX 25 (189-190 m) 31 cm
Profundidad:	189,31 m
Peso	634,5 gr
Altura (L)	122 mm
Diámetro (D)	47,9 mm
L/D	2,55 -
Área	18,02 cm ²
Volumen	219,85 cm ³
Densidad	2,89 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	546,37 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	54,64 MPa
Duración:	seg
Coordenadas de la perforación	N
	E



INICIO

ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 Seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

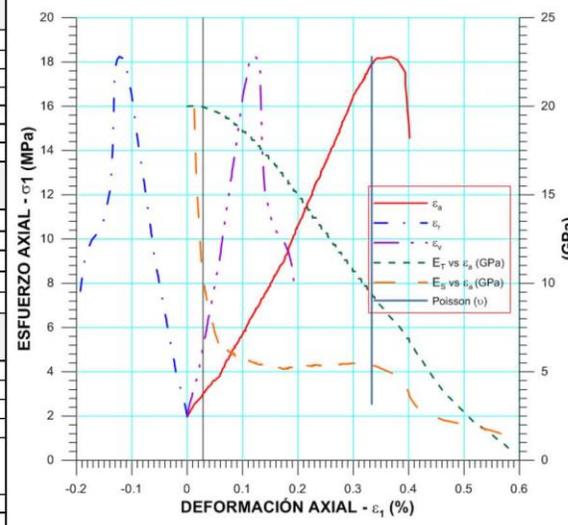


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

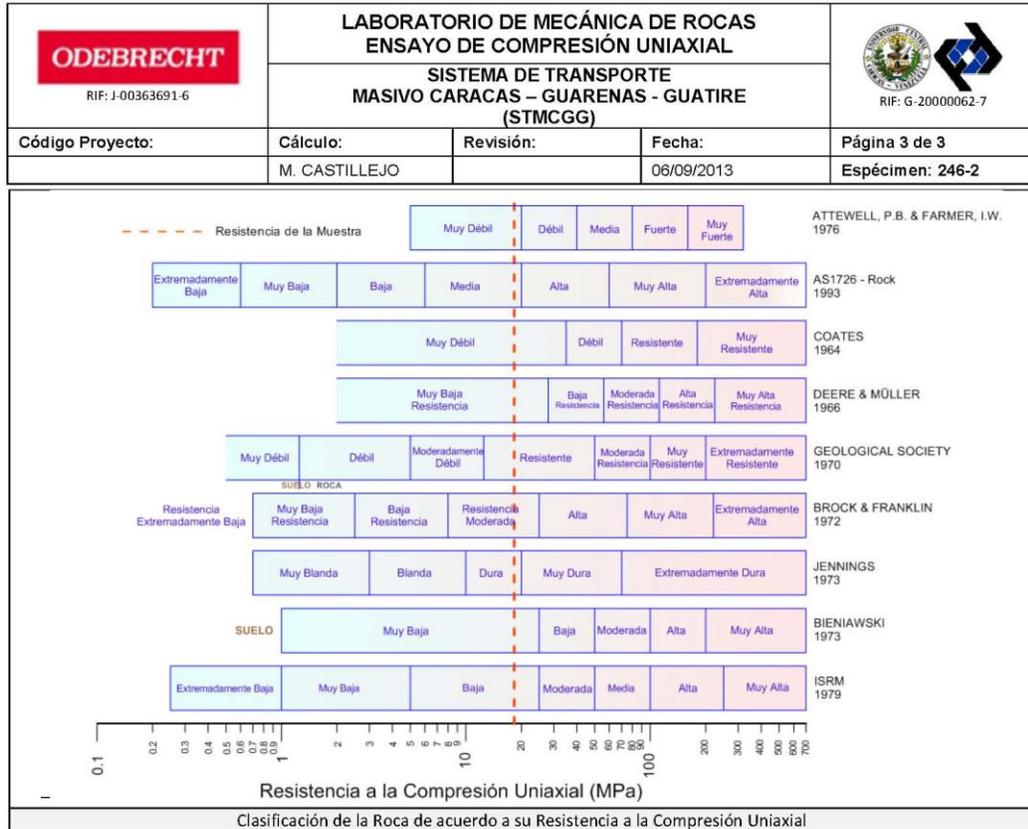
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	M. CASTILLEJO		06/09/2013	Espécimen: 246-2

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Tipo de Carga:	Estática
Altura	122 mm
Diámetro:	47,9 mm
Relación L/D: (menor de 2)	2,55 -
Área:	18,02 cm ²
Volumen:	219,85 cm ³
Finalización de la Etapa:	Falla
VALORES PICO	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	18,283 MPa
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	15,82 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	0,367 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,122 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,123 %
VALORES RESIDUALES	
Esfuerzo Axial Pico σ_a	6,581 MPa
Deformación Axial Pico ϵ_a	0,642 %
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,214 %
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,216 %
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}	
Módulo de Elasticidad Tangente	16,05008 GPa
Módulo de Elasticidad Secante	5,16355 GPa
Módulo de Poisson	0,33 -
Clasificación de la Roca según su resistencia (ISRM)	Moderada



<p>OBSERVACIONES:</p> <p>Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2</p> $C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$	 <p style="text-align: center;">FINAL</p>
---	---

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

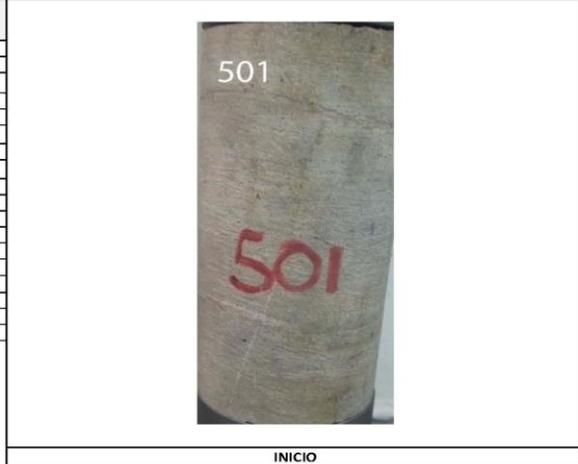
Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-250

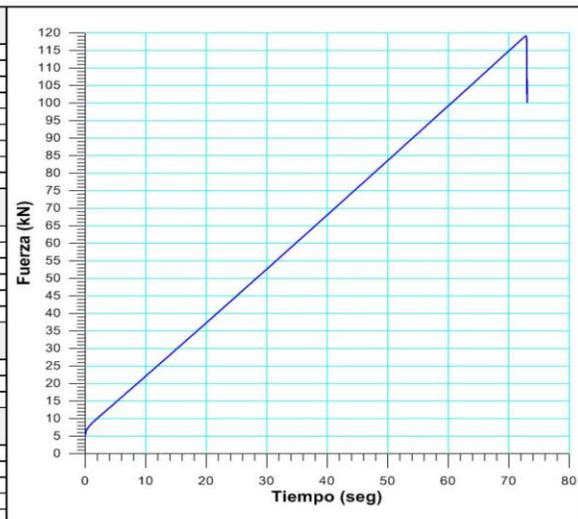
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen 501

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	501
Perforación:	BH 250- BOX 3 (14,5-6 m) 15 cm
Profundidad:	14,65 m
Peso	1053,2 gr
Altura (L)	131,77 mm
Diámetro (D)	62,97 mm
L/D	2,09 -
Área	31,14 cm ²
Volumen	410,37 cm ³
Densidad	2,57 Ton/m ³
σ_1 (calculado)	37,60 Ton/m ²
σ_1 (calculado)	3,76 MPa
Duración:	72,832 Seg
Coordenadas de la perforación	N
	E

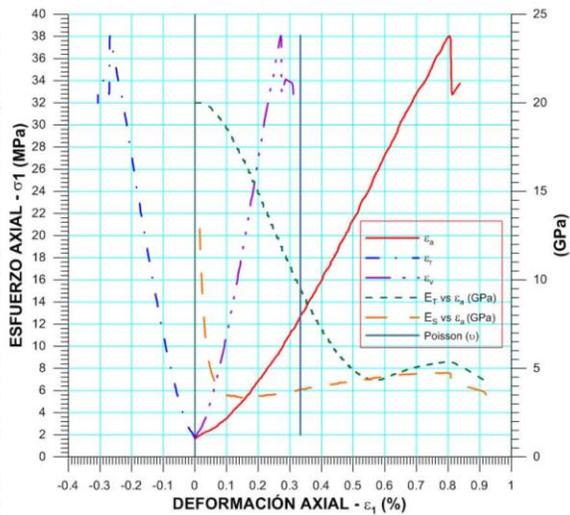


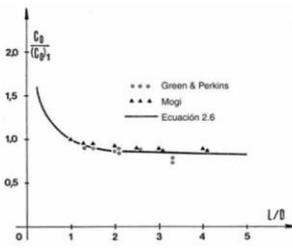
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- Min	
Carga Máxima del Ensayo	- kN	
Pico Reverso	Variable de Control	Al-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 Seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Al-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 kN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al Iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

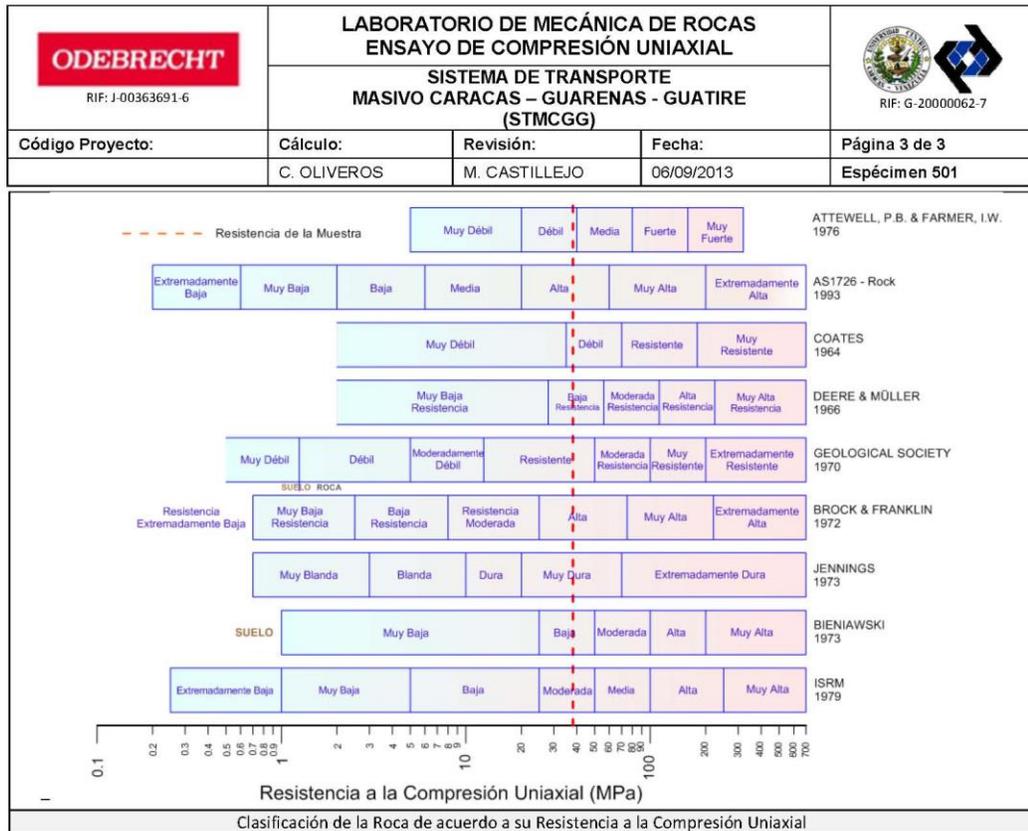


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen 501
RESULTADOS DEL ENSAYO				
Tipo de Carga:	Estática			
Altura	131,77	mm		
Diámetro:	62,97	mm		
Relación L/D: (menor de 2)	2,09	-		
Área:	31,14	cm ²		
Volumen:	410,37	cm ³		
Finalización de la Etapa:	Falla			
VALORES PICO				
Esfuerzo Axial Pico σ_a	38,068	MPa		
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	33,66	MPa		
Deformación Axial Pico ϵ_a	0,804	%		
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,268	%		
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,272	%		
VALORES RESIDUALES				
Esfuerzo Axial Pico σ_r	0,068	MPa		
Deformación Axial Pico ϵ_a	0,804	%		
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,268	%		
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,272	%		
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}				
Módulo de Elasticidad Tangente	5,756,08	GPa		
Módulo de Elasticidad Secante	4,18238	GPa		
Módulo de Poisson	-	-		
Clasificación de la Roca según su resistencia (SRM)	Moderada			



<p>OBSERVACIONES:</p> <p>Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2</p>  $C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$	 <p style="text-align: center;">FINAL</p>
---	---



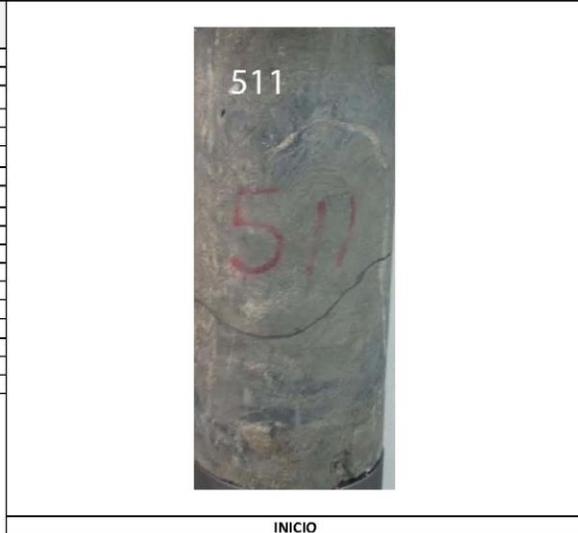
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen: 511

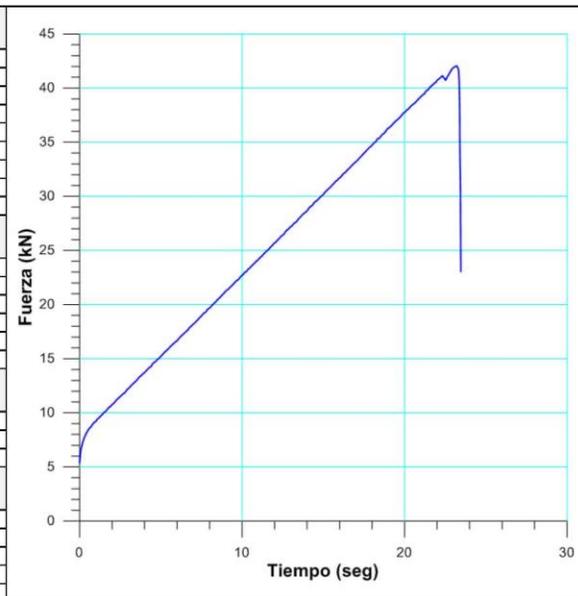
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining the uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials (1979)
	ASTM	D7012-10 Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures

DATOS GENERALES	
Equipo:	GCTS – RDS - 500
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
Proyecto:	Metro Petare-Guarenas-Guatire
Espécimen:	511
Perforación:	BH 250- BOX 6 (38,5-41,5 m) 122 cm
Profundidad:	39,72 M
Peso	1000,7 Gr
Altura (L)	126,83 Mm
Diámetro (D)	63 Mm
L/D	2,01 -
Área	31,17 cm ²
Volumen	395,36 cm ³
Densidad	2,53 Ton/m ³
σ_3 (calculado)	100,54 Ton/m ²
σ_3 (calculado)	10,05 MPa
Duración:	23,1851 Seg
Coordenadas de la perforación	N E



INICIO

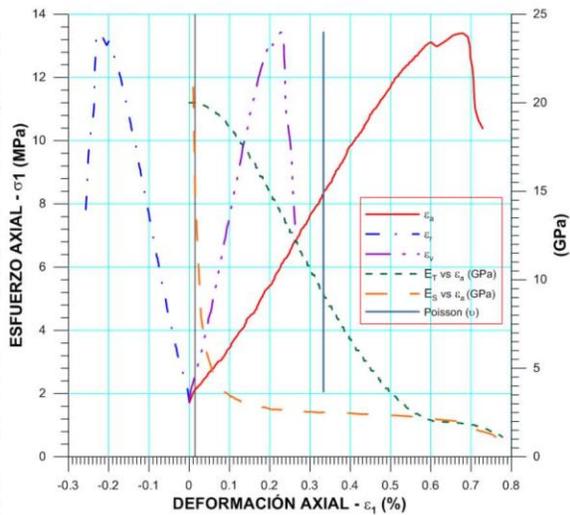
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación:	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	30 MPa/min	
Carga Máxima permitida	150 MPa	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
Medición de las deformaciones	En el actuador	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - lla máxima	<= 2.0 %	
Tiempo Máximo del Ensayo	- min	
Carga Máxima del Ensayo	- KN	
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
ADQUISICIÓN DE DATOS:		
Incremento de Tiempo	0.3 seg	
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 KN
OTRAS VARIABLES		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra	-	
Medición de las deformaciones	Actuador Axial	

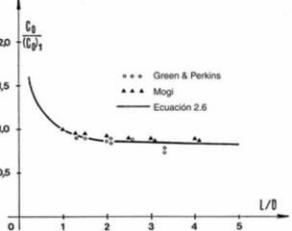


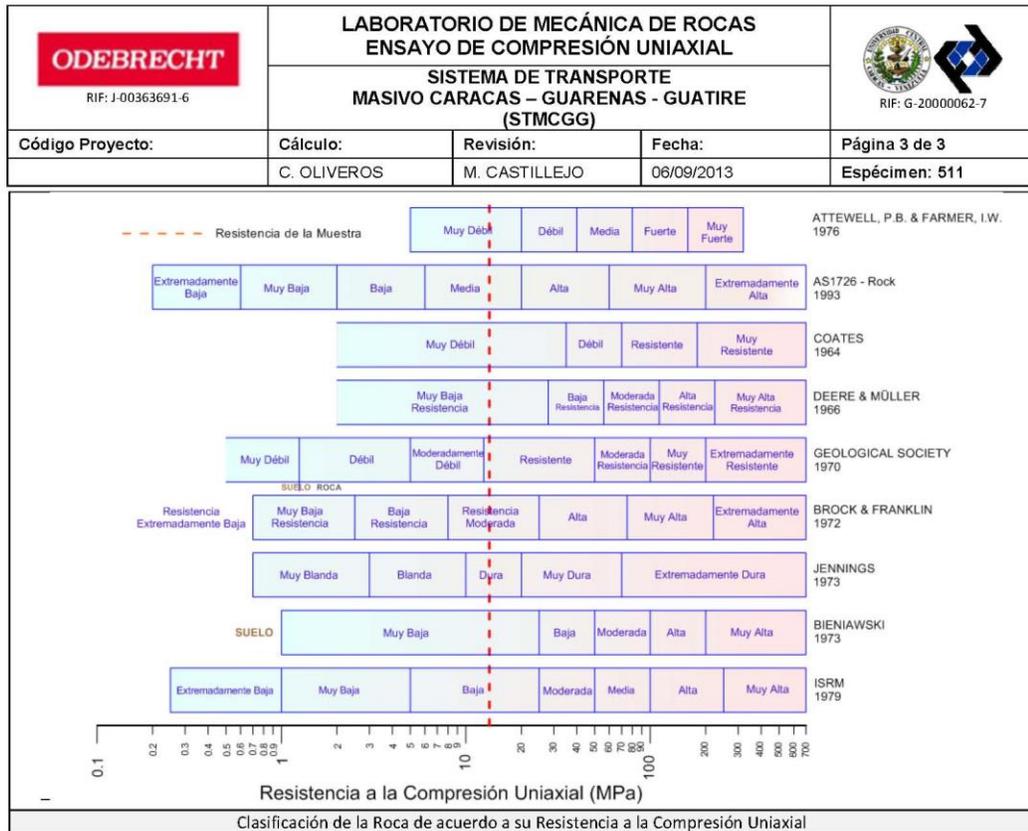
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL			  RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 3
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	06/09/2013	Espécimen: 511
RESULTADOS DEL ENSAYO				
Tipo de Carga:	Estática			
Altura	126,83	mm		
Diámetro:	63	mm		
Relación L/D: (menor de 2)	2,01	-		
Área:	31,17	cm ²		
Volumen:	395,36	cm ³		
Finalización de la Etapa:	Falla			
VALORES PICO				
Esfuerzo Axial Pico σ_a	13,424	MPa		
Esfuerzo Axial Pico σ_a corregido por L/D < 2	11,92	MPa		
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,676	%		
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,225	%		
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,228	%		
VALORES RESIDUALES				
Esfuerzo Axial Pico σ_r	5,651	MPa		
Deformación Axial Pico ϵ_x	0,838	%		
Deformación Radial Pico ϵ_r	-0,279	%		
Deformación Volumétrica Pico ϵ_v	0,283	%		
VALORES DE CONSTANTES AL 50% de σ_{max}				
Módulo de Elasticidad Tangente	12,407	GPa		
Módulo de Elasticidad Secante	2,616	GPa		
Módulo de Poisson	0,33	-		
Clasificación de la Roca según su resistencia (SRM)	Moderada			



OBSERVACIONES: Valor de resistencia máxima corregida de acuerdo a la fórmula de Moggi, ya que no se cumplió la relación L/D mínima de 2	 <p style="text-align: center;">FINAL</p>
 $C_o = (C_o)_1 \left(0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right)$	



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

7.5 Reportes de Corte Directo

BH-240

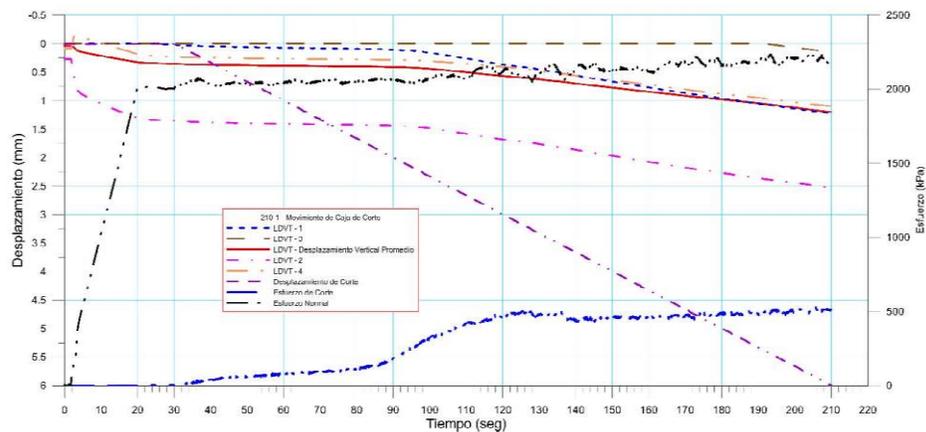
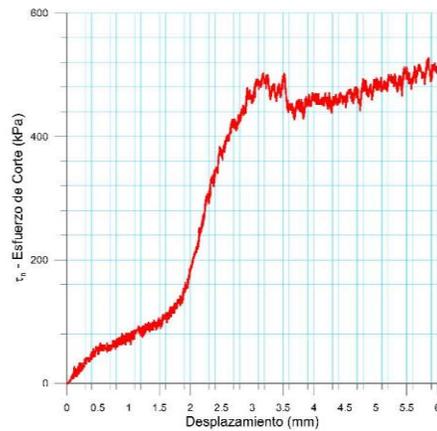
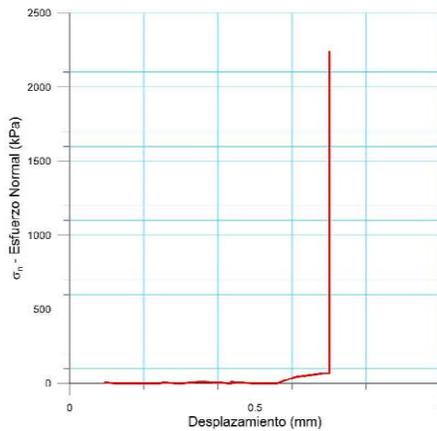
 RIF: J-00363691-6		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7	
		SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)				
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 6		
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 210		
NORMAS UTILIZADAS		ISRM	Suggested Methods For Determining Shear Strength (1975)			
		ASTM	D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force			
DATOS GENERALES						
Equipo	GCTS - RDS-500					
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89					
Proyecto	Metro Petare-Guarenas-Guatire					
Espécimen	210					
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente					
Coordenadas de la muestra						
Perforación	BH 240- BOX 23 (174-177 m) 13 cm					
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquisto Cuarzo-Grafitosos					
Formación Geológica	Esquisto De Las Mercedes					
Tipo de Roca	Media -					
Inclinación de la Discontinuidad	Elíptico	Referido al eje vertical de la caja				
Tipo de Espécimen	Cilíndrico	Altura	156,7 mm			
		Diámetro	47,8 mm			
		Angulo de inclinación con la vertical: 55°				
Dirección de Esfuerzo de Corte	Eje mayor -	-				
Área Inicial	31,28	cm ²				
Grados de libertad de la Caja de Corte	Todos		GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO			
PROGRAMA DE CARGA						
Etap 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL σ_n				Etap 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE τ_n		
Actuador de Corte				Actuador de Corte		
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte			Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte	
Modo	Constante			Modo	Incremental	
Valor Constante				Valor Inicial	0 mm	
Actuador Normal				Velocidad de Desplazamiento	2 mm/minuto	
Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal			Valor Final	6 mm	
Modo	Incremental			Actuador Normal		
Valor Inicial	0 kPa			Retroalimentación	AI-1: Carga Normal	
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados			Modo	Constante	
Valor Final	kPa			Valor Constante	Relativo	
Adquisición de Datos				Adquisición de Datos		
Incrementos de Tiempo	0.5 segundo			Incrementos de Tiempo	0.2 segundo	
Nivel de Cruce	Seleccionado			Nivel de Cruce	Seleccionado	
Picos/valles	Seleccionado			Picos/valles	Seleccionado	
Entrada Maestra	AI-2: Desplazamiento del actuador normal			Entrada Maestra	AI-4: Desplazamiento de corte	
Sensitividad	0.05 mm			Sensitividad	0.05 mm	
Tiempo Máximo de Ejecución	0.5 minutos			Tiempo Máximo de Ejecución	5 minutos	
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección			Corrección del área para la Deformación por Corte	con corrección	



