

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **CARÁCTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Lozada S, Oswaldo L.  
Para optar al Título de  
Ingeniero de Petróleo

Caracas, Junio 2014

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **CARÁCTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I**

Tutor Académico: Profa. Violeta Wills

Co-Tutor: Prof. Miguel Castillejo

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Lozada S, Oswaldo L  
Para optar al Título  
De Ingeniero de Petróleo

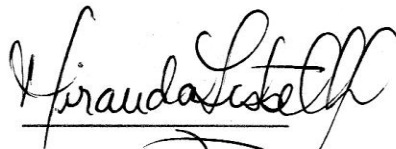
Caracas, Junio 2014

Caracas, junio de 2014

Los abajo Firmantes , miembros del jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Petróleo para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Oswaldo L. Lozada s. ,titulado :

**"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I"**

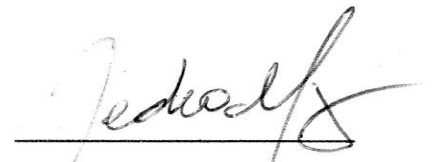
Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Petróleo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



---

Profa. Lisbeth Miranda

Jurado



---

Prof. Pedro Díaz

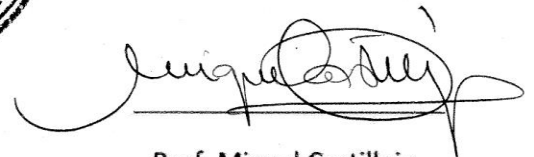
Jurado



---

Profa. Violeta Wills

Tutor Académico



---

Prof. Miguel Castillejo

Co-Tutor

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Jesucristo mi DIOS, mi escudo, mi fortaleza, a mi madre y mejor amiga Digna Sánchez por estar allí siempre apoyándome para lograr mis metas, a mi padre Oswaldo Lozada, a mi abuelo José Sánchez, a Gustavo Guerra el cual es como un padre para mí, también se lo dedico a mi persona por el esfuerzo, constancia y dedicación durante toda esta maravillosa carrera en la casa que vence las sombras.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a DIOS por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

A la Universidad Central de Venezuela por permitirme formar parte de esa maravillosa casa de estudio. A los profesores de la universidad: Orlando Méndez, Alfredo Mederos, Alexis Gamiero, Arturo Calvo, Jairo Naranjo, Juan Serrano, Cecilia Graterol gracias por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobretodo su amistad. A mis profesores de bachillerato: Pedro Díaz y Gonzalo V Solano por su enseñanza y amistad durante esa etapa

En especial gracias al Profesor Miguel Castillejo y la Profesora Violeta Wills por brindarme la oportunidad de desarrollar una tesis en el Laboratorio de Mecánica de Rocas, eternamente agradecido por su paciencia y sabiduría durante todo el desarrollo de este trabajo.

A mi madre Digna Sánchez por su apoyo, amistad, fortaleza y valores inculcados. A mi padre Oswaldo Lozada, a mi Abuelo José Sánchez, a Gustavo Guerra el cual es un segundo Padre el me enseñó a luchar por lo que quiero y lograr mis metas, mi tía Miriam Aular por su apoyo, gracias a todos por estar allí.

A todos los compañeros que de alguna u otra manera estuvieron vinculados al desarrollo de este trabajo especial de grado: Carlos Elías Oliveros, Carlos Eduardo Oliveros, Ramón Montes y Daniel Reverón por sugerencias, comentarios y ayuda.

A mis amigos que son como mis hermanos con el cual compartí durante toda mi carrera momentos de alegría y momentos difíciles: Diego Cortez, Fabricio Onsaló, Luis Carrero, Christian Linares y Nestor Abdullah.

A mi novia Clementina Blanco, gracias por formar parte de mi vida, por tu amor y por tu amistad.

Le doy gracias a mi Maestro Alejandro Saavedra por su amistad y conocimientos transmitidos.

Al Ingeniero Alexis Cortez por su sabiduría y consejos en momentos difíciles.

A todos ustedes gracias por su amistad, se les aprecia: Luis Briceño, Luis Ili, Laura Mariana, Anggie, Luis Carlos, Iliana Loreto, Johan Rodríguez, Darwin Smith, Carlos Cárdenas, Félix Mederos, Isabel, Eduardo Vera, Eduardo Bastidas, Ana Figueroa, Mileidy, Daniel Reverón, Julio Zerpa, Albany, Zandy, Luis Enrique García, Pedro Loreto, Ezequiel Rodríguez, Euly, José Blanco, Gloriana, Katherin y todos aquellos con los que compartí durante esta maravillosa etapa universitaria.

**Oswaldo L. Lozada**

LOZADA S, OSWALDO L

## CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I

**Tutor Académico: Prof. Violeta Wills. Tesis. Caracas, U.C.V.  
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Petróleo. Año 2014. 215p.**

**Palabras Clave:** Cementación, Lechadas, Mecánica de Rocas, Resistencia a la compresión, Resistencia a la tracción, Resistencia al esfuerzo de corte, Criterio de Fractura, Criterio de Mohr-Coulomb, Criterio de Hoek-Brown, Clasificación de la roca según el ISRM.

**Resumen:** La cementación del pozo representa una etapa crucial ya que el cemento bombeado en el espacio anular del pozo, después de fraguar se comporta como una roca artificial proporcionando soporte para el cabezal así como también formar una barrera que protege el revestimiento. Por este motivo, es importante evaluar con más profundidad las propiedades físicas; es decir, incluir más ensayos aparte de la resistencia a la compresión simple. En este trabajo se realizó una Caracterización Mecánica de la lechada de cemento Portland tipo I utilizando como base un borrador del año 2011; el cual, es una propuesta de modificación de la regla API, que propone utilizar muestras cilíndricas incluyendo más ensayos en las muestras que permiten describir su comportamiento a los esfuerzos con más precisión. Para determinar la resistencia de la lechada de cemento Portland tipo I después de fraguada se elaboraron ensayos de compresión simple, tracción indirecta y ensayo de corte. De esta manera, se pudo obtener varios de datos de resistencia los cuales permitieron hacer una descripción general de la lechada mediante el criterio de Mohr-Coulomb, evidenciando que se comporta como una roca de baja resistencia con un comportamiento semejante a arcillitas y lutitas. Sin embargo, se concluyó que se necesitan caracterizar varios tipos de lechada de cemento para establecer comparaciones de resistencia y realizar el ensayo poliaxial; ya que, en el pozo actúan

varios factores que afectan su rendimiento y poder caracterizarlo de manera adecuada, dejándolo para otro trabajo de investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
LISTA DE TABLAS .....	21
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.1. Objetivos Específicos.....	3
1.3. ALCANCE .....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	4
1.5. LIMITACIONES.....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
2.2. BASES TEÓRICAS .....	9
2.2.1. Cementación .....	9
2.2.2. Tipos de Cementación.....	9
2.2.2.1. Cementación Primaria .....	9
2.2.2.1.1.    Objetivos de la cementación primaria.....	10
2.2.2.2. Cementación secundaria .....	10
2.2.2.2.1    Objetivos de cementación secundaria.....	10
2.2.3. Cemento Portland .....	10
2.2.4. Tipos de Cemento .....	11

2.2.4.1. Cementos ordinarios o comunes .....	12
2.2.4.2. Cementos Especiales.....	13
2.2.5. Lechada de Cemento.....	14
2.2.6. Propiedades físicas de la lechada: .....	14
2.2.7. Aditivos de las lechadas .....	15
2.2.8. Causas de una Cementación Defectuosa .....	17
2.2.9. Caracterización Mecánica de la Lechada de Cemento.....	17
2.2.9.1. Criterio de Mohr .....	18
2.2.9.2. Criterio de Mohr- Coulomb.....	19
2.2.9.3. Criterio de Hoek-Brown .....	20
2.2.9.4. Distribución de la sollicitación en el testigo .....	20
2.2.9.5. Curva esfuerzo deformación.....	21
2.3. ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL CEMENTO .....	22
2.3.1. Ensayo de Resistencia a la compresión.....	23
2.3.1.1. Tipo de fractura en el Ensayo de compresión simple.....	25
2.3.2. Ensayo de tracción Indirecta .....	26
2.3.2.1. Ventajas del Ensayo Brasilerio .....	27
2.3.3. Ensayo de Corte.....	28
CAPÍTULO III .....	28
MARCO METODOLÓGICO .....	28
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	28
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	28
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	29
3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS .....	29
3.5. ELABORACIÓN DE LECHADA Y BRIQUETA.....	31
3.6. CURADO DEL CEMENTO.....	31
3.7. PREPARACIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS.....	32
3.8. ROTULACIÓN DE MUESTRAS.....	33

3.9.	ELABORACIÓN DE LOS ENSAYOS .....	34
3.9.1.	Ensayo de compresión Simple.....	34
3.9.1.1.	Equipo de laboratorio GCTS (RDS-500).....	34
3.9.2.	Ensayo Brasileiro o tracción indirecta.....	35
3.9.2.1.	Aparato GCTS IDT-B .....	36
3.9.3.	Ensayo de Corte.....	36
3.9.3.1.	Sistema de corte directo servo-controlado .....	37
3.10.	ELABORACIÓN DE REPORTES .....	38
3.11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	38
3.12.	ROCDATA.....	39
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....		40
4.1	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE.....	40
4.1.1.	Datos Generales .....	40
4.1.2.	Etapa de Carga Estática y Etapa Final.....	40
4.1.3.	Adquisición de Datos.....	40
4.1.4.	Resultados de los Ensayos.....	40
4.1.5.	Imagen de la muestra.....	41
4.1.6.	Fuerza vs Tiempo.....	41
4.1.7.	Esfuerzo vs Deformación.....	41
4.1.8.	Observaciones .....	42
4.2.	ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA O BRASILERO .....	51
4.2.1.	Datos Generales .....	51
4.2.2.	Etapa de Carga Estática y Etapa Final.....	51
4.2.3.	Adquisición de Datos.....	51
4.2.4.	Resultados del Ensayo.....	52
4.2.5.	Fotos.....	52
4.2.6.	Gráfica Carga vs Tiempo.....	52
4.2.7.	Observaciones .....	53
4.3.	ENSAYO DE CORTE .....	59

4.3.1. Datos Generales .....	60
4.3.2. Programa de Carga .....	60
4.3.3. Puntos .....	61
4.3.4. Resumen.....	62
4.3.5. Curvas de ajuste .....	62
4.3.6. Observaciones .....	63
4.3.7. Imagen de la muestra.....	63
4.4. CRITERIO DE MOHR-COULOMB .....	70
4.5. CRITERIO DE HOEK-BROWN.....	72
CAPÍTULO V .....	74
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES.....	76
Bibliografía. ....	77
APÉNDICE... ..	78
Ensayos de Compresión Simple.....	79
Ensayos de Tracción Indirecta .....	125
Ensayos de Corte .....	202

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Representación del criterio de Mohr, (Castillejo Cans, 1993) .....	18
Figura 2:	Tipos de deformaciones de las muestras (Castillejo Cans, 1993) .....	21
Figura 3:	Curva esfuerzo-deformación para una roca (Castillejo Cans, 1993).....	22
Figura 4:	Tensiones Aplicadas a muestras (González de Vallejo & Ferrer, 2002) ...	23
Figura 5:	Muestra de laboratorio al ser sometida a compresión simple .....	25
Figura 6:	Ejemplos de fracturas en las muestras (Castillejo Cans, 1993).....	26
Figura 7:	Ensayo Brasilerero (Heinold, Dillenbeck, Bray, & Rogers, 2003) .....	27
Figura 8:	Imagen del aparato utilizado en el ensayo de tracción indirecta .....	28
Figura 9:	Esfuerzos que actúan en el Ensayo de Corte .....	29
Figura 10:	Esquema del marco metodológico. ....	30
Figura 11:	Molde para elaborar la briqueta .....	31
Figura 12:	Piscina para curado de muestras .....	32
Figura 13:	Perforadora Saca testigo .....	33
Figura 14:	Muestras rotuladas .....	33
Figura 15:	Máquina utilizada en el ensayo de compresión triaxial (RDS-500) .....	34
Figura 16:	Aparato utilizado en el ensayo de tracción indirecta (brasilerero).....	36
Figura 17:	Imagen del sistema de corte directo servo-controlado.....	37
Figura 18:	Gráfica fuerza vs tiempo .....	41
Figura 19:	Gráfica Esfuerzo vs Deformación .....	42
Figura 20:	Reporte del Ensayo de Compresión Simple (parte 1) .....	44
Figura 20:	Reporte del ensayo de compresión simple (parte 2).....	45
Figura 20:	Reporte del Ensayo de Compresión Simple (parte 3) .....	46

Figura 21: Clasificación de acuerdo a su resistencia a la compresión .....	48
Figura 22: Gráfica Esfuerzo axial por muestra .....	49
Figura 23: Gráfica % de deformación axial por muestra.....	50
Figura 24: Carga vs Tiempo .....	53
Figura 25: Reporte del ensayo de Tracción indirecta (parte 1) .....	54
Figura 25: Reporte del ensayo de Tracción indirecta (parte 2) .....	55
Figura 26: Gráfica Esfuerzos de compresión por muestra.....	58
Figura 27: Gráfica Esfuerzo de tracción por muestra .....	59
Figura 28: Etapas de carga .....	60
Figura 29: Esfuerzo vs tiempo .....	62
Figura 30: Esfuerzo de corte ( $\tau$ ) vs Esfuerzo normal ( $\sigma_n$ ) .....	63
Figura 31: Reporte del ensayo de corte a la muestra 694 (parte 1) .....	64
Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 2) .....	65
Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 3) .....	66
Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 4) .....	67
Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 5) .....	68
Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 6) .....	69
Figura 32: Gráfica Esfuerzo normal vs Esfuerzo de corte (Ajuste de la recta 1) .....	71
Figura 33: Gráfica Esfuerzo normal vs Esfuerzo de corte (Ajuste de la recta 2) .....	72
Figura 34: Reporte de la muestra 692 (parte 1).....	80
Figura 34: Reporte de la muestra 692 (parte 2).....	81
Figura 34: Reporte de la muestra 692 (parte 3).....	82
Figura 35: Reporte de la muestra 695 (parte 1).....	83
Figura 35: Reporte de la muestra 695 (parte 2).....	84

Figura 35: Reporte de la muestra 695 (parte 3).....	85
Figura 36: Reporte de la muestra 696 (parte 1).....	86
Figura 36: Reporte de la muestra 696 (parte 2).....	87
Figura 36: Reporte de la muestra 696 (parte 3).....	88
Figura 37: Reporte de la muestra 697 (Parte 1).....	89
Figura 37: Reporte de la muestra 697 (Parte 2).....	90
Figura 37: Reporte de la muestra 697 (Parte 3).....	91
Figura 38: Reporte de la muestra (709 parte 1).....	92
Figura 38: Reporte de la muestra (709 parte 2).....	93
Figura 38: Reporte de la muestra 709 (parte 3).....	94
Figura 39: Reporte de la muestra 710 (parte 1).....	95
Figura 39: Reporte de la muestra 710 (parte 2).....	96
Figura 39: Reporte de la muestra 710 (parte 3).....	97
Figura 40: Reporte de la muestra 712 (parte 1).....	98
Figura 40: Reporte de la muestra 712 (parte 2).....	99
Figura 40: Reporte de la muestra 710 (parte 3).....	100
Figura 41: Reporte de la muestra 713 (parte 1).....	101
Figura 41: Reporte de la muestra 713 (parte 2).....	102
Figura 41: Reporte de la muestra 713 (parte 3).....	103
Figura 42: Reporte de la muestra 714 (parte 1).....	104
Figura 42: Reporte de la muestra 714 (parte 2).....	105
Figura 42: Reporte de la muestra 714 (parte 3).....	106
Figura 43: Reporte de la muestra 718 (parte 1).....	107
Figura 43: Reporte de la muestra 718 (parte 2).....	108

Figura 43: Reporte de la muestra 718 (parte 3).....	109
Figura 44: Reporte de la muestra 726 (parte 1).....	110
Figura 44: Reporte de la muestra 726 (parte 2).....	111
Figura 44: Reporte de la muestra 726 (parte 3).....	112
Figura 45: Reporte de la muestra 727 (parte 1).....	113
Figura 45: Reporte de la muestra 727 (parte 2).....	114
Figura 45: Reporte de la muestra 727 (parte 3).....	115
Figura 46: Reporte de la muestra 728 (parte 1).....	116
Figura 46: Reporte de la muestra 728 (parte 2).....	117
Figura 46: Reporte de la muestra 728 (parte 3).....	118
Figura 47: Reporte de la muestra 729 (parte 1).....	119
Figura 47: Reporte de la muestra 729 (parte 2).....	120
Figura 47: Reporte de la muestra 729 (parte 3).....	121
Figura 48: Reporte de la muestra 731 (parte 1).....	122
Figura 48: Reporte de la muestra 729 (parte 2).....	123
Figura 48: Reporte de la muestra 729 (parte 3).....	124
Figura 49: Reporte de la muestra 605 (parte 1).....	126
Figura 49: Reporte de la muestra 605 (parte 2).....	127
Figura 50: Reporte de la muestra 606 (parte 1).....	128
Figura 50: Reporte de la muestra 606 (parte 2).....	129
Figura 51: Reporte de la muestra 607 (parte 1).....	130
Figura 51: Reporte de la muestra 607 (parte 2).....	131
Figura 52: Reporte de la muestra 608 (parte 1).....	132
Figura 52: Reporte de la muestra 608 (parte 2).....	133