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 210

Resultados

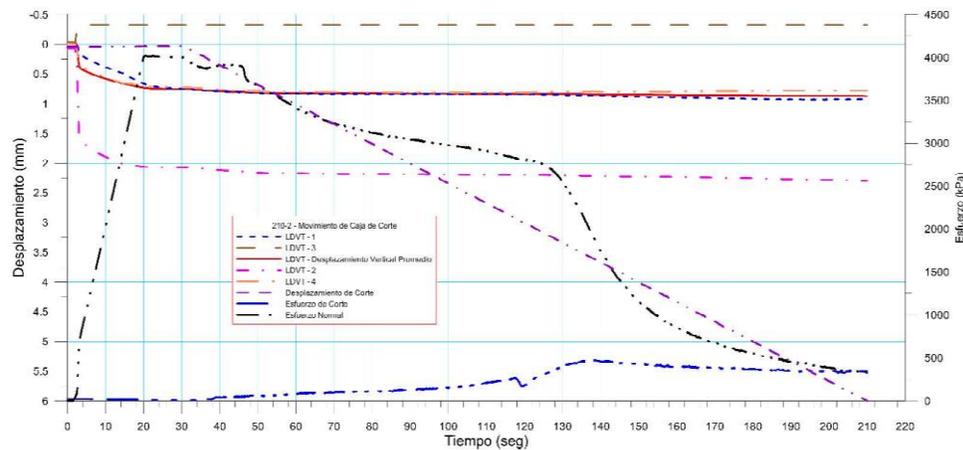
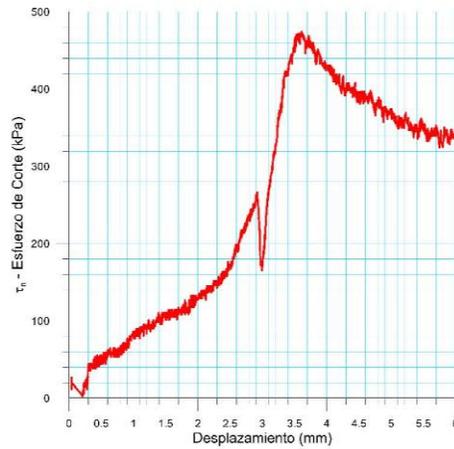
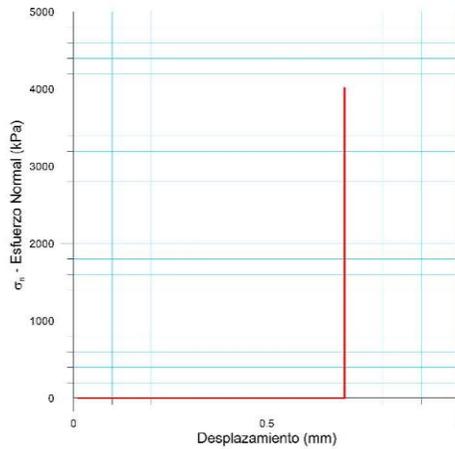
Punto 1	Velocidad de Carga – σ_n 100 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	5.86	-35.16	533.93	506.25	kPa
Tiempo	0.0020	30.0002	205.5680	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0180	0.0080	5.8440	5.9940	mm
Deformación Normal	0.0431	0.3549	1.1708	1.2041	mm
σ - Esfuerzo Normal	0.00	2005.28	2206.50	2169.08	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 210

Punto 2	Velocidad de Carga – σ_n 200 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 4000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	32.25	-386.94	474.53	348.25	kPa
Tiempo	0.0318	30.0002	138.9660	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0430	0.0280	3.6320	5.9950	mm
Deformación Normal	-0.0275	0.7541	0.8408	0.8728	mm
σ - Esfuerzo Normal	0.00	3997.51	1838.47	322.15	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

 RIF: J-00363691-6		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
		SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 6	
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 210	
Punto 3	Velocidad de Carga – σ_n 400 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 8000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	0.00	0.00	0.00	0.00	kPa
Tiempo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	segundos
Deformación de Corte	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	mm
Deformación Normal	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	mm
σ - Esfuerzo Normal	0.00	0.00	0.00	0.00	kPa

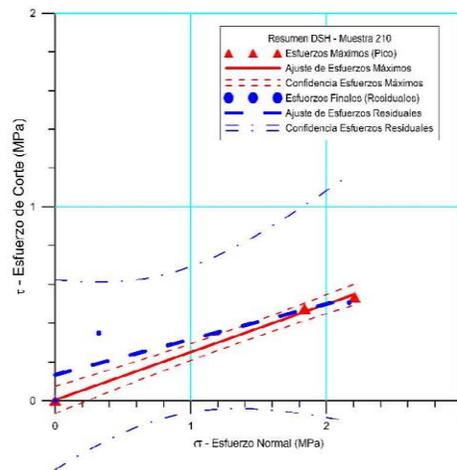
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

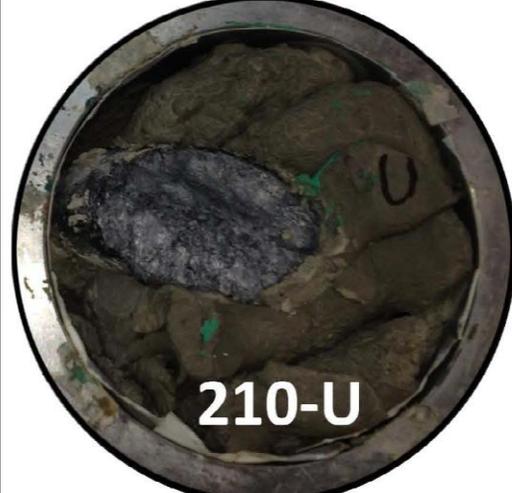
 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 5 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 210

Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	σ_n (MPa)	τ (MPa)	σ_n (MPa)	τ (MPa)
1	2.20650	0.53393	2.16908	0.50625
2	1.83847	0.47453	0.32215	0.34825
3	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$t = 0.24718 * s + 0.00$	$t = 0.18274 * s + 0.13$
Cohesión (c) (MPa)	0.00	0.13
Ángulo de Fricción (ϕ), (grados)	13.88	10.36
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal (σ_n)	1.3483	0.8304
Promedio Esfuerzo de Corte (τ)	0.3362	0.2848
Suma de los residuos cuadrados	0.0005	0.0427
Regresión Suma de los residuos cuadrados	0.1708	0.0915
Coefficiente de Determinación (R^2)	0.9970	0.6819

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 6 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 210
OBSERVACIONES				
INICIAL				
 210-L		 210-U		
FINAL – CAJA INFERIOR		FINAL – CAJA SUPERIOR		

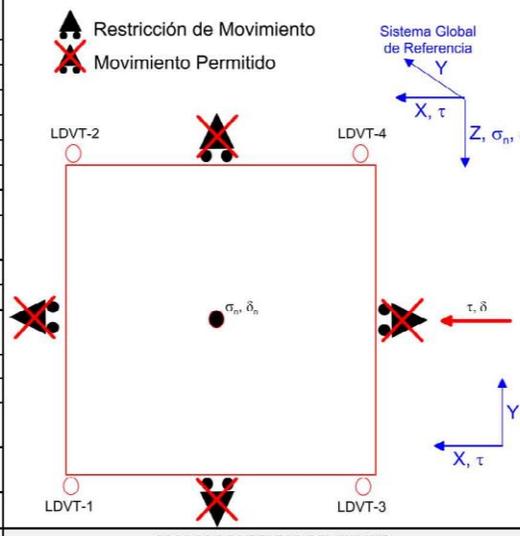
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 222

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining Shear Strength (1975)
	ASTM	D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force

DATOS GENERALES			
Equipo	GCTS - RDS-500		
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89		
Proyecto	Metro Petare-Guarenas-Guatire		
Espécimen	222		
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente		
Coordenadas de la muestra			
Perforación	BH 240- BOX 23 (174-177 m) 267 cm		
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquisto Cuarzo-Grafitosos		
Formación Geológica	Esquisto De Las Mercedes		
Tipo de Roca	Media -		
Inclinación de la Discontinuidad	Circular		Referido al eje vertical de la caja
Tipo de Espécimen	Cilíndrico	Altura	70,5 mm
		Diámetro	48 mm
		Angulo de inclinación con la vertical:	90º
Dirección de Esfuerzo de Corte	Circular	-	
Área Inicial	18,09	cm ²	
Grados de libertad de la Caja de Corte	Todos	GRADOS DE LIBERTAD DEL ENSAYO	

PROGRAMA DE CARGA

Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL σ_n				Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE τ_n			
Actuador de Corte				Actuador de Corte			
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte			Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte		
Modo	Constante			Modo	Incremental		
Valor Constante	Relativo			Valor Inicial	0 mm		
Actuador Normal				Velocidad de Desplazamiento	2 mm/minuto		
Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal			Valor Final	6 mm		
Modo	Incremental			Actuador Normal			
Valor Inicial	0 kPa			Retroalimentación	AI-1: Carga Normal		
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados			Modo	Constante		
Valor Final	kPa			Valor Constante	Relativo		
Adquisición de Datos				Adquisición de Datos			
Incrementos de Tiempo	0.5 segundo			Incrementos de Tiempo	0.2 segundo		
Nivel de Cruce	Seleccionado			Nivel de Cruce	Seleccionado		
Picos/valles	Seleccionado			Picos/valles	Seleccionado		
Entrada Maestra	AI-2: Desplazamiento del actuador normal			Entrada Maestra	AI-4: Desplazamiento de corte		
Sensitividad	0.05 mm			Sensitividad	0.05 mm		
Tiempo Máximo de Ejecución	0.5 minutos			Tiempo Máximo de Ejecución	5 minutos		
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección			Corrección del área para la Deformación por Corte	con corrección		

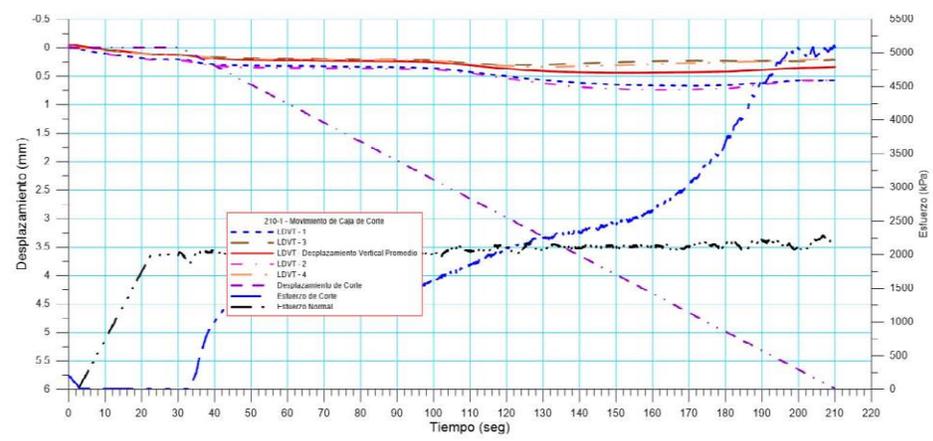
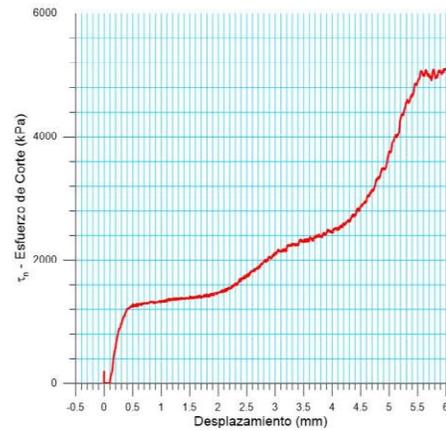
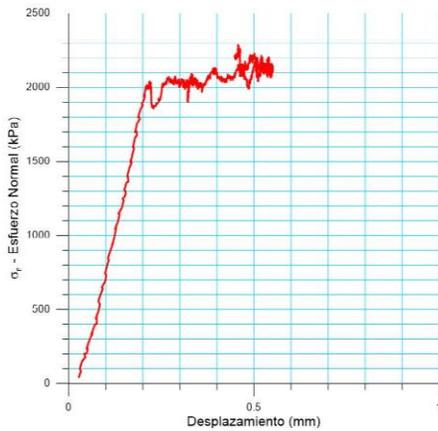
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 222

Resultados

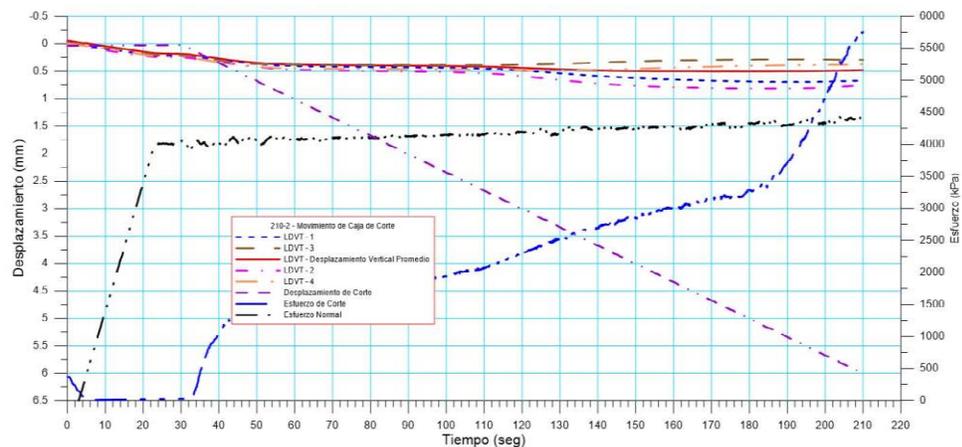
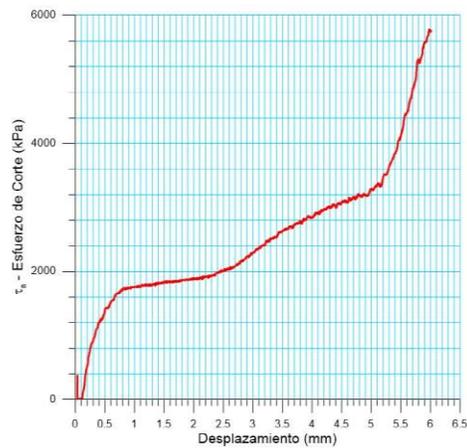
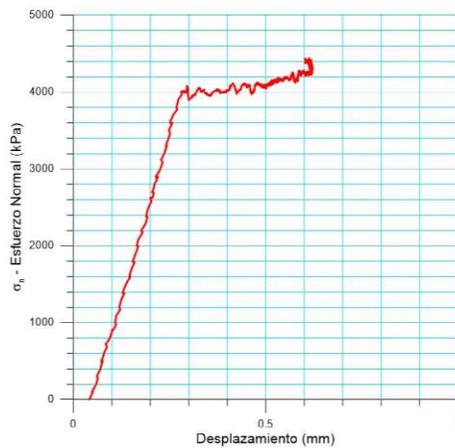
Punto 1	Velocidad de Carga – σ_n 100 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	217.79	-795.19	5132.22	5077.94	kPa
Tiempo	0.0235	30.0002	209.7410	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0000	-0.0080	5.9720	5.9850	mm
Deformación Normal	-0.0554	0.1205	0.3384	0.3384	mm
σ - Esfuerzo Normal	-582.20	1998.71	2226.06	2208.08	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 222

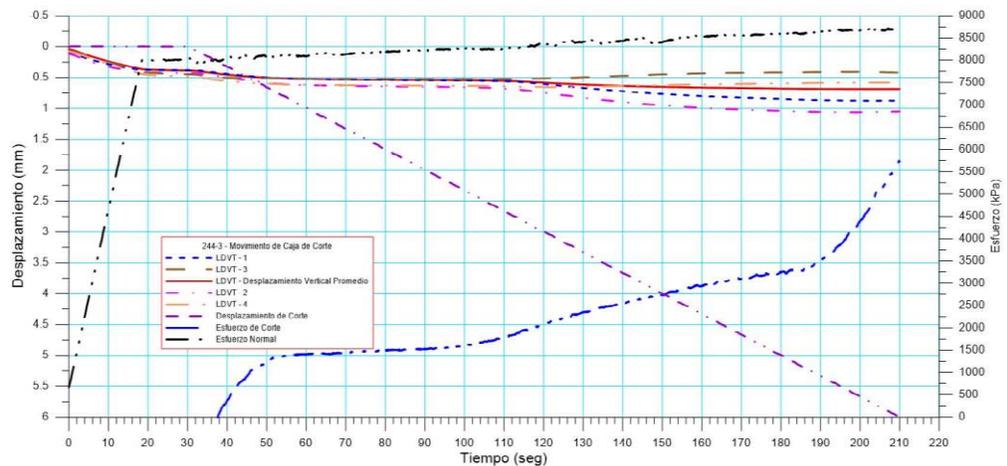
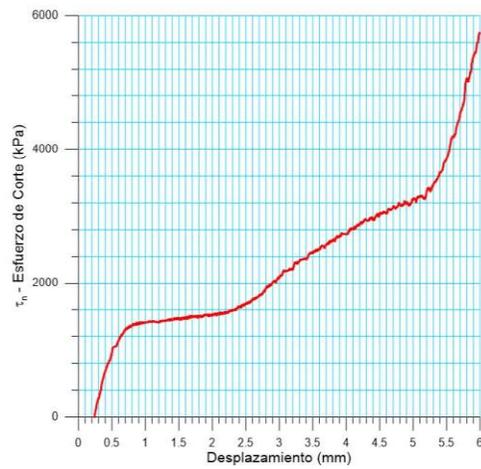
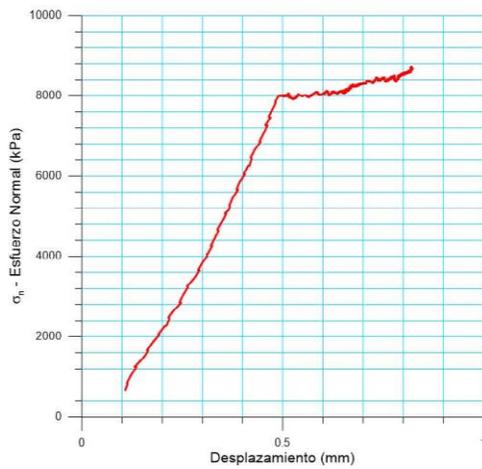
Punto 2	Velocidad de Carga – σ_n 200 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 4000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	400.33	-846.27	5790.86	5743.56	kPa
Tiempo	0.0836	30.0002	209.3610	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0340	0.0250	5.9860	6.0140	mm
Deformación Normal	-0.0630	0.1824	0.4780	0.4762	mm
σ - Esfuerzo Normal	-582.20	3991.04	4416.27	4372.11	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 222

Punto 3	Velocidad de Carga – σ_n 400 kPa/segundo	Valor Final – σ_n 8000 kPa			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	-400.14	-1950.06	5758.66	5742.35	kPa
Tiempo	0.0127	30.0002	209.9020	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0030	0.0000	5.9970	6.0000	mm
Deformación Normal	0.0408	0.3871	0.6850	0.6847	mm
σ - Esfuerzo Normal	683.13	8012.05	8741.96	8723.97	kPa

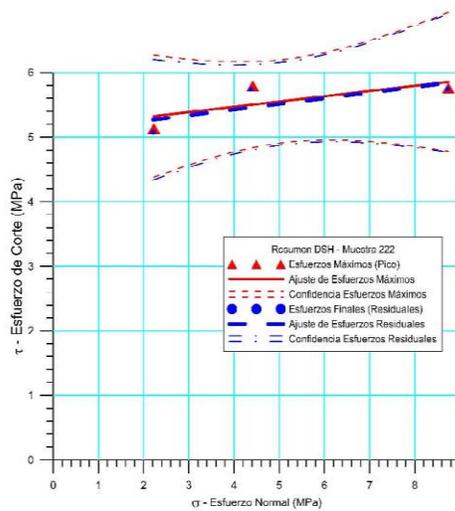


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 5 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 222

Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	σ_n (MPa)	τ (MPa)	σ_n (MPa)	τ (MPa)
1	2.22606	5.13222	2.20808	5.07794
2	4.41627	5.79086	4.37211	5.74356
3	8.74196	5.75866	8.72397	5.74235



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$t = 0.08163 * s + 5.14$	$t = 0.08724 * s + 5.08$
Cohesión (c) (MPa)	5.14	5.08
Ángulo de Fricción (ϕ), (grados)	4.67	4.99
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal (σ_n)	5.1281	5.1014
Promedio Esfuerzo de Corte (τ)	5.5606	5.5213
Suma de los residuos cuadrados	0.1292	0.1272
Regresión Suma de los residuos cuadrados	0.1465	0.1676
Coefficiente de Determinación (R^2)	0.5314	0.5685

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 6 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 222
OBSERVACIONES				
INICIAL				
 395-L		 395-U		
FINAL – CAJA INFERIOR		FINAL – CAJA SUPERIOR		

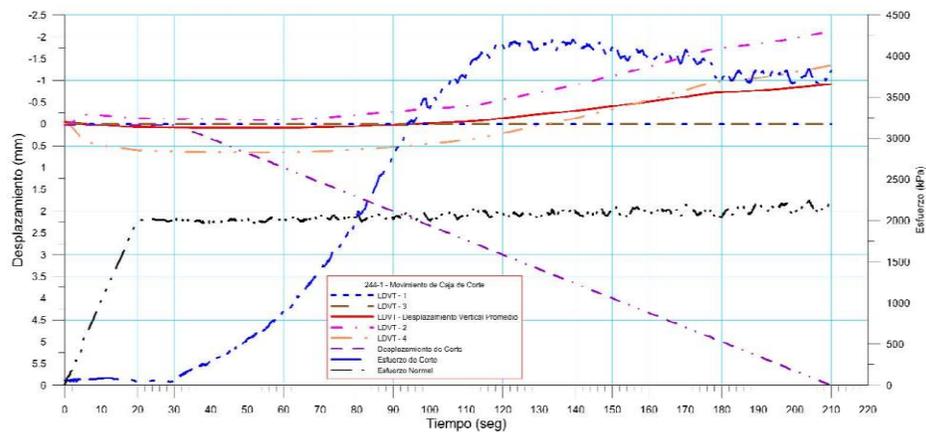
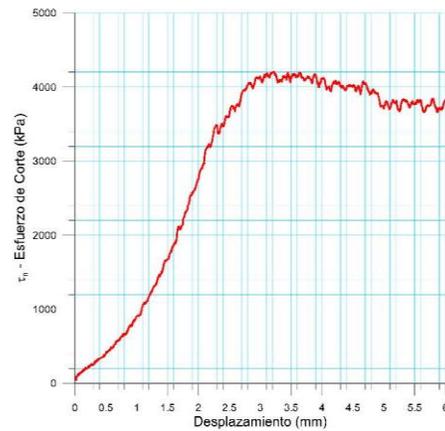
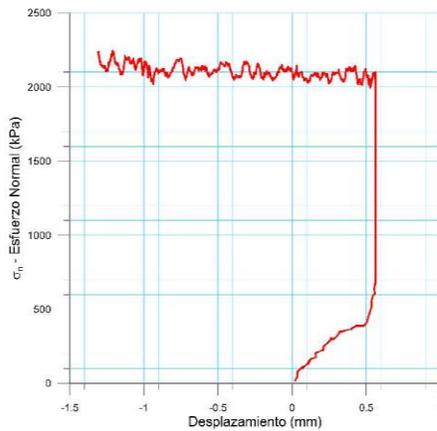
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

Resultados

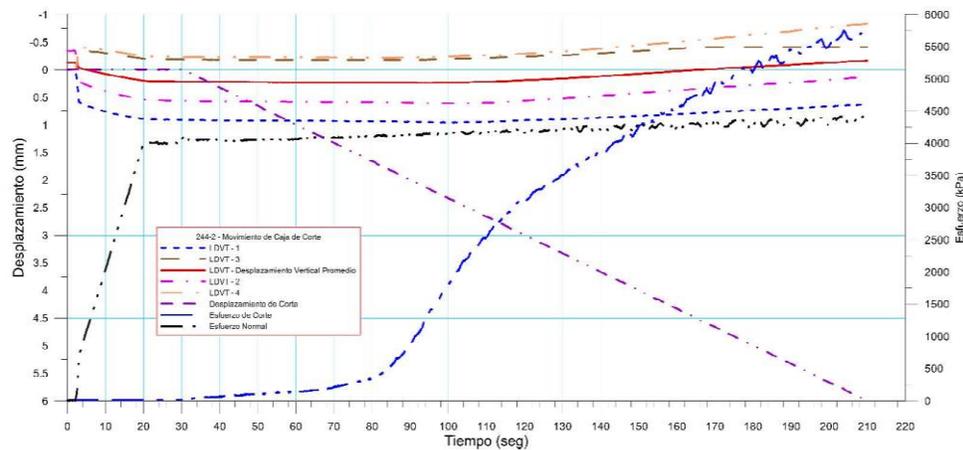
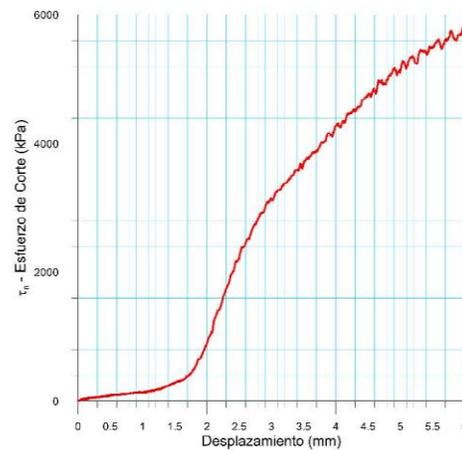
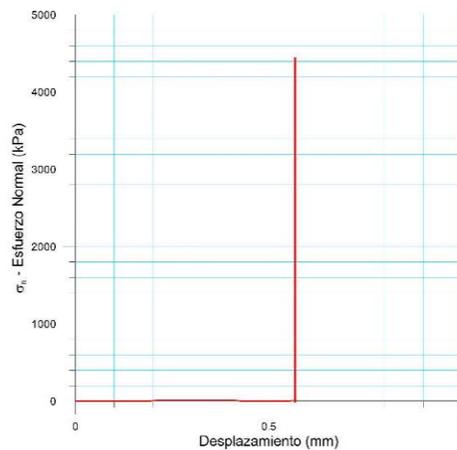
Punto 1	Velocidad de Carga – σ_n 100 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	91.17	35.45	4224.86	3818.84	kPa
Tiempo	6.8497	30.0002	126.0920	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0220	0.0170	3.2020	5.9970	mm
Deformación Normal	0.0070	0.0810	-0.1872	-0.9153	mm
σ - Esfuerzo Normal	8.43	1998.71	2109.52	2236.10	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