Figura 53: Reporte de la muestra 609 (parte 1).....	134
Figura 53: Reporte de la muestra 609 (parte 2).....	135
Figura 54: Reporte de la muestra 614 (parte 1).....	136
Figura 54: Reporte de la muestra 614 (parte 2).....	137
Figura 55: Reporte de la muestra 615 (parte 1).....	138
Figura 55: Reporte de la muestra 615 (parte 2).....	139
Figura 56: Reporte de la muestra 617 (parte 1).....	140
Figura 56: Reporte de la muestra 617 (parte 2).....	141
Figura 57: Reporte de la muestra 618 (parte 1).....	142
Figura 57: Reporte de la muestra 618 (parte 2).....	143
Figura 58: Reporte de la muestra 619 (parte 1).....	144
Figura 58: Reporte de la muestra 619 (parte 2).....	145
Figura 59: Reporte de la muestra 626 (parte 1).....	146
Figura 59: Reporte de la muestra 626 (parte 2).....	147
Figura 60: Reporte de la muestra 628 (parte 1).....	148
Figura 60: Reporte de la muestra 628 (parte 2).....	149
Figura 61: Reporte de la muestra 629 (parte 1).....	150
Figura 61: Reporte de la muestra 629 (parte 2).....	151
Figura 62: Reporte de la muestra 635 (parte 1).....	152
Figura 62: Reporte de la muestra 635 (parte 2).....	153
Figura 63: Reporte de la muestra 636 (parte 1).....	154
Figura 63: Reporte de la muestra 636 (parte 2).....	155
Figura 64: Reporte de la muestra 637 (parte 1).....	156
Figura 64: Reporte de la muestra 637 (parte 2).....	157

Figura 65: Reporte de la muestra 639 (parte 1).....	158
Figura 66: Reporte de la muestra 639 (parte 2).....	159
Figura 67: Reporte de la muestra 643 (parte 1).....	160
Figura 67: Reporte de la muestra 643 (parte 2).....	161
Figura 68: Reporte de la muestra 644 (parte 1).....	162
Figura 68: Reporte de la muestra 644 (parte 2).....	163
Figura 69: Reporte de la muestra 655 (parte 1).....	164
Figura 69: Reporte de la muestra 655 (parte 2).....	165
Figura 70: Reporte de la muestra 656 (parte 1).....	166
Figura 70: Reporte de la muestra 656 (parte 2).....	167
Figura 71: Reporte de la muestra 658 (parte 1).....	168
Figura 72: Reporte de la muestra 659 (parte 1).....	170
Figura 73: Reporte de la muestra 660 (parte 1).....	172
Figura 73: Reporte de la muestra 660 (parte 2).....	173
Figura 74: Reporte de la muestra 662 (parte 1).....	174
Figura 74: Reporte de la muestra 662 (parte 2).....	175
Figura 75: Reporte de la muestra 663 (parte 1).....	176
Figura 75: Reporte de la muestra 663 (parte 2).....	177
Figura 76: Reporte de la muestra 664 (parte 1).....	178
Figura 76: Reporte de la muestra 664 (parte 2).....	179
Figura 77: Reporte de la muestra 665 (parte 1).....	180
Figura 77: Reporte de la muestra 665 (parte 2).....	181
Figura 78: Reporte de la muestra 666 (parte 1).....	182
Figura 78: Reporte de la muestra 666 (parte 2).....	183

Figura 79: Reporte de la muestra 667 (parte 1).....	184
Figura 79: Reporte de la muestra 667 (parte 2).....	185
Figura 80: Reporte de la muestra 673 (parte 1).....	186
Figura 80: Reporte de la muestra 673 (parte 2).....	187
Figura 81: Reporte de la muestra 674 (parte 1).....	188
Figura 81: Reporte de la muestra 674 (parte 2).....	189
Figura 82: Reporte de la muestra 675 (parte 1).....	190
Figura 82: Reporte de la muestra 675 (parte 2).....	191
Figura 83: Reporte de la muestra 676 (parte 1).....	192
Figura 83: Reporte de la muestra 676 (parte 2).....	193
Figura 84: Reporte de la muestra 677 (parte 1).....	194
Figura 84: Reporte de la muestra 677 (parte 2).....	195
Figura 85: Reporte de la muestra 678 (parte 1).....	196
Figura 85: Reporte de la muestra 678 (parte 2).....	197
Figura 86: Reporte de la muestra 680 (parte 1).....	198
Figura 86: Reporte de la muestra 680 (parte 2).....	199
Figura 87: Reporte de la muestra 681 (parte 1).....	200
Figura 87: Reporte de la muestra 681 (parte 2).....	201
Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 1).....	203
Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 2).....	204
Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 3).....	205
Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 4).....	206
Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 5).....	207

Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 6).....	208
Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 1).....	209
Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 2).....	210
Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 3).....	211
Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 4).....	212
Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 5).....	213
Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 6).....	214

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Ensayos de compresión simple .....	47
Tabla 2:	Resultados de Ensayos brasileros .....	55
Tabla 3:	Ensayos de Corte .....	68

## INTRODUCCIÓN

La cementación es un proceso que consiste en bombear una lechada de cemento al pozo a través de una sarta de revestimiento, colocándolo en el espacio anular entre el hoyo y el revestimiento. Por consiguiente, después de fraguar, el cemento forma una barrera impermeable entre la formación y tubería la cual debe ser resistente para protegerla y sostener el peso en el hoyo. De esta forma, para asegurarle a la industria petrolera que el cemento cumpla con su función principal, se realizan ensayos a muestras cúbicas. Sin embargo, en muchas oportunidades el cemento falla generando pérdidas económicas. Por lo tanto, surge la necesidad de realizar análisis óptimos.

En el siguiente estudio, se realizará una Caracterización Mecánica del cemento mediante ensayos con muestras cilíndricas en el laboratorio de Mecánica de rocas con la finalidad de conocer ampliamente las Características de deformabilidad y resistencia de la lechada de cemento.

Este trabajo se dividirá en 5 capítulos. En el primer capítulo se plantea el problema y los objetivos que se desean alcanzar para solucionar el problema, la justificación y el alcance. En el capítulo 2, se mostrará la revisión de estudios previos sobre las pruebas en el cemento así como también los fundamentos teóricos. El capítulo 3, incluirá la información del cemento a caracterizar, métodos para solucionar el problema e información de los instrumentos a usar. El capítulo 4, muestra análisis de los resultados y finalmente en el capítulo 5, conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el pozo petrolero, la lechada de cemento bombeada al pozo está sometida a presiones, temperaturas y esfuerzos que afectan su rendimiento. Por este motivo, la lechada en la mayoría de los casos cede ocasionando problemas en el hoyo como pérdida de la adherencia de la lechada a la tubería, corrosión del *casing*, contaminación de aguas subterráneas, influjo de fluidos no deseados o en caso más crítico una arremetida.

Por lo tanto, para evitar problemas que no solo afecta el avance de la perforación, sino que también la vida útil de los equipos utilizados para tal fin, se propone realizar una caracterización mecánica de la lechada de cemento que permita describir con mayor precisión la resistencia de la lechada a esfuerzos compresivos, de tracción y de corte. Mediante una descripción más eficiente del comportamiento de la lechada en el pozo se puede diseñar la lechada correcta para el intervalo adecuado permitiendo asegurar una cementación primaria que cumpla con sus funciones.

Por consiguiente, la caracterización mecánica que se pretende realizar en este Trabajo Especial de Grado será en lo posible la más completa mediante la ejecución de ensayos como el de corte y tracción indirecta. La realización de estos ensayos se debe a que antes de la propuesta de modificación de la norma API, solo se realizaban ensayos de compresión simples a muestras prismáticas (cúbicas) de la lechada, lo cual no es suficiente para caracterizar las propiedades mecánicas del hoyo ya que el cemento está sometido a esfuerzos de la formación, vibraciones del *casing* al bajar herramientas, presiones ejercidas por fluidos de perforación, cambios de temperatura y esfuerzos de corte.

En efecto, se caracterizará mecánicamente el cemento con los siguientes ensayos:

- El ensayo brasilero proporciona la resistencia a la tracción que tiene la lechada.
- El ensayo de compresión simple, donde un esfuerzo principal compresivo determina una relación de esfuerzo-deformación.
- El ensayo de corte, se describe el método para la determinación de la resistencia al corte de una muestra de cemento sometida previamente a un proceso de consolidación, cuando se le aplica un esfuerzo de cizalladura o corte directo.

Por último, es importante mencionar que en la Caracterización Mecánica de este trabajo, la lechada se realizará con cemento Portland tipo I sin aditivos. Sin embargo este trabajo servirá de guía para caracterizar mecánicamente lechadas con cementos tipo A, B, C, G y H en el Laboratorio de Mecánica de Rocas, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

## **1.2. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar mecánicamente lechadas de cemento para pozos petroleros realizadas con cemento Portland Tipo I.

### **1.2.1. Objetivos Específicos**

- Determinar la resistencia a la compresión de la lechada de cemento.
- Determinar la resistencia a la tracción indirecta de la lechada de cemento.
- Determinar la resistencia a los esfuerzos de corte de la lechada de cemento.
- Determinar criterios de fractura de la lechada de cemento.

### **1.3. ALCANCE**

Proporcionar una metodología para caracterizar lechadas de cemento en el Laboratorio de Mecánica de Rocas, los resultados de las muestras en el laboratorio servirán de base para evidenciar la utilidad de esta alternativa para caracterizar lechadas.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

La Universidad Central de Venezuela posee un Laboratorio de Mecánica de Rocas donde se pueden realizar ensayos a rocas o materiales pétreos, los cuales proporcionan datos que pueden ser usados para la caracterización mecánica de la lechada del cemento, asumiendo la lechada de cemento después de fraguar, tiene un comportamiento similar a una roca artificial, que nos permite hacer análisis más detallados a las lechadas. Por otra parte, es una gran oportunidad para el investigador hacer pruebas en el laboratorio con aplicaciones en ingeniería en petróleo ya que el laboratorio está dotado para hacer un proyecto.

### **1.5. LIMITACIONES**

El cemento tipo G disponible no era lo suficiente para hacer una briqueta y tener las muestras necesarias por lo tanto se optó por usar el cemento Portland tipo I para realizar todos los ensayos necesarios sin embargo esto no afectó la Caracterización de la lechada de cemento.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

(Fangzhu, Jiansheng, Guangming, Wenli, & Chong, 2010), estudiaron la cementación en aguas profundas ya que es diferente de cementar la tierra. En el mar temperatura disminuye a medida que aumenta la profundidad del agua. Por lo tanto, la cementación de pozos profundos en el mar tiene algunos problemas, como la baja temperatura, el bajo gradiente de fractura. Por otra parte, las pruebas experimentales de cemento aguas profundas comprenden tiempo de espesamiento, resistencia a la compresión, la pérdida de líquidos, reología y agua libre.

Finalmente, el estudio en lechadas de cemento de aguas profundas sirvió para evidenciar que los ensayos de compresión son de mucha importancia para describir la resistencia a los esfuerzos compresivos simulando lo que le ocurre al cemento después de fraguar en el pozo.

(Kang, Kim, Han, & Yoon, 2008), efectuaron ensayos de resistencia a la compresión axial a diferentes tipos de cemento los cuales fueron: cemento Portland, cemento tipo A y un cemento producido por una mezcla de clinker de cemento Portland y escoria granulada de alto horno en muy diversas proporciones. Las muestras de cemento ensayas fueron cilíndricas de 5 cm de diámetro y 10 cm de longitud, para determinar la resistencia a la compresión y cómo influye la relación agua/cemento en cada muestra. Por último, los resultados de los ensayos fueron los siguientes:

A mayor densidad de la muestra más rápido es el desarrollo de la resistencia a la compresión.

Las muestras del cemento Portland y tipo A desarrollaron una rápida resistencia a la compresión los primeros 14 días pero posteriormente fue más lento el desarrollo de la resistencia a la compresión.

A medida que la relación agua-cemento aumentó, la resistencia a la compresión uniaxial disminuyó.

Este estudio fue elaborado para evaluar una mezcla de cemento con la finalidad de aplicarse en la construcción. Sin embargo, esta investigación sirvió de guía para la elaboración del curado de las muestras cilíndricas ya que al no elaborarse un curado eficiente las muestras se obtendrían con grietas y los resultados de los ensayos serían alterados.

Mueller & Eid, 2006, estudiaron diseños de lechada de cemento tipo G, cemento tipo H, cemento tipo A y cemento ASTM tipo I realizaron pruebas en intervalos de 2 horas para establecer comparaciones, estos autores se enfocaron principalmente en aislamiento zonal de acuíferos.

Por otra parte, elaboraron ensayos para determinar la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y el curado de con temperatura en el caso de la lechada de cemento G y H las cuales se usan en pozos profundos donde la temperatura influye en el desempeño de la lechada. Los resultados del estudio fueron los siguientes:

La resistencia a la tracción fue el parámetro clave para que la lechada de cemento mantenga el aislamiento zonal y no la resistencia a la compresión.

- El modelo de Young se incrementó con el tiempo de fraguado de las muestras.
- Las muestras lechada de clase H y G mostró mayor resistencia tensil que las lechadas del cemento clase A.

Finalmente, esta investigación sirvió de ayuda para la elaboración de las lechadas y evidenciar que los ensayos de compresión y tracción se pueden obtener variables importantes como el módulo de Young y la relación de Poisson.

L.Sabins, Sutton, & Cook, 1984, realizaron una investigación donde se enfocaron en el diseño de las lechadas de cemento tipo H ya que está sometida a condiciones severas de presión y temperatura las cuales complican el diseño. Por este motivo se dedicaron a estudiar el desarrollo a la compresión del cemento, la resistencia de gel y capacidad de sellado.

La instrumentación de laboratorio utiliza alta presión y temperatura para simular las condiciones en el pozo. Por otra parte, la medición de la resistencia a la compresión se evaluó a esfuerzos de 360 MPa en muestras cúbicas.

Llegaron a concluir que se debe incorporar las condiciones del pozo que mejorarán la capacidad del cemento para maximizar el desplazamiento del lodo, ayudar a controlar el flujo de gas y desarrollar una buena resistencia a la compresión. Por otra parte estos fueron los resultados más relevantes:

La magnitud de los valores de resistencia a la compresión a corto plazo no cambió significativamente con valores de tiempos de espesamiento.

- La resistencia de gel fue uniforme a lo largo de la columna de cemento.
- Desarrollo de la fuerza de gel estática empezó a ocurrir muy poco después del asentamiento de la lechada y logra una barrera capaz de impedir el flujo de gas.
- La reducción de la temperatura no retarda el desarrollo de resistencia de gel.

La investigación de los autores sirvió de respaldo para conocer como hacían los ensayos con las muestras cúbicas y las pruebas con presión y temperatura para hacer las condiciones semejantes a la que ocurren en el pozo sin embargo, la lechada de este Trabajo Especial de Grado es para pozos someros y no necesita curado con temperatura.

Heinold, Dillenbeck, Bray, & Rogers, 2003, en la búsqueda de los cementos con propiedades mecánicas mejoradas, los autores se basaron en los métodos de ensayo

descritos por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), que ya ha desarrollado pruebas de resistencia a tracción del hormigón construcción.

Se realizaron ensayos de compresión simple y ensayo brasilero en muestras cilíndricas cuya longitud variaba entre 1, 2 y 4 pulgadas. Por otra parte, elaboraron otro ensayo de resistencia a la tracción con una muestra curva denominada hueso de perro.

Las lechadas a evaluar fueron elaboradas con cemento tipo G y cemento con aditivos como fibra de vidrio y antiespumante. Por último, los resultados fueron los siguientes:

- A su serie de ensayo particular, los autores pudieron confirmar que con el aumento de tamaño de la muestra se produce una reducción de la resistencia a la tracción indirecta. En promedio, se observó una reducción del 30% en resistencia a la tracción indirecta cuando se duplicó el diámetro del cilindro de cemento. Cuando la longitud de la muestra se incrementó además del cambio de diámetro, se observó una reducción del 10% la resistencia.
- Las mediciones se vieron poco o no afectadas por las temperaturas de curado las cuales variaban entre 130 y 180 °F.
- Las muestras son más resistentes a la compresión que a la tracción
- En el ensayo de tracción con la muestra con forma de hueso de perro, los autores plantearon una hipótesis donde existen posiblemente concentraciones de esfuerzos en las pinzas de agarre la cual pueden contribuir a un fallo prematuro en algunas muestras. Sin embargo, se requiere más trabajo para confirmar la hipótesis.