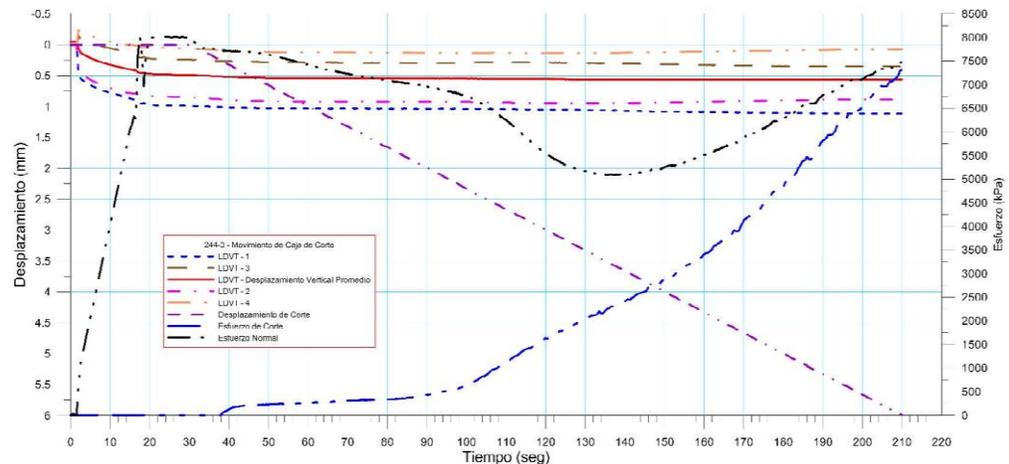
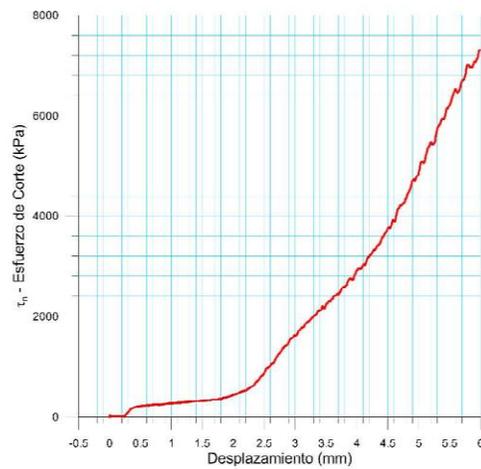
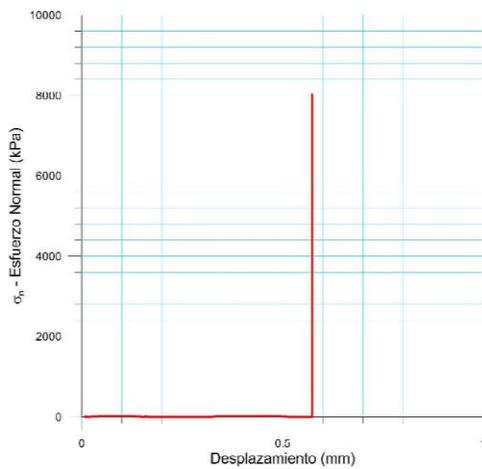
Punto 2	Velocidad de Carga – σ_n 200 kPa/segundo	Valor Final – σ_n 4000 kPa			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	10.13	-91.17	5830.36	5813.65	kPa
Tiempo	0.0015	30.0002	210.0010	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0020	-0.0030	5.9950	5.9940	mm
Deformación Normal	-0.1324	0.2129	-0.1685	-0.1690	mm
σ - Esfuerzo Normal	8.43	4005.85	4435.29	4425.99	kPa



Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-2000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

Punto 3	Velocidad de Carga – σ_n 400 kPa/segundo	Valor Final – σ_n 8000 kPa			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	25.33	-1002.87	7311.27	7305.74	kPa
Tiempo	0.3840	30.0002	209.9930	210.0010	segundos
Deformación de Corte	0.0030	0.0000	5.9940	5.9940	mm
Deformación Normal	-0.0467	0.4894	0.5614	0.5603	mm
σ - Esfuerzo Normal	8.43	7995.02	7480.93	7480.93	kPa

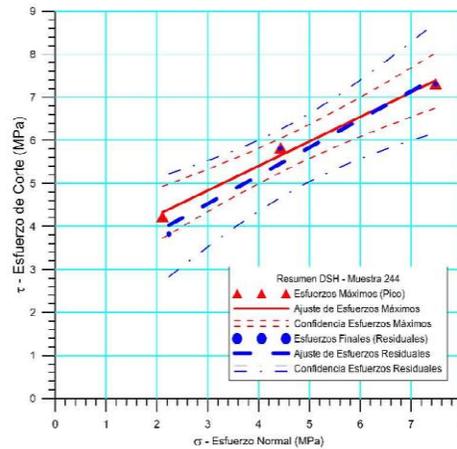


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 5 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244

Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	σ_n (MPa)	τ (MPa)	σ_n (MPa)	τ (MPa)
1	2.10952	4.22486	2.23610	3.81884
2	4.43529	5.83036	4.42599	5.81365
3	7.48093	7.31127	7.48093	7.30574



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$t = 0.57015 * s + 3.12$	$t = 0.65363 * s + 2.56$
Cohesión (c) (MPa)	3.12	2.56
Ángulo de Fricción (ϕ), (grados)	29.69	33.17
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal (σ_n)	4.6752	4.7143
Promedio Esfuerzo de Corte (τ)	5.7888	5.6461
Suma de los residuos cuadrados	0.0480	0.1919
Regresión Suma de los residuos cuadrados	4.7176	5.9295
Coefficiente de Determinación (R^2)	0.9899	0.9687

OBSERVACIONES

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 6 de 6
	C. OLIVEROS	M.CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 244
INICIAL				
 <p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">244-L</p>		 <p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">244-U</p>		
FINAL – CAJA INFERIOR		FINAL – CAJA SUPERIOR		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-250

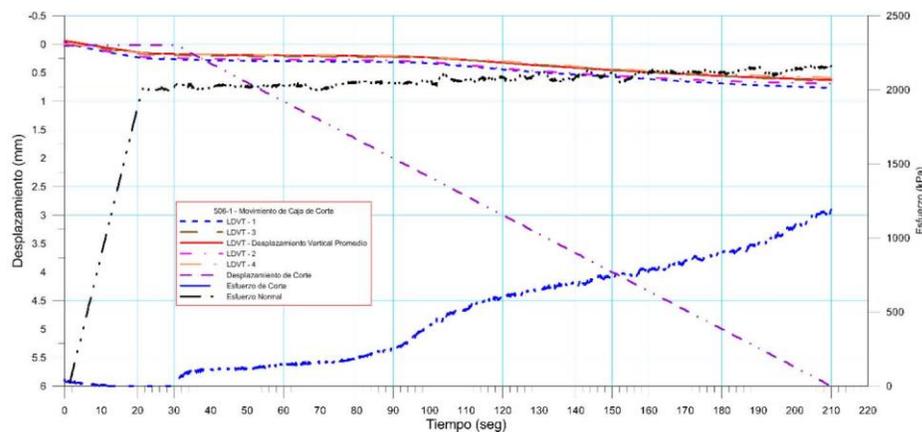
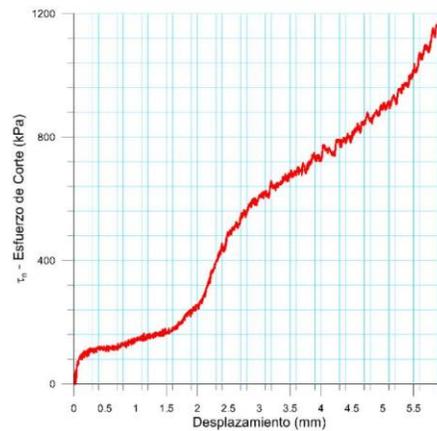
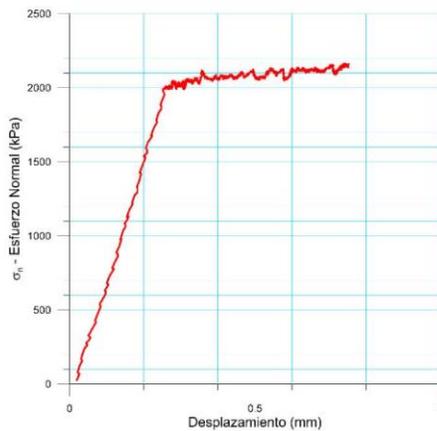
 RIF: J-00363691-6		LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
		SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 6	
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Especimen: 506	
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Suggested Methods For Determining Shear Strength (1975)			
	ASTM	D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force			
DATOS GENERALES					
Equipo	GCTS - RDS-500				
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89				
Proyecto	Metro Petare-Guarenas-Guatire				
Especimen	506				
Origen del Especimen	Suministrado por el cliente				
Coordenadas de la muestra					
Perforación	BH 250- BOX 6 (38,5-41,5 m) 0 cm				
Clasificación Geológica del Especimen	Esquisto Cuarzo-Grafitosos				
Formación Geológica	Esquisto De Las Mercedes				
Tipo de Roca	-media				
Inclinación de la Discontinuidad	Referido al eje vertical de la caja				
Tipo de Especimen	Cilíndrico	Altura	75,9 mm		
		Diámetro	63 mm		
		Angulo de inclinación con la vertical:	0°		
Dirección de Esfuerzo de Corte	- Circular				
Área Inicial	31,17245 cm ²				
Grados de libertad de la Caja de Corte	Todos				
PROGRAMA DE CARGA					
Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL σ_n			Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE τ_n		
Actuador de Corte			Actuador de Corte		
Retroalimentación	Al-4: Desplazamiento de Corte		Retroalimentación	Al-4: Desplazamiento de Corte	
Modo	Constante		Modo	Incremental	
Valor Constante	Relativo		Valor Inicial	0 mm	
Actuador Normal			Velocidad de Desplazamiento	2 mm/minuto	
Retroalimentación	TI-2: σ_n – Esfuerzo Normal		Valor Final	6 mm	
Modo	Incremental		Actuador Normal		
Valor Inicial	0 kPa		Retroalimentación	Al-1: Carga Normal	
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados		Modo	Constante	
Valor Final	kPa		Valor Constante	Relativo	
Adquisición de Datos			Adquisición de Datos		
Incrementos de Tiempo	0.5 segundo		Incrementos de Tiempo	0.2 segundo	
Nivel de Cruce	Seleccionado		Nivel de Cruce	Seleccionado	
Picos/valles	Seleccionado		Picos/valles	Seleccionado	
Entrada Maestra	Al-2: Desplazamiento del actuador normal		Entrada Maestra	Al-4: Desplazamiento de corte	
Sensitividad	0.05 mm		Sensitividad	0.05 mm	
Tiempo Máximo de Ejecución	0.5 minutos		Tiempo Máximo de Ejecución	5 minutos	
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección		Corrección del área para la Deformación por Corte	con corrección	



 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506

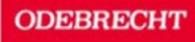
Resultados

Punto 1	Velocidad de Carga – σ_n 100 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	49,98	-35,28	1197,40	1187,98	kPa
Tiempo	0,0122	30,0002	209,9860	210,0010	segundos
Deformación de Corte	0,0260	0,0120	5,9950	5,9950	mm
Deformación Normal	-0,0577	0,1708	0,6262	0,6260	mm
σ - Esfuerzo Normal	19,58	1997,39	2166,45	2155,98	kPa

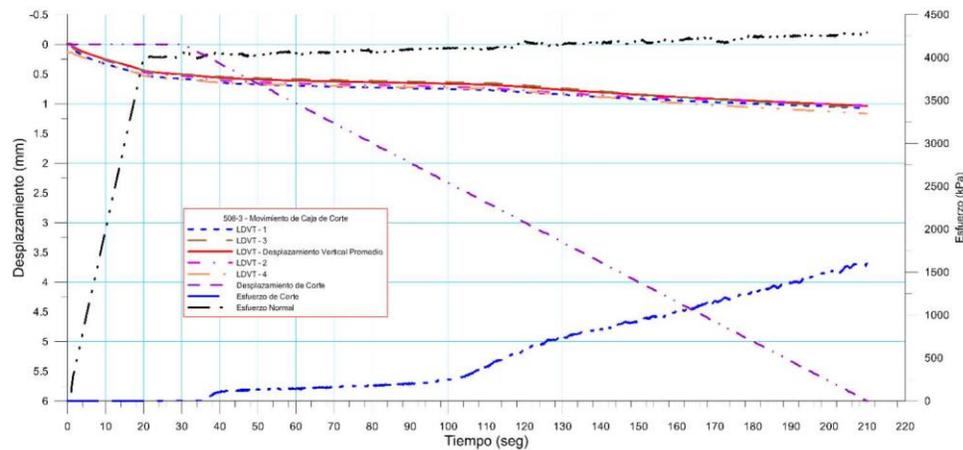
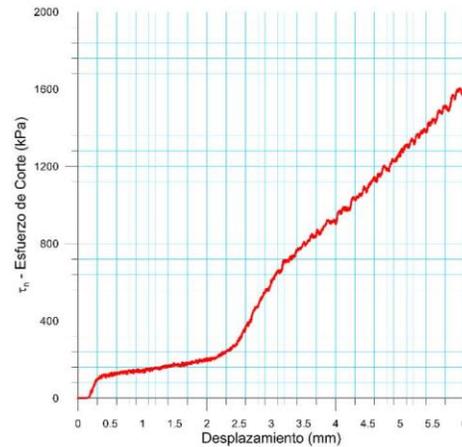
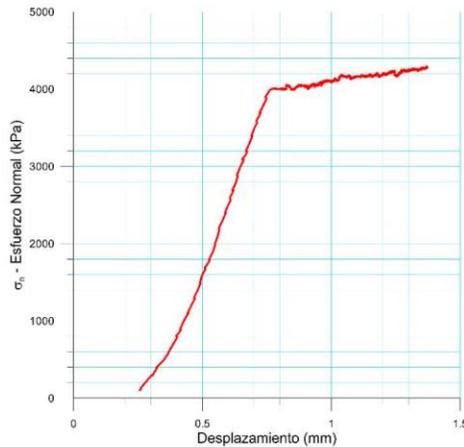


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506

Punto 2	Velocidad de Carga – σ_n 200 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 4000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	5,88	-443,96	1614,14	1599,68	kPa
Tiempo	0,0015	30,0002	207,9050	210,0010	segundos
Deformación de Corte	0,0000	0,0000	5,9280	5,9950	mm
Deformación Normal	-0,0119	0,5016	1,0302	1,0369	mm
σ - Esfuerzo Normal	0,00	4004,57	4282,45	4291,03	kPa

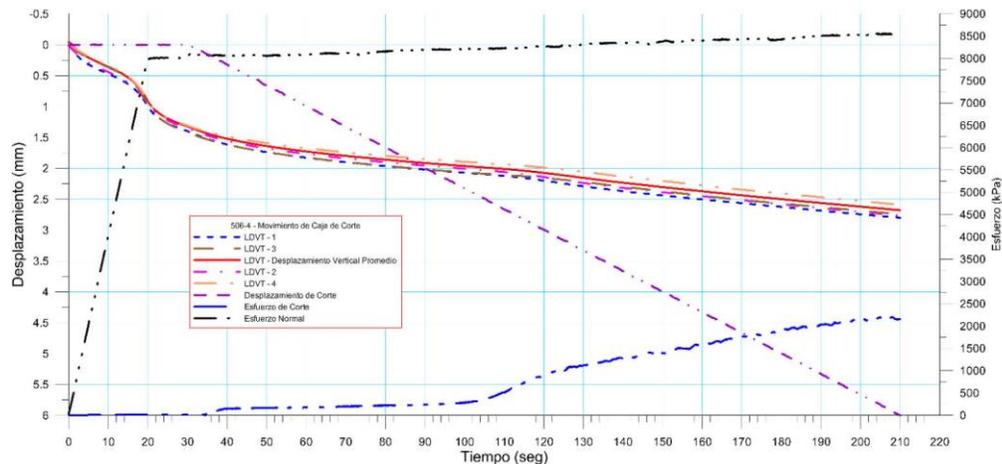
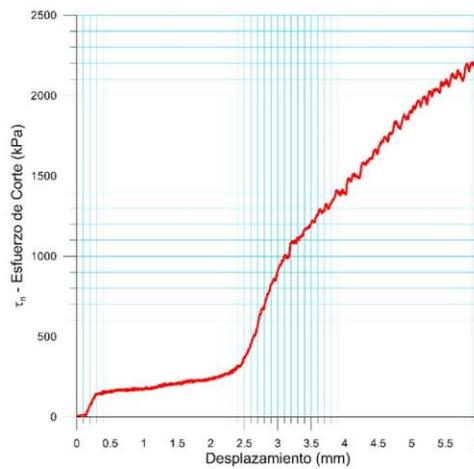
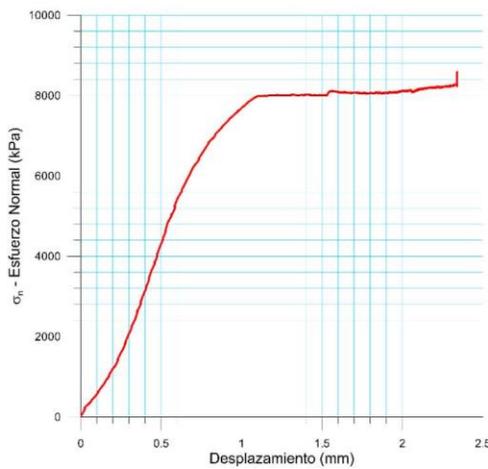


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506

Punto 3	Velocidad de Carga – σ_n 400 kPa/segundo		Valor Final – σ_n 8000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
τ - Esfuerzo de Corte	11,76	-391,06	2217,20	2168,57	kPa
Tiempo	0,0020	30,0002	208,0690	210,0010	segundos
Deformación de Corte	0,0050	0,0020	5,9320	5,9950	mm
Deformación Normal	-0,0422	1,3209	2,6669	1,0369	mm
σ - Esfuerzo Normal	44,0600	8014,4400	8549,6800	4291,0300	kPa



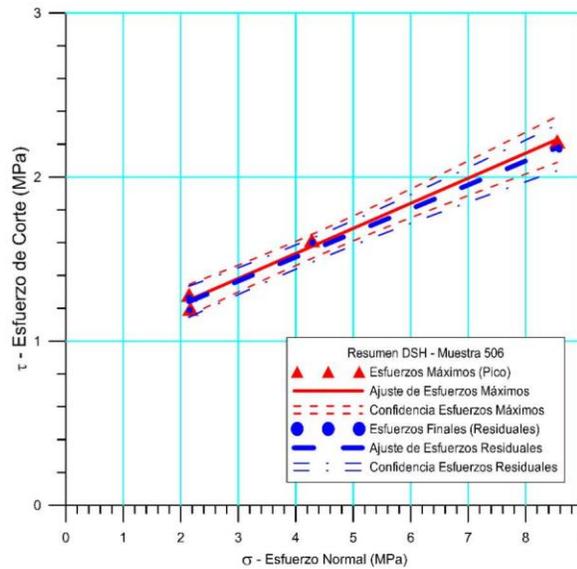
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 5 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506

Cuadro Resumen de los Resultados

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	σ_n (MPa)	τ (MPa)	σ_n (MPa)	τ (MPa)
1	2,16645	1,19740	2,15598	1,18798
2	2,14552	1,28226	2,14028	1,26340
3	4,28245	1,61414	4,29103	1,59968



VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta		
Cohesión (c) (MPa)	0,86	0,85
Ángulo de Fricción (ϕ), (grados)	9,97	9,89
Número de puntos	4	4
Promedio Esfuerzo Normal (σ_n)	2,8648	2,8624
Promedio Esfuerzo de Corte (τ)	1,3646	1,3504
Suma de los residuos cuadrados	0,0039	0,0031
Regresión Suma de los residuos cuadrados	0,0931	0,0930
Coefficiente de Determinación (R^2)	0,9596	0,9682

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 6 de 6
	C. OLIVEROS	M. CASTILLEJO	30-09-2013	Espécimen: 506
OBSERVACIONES				
INICIAL				
 506-L		 506-U		
FINAL – CAJA INFERIOR		FINAL – CAJA SUPERIOR		

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

7.6 Reportes Cerchar

BH-19

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 19

NORMAS UTILIZADAS	ISRM ASTM	ND D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	19	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-19-BOX-19 (123-125 m)33 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	123.33 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
<p>300 μm = Valor CAI determinado 3.00</p>		
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR	
ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo, Facultad de Ingeniería, Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 24

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	24	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-19-BOX-19 (123-125 m)95 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	123.95 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_1^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
310 μm =	Valor CAI determinado	3.10
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	
	Punta de Acero después del ensayo	

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 29

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND		
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method		
DATOS GENERALES				
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X			
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Espécimen	29			
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente			
Coordenadas de la perforación	ND			
Perforación	BH-19-BOX-18 (120-123 m)33 cm			
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso			
Formación Geológica	LAS MERCEDES			
Tipo de Roca	Dura			
Profundidad	120.33 m			
Dureza del acero de la punta	HRC 55			
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo		
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>				
<table border="1"> <tr> <td>340 μm =</td> <td>Valor CAI determinado</td> <td>3.40</td> </tr> </table>			340 μm =	Valor CAI determinado
340 μm =	Valor CAI determinado	3.40		
Clasificación de Abrasividad del espécimen		Punta de Acero después del ensayo		

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

BH-21

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 10

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	10	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-21-BOX-31 (163-166 m) 143 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	164.43 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		
$CAI = \frac{1}{100} \sum_1^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		<p style="text-align: center;">Muestra después del ensayo</p>
<p>310 μm = Valor CAI determinado 3.10</p>	<p style="text-align: center;">Punta de Acero después del ensayo</p>	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR	
ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 11-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	11-1	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-21-BOX-31 (163-166 m) 128 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	164.28 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
260 μm =	Valor CAI determinado	2.60
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	
	Punta de Acero después del ensayo	

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

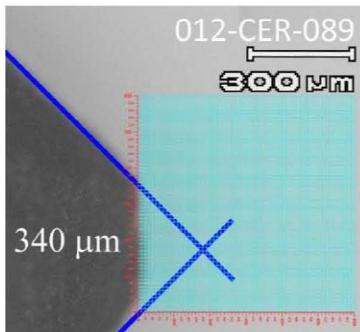
ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			 
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		10-12-2013	Espécimen: 12

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	12	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-21-BOX-31 (163-166 m) 158 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	164.58 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
340 μm =	Valor CAI determinado 3.40	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-240

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 237-2

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	237-2	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-240-BOX-25 (183-186 m) 234 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	185.34 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_1^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
210 µm =	Valor CAI determinado	2.10
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			 
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 243-2

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	243-2	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-240-BOX-25 (186-189 m) 202 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	188.02 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
320 µm =	Valor CAI determinado	3.20
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 246-1

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	246-1	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-240-BOX-25 (189-190 m) 31 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	189.31 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
<p>110 μm = Valor CAI determinado 1.10</p>		
Clasificación de Abrasividad del espécimen		Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-250

ODEBRECHT	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 507

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	507	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-250-BOX-6 (38.5-41.5 m) 10 cm	
Clasificación Geológica del espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	38.60 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		<p>Muestra después del ensayo</p>
<p>290 μm = Valor CAI determinado 2.90</p>		<p>Punta de Acero después del ensayo</p>
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 508

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	508	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-250-BOX-6 (38.5-41.5 m) 47 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	38.97 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
450 μm =	Valor CAI determinado 4.50	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas

Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Abrasividad – Método CERCHAR			
	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	M. CASTILLEJO		11-12-2013	Espécimen: 511

NORMAS UTILIZADAS	ISRM	ND
	ASTM	D7625 – 10 - Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method
DATOS GENERALES		
Equipos	GCTS - RAA-100 Rock Abrasiveness Apparatus Olympus – Microscopio BX60 Objetivo 100X	
Proyecto	Sistema de Transporte Caracas – Guarenas - Guatire	
Espécimen	511	
Origen del Espécimen	Suministrado por el cliente	
Coordenadas de la perforación	ND	
Perforación	BH-250-BOX-6 (38.5-41.5 m) 122 cm	
Clasificación Geológica del Espécimen	Esquistos Cuarzo-Grafitoso	
Formación Geológica	LAS MERCEDES	
Tipo de Roca	Dura	
Profundidad	39.72 m	
Dureza del acero de la punta	HRC 55	
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR		Muestra después del ensayo
$CAI = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^6 d_i$ <p>Donde: d_i = es el diámetro de área desgastada medida en 0.1 mm</p>		
210 µm =	Valor CAI determinado 2.10	
Clasificación de Abrasividad del espécimen	ALTA	Punta de Acero después del ensayo

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR

ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
QUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad

Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

BH-21

Muestra	Numero	TIPO	Descripción	Altura F	diámetro F	Angulo Rad	Angulo grado	D1	D2	D3	Prom_D	H1	H2	H3	PROM_H	Peso
1	1	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,780	4,790	4,800	4,790	9,870	9,890	9,900	9,887	476,600
1	2	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,760	4,750	4,760	4,750	2,070	2,100	2,080	2,083	
2	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,780	4,790	4,790	4,787	11,900	11,910	11,905	11,905	574,800
2	2	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,740	4,730	4,740	4,737	3,050	3,040	3,040	3,043	
4	1	B	BH21-BOX 3l	1,8	4,7	0,189	10,840	4,750	4,750	4,750	4,750	11,310	11,350	11,350	11,337	555,400
4	2	B	BH21-BOX 3l	1,8	4,7	0,189	10,840	4,770	4,760	4,770	4,767	11,290	11,280	11,287	11,287	545,100
5	1	B	BH21-BOX 3l	1,5	4,7	0,158	9,067	4,790	4,790	4,740	4,760	11,150	11,180	11,150	11,160	535,900
5	2	B	BH21-BOX 3l	1,5	4,7	0,158	9,067	4,760	4,780	4,760	4,767	11,000	11,000	11,000	11,000	531,200
5	3	B	BH21-BOX 3l	1,5	4,7	0,158	9,067	4,800	4,790	4,810	4,800	10,420	10,490	10,400	10,437	496,100
6	1	B	BH21-BOX 3l	1,4	4,7	0,148	8,471	4,790	4,780	4,790	4,787	9,220	9,280	9,240	9,247	438,500
7	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,780	4,760	4,760	4,767	11,110	11,090	11,080	11,093	543,300
7	2	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,760	4,760	4,760	4,760	11,000	11,000	11,030	11,010	534,700
7	3	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,750	4,760	4,770	4,760	2,100	2,100	2,100	2,100	
7	4	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,750	4,760	4,750	4,753	1,800	1,790	1,790	1,793	
8	1	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,780	4,760	4,780	4,773	10,700	10,670	10,670	10,680	516,000
8	2	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,770	4,790	4,790	4,783	10,500	10,490	10,470	10,487	512,300
8	3	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,780	4,790	4,760	4,777	10,960	10,970	10,960	10,963	530,600
8	4	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,760	4,760	4,770	4,763	10,700	10,730	10,730	10,720	519,900
8	5	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,750	4,750	4,766	4,755	2,120	2,130	2,130	2,127	
8	6	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,740	4,750	4,750	4,747	2,090	2,080	2,070	2,080	
8	7	B	BH21-BOX 3l	1,7	4,7	0,179	10,251	4,750	4,750	4,760	4,753	1,780	1,780	1,790	1,783	
9	1	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,760	4,750	4,760	4,757	12,800	12,810	12,800	12,803	622,200
9	2	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,470	4,770	4,750	4,663	12,010	12,050	12,020	12,027	584,300
9	3	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,760	4,760	4,770	4,763	2,520	2,490	2,500	2,503	
9	4	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,780	4,780	4,770	4,767	2,030	2,000	2,000	2,010	
9	5	B	BH21-BOX 3l	2,1	4,7	0,220	12,593	4,750	4,750	4,760	4,753	1,250	1,260	1,240	1,250	
10	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,780	4,810	4,790	4,793	11,910	11,930	11,890	11,910	573,800
11	1	B	BH21-BOX 3l	2,9	4,7	0,299	17,146	4,770	4,800	4,770	4,780	12,310	12,300	12,280	12,297	592,800
11	2	B	BH21-BOX 3l	2,9	4,7	0,299	17,146	4,770	4,780	4,770	4,773	12,800	12,790	12,800	12,797	618,800
12	1	B	BH21-BOX 3l	4,2	4,7	0,420	24,075	4,750	4,760	4,770	4,760	11,940	11,900	11,920	11,920	578,200
13	1	B	BH21-BOX 3l	1,5	4,7	0,158	9,067	4,800	4,790	4,790	4,793	9,740	9,690	9,760	9,730	461,200
14	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,770	4,750	4,780	4,767	9,710	9,700	9,710	9,707	476,400
14	2	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,770	4,780	4,770	4,767	11,680	11,660	11,640	11,660	574,900
15	1	B	BH21-BOX 3l	3,5	4,7	0,356	20,422	4,800	4,795	4,790	4,795	9,390	9,300	9,305	9,312	446,300
16	1	B	BH21-BOX 3l	2,6	4,7	0,270	15,461	4,710	4,790	4,820	4,773	11,965	12,100	11,950	12,005	577,000
16	2	B	BH21-BOX 3l	2,6	4,7	0,270	15,461	4,770	4,800	4,790	4,787	11,420	11,380	11,390	11,397	549,800
17	1	B	BH21-BOX 3l	1,9	4,7	0,199	11,427	4,770	4,770	4,760	4,767	7,350	7,310	7,330	7,330	358,900
17	2	B	BH21-BOX 3l	1,9	4,7	0,199	11,427	4,760	4,760	4,770	4,763	12,340	12,340	12,340	12,347	602,000
17	3	B	BH21-BOX 3l	1,9	4,7	0,199	11,427	4,780	4,740	4,760	4,757	12,150	12,150	12,140	12,147	589,700
18	1	B	BH21-BOX 3l	2,2	4,7	0,230	13,173	4,750	4,770	4,770	4,757	8,720	8,720	8,730	8,723	416,400
26	2	B	BH21-BOX 14	2,4	4,7	0,250	14,323									
13	2	absorcion	BH21-BOX 3l (163-166 m) 172 cm													
9	6	absorcion	BH21-BOX 3l (163-166 m) 093 cm													
14	3	absorcion	BH21-BOX 3l (163-166 m) 207 cm													

BH-240

Muestra	Numero	Muestra	Altura_F	Angulo Rad	Angulo grad	D1	D2	D3	Prom_D	H1	H2	H3	PROM_H	Peso	
210	1BH 240- BOX 23 (174-177 m) 13 cm		7.3	0.65	37.38	4.78	4.77	4.78	4.78	4.78	15.67	15.67	15.68	15.67	547.8
214	1BH 240- BOX 23 (174-177 m) 64 cm		5.8	0.54	31.14	4.8	4.81	4.81	4.79	4.80	12.4	12.39	12.4	12.40	607.6
218	1BH 240- BOX 23 (174-177 m) 201 cm					4.8	4.8	4.82	4.82	4.81	4	4	4.01	4.00	191.8
222	1BH 240- BOX 23 (174-177 m) 267 cm		7.4	0.66	37.65	4.8	4.8	4.79	4.80	4.80	7.5	7.49	7.5	7.50	324.1
229	1BH 240- BOX 24 (180-183 m) 295 cm		2.7	0.27	15.68	4.81	4.8	4.82	4.81	4.81	11.3	11.35	11.32	11.32	500.5
232	1BH 240- BOX 24 (180-183 m) 365 cm		2.4	0.24	13.90	4.85	4.88	4.82	4.85	4.85	3.49	3.51	3.59	3.53	156.3
232	2BH 240- BOX 24 (180-183 m) 365 cm		1.5	0.15	8.76	4.85	4.85	4.85	4.9	4.87	2.56	2.02	2.09	2.22	103.4
237	2BH 240- BOX 25 (183-186 m) 234 cm					4.82	4.82	4.83	4.82	4.82	11.7	11.68	11.69	11.69	591.2
237	3BH 240- BOX 25 (183-186 m) 234 cm					4.85	4.84	4.85	4.85	4.85	10.86	10.8	10.83	10.83	529.5
240	1BH 240- BOX 25 (186-189 m) 119 cm					4.86	4.83	4.83	4.83	4.84	12.46	12.46	12.45	12.46	623.4
240	2BH 240- BOX 25 (186-189 m) 119 cm					4.86	4.85	4.85	4.85	4.85	12.73	12.74	12.73	12.73	640.8
240	3BH 240- BOX 25 (186-189 m) 119 cm					4.85	4.86	4.85	4.85	4.85	12.55	12.54	12.53	12.54	631.9
240	4BH 240- BOX 25 (186-189 m) 119 cm					4.85	4.84	4.86	4.86	4.85	11.38	11.37	11.35	11.37	574.9
243	1BH 240- BOX 25 (186-189 m) 202 cm		5.7	0.53	30.46	4.85	4.84	4.85	4.85	4.85	12.2	12.19	12.2	12.20	590
243	2BH 240- BOX 25 (186-189 m) 202 cm			0.53	30.37	4.85	4.85	4.86	4.85	4.85	10.91	10.95	10.98	10.95	551
243	3BH 240- BOX 25 (186-189 m) 202 cm					4.82	4.83	4.82	4.82	4.82	2.1	2.09	2	2.06	103.5
244	1BH 240- BOX 25 (189-190 m) 12 cm		2.7	0.27	15.70	4.8	4.81	4.8	4.8	4.80	3.87	3.85	3.85	3.86	194.6
246	1BH 240- BOX 25 (189-190 m) 31 cm			0.27	15.47	4.85	4.86	4.84	4.84	4.85	11.88	11.87	11.88	11.8766667	604.4
246	2BH 240- BOX 25 (189-190 m) 31 cm					4.81	4.75	4.82	4.79333333	4.82	12.2	12.2	12.21	12.2033333	634.6

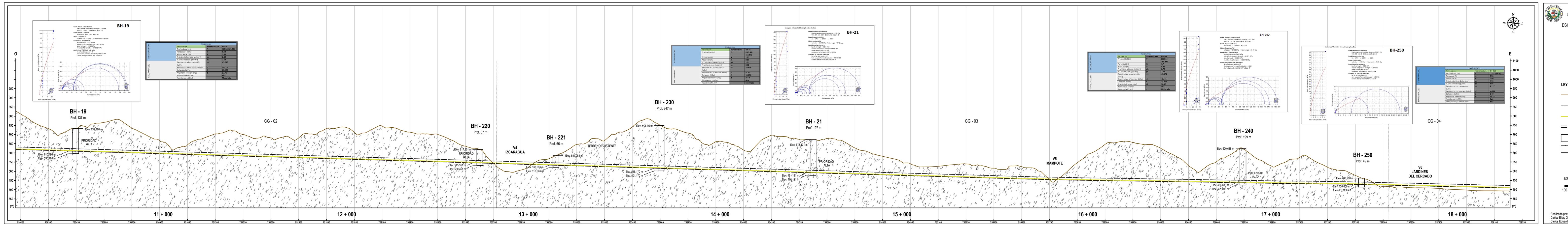
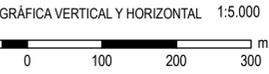
BH-250

Muestra	Numero	Muestra	Altura_F	diametro_F	Angulo Rad	Angulo grad	D1	D2	D3	Prom_D	H1	H2	H3	PROM_H	Peso
501	1	BH 250-BOX 3 (14,5-6 m) 15 cm	1.1	6.3	0.09	4.99	63.00	62.90	63.00	63.00	62.97	132.00	131.50	131.80	1,055.00
501	2	BH 250-BOX 3 (14,5-6 m) 15 cm					63.10	63.00	63.10	63.07	21.00	21.00	21.30	21.20	179.80
502	1	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 22 cm													
503	1	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 32 cm	0.7	6.3	0.06	3.18	62.70	63.00	63.00	62.90	22.40	22.40	23.10	22.60	176.40
504	1	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 36 cm	1.3	6.3	0.10	5.89	62.80	62.90	62.90	62.87	20.30	20.30	20.20	21.10	162.10
505	1	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 46 cm					63.10	62.90	63.00	63.00	34.50	34.50	33.10	31.60	252.30
505	2	BH 250-BOX 3 (16-17,5 m) 46 cm	2	6.3	0.16	9.02	63.30	63.00	63.00	63.10	34.00	34.00	31.50	34.20	244.80
506	1	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 0 cm	3.7	6.3	0.29	16.36									465.00
509	1	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 92 cm	1.4	6.3	0.11	6.34	64.00	63.00	63.00	63.33	124.00	124.00	124.10	124.00	983.80
510	1	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 112 cm					63.20	63.10	63.10	63.13	25.30	25.30	25.20	25.20	199.70
510	2	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 112 cm					63.10	63.00	63.10	63.07	24.00	24.00	24.60	24.20	189.00
511	1	BH 250-BOX 6 (38,5-41,5 m) 122 cm					63.00	63.00	63.00	63.00	127.00	127.00	126.80	126.70	1,000.70

MODELO GEOMECÁNICO

LEYENDA

- Topografía
- Límite entre secciones
- Tdr
- Anillos del túnel
- Perforaciones
- Esquisto de Las Mercedes



BH-19

Perforación	Parámetros	Nomenclatura	BH-19
Profundidad (m)	P	183.99	(85.90-102.00)
Porosidad (%)	n	1.52	
Absorción (%)	A	0.58	
P. Unitario húmedo (gr/cm ³)	ph	2.64	
P. Unitario seco (gr/cm ³)	ps	2.63	
Resistencia a la tracción (MPa)	σt	2.70	
Resistencia a la compresión (MPa)	σc	53.406	
Resistencia a la tracción (MPa)	σt	11.259	
Cohesión (MPa)	C	11.259	
Ángulo de fricción (deg)	φ	32.40	
Abrasión cerchar	-	Alta	
Resistencia L.S.M.R.	-	Moderada	

BH-21

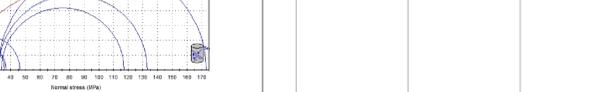
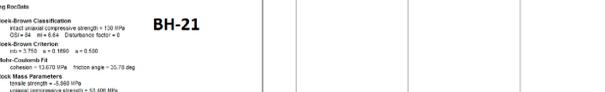
Perforación	Parámetros	Nomenclatura	BH-21
Profundidad (m)	P	163.99	
Porosidad (%)	n	1.63	
Absorción (%)	A	0.58	
P. Unitario húmedo (gr/cm ³)	ph	2.64	
P. Unitario seco (gr/cm ³)	ps	2.70	
Resistencia a la tracción (MPa)	σt	2.70	
Resistencia a la compresión (MPa)	σc	53.406	
Resistencia a la tracción (MPa)	σt	11.259	
Cohesión (MPa)	C	11.259	
Ángulo de fricción (deg)	φ	32.40	
Abrasión cerchar	-	Alta	
Resistencia L.S.M.R.	-	Moderada	

BH-240

Perforación	Parámetros	Nomenclatura	BH-240
Profundidad (m)	P	148.24	
Porosidad (%)	n	1.7	
Absorción (%)	A	0.44	
P. Unitario húmedo (gr/cm ³)	ph	2.48	
P. Unitario seco (gr/cm ³)	ps	2.48	
Resistencia a la tracción (MPa)	σt	49.971	
Resistencia a la tracción (MPa)	σt	8.412	
Cohesión (MPa)	C	13.756	
Ángulo de fricción (deg)	φ	30.47	
Abrasión cerchar	-	Alta	
Resistencia L.S.M.R.	-	Moderada	

BH-250

Perforación	Parámetros	Nomenclatura	BH-250
Profundidad (m)	P	118.24	(11.00-44.30)
Porosidad (%)	n	2.56	
Absorción (%)	A	1.98	
P. Unitario húmedo (gr/cm ³)	ph	2.59	
P. Unitario seco (gr/cm ³)	ps	2.56	
Resistencia a la tracción (MPa)	σt	11.17	
Resistencia a la tracción (MPa)	σt	40.828	
Cohesión (MPa)	C	1.40	
Ángulo de fricción (deg)	φ	26.33	
Abrasión cerchar	-	Baja	
Resistencia L.S.M.R.	-	Baja	





Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Geología, Minas y Geofísica
Departamento de Geología

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA Y ANÁLISIS DE LOS ESTADOS DE ESFUERZO, EN EL SECTOR HELIPUERTO ÁVILA - ESTACIÓN PDV-CERCADO (CORDILLERA DE LA COSTA) PARA LA EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES DEL METRO CARACAS-GUARENAS, ESTADO MIRANDA

Caracas, Junio del 2014

Br. Carlos Eduardo Oliveros Alcalá
Br. Carlos Elías Oliveros Alcalá



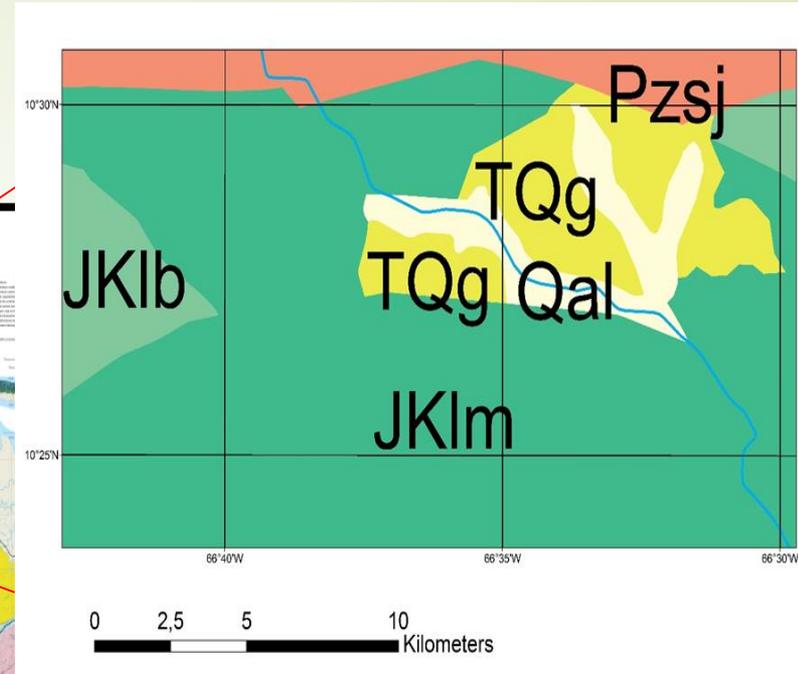
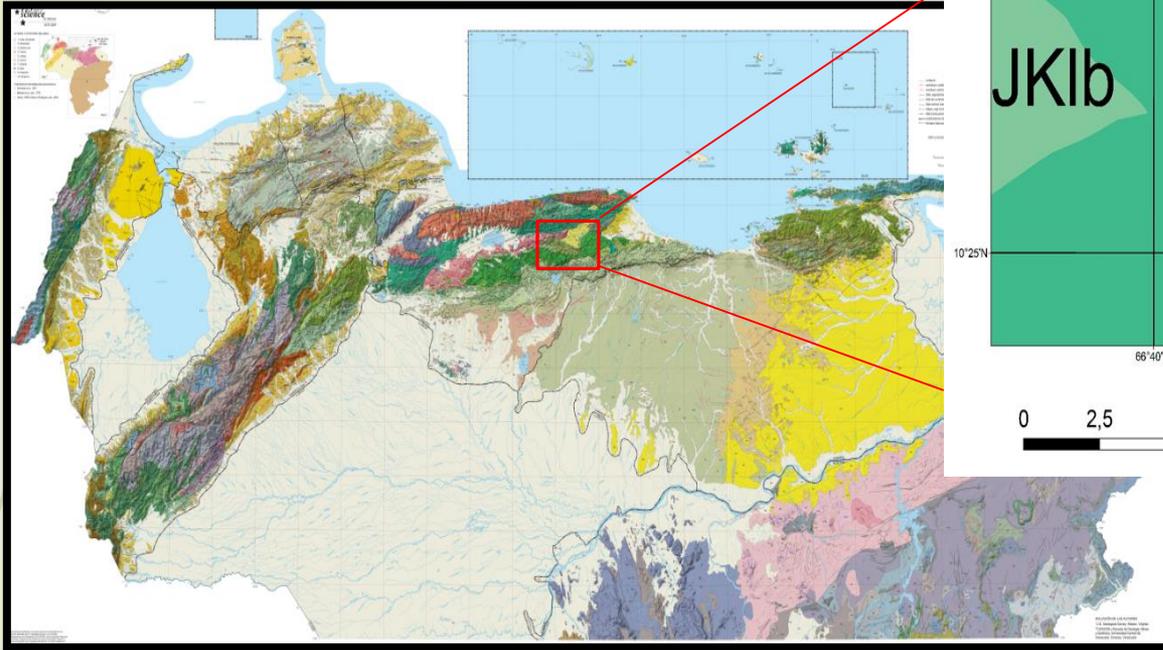
CONTENIDO

- INTRODUCCION
- UBICACIÓN
- JUSTIFICACION
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- ALCANCES
- OBJETIVOS
- MARCO TEORICO
- ENSAYOS GEOMECÁNICOS
- METODOLOGIA
- ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCIÓN



UBICACIÓN



Bosquejo norte de Venezuela Tomado de Urbani (2008)

- Al norte de Venezuela, un sector del Estado Miranda, municipio Plaza, cuya localidad principal es Guarenas, dichas perforaciones se realizaron entre el Helipuerto Ávila y la estación de PDV el Cercado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Caracas

Sobrepoblación

Congestión vial

Ciudades dormitorio

Guarenas
Guatire

Estado (plan de la patria)

Sistema ferroviario

Solución masiva de transporte

JUSTIFICACIÓN

Esquisto Las Mercedes

Quebradas,
Cortes de Carretera,

Perforaciones menores a 50 metros

No hay información

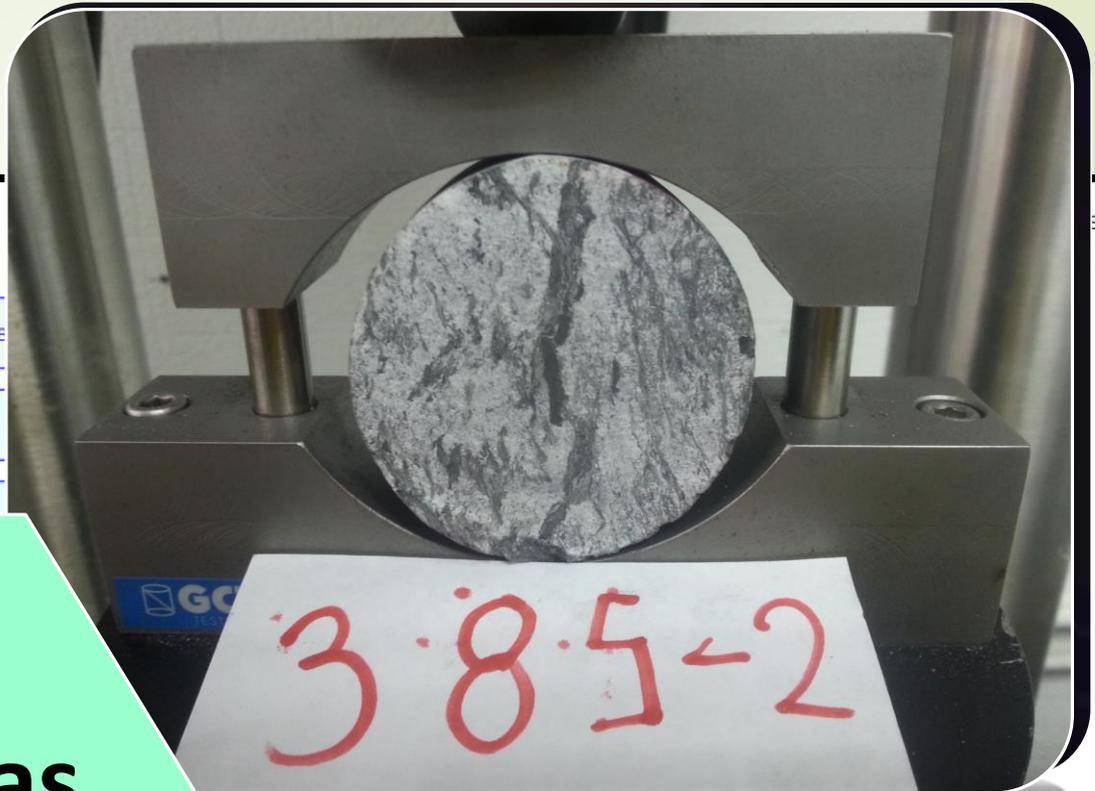
Construcción

Modelamiento geomecánico y análisis de esfuerzo

Identificar características

Valores de resistencia de la Roca

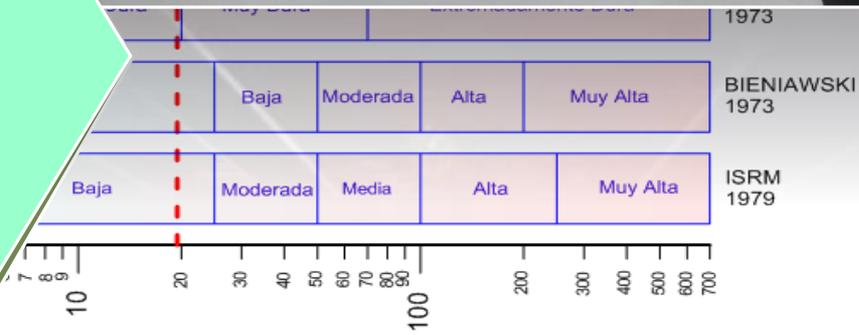
ALCANCE



----- Resistencia de la Muestra

Extremadamente Baja	Muy Baja	E
---------------------	----------	---

Esquisto las Mercedes



0.1

Compresión Uniaxial (MPa)

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar la caracterización geológica, geomecánica y análisis de los estados de esfuerzo, en la Cordillera de la Costa (sector Helipuerto Ávila - estación PDV-Cercado) para la excavación de los túneles del Metro Caracas-Guarenas, Estado Miranda.