Esta investigación aportó más conocimientos sobre los ensayos de tracción indirecta evidenciando menos problemas en las muestras como rupturas prematuras que

podieran alterar los resultados finales así como ocurrió con la muestra curva de cemento.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Cementación**

Según Díaz & Mendez, (2007), la cementación es un Proceso que consiste en mezclar cemento seco y ciertos aditivos con agua, para formar una lechada que es bombeada al pozo a través de la sarta de revestimiento, el volumen a bombear es predeterminado para alcanzar las zonas críticas (alrededor del fondo de la zapata, espacio anular, formación permeable, hoyo desnudo, entre otros). Luego se deja fraguar y endurecer, formando una barrera permanente e impermeable al movimiento de fluidos detrás del revestidor.

La cementación es un proceso que incluye:

- Diseño y ensayo de una lechada de cemento
- Mezclado y transporte de cemento y aditivos
- Mezclado y bombeo en el pozo

### **2.2.2. Tipos de Cementación**

#### **2.2.2.1. Cementación Primaria**

Es la técnica utilizada para colocar lechadas de cemento en el espacio anular entre el revestidor y las paredes del hoyo.

El cemento, se endurece y forma un sello hidráulico en el hoyo evitando la migración de fluidos de formación hacia el espacio anular, yacimientos de menor presión o hacia la superficie.

La cementación primaria es por consiguiente, una de las etapas más críticas durante la perforación y competición de un pozo. Este procedimiento debe ser

cuidadosamente planificado y ejecutado, debido a que hay una sola oportunidad para realizar el trabajo exitosamente.

#### **2.2.2.1.1. Objetivos de la cementación primaria**

- Sostener la tubería
- Restringir movimiento de fluidos no deseados
- Proteger la tubería contra la corrosión
- Proteger la tubería contra impactos generados por la perforación subsecuente
- Sellar zonas de pérdida de circulación o zonas ladronas

#### **2.2.2.2. Cementación secundaria**

Es el proceso de forzamiento de la lechada de cemento en el pozo, que se realiza principalmente en reparaciones/reacondicionamientos o en tareas de terminación de pozos.

##### **2.2.2.2.1 Objetivos de cementación secundaria**

- Reparar trabajos de cementación primaria deficientes
- Reducir altas producciones de agua y/o gas
- Reparar filtraciones causadas por fallas del revestidor
- Abandonar zonas no productoras o agotadas
- Sellar zonas de pérdidas de circulación
- Proteger la migración de fluido hacia zonas productoras

#### **2.2.3. Cemento Portland**

El primer tipo de cemento usado en un pozo petrolero fue el llamado cemento Portland, el cual fue desarrollado por Joseph Aspdin en 1824, esencialmente era un material producto de una mezcla quemada de calizas y arcillas.

El cemento Portland es un material cementante disponible universalmente. Las condiciones a las cuales es expuesto en un pozo difieren significativamente de aquellas encontradas en operaciones convencionales de construcciones civiles.

Este tipo de cemento es el ejemplo más común de un cemento hidráulico, los cuales fraguan y desarrollan resistencia a la compresión como un resultado de la hidratación. Este fenómeno involucra una serie de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento. Por definición, el cemento Portland es el que proviene de la pulverización del clinker obtenido por fusión incipiente de materiales arcillosos y calcáreos, que contengan óxidos de calcio, silicio, aluminio y hierro en cantidades convenientemente dosificadas y sin más adición posterior que yeso sin calcinar, así como otros materiales que no excedan del 1% del peso total y que no sean nocivos para el comportamiento posterior del cemento.

Los cementos API son cementos Portland, que es un tipo de cemento. Los cementos Portland también son llamados cementos hidráulicos porque fraguan bajo agua.

- **C<sub>3</sub>S** Silicato tricálcico
- **C<sub>2</sub>S** Silicato dicálcico
- **C<sub>3</sub>A** Aluminato tricálcico
- **C<sub>4</sub>AF** Ferroaluminato tetracálcico

#### **2.2.4. Tipos de Cemento**

Los cementos tienen ciertas características físicas y químicas y en base al uso que se les puede dar en cuanto a rango de profundidad, presiones y temperaturas a soportar, etc. Según el API, los cementos pueden ser clasificados en:

- Cementos ordinarios o comunes
- Cementos especiales

#### 2.2.4.1. Cementos ordinarios o comunes

- **Clase A:** usado generalmente para pozos desde superficie hasta 6000', cuando no se requieren propiedades especiales. La relación agua/cemento recomendada es 5.2 gal/sacos.
- **Clase B:** usado generalmente para pozos desde superficie hasta 6000', cuando hay condiciones moderadas a altas resistencia al sulfato. La relación agua/cemento recomendada es 5.2 gal/sacos.
- **Clase C:** usado generalmente para pozos desde superficie hasta 6000', cuando se requieren condiciones de alto esfuerzo. La relación agua/cemento recomendada es 6.3 gal/sacos.
- **Clase D:** usado generalmente para pozos desde 6000' hasta 10000', para condiciones moderadas de presión y temperatura. Está disponible para esfuerzos moderados a altos. La relación agua/cemento recomendada es 4.3 gal/sacos.
- **Clase E:** usado generalmente para pozos desde 10000' hasta 14000', para condiciones altas de presión y temperatura. La relación agua/cemento recomendada es 4.3 gal/sacos.
- **Clase F:** usado generalmente para pozos desde 10000' hasta 16000', para condiciones extremas de presión y temperatura. Está disponible para esfuerzos moderados a altos. La relación agua/cemento recomendada es 4.3 gal/sacos.
- **Clase G y H:** usado generalmente para pozos desde superficie hasta 8000' o puedan ser usados con aceleradores o retardadores para cubrir una amplia variedad de rangos de presión y temperatura. La relación agua/cemento recomendada es 5,0 gal/sacos.

#### 2.2.4.2. Cementos Especiales

Son aquellas tecnologías de cementación utilizadas para resolver los problemas de pérdida de circulación, microanillos, cementación en ambiente corrosivo, altas temperaturas y migración de gas, entre ellos se tiene: micro cementos, cementos tixotrópicos (Mara Petróleo), cemento espumado y cemento expansivos.

- **Micro cementos:** Es una tecnología desarrollada para resolver los problemas de cementación primaria, donde se requiere alta resistencia con baja densidad, para taponar zonas de pérdida de circulación o micro anillos por donde el cemento normal no puede circular. La composición de este cemento es igual a la del cemento Portland y se diferencia en el tamaño de partículas, el cual es de 10 micrones en promedio, siendo éste 10 veces menor que el cemento clase "A" API.
- **Cementos tixotrópicos:** En términos prácticos, las lechadas de cemento tixotrópico son dispersas y fluidas durante el mezclado, bombeo y desplazamiento; pero forma una estructura rígida cuando el bombeo se detiene. Una vez que la agitación es continuada, la estructura se rompe y la lechada adquiere, nuevamente, las propiedades de fluidez.

Al igual que los micro cementos, los tixotrópicos son usados para cementar formaciones con problemas de pérdida de circulación, sin embargo por su propiedad gelificante, son ideales para zonas cavernosas y formaciones de fácil fracturas.

- **Cemento espumado:** Son empleados para aislar las formaciones con bajo gradiente de fractura. Especialmente, aquellos donde se requieren densidades menores de 11 lb/gal. Estos cementos se caracterizan por su alta resistencia a la compresión, lo cual causa menor daño a la formación sensible al agua, pueden

reducir los cambios de flujo en el espacio anular, y permite la cementación en zona de pérdida total de circulación.

- **Cemento expansivos:** Un cemento que se expande volumétricamente después de fraguado, debe ser deseable para cerrar microanillos o prevenir la migración de gas en un grado limitado. Las acciones que causan la expansión, son debido a la formación de la etringita de la reacción entre el yeso y el aluminato de tricálcio. Los cementos expansivos comerciales están constituidos por potland combinado con sulfoaluminato de calcio, y sulfato de calcio y cal.

#### 2.2.5. Lechada de Cemento

Es una mezcla de cemento, agua y aditivos la cual es posteriormente bombeada a través de la sarta, en este trabajo la lechada de cemento será elaborada con el cemento Portland tipo I sin aditivos.

#### 2.2.6. Propiedades físicas de la lechada:

- **Densidad de la lechada:** La densidad debe ser lo suficientemente alta como para mantener el control del pozo, lo necesariamente baja como permitir el desplazamiento de la lechada y para no fracturar las formaciones atravesadas por el pozo. El ajuste de la densidad es el primer paso en el diseño de la lechada se realiza utilizando la balanza presurizada.
- **Requerimiento del agua de la mezcla:** Es la cantidad de agua necesaria para que todo el polvo de cemento reaccione químicamente. Esto es función de: consistencia, la separación del agua libre y la calidad del agua.
- **Tiempo de espesamiento:** Es el tiempo que se le da a una lechada para que permanezca lo suficientemente fluida para poder bombearse en el hoyo bajo condiciones de temperatura y presión.
- **Resistencia a la compresión:** Es una prueba que se realiza con el objetivo de determinar fuerza en el cual se rompe el cemento. Debe tener suficiente

resistencia para asegurar la tubería del hoyo, excluir fluidos indeseables del pozo y soportar esfuerzo de la perforación.