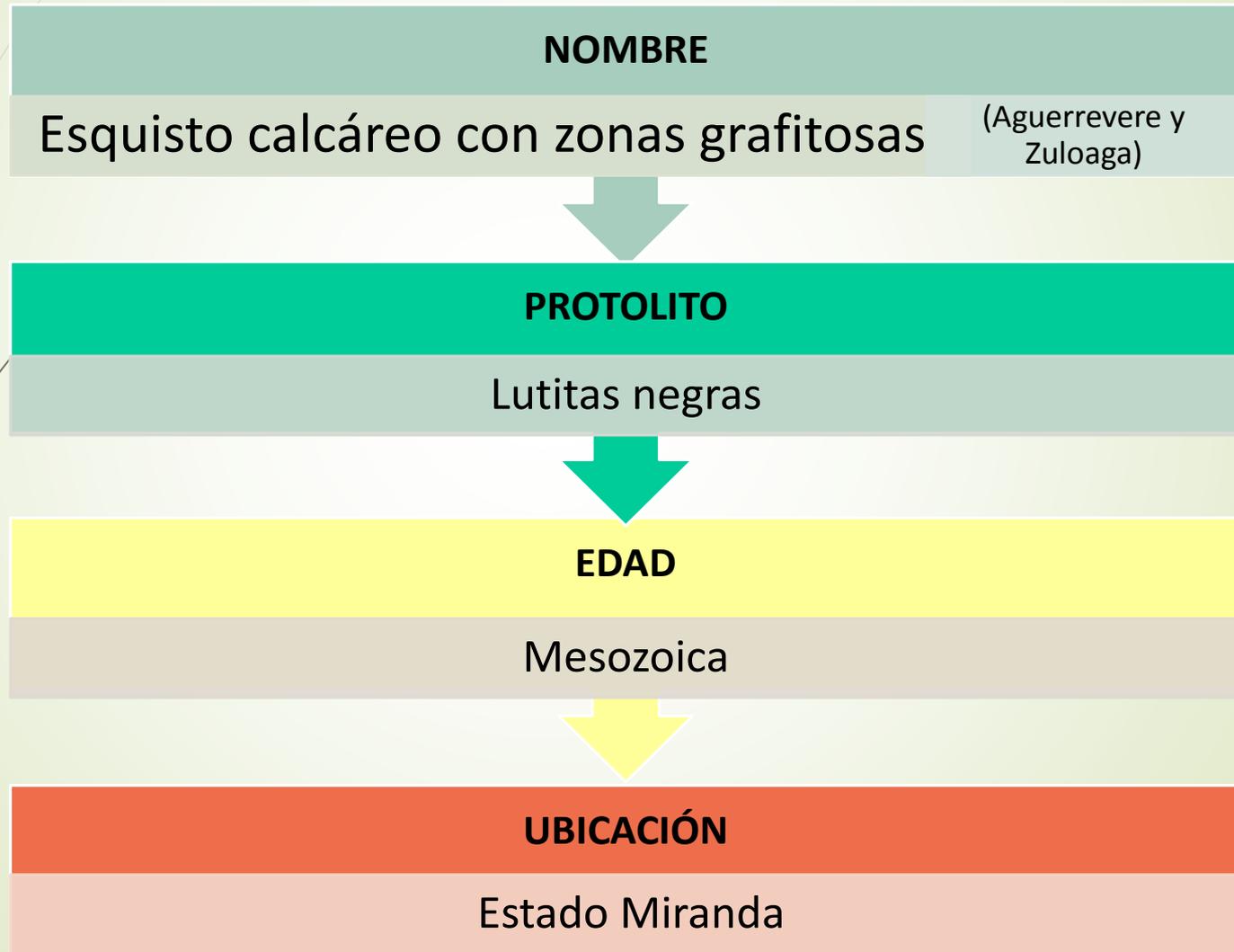
Objetivos Específicos

- Describir parámetros cualitativos (foliación, color, variación mineralógica) de los núcleos de perforación
- Determinar propiedades índices (absorción, porosidad y densidad) de los núcleos de perforación
- Determinar propiedades geomecánicas de las rocas a través de los ensayos mecánicos: Compresión Simple, Compresión Triaxial, Tracción Indirecta (Brasileño), CERCHAR y Corte Directo
- Analizar petrográficamente las muestras de las perforaciones BH-250, BH-240, BH-21, BH-19, haciendo énfasis en porcentaje modal, fases minerales, rasgos texturales, microestructuras, e identificación mineral

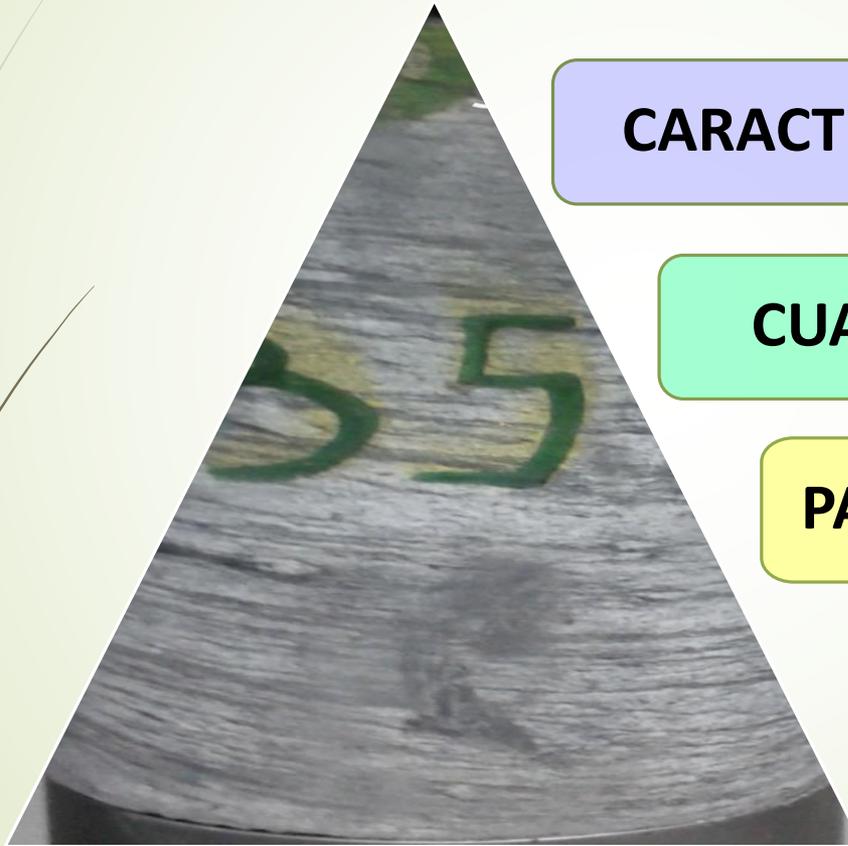
- 
- ▶ Concentrar datos geológicos y geomecánicos en tablas y reportes de laboratorio
 - ▶ Comparar los índices de abrasividad obtenidos mediante índice de Schimazek y ensayo geomecánico (CERCHAR)
 - ▶ Generar el modelo geomecánico de la zona en estudio del macizo rocoso
 - ▶ Analizar las variaciones de los estados de esfuerzo en el macizo rocoso antes, durante y después de la excavación del túnel por el método de los elementos finitos

MARCO TEÓRICO

Esquisto Las Mercedes



ENSAYOS GEOMECAVICOS



CARACTERIZAR

CUANTIFICAR

PARTICULAR - GENERAL

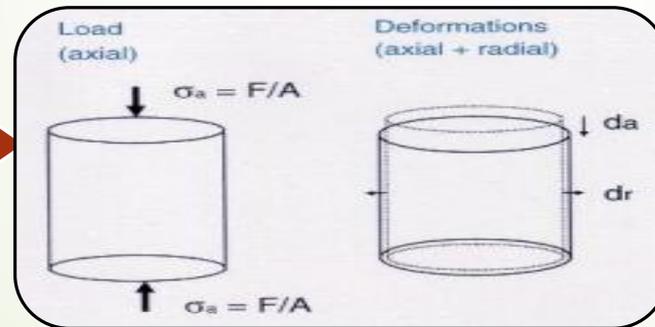
MACIZO ROCOSO

ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

Objetivo: RESISTENCIA DE COMPRESION NO CONFINADA DE LA ROCA



Probeta cilíndrica (4,7 cm)



Fuerza Máxima
compresión



Ruptura

ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

ASTM

Condición 1

Razón de la probeta largo / diámetro (2,0-2,5)D:1D



Condición 2

Extremos deben ser paralelos y pulidos



Condición 3

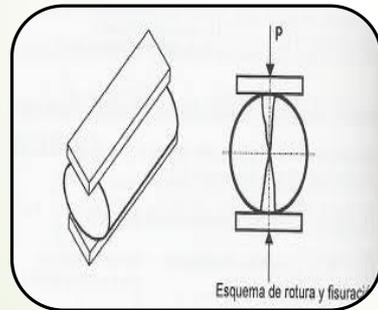
Ancho de la muestra debe ser $10 >$ al tamaño de grano

ENSAYO TRACCIÓN INDIRECTA

Objetivo: DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE LA ROCA



Probeta cilíndrica (disco)

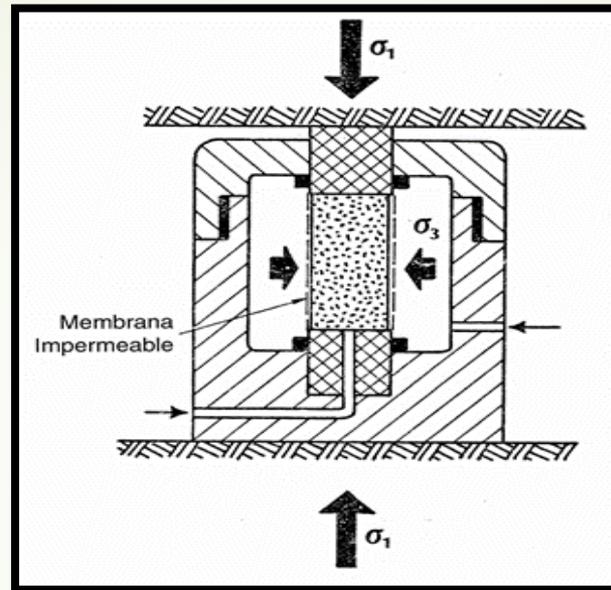


Fuerza de compresión



Ruptura

ENSAYO TRIAXIAL



σ_1 Carga de manera uniforme



Esfuerzo lateral σ_3 es aplicada con aceite a presión



$L/D > 2.5$

ENSAYO TRIAXIAL

Muestra



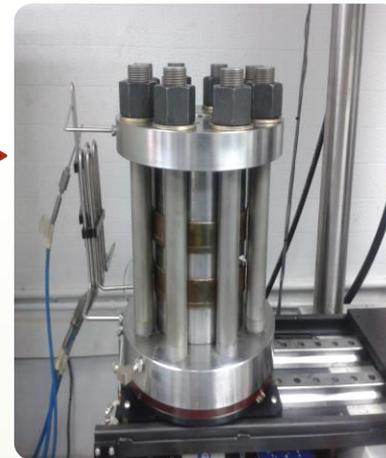
Paso 1

Membrana



Paso 2

Celda



Paso 3

Ruptura



Paso 4

CORTE DIRECTO SERVO-CONTROLADO (RDS-500)

CILINDROS, CUBOS, PRISMAS,
Y FRAGMENTOS DE ROCA

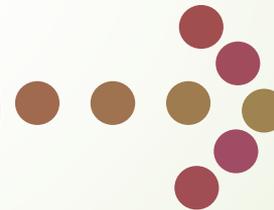


DISCONTINUIDADES



3 ETAPAS

2 MPa, 4MPa, 8Mpa



RESISTENCIA A LA
CIZALLADURA,
COHESIÓN
Y FRICCIÓN

ENSAYO DE CORTE

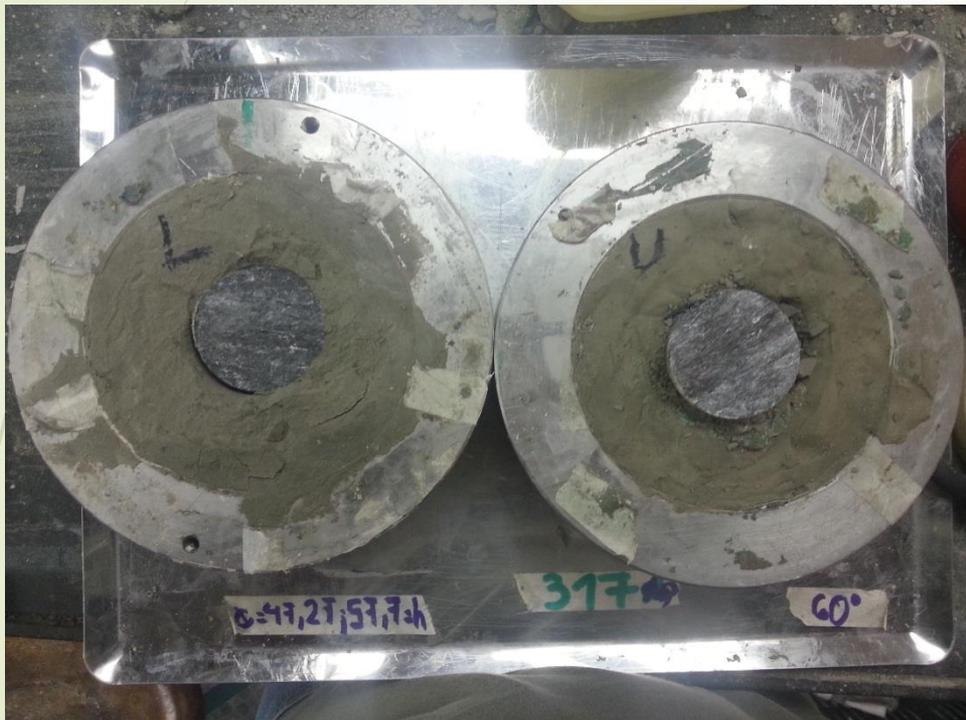


Imagen del sistema de corte directo servo-controlado.

PETROGRAFÍA

Análisis modal



Representativos



Conteo de 360



Valores cuantitativos



- Vetas de cuarzo
- Calcita
- Grafito (Foliación)

METODOLOGÍA

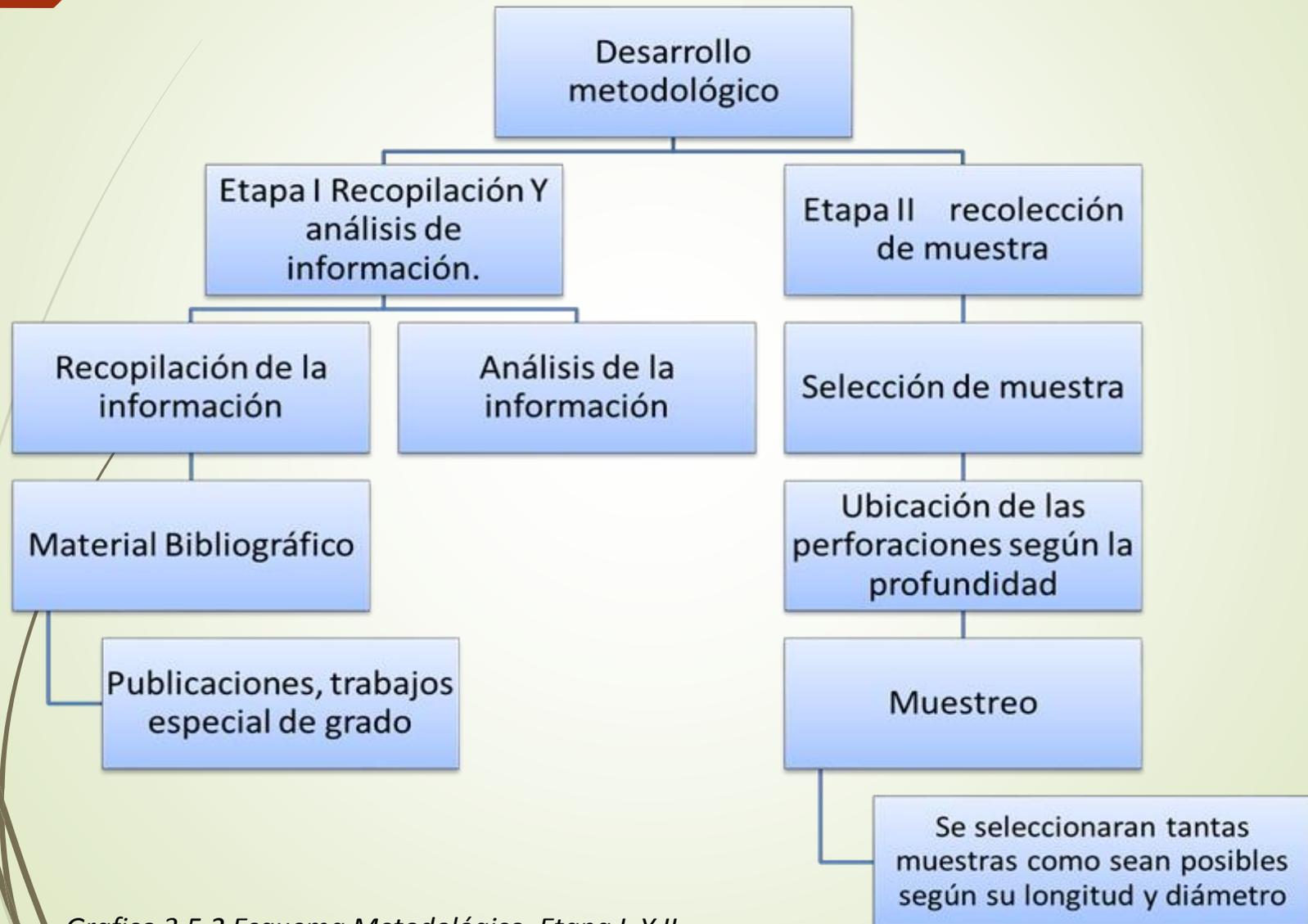


Grafico 3.5.2 Esquema Metodológico Etapa I Y II

METODOLOGÍA

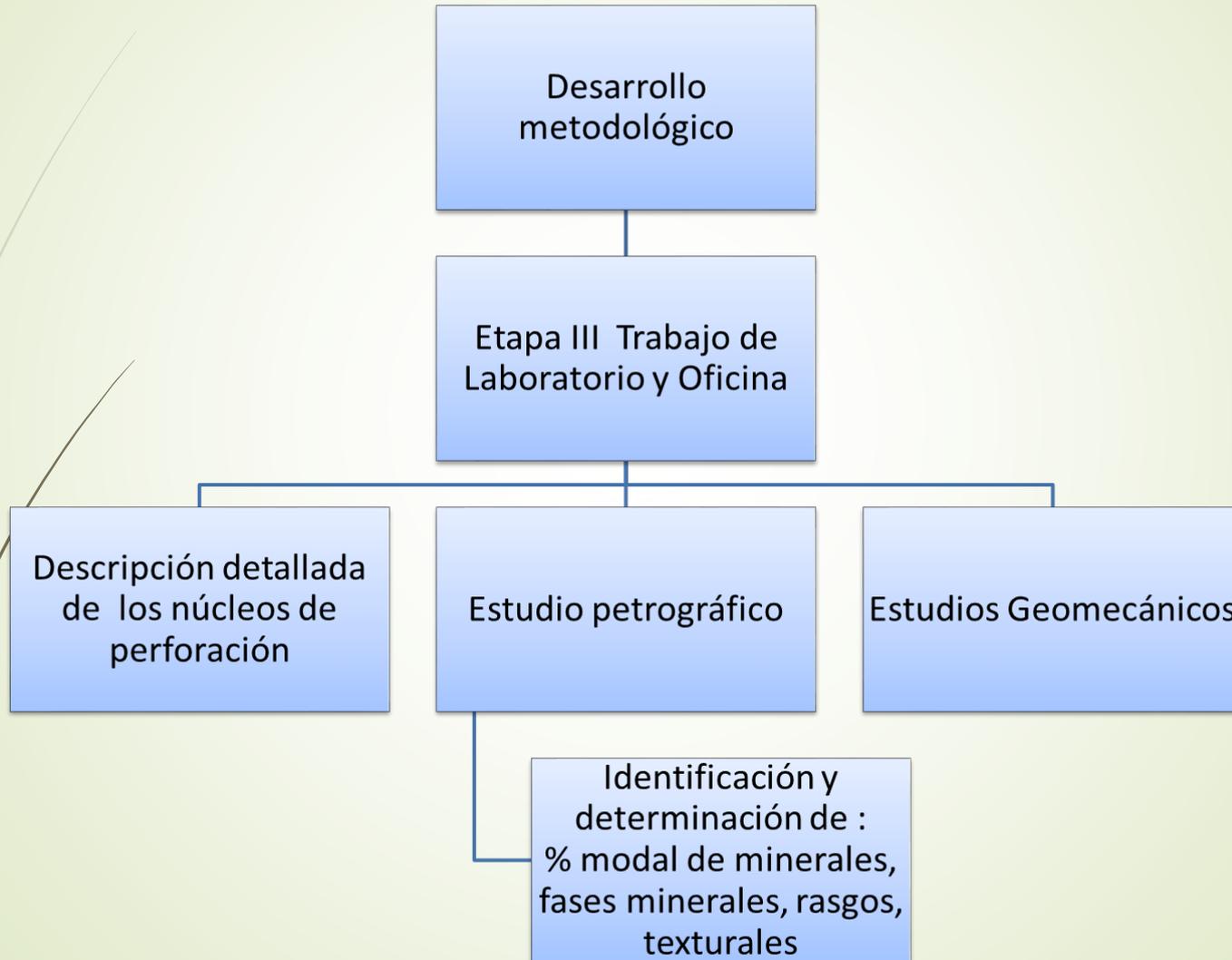


Grafico 3.5.3 Esquema Metodológico Etapa III

METODOLOGÍA



Grafico 3.5.4 Esquema Metodológico Etapa III

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Descripción litológica	BH-19
Color predominante	Gris Claro a gris.
Textura	Foliada.
Mineralogía	Cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.
Observaciones	Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $16,91^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.
Clasificación mineralógica textural	Esquisto Cuarzo Moscovítico Grafitoso Piritico.
Longitud de la Perforación	137 m

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Descripción litológica	BH-21
Color predominante	Gris Claro a gris.
Textura	Foliada.
Mineralogía	cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.
Observaciones	Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $12,43^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita, estos son más oscuros que los esquistos de la perforación BH-19.
Clasificación mineralógica textural	Esquisto cuarzo calcítico moscovítico grafitoso.
Longitud de la Perforación	197 m

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Descripción litológica	BH-240
Color predominante	Gris Claro a gris.
Textura	Foliada.
Mineralogía	cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.
Observaciones	Núcleos de muestras no meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $23,65^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), abundante presencia de grafito, el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.
Clasificación mineralógica textural	Esquisito cuarzo moscovítico grafitoso piritico
Longitud de la Perforación	199 m

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Descripción litológica	BH-250
Color predominante	Marrón claro a gris claro
Textura	Foliada.
Mineralogía	Cuarzo, plagioclasas, calcita, grafito, micas (muscovita), pirita.
Observaciones	Núcleos de muestras frescas claramente meteorizadas con venas de calcita (reaccionado al HCL) y cuarzo, paralelas al plano de foliación con ángulo aparente de $10,63^\circ$ y a su vez, moderadamente deformadas (plegadas), con poca cantidad de grafito, el sulfuro de hierro se hace presente en el mineral accesorio Pirita.
Clasificación mineralógica textural	Esquisto cuarzo moscovítico grafitosos piritico
Longitud de la Perforación	49 m

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO

 RIF: J-00363691-6	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Ensayo de Absorción, Porosidad, PU (Húmedo y Seco)			 RIF: G-20000062-7
	SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO CARACAS – GUARENAS - GUATIRE (STMCGG)			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 1
	L. RODRIGUEZ	C. OLIVEROS	23/02/2014	
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption (1979)		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		

PERFORACION	PROFUNDIDAD (m)	Absorción A(%)	Porosidad n(%)	P.U. Humedo γ_h (gr/cm ³)	P.U. Seco γ_d (gr/cm ³)
BH-19	34 - 125	0,58	1,53	2,64	2,63
BH-21	76 - 160	0,61	1,63	2,72	2,70
BH-240	170 - 190	0,63	1,70	2,70	2,68
BH-250	14 - 42	1,18	2,98	2,59	2,56

27-2	BH-19	85,9	0,47	1,26	2,70	2,69
3-2	BH-19	102	0,69	1,69	2,45	2,44
24-4	BH-19	123,95	0,67	1,78	2,68	2,66
363	BH-250	13,00	1,12	2,85	2,56	2,54
364	BH-250	46,3	0,94	2,48	2,68	2,65
505-1	BH-250	16,46	0,91	2,36	2,61	2,59
502	BH-250	16,22	1,73	4,26	2,50	2,45
239	BH-240	185,64	0,13	0,36	2,69	2,68
233	BH-240	183,73	0,96	2,51	2,64	2,61
237-3	BH-240	185,34	0,96	2,59	2,74	2,71
246-2	BH-240	189,31	0,50	1,35	2,73	2,72

CONTEO MODAL

Perforación / Prof. (m)	% Mineral					
	Cuarzo %	Calcita %	Grafito %	Muscovita %	Oligoclasa %	Pirita %
BH-19 / 10 – 117 m	21 - 31 %	27 - 54 %	3 - 22 %	7 - 28 %	0 - 2 %	0 - 4 %
BH-21 / 50 – 178 m	20 - 72 %	5 - 40 %	0 - 22 %	11 - 34 %	0 - 1,5 %	0 - 4 %
BH-240 / 100 - 190 m	7 - 60 %	0 - 60 %	1 - 21 %	0 - 27 %	0 - 9 %	0 - 9 %
BH-250 / 40 - 46 m	26 - 41 %	32 - 44 %	5 - 7 %	19 - 23 %	0%	0%

BH-250 Box 7 44,5 - 46,0 m	80,0	26,7	134,0	44,7	16,0	5,3	70,0	23,3	0,0	0,0	300,0	100,0
-------------------------------	------	------	-------	------	------	-----	------	------	-----	-----	-------	-------

PORCENTAJE MODAL GENERAL DE CUARZO

Las 4 perforaciones oscilan en un rango de valores de 26 – 43 % de mineral abrasivo y un promedio de 35 % lo que evidencia una alta abrasividad del macizo en toda su trayectoria, lo que tendrá efectos considerables sobre los elementos cortantes de la TBM al excavar el túnel.

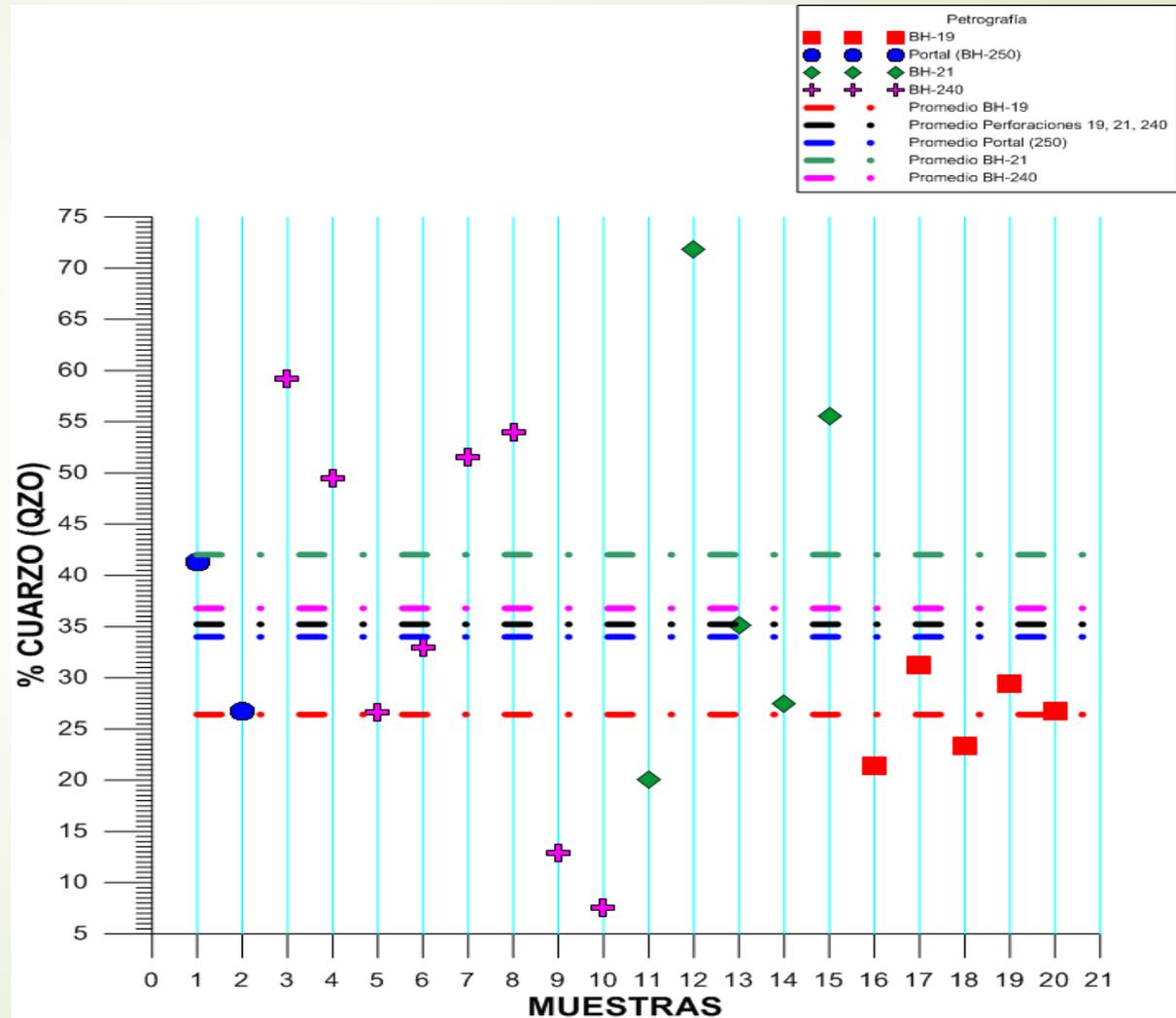


Gráfico 4.3.1. Resultado General del porcentaje modal del mineral de cuarzo de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Perforación	Nº Muestra	Resistencia a la Tracción (MPa)	Resistencia a la Compresión (MPa)
BH-240	218-1	-6.27	18.82
BH-240	232-1	-4.09	12.26

PERFORACION	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)
BH-19	-8,94	26,83
BH-21	-8,38	25,16
BH-240	-6,32	18,94
BH-250	-2,88	8,65

BH-21	9-4	-8.03	19.94
BH-21	9-5	-11.69	35.07
BH-250	501-2	-6.84	20.51
BH-250	503	-2.64	7.91
BH-250	504	-3.36	10.09
BH-250	510-1	-0.92	2.75
BH-250	510-2	-0.67	2.00

Tabla 4.4.1. Resultados del Ensayo Brasilerio.

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

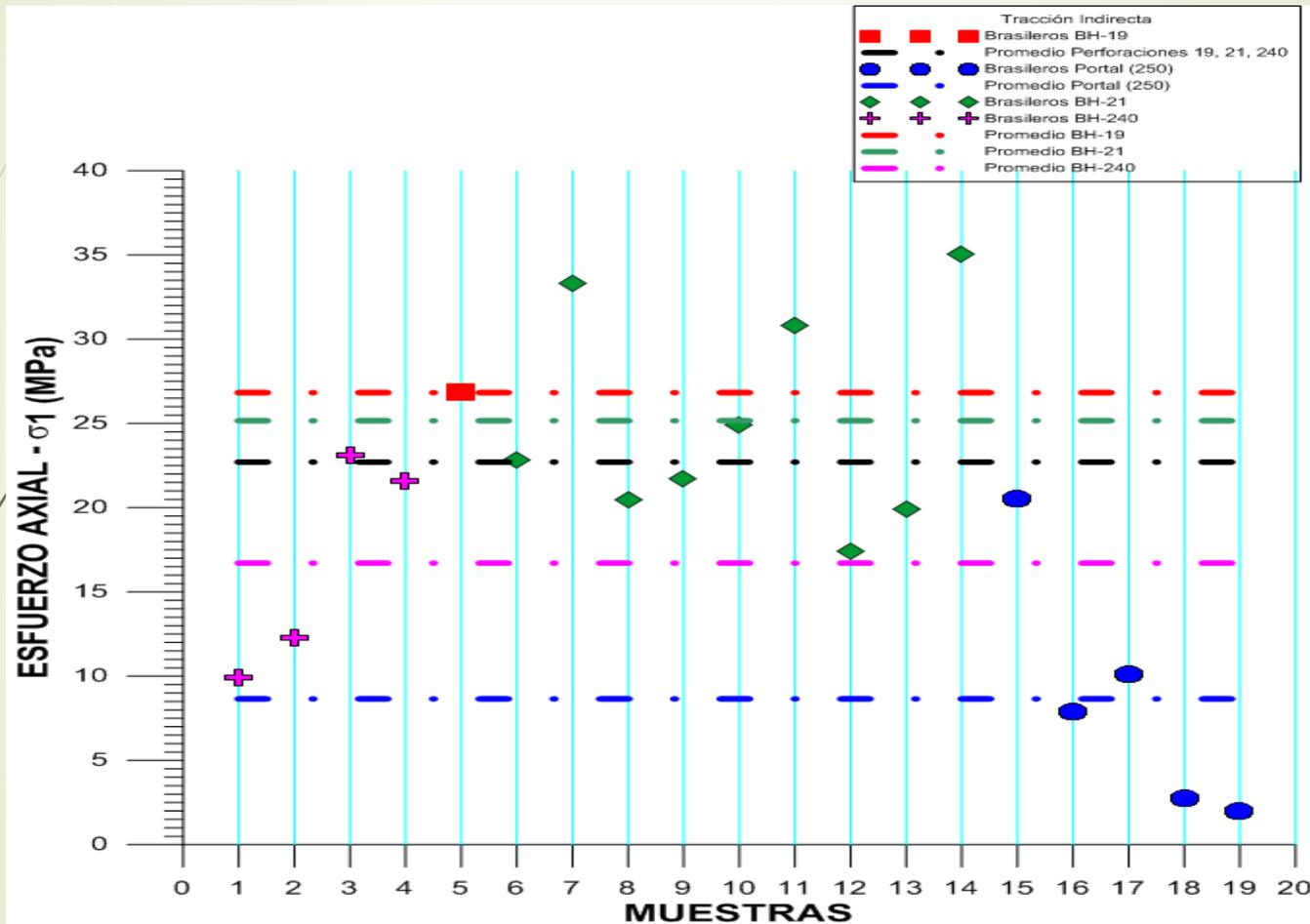


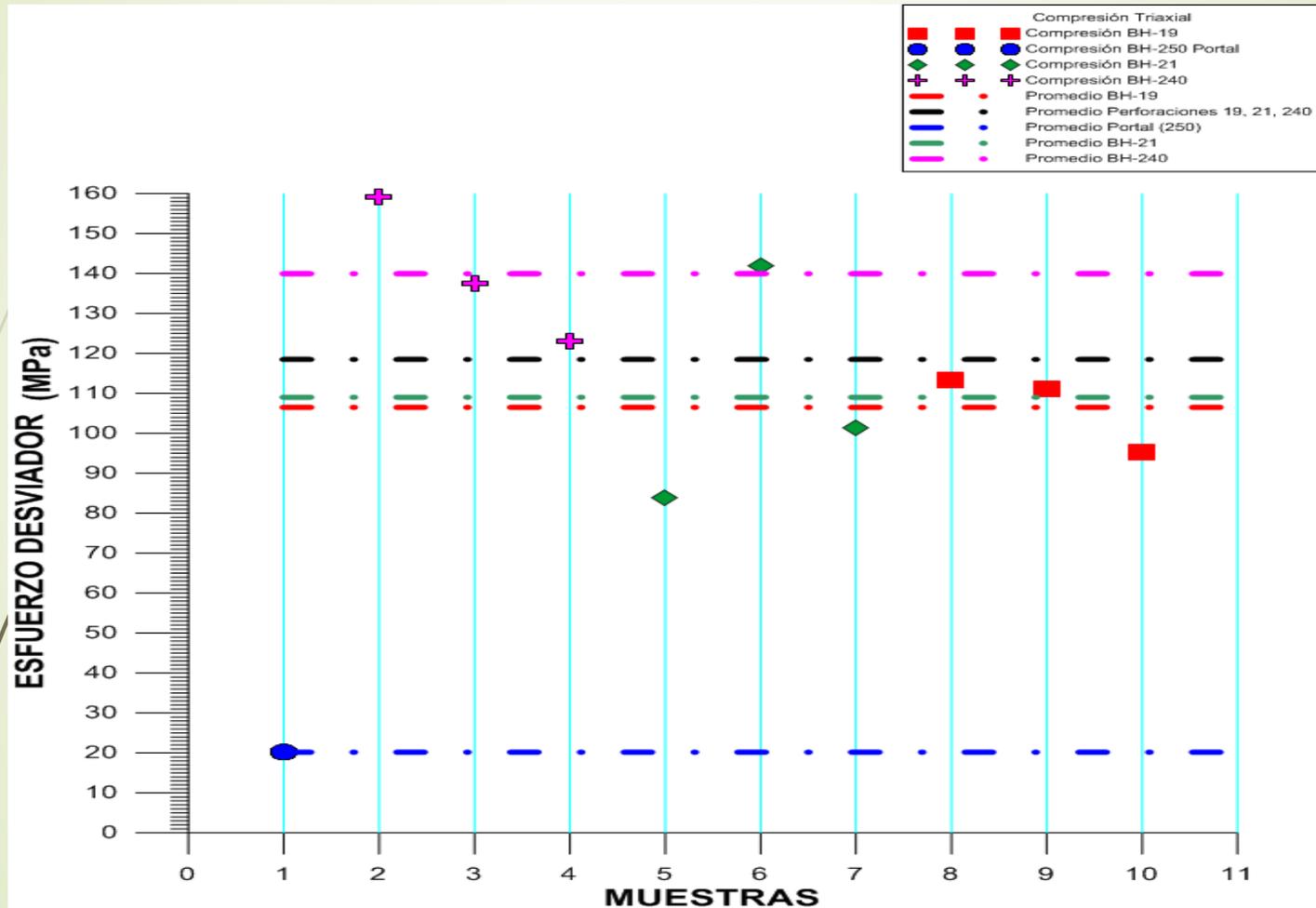
Gráfico 4.4.1. Resultado General los Ensayos de Tracción Indirecta (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21.

ENSAYO TRIAXIAL

Ensayo de Compresión Triaxial					
Ensayo de Compresión Triaxial					
Perforación	Esfuerzo Desviador Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Sigma 3	Sigma 1	
BH-250	20,19	3,504	6.293	26.46	
BH-240	139,94	2,71	36.21	176,16	
BH-21	111,15	2	31,59	142,74	
BH-19	106,5	1,67	23.12	129,63	
BH-19	29-1	95.13	2,273	23.2	118.34
BH-19	24-2	111.06	1,36	23.04	134.1
BH-19	19-1	113.33	1,392	23.12	136.46

Tabla 4.4.2. Resultados del ensayo Triaxial.

ENSAYO TRIAXIAL



Gráfica 4.4.2. Resultado General los Ensayos de Triaxial (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH-250, BH-19, BH-21

ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL

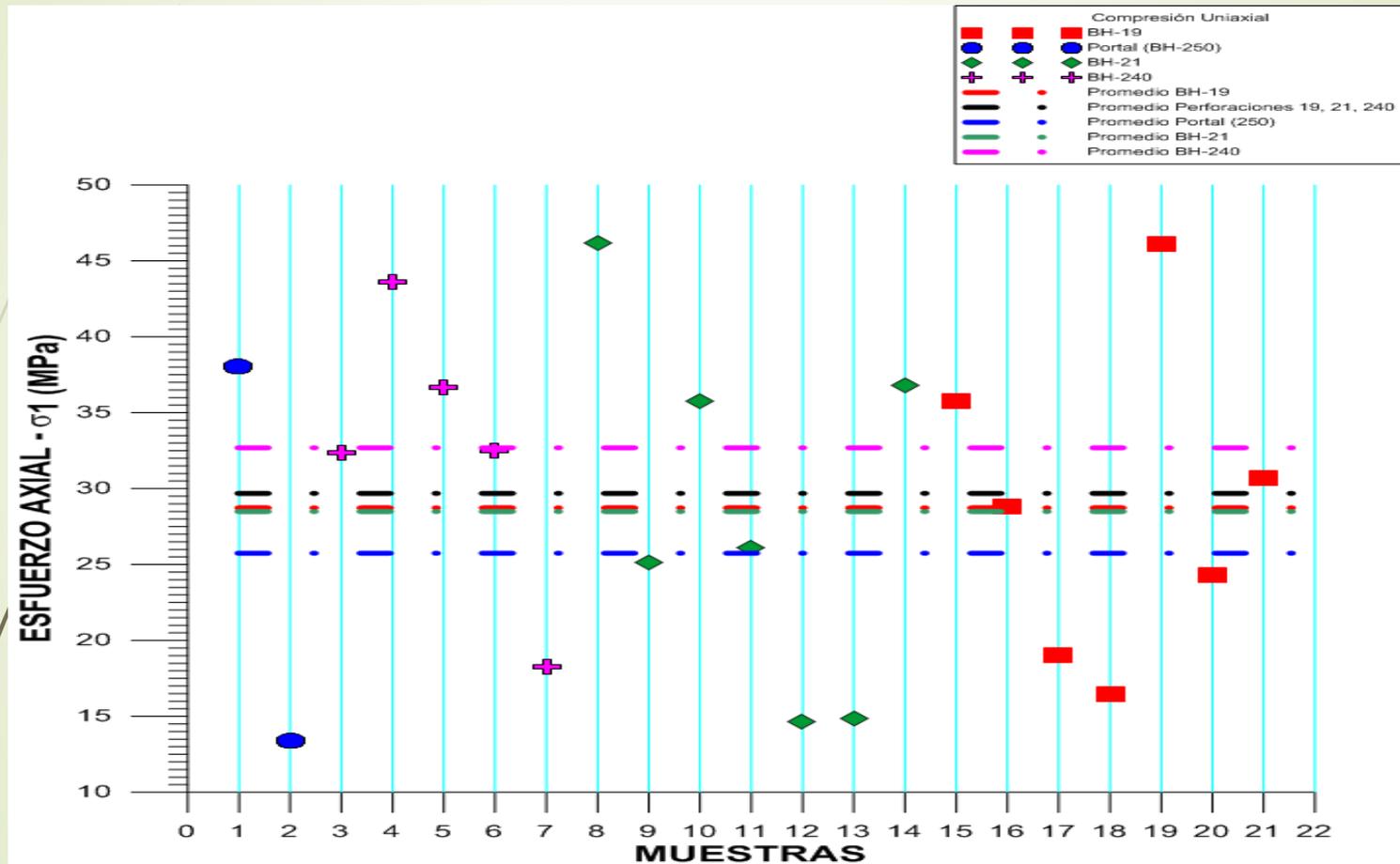
Ensayo de Compresión Uniaxial					
Perforación	N° de Muestra	Esfuerzo Axial Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Módulo de Elasticidad Tangente (50%) GPa	Módulo de Elasticidad Secante (50%) GPa

Perforación	Esfuerzo Axial Pico (MPa)	Deformación Axial Pico (%)	Módulo de Elasticidad Tangente (50%) GPa	Módulo de Elasticidad Secante (50%) GPa
BH-250	25,74	0,73	9,07	3,39
BH-240	32,69	0,42	15,44	7,51
BH-21	28,49	1,58	1,33	1,24
BH-19	28,73	1,38	1,53	1,32

BH-19	21-1	19.04	1.87	0.43	0.64
BH-19	22-1	16.46	1.73	0.45	0.67
BH-19	23-1	46.08	1.22	2.58	2.44
BH-19	24-3	24.29	1.50	0.93	1.07
BH-19	25	30.69	1.46	1.49	1.35

Tabla 4.4.3. Resultados del Ensayo de Compresión Uniaxial.

ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL



Grafica 4.4.3. Resultado General los Ensayos de Compresión Uniaxial (Esfuerzo axial vs Muestras) de las perforaciones BH-240, BH- 250, BH-19, BH-21

ENSAYO DE CORTE

Ensayo de Corte Directo								
Perforación	Nº de Muestra	Etapas	S_n	t	Sigma 3	Sigma 1	Cohesión	Angulo de fricción
BH-240	222	1	2.22	5.13	-2.90	7.35	5.14	4.67
		2	4.41	5.79	-1.37	10.20		
		3	8.74	5.75	2.98	14.50		
BH-240	244	1	2.10	4.22	-2.11	6.33	3.12	29.69
		2	4.43	5.83	-1.39	10.26		
		3	7.48	7.31	0.16	14.79		
BH-250	506	1	2.16	1.19	0.96	3.66	0.86	9.97
		2	2.14	1.28	0.86	3.42		
		3	4.28	1.61	2.66	5.75		
		4	8.54	2.21	6.33	10.7		

Tabla 4.4.4. Resultados Corte Directo

MÉTODO DE SCHIMAZEK

Perforaciones	Q (%)	d50%(mm)	$\sigma T(N/mm^2)$	F(N/mm)	F (kp/cm)	Rozabilidad
BH-19	26.42	0.40	8.94	0.94	0.96	Muy mala
BH-21	42.02	0.15	8.39	0.53	0.54	Regular
BH-240	36.78	0.18	6.31	0.41	0.42	Moderada
BH-250	34.00	0.20	2.88	0.20	0.20	Muy buena

Tabla 4.5.1. Resultados de abrasividad obtenidos por el método Schimazek

Contenido de cuarzo equivalente (Q)
Diámetro medio de cuarzo (d50%)
Resistencia tracción (σT)
Coefficiente de abrasividad (F)

Abrasividad F (kp/cm)	Clasificación
0.2-0.3	Muy buena
0.3-0.4	Buena
0.4-0.5	Moderada
0.5-0.6	Regular
0.6-0.8	Mala
0.8-1.0	Muy mala

ENSAYO DE ABRASIVIDAD MÉTODO (CERCHAR)

Abrasividad Método CERCHAR			
Perforación	# de Muestra	Índice de Abrasividad	Abrasividad
BH-250	511	2.10	Alta
BH-250	508	4.50	Extremada
BH-250	507	2.90	Alta
BH-240	246-1	1.10	Media
BH-240	243-2	3.20	Alta
BH-240	237-2	2.40	Alta
BH-21	10	3.10	Alta
BH-21	11-1	2.60	Alta
BH-21	12	3.40	Alta
BH-19	19	3.00	Alta
BH-19	24	3.10	Alta
BH-19	29	3.40	Alta
PROMEDIO		2.90	Alta

Tabla 4.5.2. Resultados de abrasividad obtenidos por el método Cerchar

CRITERIO PARA EL ÍNDICE DE ABRASIVIDAD CERCHAR	
ABRASIVIDAD	CAI
MUY BAJA	0.30 – 0.50
BAJA	0.50 – 1.00
MEDIA	1.00 – 2.00
ALTA	2.00 – 4.00
EXTREMADA	4.00 – 6.00
CUARCÍTICO	6.00 – 7.00

Tabla 4.5.3. Criterio de abrasividad para el método Cerchar

COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS SCHIMAZEK Y CERCHAR

- La perforación BH-250 tiene una rozabilidad muy buena según el método Schimazek, una baja abrasividad que no es correspondiente con la abrasividad arrojada por el método CERCHAR.
- La divergencia de ambos métodos está asociada a la meteorización ejercida por los agentes exógenos, causando una baja resistencia a la tracción, que al ser tan baja produce cambios notorios en este índice de rozabilidad.
- Por lo tanto en rocas intactas como las perforaciones BH-19, BH21, Y BH-240 se recomienda utilizar el método Cerchar por su rapidez y efectividad, pero, en rocas altamente descompuestas es mejor el método Schimazek ya que evalúa más a detalle los parámetros geológicos y su composición.
- En rocas no expuestas a agentes exógenos es mejor Cerchar.

MO

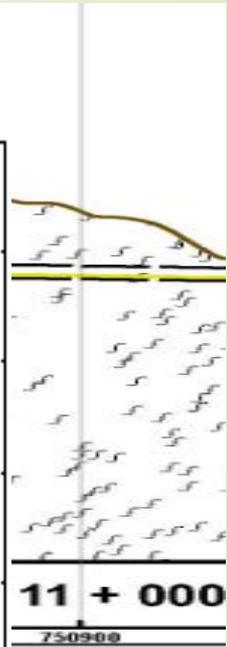
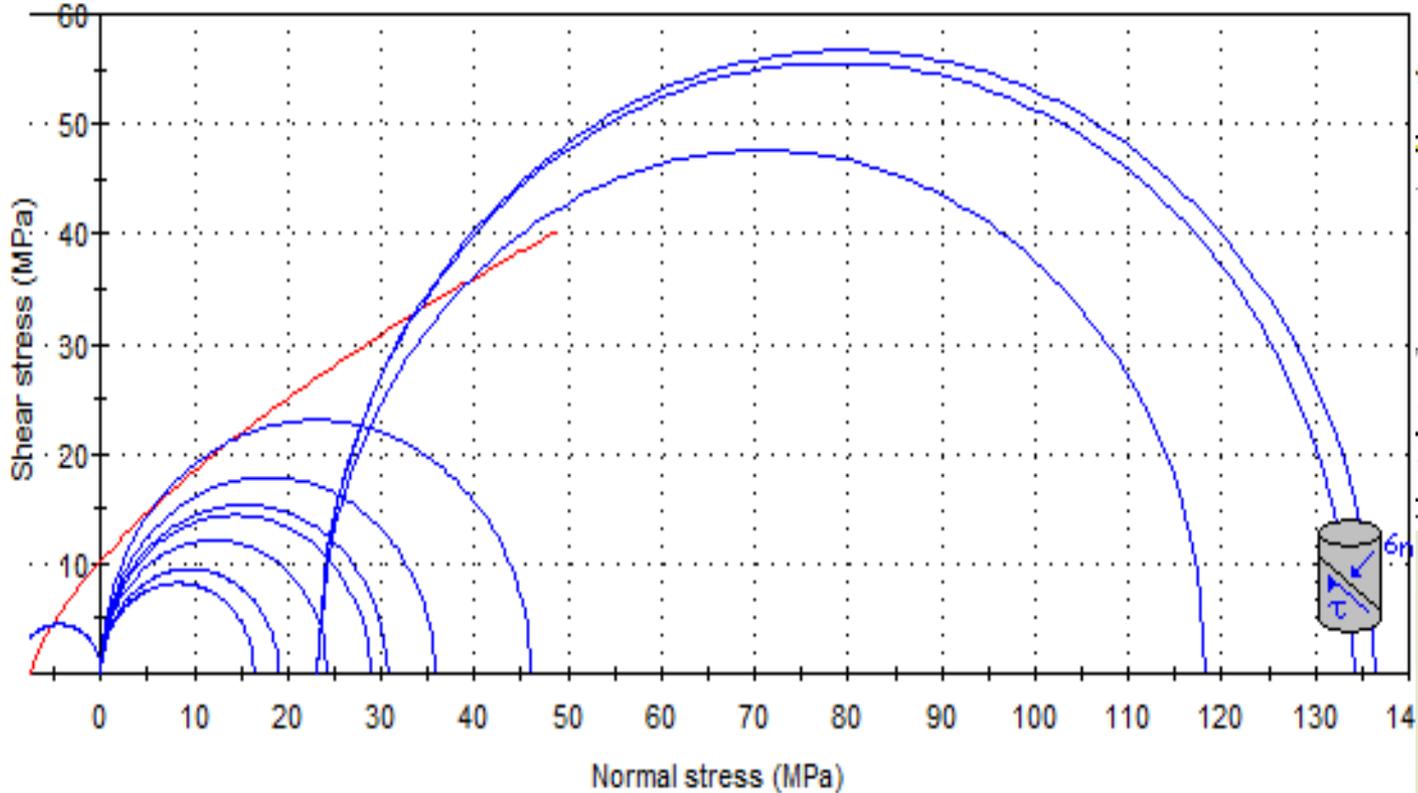
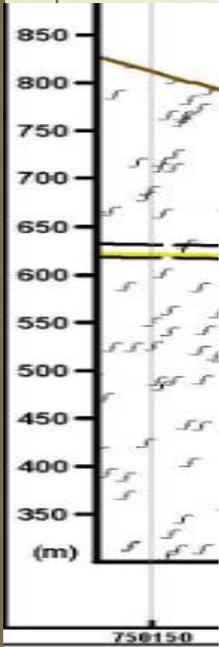
M. LABORATORIO