- **Fluido libre:** se evalúa la cantidad de agua disponible en la lechada.
- **Perdida de filtrado:** son pruebas que se hacen en la lechada con la finalidad de evitar su deshidratación.
- **Propiedades reológicas:** son medidas para observar el comportamiento reológico de la lechada es decir, el comportamiento del fluido en la tubería, su deformación y cómo actúan los esfuerzos en su estructura.

### 2.2.7. Aditivos de las lechadas

Los aditivos tienen como función adaptar los diferentes cementos petroleros a las condiciones específicas de trabajo. Pueden ser sólidos y/o líquidos (solución acuosa).

Entre ellos se tiene:

- **Aceleradores:** se usan en pozos donde la profundidad y la temperatura son bajas. Para obtener tiempos de espesamiento cortos y buena resistencia a la compresión en corto tiempo. Pueden usarse: cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ , más usado), silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), ácido oxálico ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ), entre otros.
- **Retardadores:** hacen que el tiempo de fraguado y el desarrollo de resistencia la compresión del cemento sean más lento. Los más usados son: lignitos, lignosulfonato de calcio, ácidos hidroxicarboxílicos, azúcares, derivados celulósicos, etc.
- **Extendedores:** se añaden para reducir la densidad del cemento o para reducir la cantidad de cemento por unidad de volumen del material fraguado, con el fin de reducir la presión hidrostática y aumentar el rendimiento (pie<sup>3</sup>/saco) de las lechadas. Entre los más usados se tienen: bentonita, silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), materiales pozzolánicos, etc.

- **Densificantes:** aditivos que aumentan la densidad del cemento o que aumentan la cantidad de cemento por unidad de volumen del material fraguado, con el fin de aumentar la presión hidrostática. Los más usados: barita, hematita, ilmenita, entre otros.
- **Controladores de Filtrado:** aditivos que controlan la pérdida de la fase acuosa del sistema cementante frente a una formación permeable. Previenen la deshidratación prematura de la lechada. Los más usados son: polímeros orgánicos, reductores de fricción, etc.
- **Antiespumantes:** ayudan a reducir el atrapamiento de aire durante la preparación de la lechada. Los más usados son: éteres de poliglicoles y siliconas.
- **Dispersantes:** se agregan al cemento para mejorar las propiedades de flujo, es decir, reducen la viscosidad de la lechada de cemento. Entre ellos se tiene: polinaftaleno sulfonado, polimelamina sulfonado, lignosulfonatos, ácidos hidrocarbóxicos, polímeros celulósicos.

La cementación debe tener condiciones óptimas las cuales son:

- Tener la densidad apropiada
- Ser fácilmente mezclable en superficie
- Tener propiedades reológicas óptimas para remover lodo
- Mantener sus propiedades físicas y químicas mientras se está colocando
- Desarrollar esfuerzo lo más rápido posible una vez que ha sido bombeado
- Desarrollar adherencia entre revestidor y la formación
- Tener una permeabilidad lo más baja posible
- Mantener sus propiedades bajo condiciones severas de presión y temperatura

### **2.2.8. Causas de una Cementación Defectuosa**

- Fraguado prematuro (a veces instantáneo en el revestidor).
- El tapón no asienta sobre cuello flotador, indicando su llegada y finalización del desplazamiento.
- No se puede alcanzar la densidad de la mezcla.
- Fuga o pérdida de gas en el anillo.
- Canalización del cemento en el lodo.
- Fragüado del cemento muy rápido.

En este Trabajo Especial de Grado se realizara una lechada con el Cemento Portland Tipo I, los ensayos se enfocarán principalmente a su desarrollo de esfuerzo en el tiempo y cómo se comporta a condiciones severas de esfuerzo.

### **2.2.9. Caracterización Mecánica de la Lechada de Cemento**

La lechada del cemento después de fraguar se comporta como una roca artificial ya que es elaborada en un laboratorio. Por lo tanto, este trabajo se basará en estudiar el comportamiento físico de las muestras de la lechada de cemento después de fraguar, sus características mecánicas (es decir, las características de deformabilidad y de resistencia), mediante el ensayo de muestras sometidas a diversos estados de sollicitaciones.

Por otra parte es importante conocer diversos criterios para comprender en forma factible lo que le ocurre a las muestras cuando son sometidas a esfuerzos:

### 2.2.9.1. Criterio de Mohr

El Criterio de Mohr se basa en la validez de una relación lineal entre esfuerzo de corte y el esfuerzo normal actualmente en el plano de rotura. Los resultados obtenidos para muchos ensayos experimentales aceptan una ley de este tipo. Mohr ha propuesto una ley de este tipo donde :

$$|\tau_n| = F(\sigma_n) \quad (1)$$

$T_n$ : Esfuerzo de Corte

$\sigma_n$ : Esfuerzo Normal

El Criterio de Mohr no es solamente empleado como criterio de resistencia, también es útil para prever la condición de rotura y también usado como condición de plasticidad.

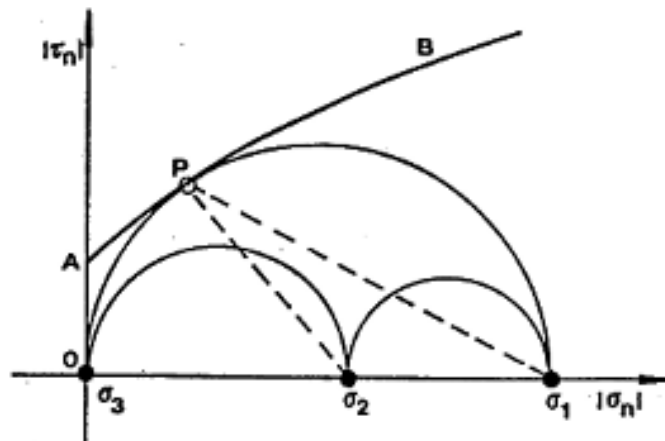


Figura 1: Representación del criterio de Mohr (esfuerzos principales), (Castillejo Cans, 1993)

En la figura 1 se puede observar el círculo de Mohr el cual representa los esfuerzos a los que son sometidos el material donde la rotura se presenta en el punto P el cual es tangente con la curva AB.

### 2.2.9.2. Criterio de Mohr- Coulomb

Según la teoría de Mohr, el material se plastificará o se romperá cuando la tensión de corte ( $\sigma_q$ ) en el plano de rotura alcance un determinado valor, que depende de la tensión normal ( $\sigma_n$ ) que actúa sobre dicho plano, o bien, si la tensión principal de tracción máxima alcanza el valor de la resistencia a la tracción ( $T_0$ ), es decir,  $\sigma_3 = T_0$ .

Mediante los ensayos de laboratorio, se obtienen una serie de círculos, uno por cada ensayo. Estos círculos representan el estado tensional del material en el momento de la rotura, en ejes  $\sigma$ ,  $\tau$ . Mediante el Criterio Mohr-Coulomb se obtiene la cohesión y el ángulo de rozamiento interno, así como la representación gráfica de cada uno de los círculos de Mohr así como de la recta ajustada.

$$| \tau | = \sigma \tan(\theta) + c \quad (2)$$

Donde:

$\sigma$  = esfuerzo normal en el plano de rotura

$\tau$  = esfuerzo de corte en ese plano

$C$  = cohesión de la roca

$\Phi$  = ángulo de fricción

$\mu$  = coeficiente de fricción interna de la roca

### 2.2.9.3. Criterio de Hoek-Brown

El criterio propuesto por Hoek y Brown (1988), va dirigido a estimar la resistencia triaxial de los macizos rocosos, para el diseño de excavaciones subterráneas. Es un criterio experimental que está definido por la siguiente expresión:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{(m \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3) + (s \cdot \sigma_c^2)} \quad (3)$$

Donde:

$\sigma_1$  = es la tensión principal mayor en la rotura.

$\sigma_3$  = es la tensión principal menor aplicada a la muestra.

$\sigma_c$  = es la resistencia a compresión simple de la roca.

m, s, a, son constantes que dependen de la roca y el macizo rocoso.