MACIZO ROCOSO

Parámetros

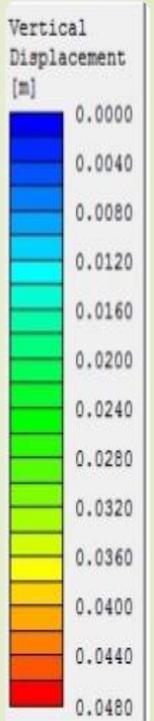
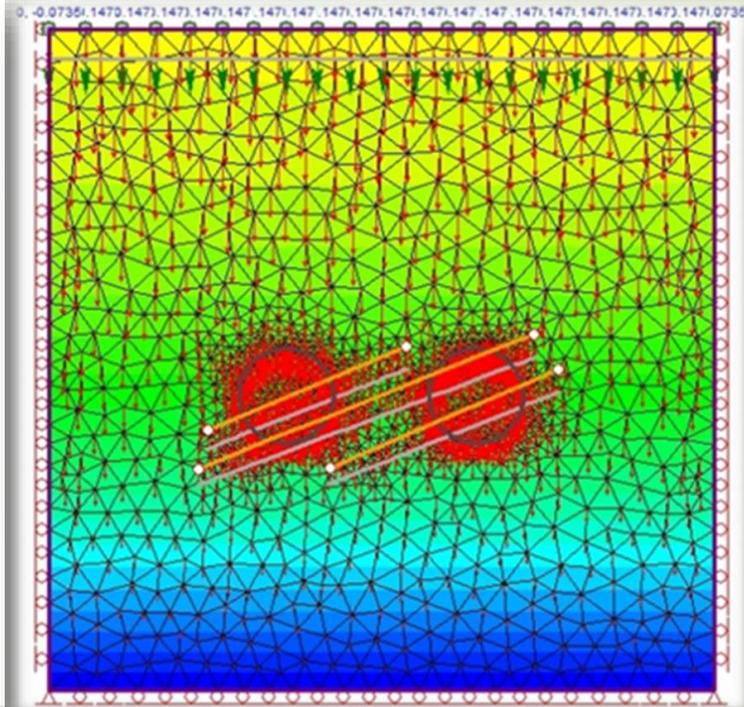
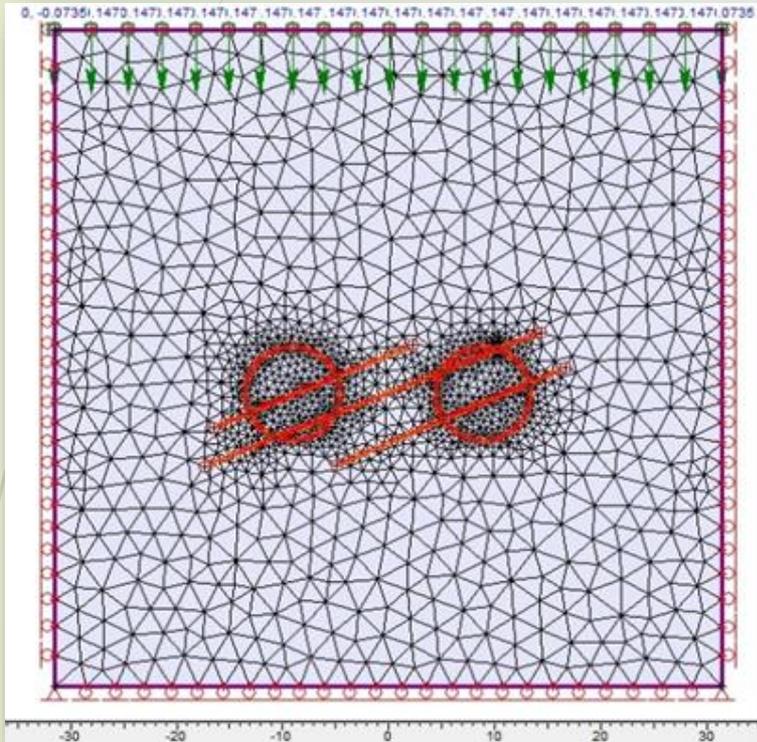
Parámetros		
Perforación	Nomenclatura	BH-19
Profundidad (m)	P	(85.90-102.00)
Porosidad n (%)	n	1.52
Absorción A (%)	A	0.58
P. Unitario húmedo (gr/cm ³)	ρh	2.64
P. Unitario seco (gr/cm ³)	ρs	2.63
Resistencia a la compresión (MPa)	σc	43.798
Resistencia a la tracción (MPa)	σt	-7.519
Cohesión (MPa)	C	11.255
Angulo de fricción (deg)	Φ	32.40
Abrasividad cerchar	-	Alta
Resistencia I.S.M.R	-	Moderada

CÁNICO



ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-19

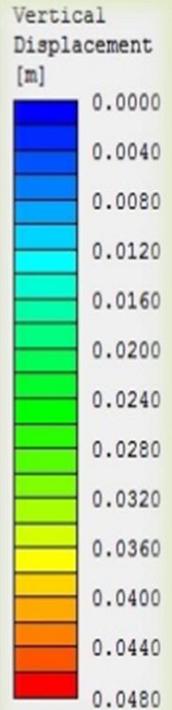
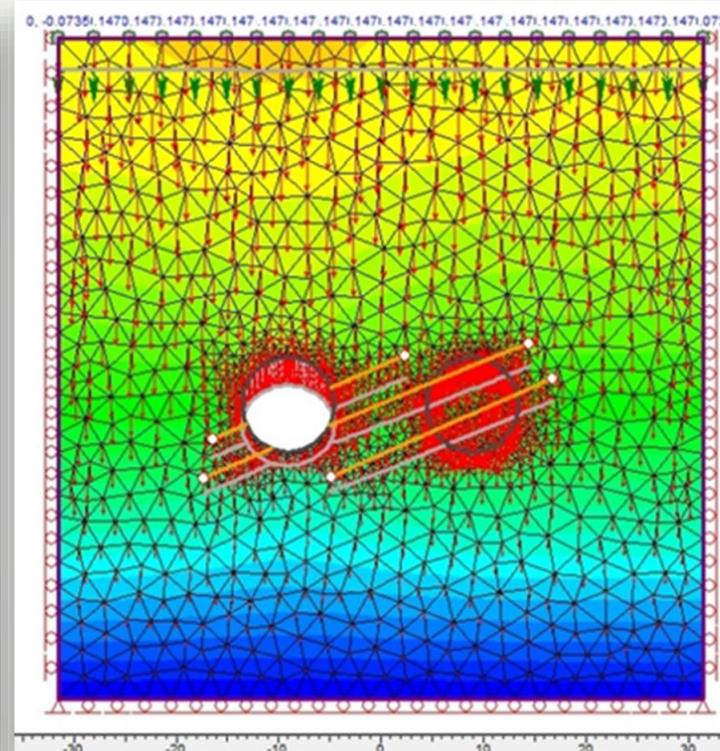
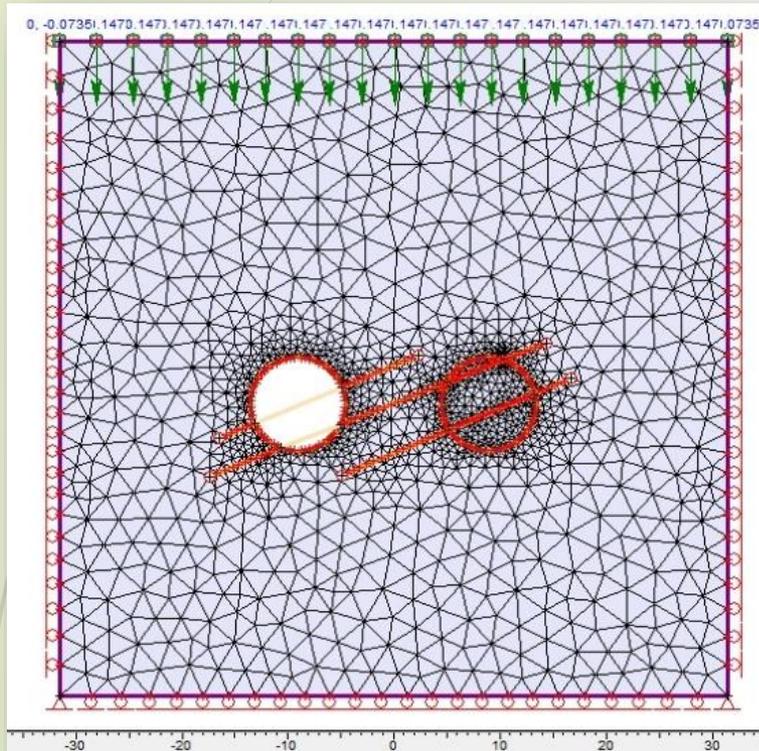
Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	28 mm
Lateral	24 mm
Debajo	20 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-19

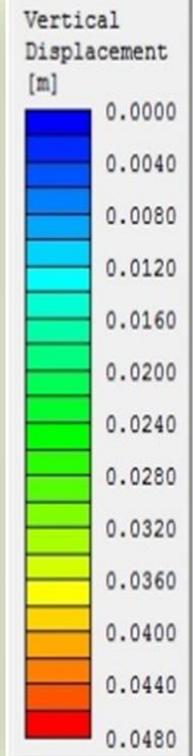
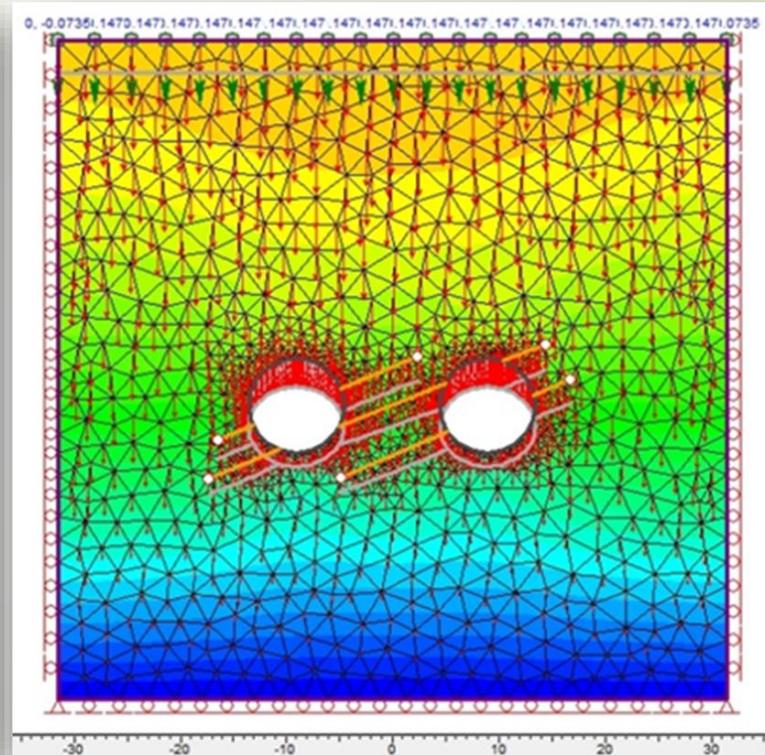
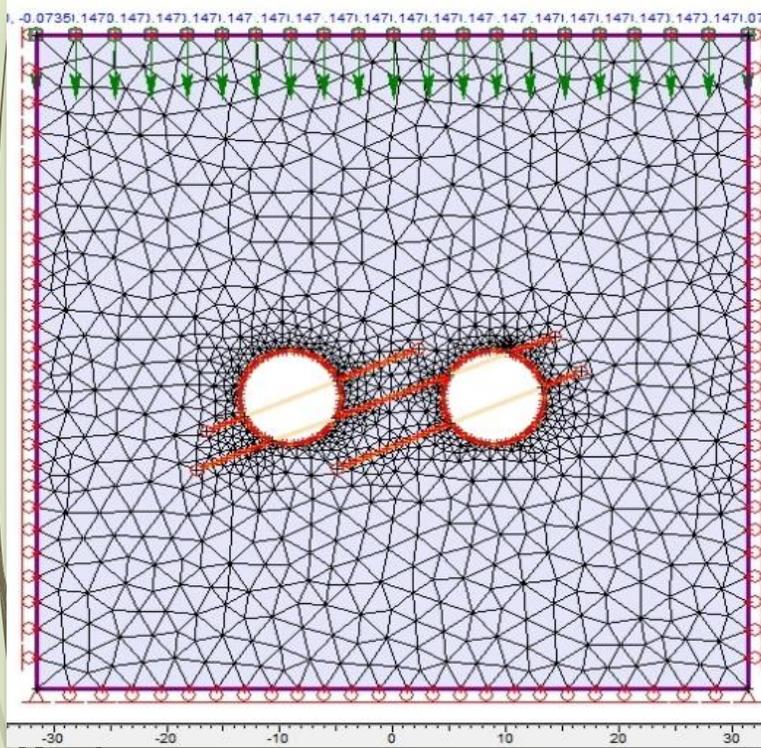
Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	32 mm
Lateral	26 mm
Debajo	16 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-19

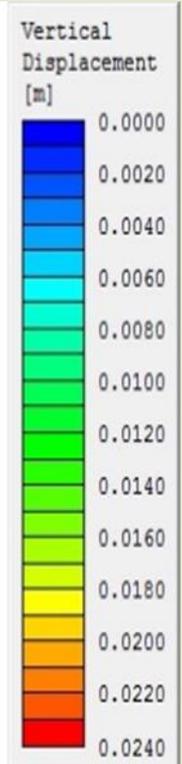
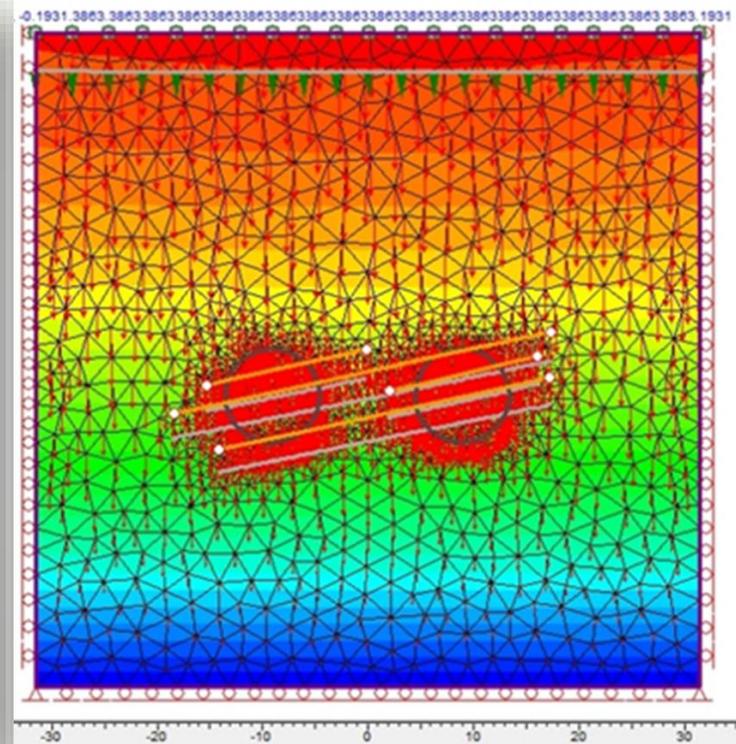
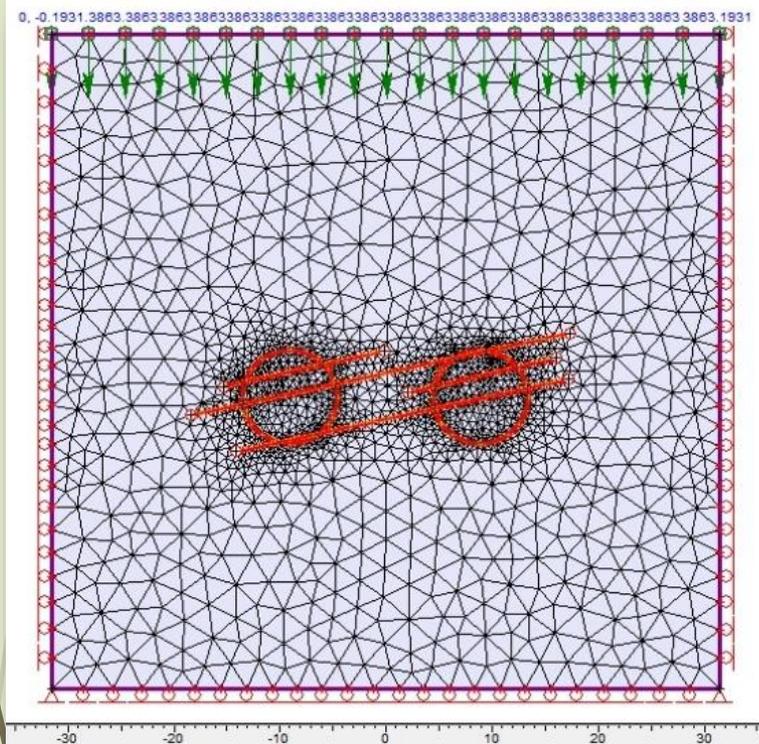
Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	34 mm
Lateral	26 mm
Debajo	16 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-21

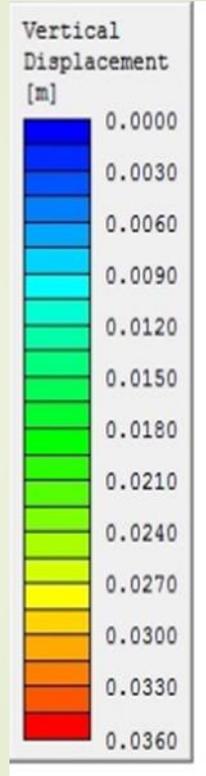
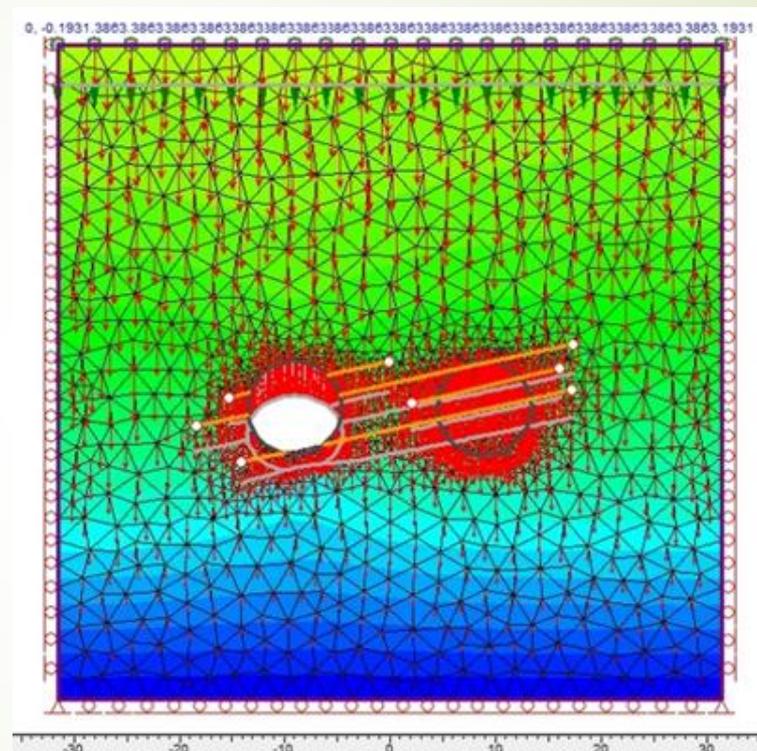
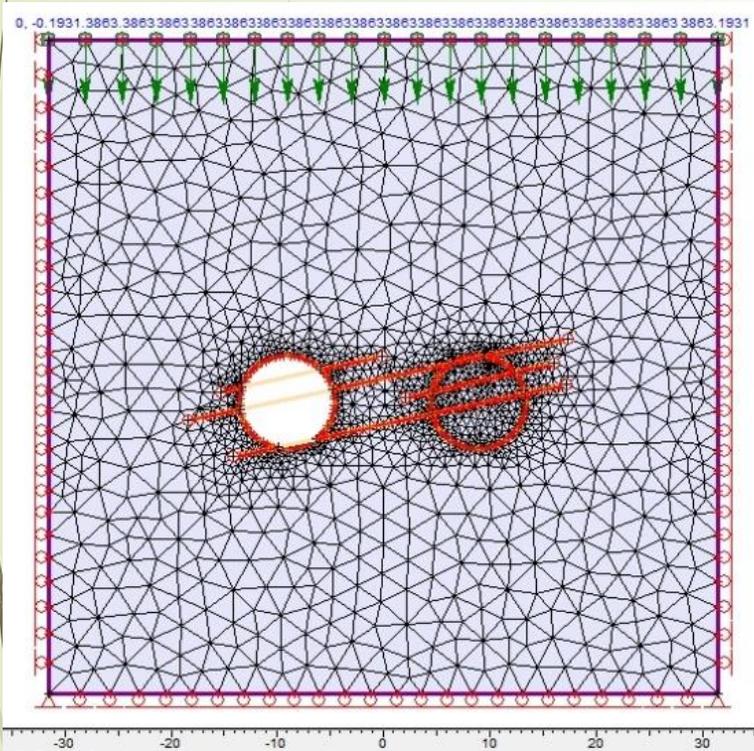
Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	17 mm
Lateral	15 mm
Debajo	13 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-21

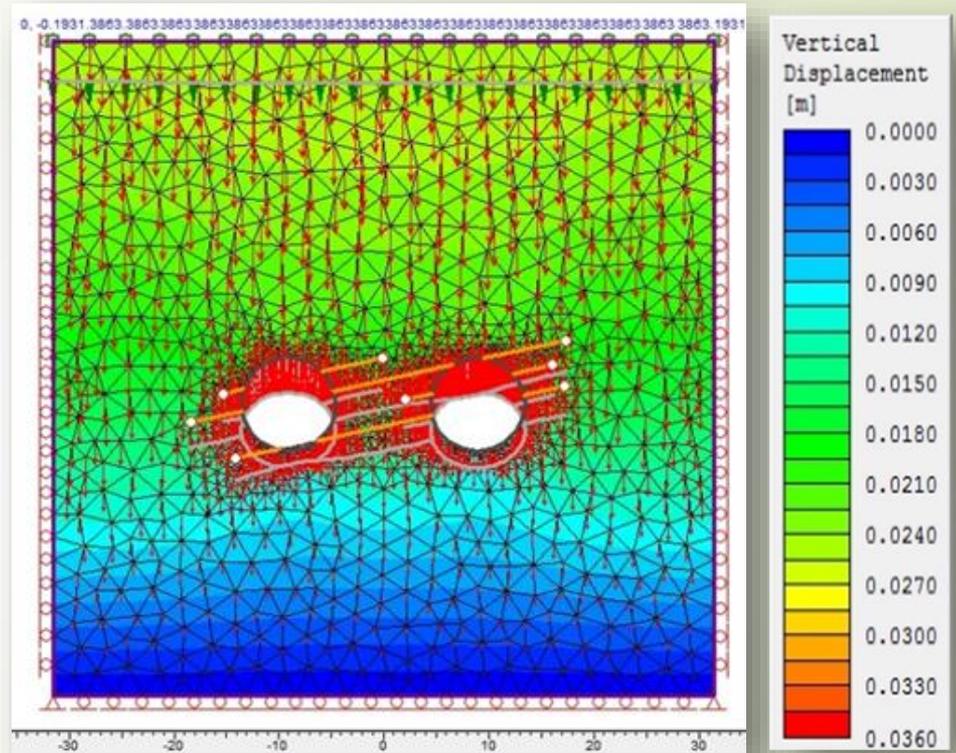
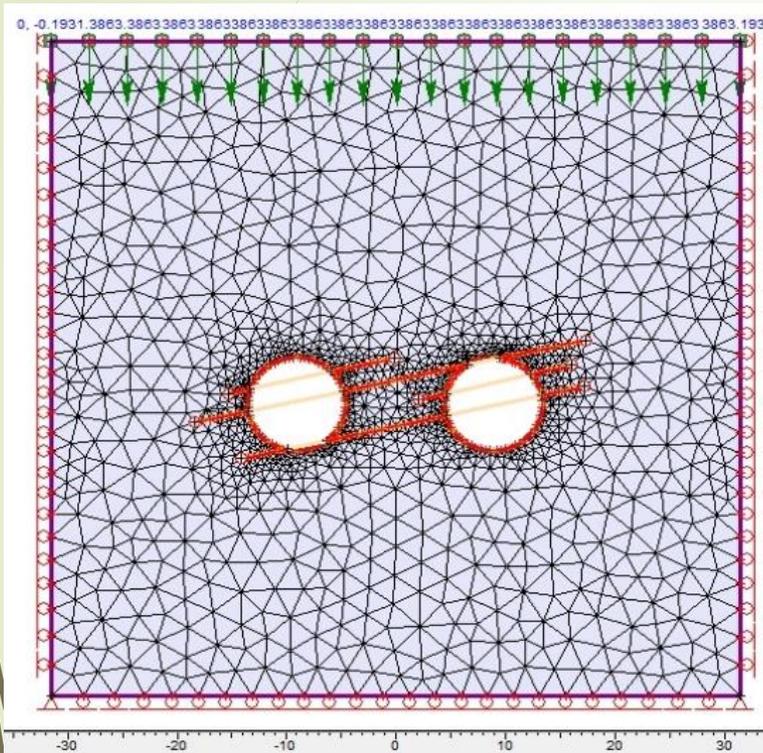
Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	21 mm
Lateral	15 mm
Debajo	10 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-21