La resistencia o compresión simple de la roca se determina en el laboratorio. La resistencia del macizo rocoso se obtiene sustituyendo  $\sigma_3 = 0$  en la expresión anterior. Mediante la aplicación del criterio de Hoek-Brown se obtiene la cohesión, el ángulo de rozamiento interno, resistencia a compresión simple del macizo rocoso, además de otros datos como son la resistencia a tracción y a compresión uniaxial, representación gráfica de la parábola.

### 2.2.9.4. Distribución de la sollicitación en el testigo

Han sido realizados numerosos estudios teóricos o experimentales por distintos autores con el propósito de determinar la distribución de sollicitaciones en la muestra para las diferentes condiciones de contorno dadas.

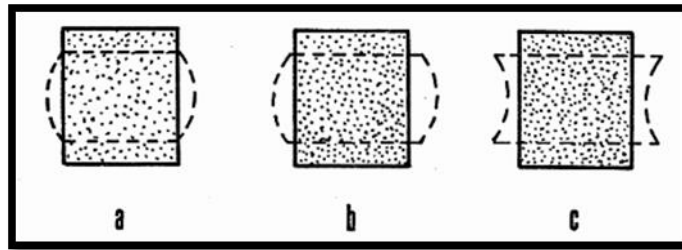


Figura 2: Tipos de deformaciones de las muestras (Castillejo Cans, 1993)

Como se puede observar en la figura 2 están 3 tipos de deformación de la muestra donde:

- a) La muestra se deforma el radio por la aplicación de la carga.
- b) La muestra aumenta el radio y su longitud disminuye por abombamiento en su estructura.
- c) La muestra obtiene una deformación circunferencial que se caracteriza por el adelgace de la parte media de la muestra.

#### 2.2.9.5. Curva esfuerzo deformación

Como se observa en la figura 3 existen varias regiones donde : **La región I**, con un comportamiento no lineal en la cual se cierran las microfisuras y los poros inicialmente presentes en la roca (Brace, 1965; Walsh & Brace 1966); **La región II**, un comportamiento generalmente lineal, en el cual se puede dar por válido el modelo elástico lineal; **La región III**, donde la  $\sigma_1$  es suficientemente grande  $\sigma_1 > \sigma_{t1}$  para crear nuevas microfisuras (fractura estable), siendo este fenómeno caracterizado por la apertura los vacíos intergranulares y micro fisuras en los cristales individuales (Bieniawski, 1967; Brace & Byerlee, 1967).

**La región IV**, en la cual el inicio está definido por el punto A en la curva de sollicitación axial - deformación volumétrica (punto tangente con la vertical), donde existe una disminución de  $\Delta$  (debido a un aumento del volumen respecto a la correspondiente deformación elástica) causando la fracturación interna, fenómeno

que puede ser asociado con el inicio de la fractura inestable (Paulding, 1966; Bieniawski, 1967; Brace & Byerlee, 1967).

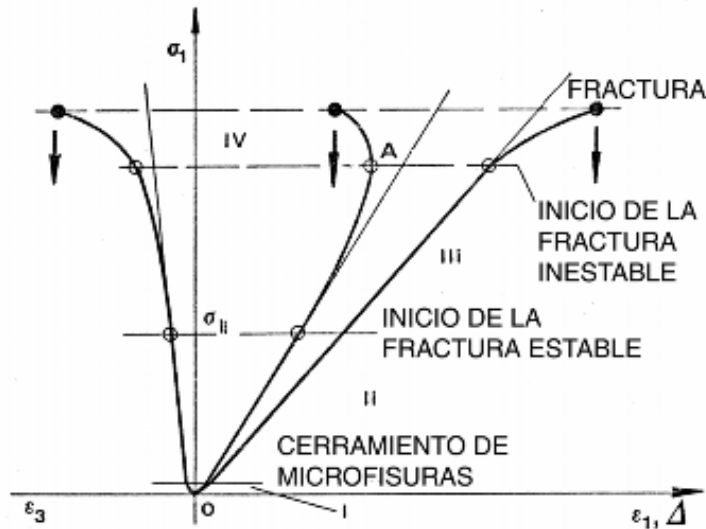


Figura 3: Curva esfuerzo-deformación para una roca (Castillejo Cans, 1993)

### 2.3. ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL CEMENTO

Mediante la aplicación de los ensayos se puede obtener datos de la muestra como su elasticidad, deformación axial, radial, módulo de Young, resistencia a la compresión, tracción y corte con la finalidad de describir mecánicamente el comportamiento del cemento garantizando mayor eficiencia con la finalidad de que la lechada cumpla con sus funciones principales como generar soporte en el cabezal, formar una barrera que aisle fluidos no deseados, proteger el revestimiento, entre otros.

Como se observa en la figura 4, se puede observar la dirección de los esfuerzos en cada tipo de ensayo. En esta Caracterización Mecánica se realizará ensayos compresión uniaxial, Tracción indirecta y Corte.

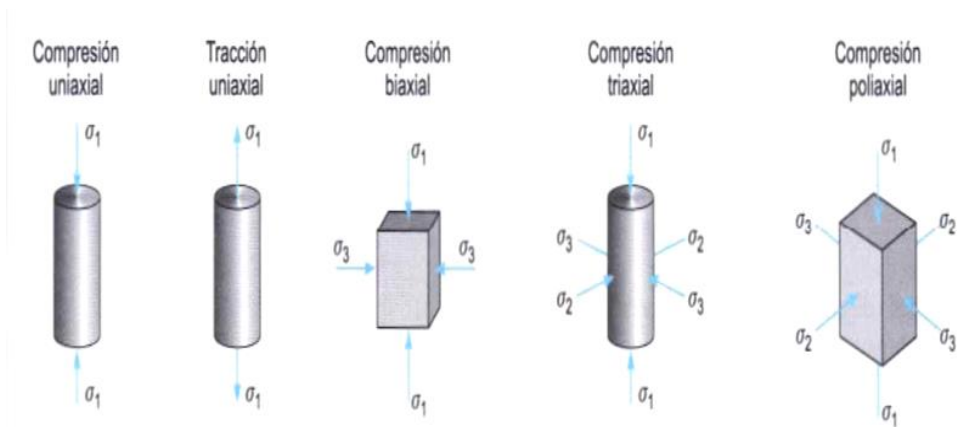


Figura 4: Tensiones Aplicadas a muestras (González de Vallejo & Ferrer, 2002)

### 2.3.1. Ensayo de Resistencia a la compresión

Este ensayo es el más importante a realizar con una piedra natural, con el hormigón, con los ladrillos, cemento, entre otros ya que generalmente estos triales están sometidos a esa clase de esfuerzos.

Las bases de las muestras cilíndricas serán paralelas entre sí y perpendiculares al eje de la probeta, alisándose por amolado con una máquina rectificadora. Se rechazarán las probetas que presenten defectos evidentes.

- La superficie de la muestra debe ser perfectamente plana y sobre el cual se colocarán las bases de la probeta.
- La perpendicularidad del eje de la probeta a las bases se comprobará situándola de pie sobre una superficie perfectamente plana y aplicando una escuadra sobre una generatriz.
- El paralelismo de las bases se comprobará realizando cuatro medidas de la altura de la probeta, equidistantes. La diferencia entre la medida máxima y la mínima, no deberá exceder a la tolerancia especificada. La máquina de ensayos será una prensa hidráulica o mecánica que disponga de varias escalas de manera que se pueda escoger la apropiada, según el valor medio del ensayo a efectuar, de forma que ningún resultado individual quede por debajo de la décima parte del

valor máximo de la gama de medida empleada. Debe permitir la aplicación de la carga de una manera continua y progresiva.

Entre los cabezales de la prensa se situará el dispositivo de compresión, en el cual uno de los platos de presión estará montado sobre una rótula, con el fin de repartir de forma uniforme la carga y adaptarse al posible no paralelismo de las bases.

Cada probeta, previamente secada, se coloca en el dispositivo de compresión, el cual a su vez estará colocado entre los platos de la prensa. A continuación, se somete a un esfuerzo continuado de compresión, con una velocidad de carga de, aproximadamente,  $35 \pm 7$  psi, que para una probeta cilíndrica de 5 cm de Diámetro y altura 2,5 veces el diámetro de la muestra según Darbe, y otros, 2011.

Se aplica la carga a la velocidad que especifica la norma correspondiente y se registra el valor, F, al que se produce la rotura. Entonces, la resistencia a la compresión vendrá dada por:

$$P = F / A \quad (4)$$

F= Carga Aplicada (kN)

A= Área de la muestra (m<sup>2</sup>)

Como se puede observar en la figura 5 el testigo antes de ser sometida a esfuerzo de compresión (A) y después de ser sometida al ensayo de compresión simple (B) donde la muestra rompe.