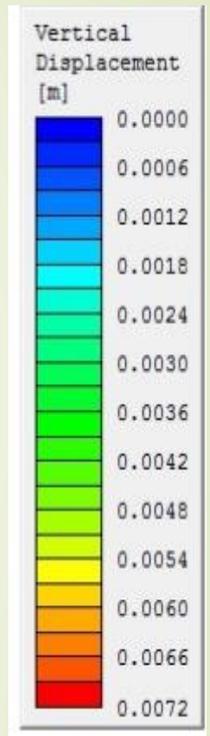
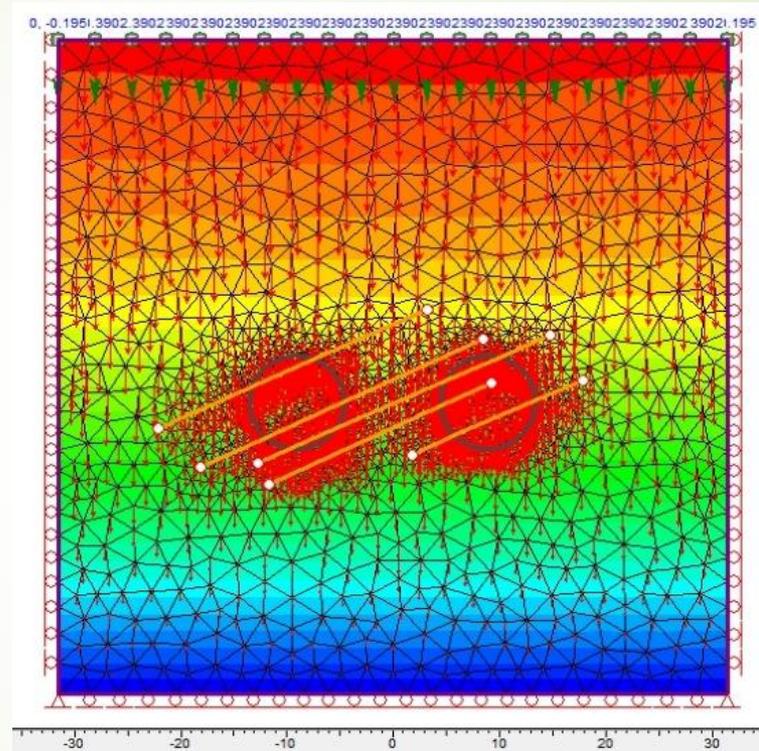
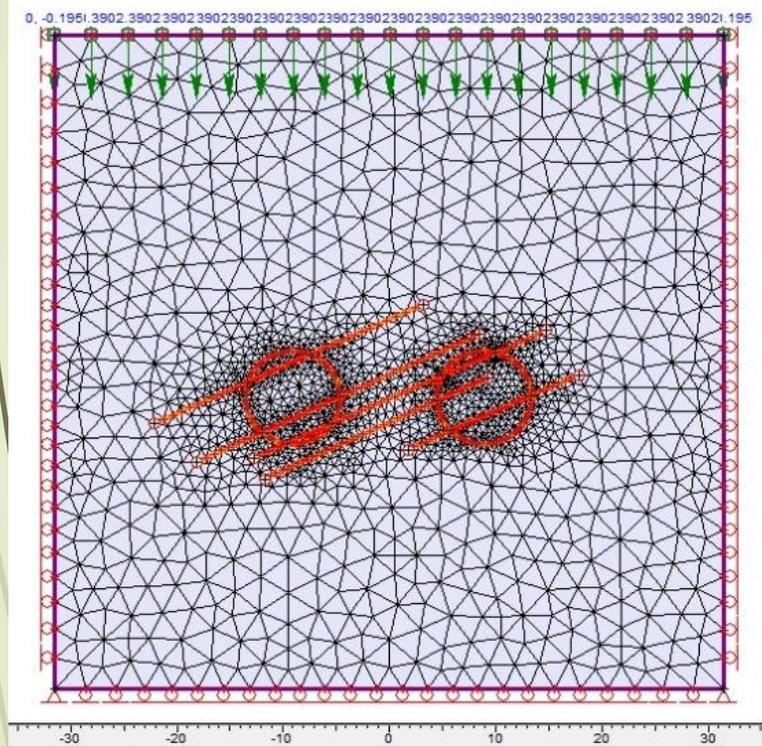
Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)



Lugar	Desp.Vertical
Encima	21 mm
Lateral	15 mm
Debajo	10 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-240

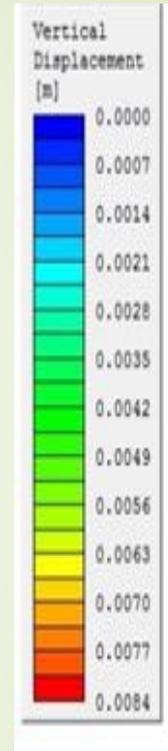
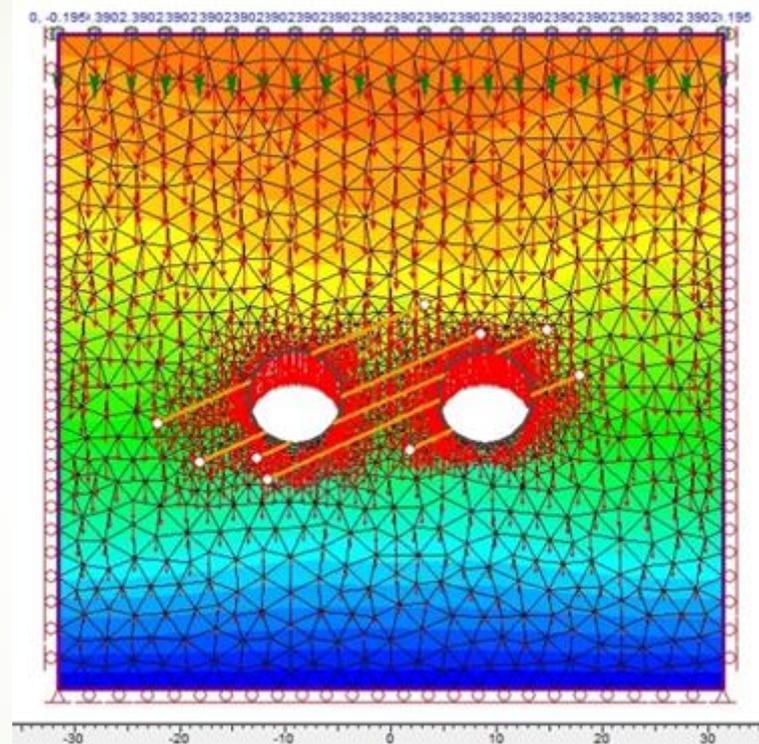
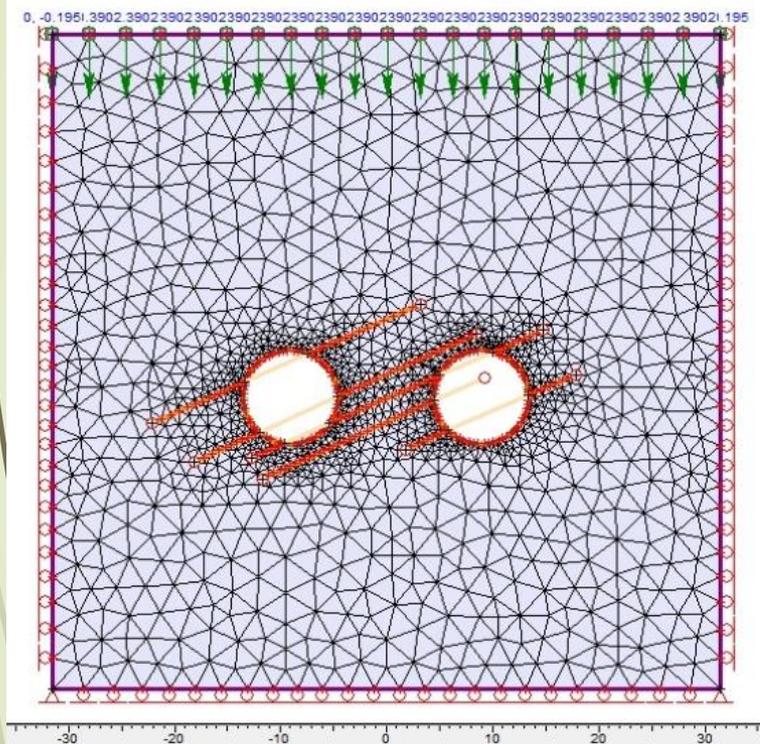
Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)



Lugar	Desp.Vertical
Encima	5 mm
Lateral	4.5 mm
Debajo	3.9 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-240

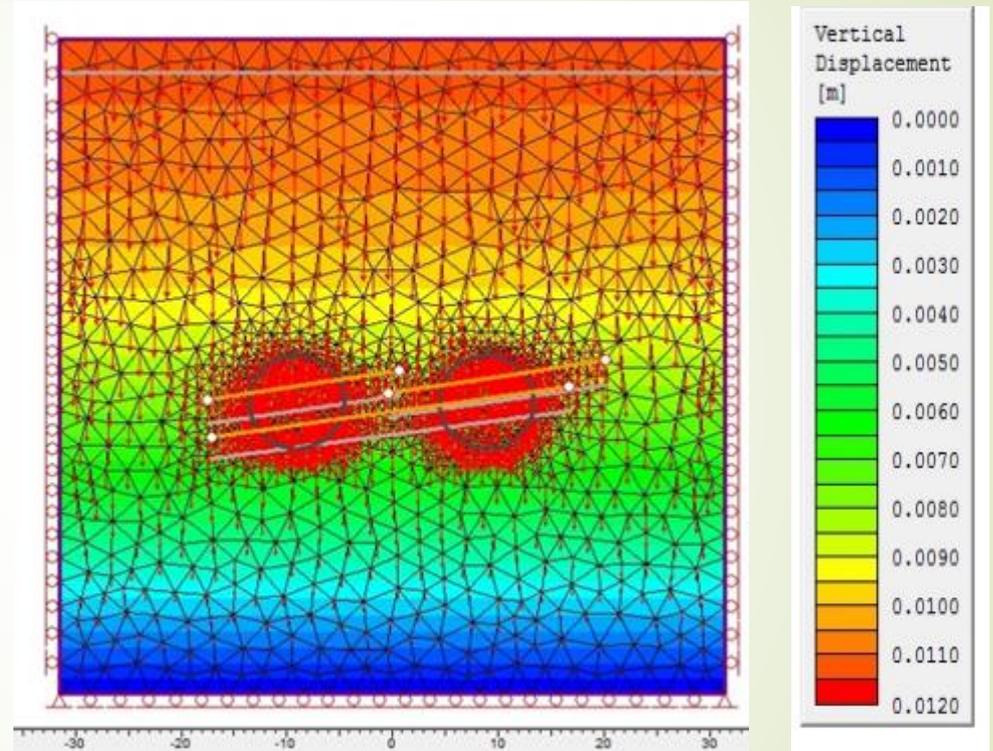
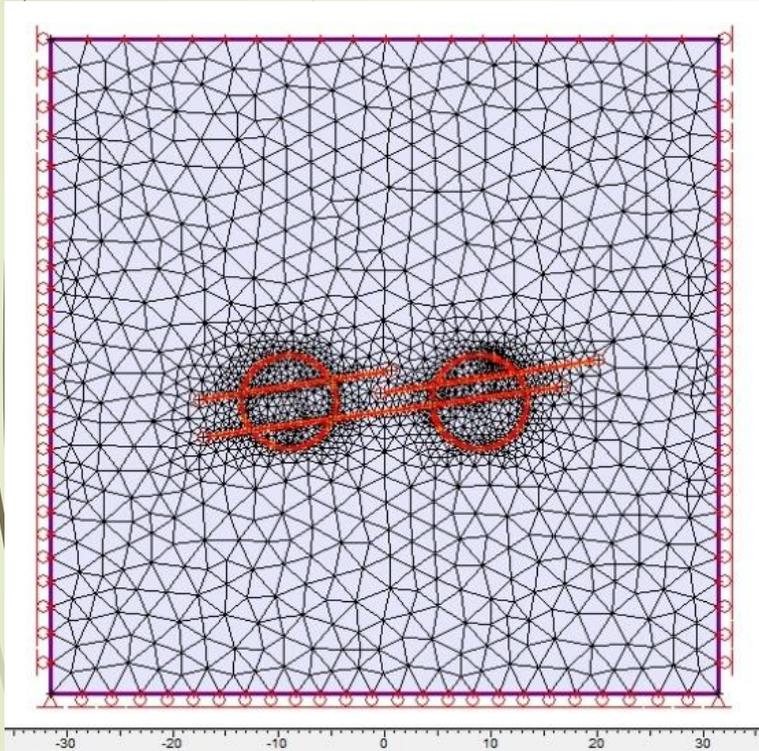
Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	6.3 mm
Lateral	4.9 mm
Debajo	3.2 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-250

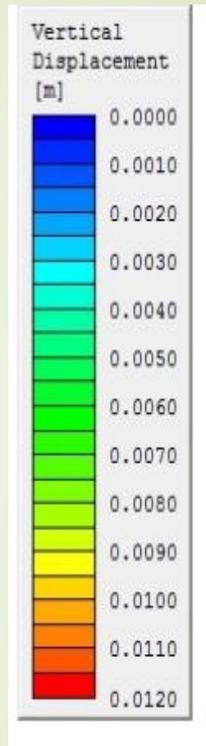
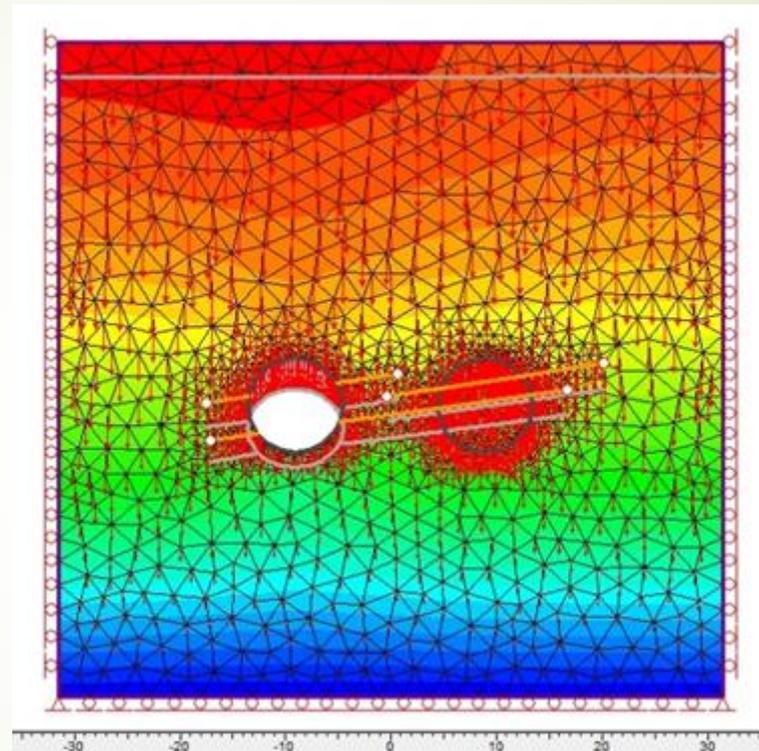
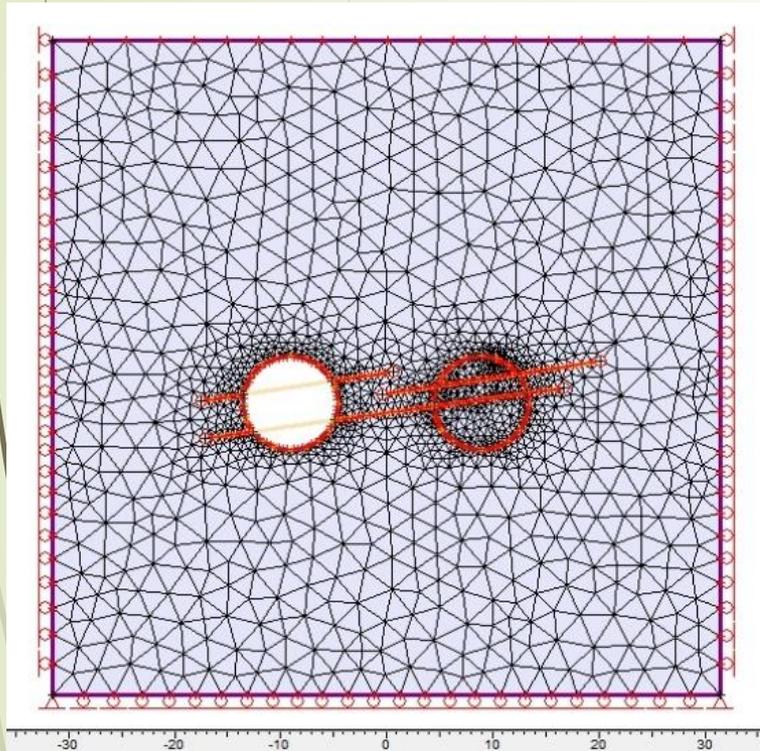
Etapa 1 Mallado y túneles gemelos (Sin Excavar)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	8.5 mm
Lateral	7.5 mm
Debajo	6.5 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-250

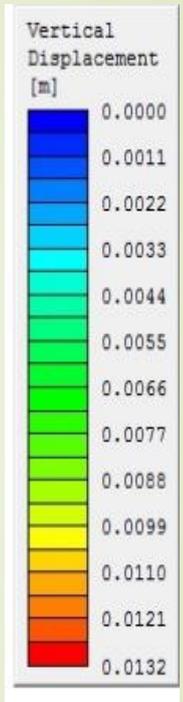
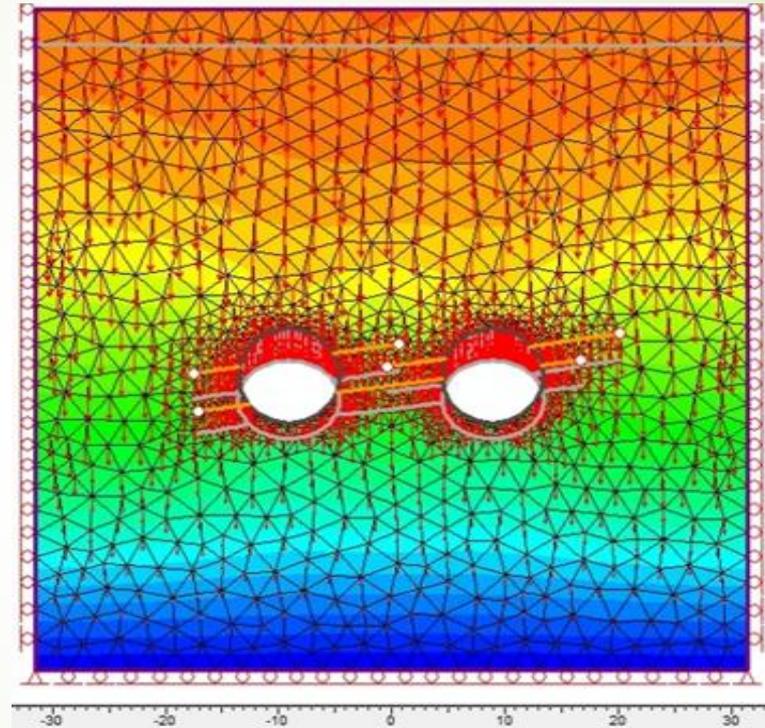
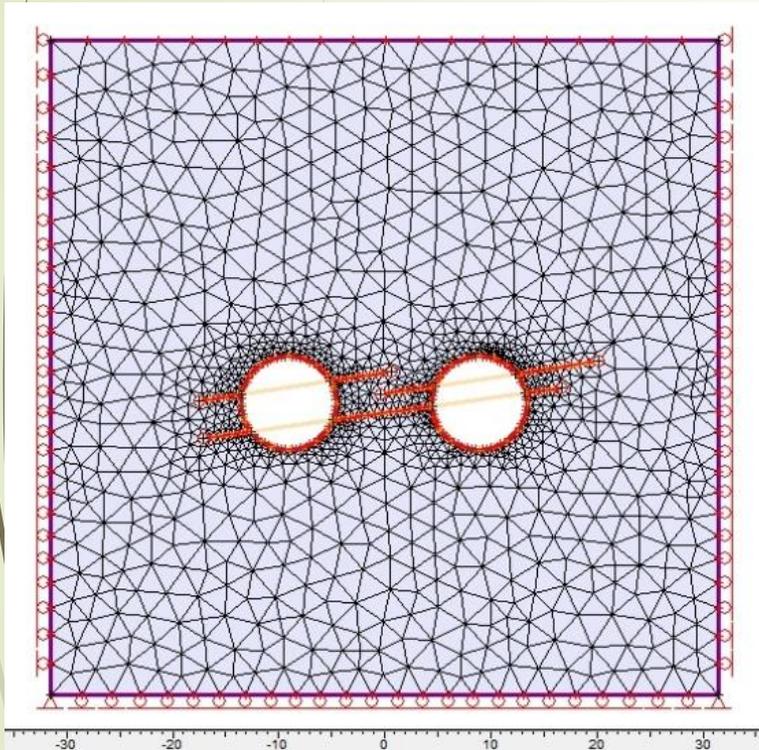
Etapa 2 Mallado y Primer túnel (Excavado)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	10 mm
Lateral	7.5 mm
Debajo	5 mm

ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS BH-250

Etapa 3 Desplazamiento Vertical (Excavados)



Lugar	Desp. Vertical
Encima	10.5 mm
Lateral	7.7 mm
Debajo	5.5 mm

CONCLUSIONES

- Los resultados de los ensayos geomecánicos dependen de la calidad de la roca, criterio de selección y el seguimiento de las normas que los regulan.
- La variación de los resultados obtenidos a nivel central de la montaña en las perforaciones BH-19, BH-21, BH-240 con respecto a la perforación cercana al portal BH-250, ha definido que las rocas del portal se encuentran más meteorizadas o alteradas, siendo esto verificado por la petrografías.
- El ensayo Cerchar, es el indicado para el estudio del índice de abrasividad en rocas que estén a profundidades mayores a 30 m (BH-19; BH-21; BH-240), donde la meteorización no influya de manera considerable sobre la roca.

CONCLUSIONES

- El método Schimazek, se debe aplicar a rocas que se encuentren expuestas a los agentes exógenos a una profundidad menor a 30 m (BH-250), ya que es representativo por su conteo modal de mineral de cuarzo y ensayo de tracción indirecta.
- El Esquisto las Mercedes es altamente abrasivo.
- El ajuste de los datos obtenidos mediante los ensayos geomecánicos permitió obtener el criterio de resistencia y fracturamiento real del macizo rocoso, que se modeló mediante el uso del programa Rocdata.

CONCLUSIONES

- El análisis de elementos finitos determinó que el desplazamiento vertical producido por los esfuerzos que ejerce el macizo rocoso sobre el túnel, varía desde 4 mm hasta 25 mm en la zona de mayor cobertura, es indispensable tener presente estos parámetros a la hora de construir los túneles gemelos. Estas deformaciones producidas son despreciables a nivel de la montaña, ya que no afectan a ninguna estructura existente de importancia (Parque Nacional).
- Las perforaciones que se encuentran más cercanas al portal poseen un mayor módulo de elasticidad secante, las cuales tienden a tener menor deformación y mayor esfuerzo axial, a las que se encuentran más alejadas del portal, lo que implica que en modelo de elementos finitos van a tener un menor desplazamiento vertical.

CONCLUSIONES

- ▶ El esquisto las Mercedes es una roca competente a profundidad, sin embargo los planos de foliación juegan un papel importante en su comportamiento, donde evidencia que a mayor profundidad, la roca se comporta más resistente a los esfuerzos y no posee ni meteorización ni fracturas. Lo que hace inferir una permeabilidad secundaria baja a profundidades altas. Cabe destacar que en toda su extensión presenta múltiples plegamientos.

RECOMENDACIONES

- ▶ Durante la excavación del túnel es primordial tener el modelo geomecánico, para observar la variación de los parámetros del macizo rocoso durante el avance de la TBM y así evaluar posibles sitios de riesgos para la TBM y ajustar el modelo a los valores obtenidos durante el avance del TBM y prever el comportamiento en las etapas de construcción subsiguiente.
- ▶ Se recomienda completar el modelo geomecánico y el análisis de elemento finito de todo el trayecto con las perforaciones restantes del Sistema de Transporte Masivo Metro Caracas Guarenas Guatire.
- ▶ Realizar geología de superficie en todo el trayecto para determinar estructuras locales a lo largo del lineamiento.
- ▶ Realizar distintos ensayos geomecánicos en los portales y fundaciones de los viaductos en el lineamiento.
- ▶ Realizar un Perfil de meteorización del al roca.

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Castillejo, M. (2006). Caracterización geomecánica de macizos rocosos. Caracas: UCV.
- ▶ Castillejo, M. (2007). La roca como material. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- ▶ Chacón C., A. A., & Guevara B., W. J. (2008). Caracterización geomecánica y modelado 3D de los macizos rocosos correspondientes al desarrollo de las obras subterráneas del sistema Caracas-Guarenas-Guatire. Caracas.
- ▶ Hurtado de Barrera, J. (2008). Como formular objetivos de investigación. Caracas: Quirón.
- ▶ Álvarez ; Rodríguez .(2008) Caracterización geomecánica para el proyecto del sistema subterráneo Metro de Caracas. Línea 5, tramo Zona Rental de la UCV-Bello Monte
- ▶ Farfán ; Marconi (2008) Caracterización geomecánica para el proyecto del túnel del sistema subterráneo Metro de Caracas, línea 5, tramo Bello Monte-Chuao (UNEFA)
- ▶ Reverón D (2013) Dimensionamiento de cámaras y pilares en minería subterránea basado en la caracterización geomecánica del macizo rocoso de la mina Colombia, El Callao, estado Bolívar



¡Muchas Gracias!

¿Alguna Pregunta?