A



B

**Figura 5: Muestra de laboratorio al ser sometida a compresión simple**

#### **2.3.1.1. Tipo de fractura en el Ensayo de compresión simple**

Los tipos de fracturas de muestras cilíndricas, sometidos a compresión monoaxial, más corrientes en este tipo de ensayo son presentadas en la figura 10. Se puede en general distinguir:

Fractura de corte a lo largo del plano oblicuo: rotura por el resquebrajamiento en varias partes (se forman las fracturas en dirección axial de aplicación de la carga, pedazos en forma cónica en los 2 extremos de la muestra son generalmente acompañados de fragmentos axiales periféricos).

Fractura por exfoliación axial: fractura en la dirección de la aplicación de la carga subdividiendo la muestra en varias partes.

Como se puede observar en la figura 6, están los tipos de ruptura de las muestras donde:

- a) Ruptura en dos partes a lo largo del plano oblicuo.
- b) Fractura en dirección de la carga dejando dos fragmentos principales en forma cónica.

- c) Exfoliación axial donde la muestra rompe en dirección de la carga subdividiendo en varias partes.

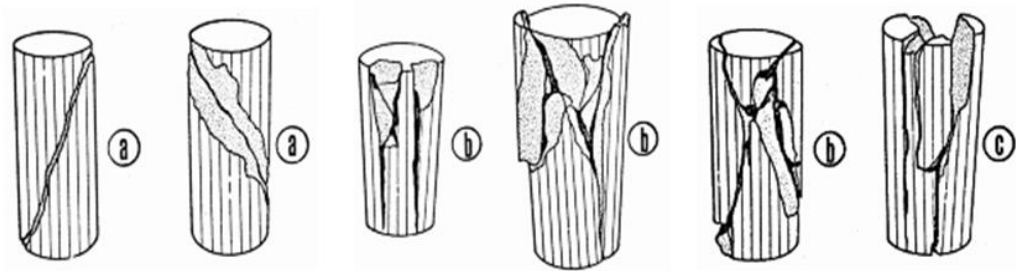


Figura 6: Ejemplos de fracturas en las muestras (Castillejo Cans, 1993)

### 2.3.2. Ensayo de tracción Indirecta

El ensayo de tracción indirecta, destaca por ser un método simple y representativo, que permite imitar la respuesta de un pavimento flexible y obtener la carga máxima que aguanta una mezcla antes de romper.

Hasta 1965 sólo se utilizaba para determinar la resistencia a tracción indirecta, pero desde entonces se ha ido profundizando en su estudio llegando a ser un ensayo con grandes perspectivas de futuro.

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

En la figura 7 se puede observar la muestra con ruptura diametral utilizando prensa plana con teflón para la distribución uniforme de la carga realizando el ensayo brasilero.

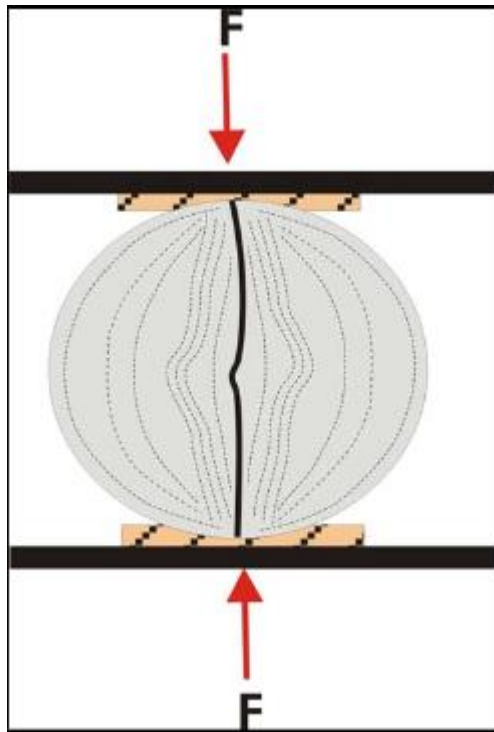


Figura 7: Ensayo Brasílico (Heinold, Dillenbeck, Bray, & Rogers, 2003)

#### 2.3.2.1. Ventajas del Ensayo Brasílico

- Es un ensayo relativamente sencillo.
- Presenta similitud con otro tipo de ensayos como el Marshall.
- El tipo de muestra y el equipo son los mismos que los utilizados para otro tipo de ensayos.
- La rotura no se ve afectada por las condiciones de la superficie de la probeta.
- La rotura se inicia en una región relativamente uniforme de tensiones de tracción.
- El ensayo puede utilizarse bajo carga estática o dinámica, modificando la prensa en función del tipo de estudio que se realice.

En la figura 8 se puede observar el molde curvo utilizado para realizar el ensayo de tracción indirecta donde no es necesario usar teflón para una distribución uniforme de la carga.



**Figura 8:** Imagen del aparato utilizado en el ensayo de tracción indirecta

### **2.3.3. Ensayo de Corte**

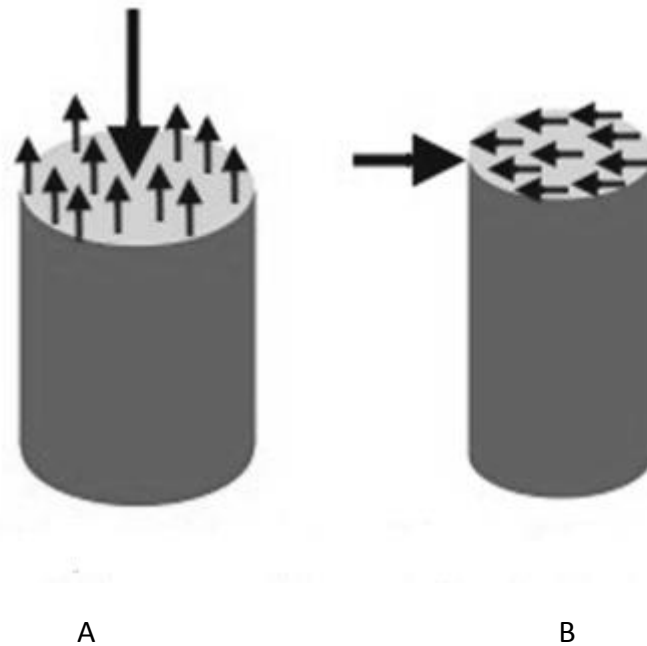
Este ensayo consiste en colocar la muestra del ensayo en una caja de cizalladura directa, aplicar un esfuerzo normal determinado, consolidar el espécimen bajo el esfuerzo normal, soltar los marcos que contienen la muestra y desplazar un marco horizontalmente respecto al otro a una velocidad constante de deformación y medir la fuerza de cizalladura y los desplazamientos horizontales a medida que la muestra es cizallada.

Los resultados del ensayo son aplicables para estimar la resistencia al corte en una situación de campo donde ha tenido lugar una completa consolidación bajo los esfuerzos normales actuales. La ruptura ocurre lentamente bajo condiciones drenadas, de tal manera que los excesos de presión en los poros quedan disipados. Los resultados de varios ensayos pueden ser utilizados para expresar la relación entre los esfuerzos de consolidación y la resistencia a la cizalladura en condiciones drenadas.

Por otra parte, los esfuerzos de cizalladura y los desplazamientos no están distribuidos uniformemente dentro de la muestra y no puede definirse una altura

apropiada para calcular las deformaciones de cizalladura o cualquier otra cantidad asociada de interés en geotecnia. La baja velocidad de desplazamiento asegura la disipación de los excesos de presión de los poros, pero también permite el flujo plástico de suelos cohesivos blandos. Debe tenerse cuidado de asegurar que las condiciones del ensayo representen las condiciones que se están investigando.

En la figura 9 se puede observar la dirección de los esfuerzos a la que es sometida la muestra, en la parte A se aplica a la muestra esfuerzo normal y posteriormente en la parte B se aplica el esfuerzo de corte. Es importante destacar que el ensayo de corte también es importante ya que simula la presencia de una falla en la formación.



**Figura 9: Esfuerzos que actúan en el Ensayo de Corte**

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La siguiente investigación se cataloga como experimental debido que, se somete a estudio la lechada de cemento después de fraguar para determinar la resistencia a distintos tipos de esfuerzos.

El trabajo de investigación, consta de dos etapas, una etapa práctica, donde se ensayan en laboratorio las muestras de cemento realizadas en el laboratorio siguiendo la versión 4 del *Draft API SC 10 - Task Group on Mechanical Behavior of Cement* el cual es equivalente a la normativa utilizada en el ISRM (*International Society for Rock Mechanics*) mediante el cual se determinarán las propiedades mecánicas del cemento, y una segunda parte, etapa descriptiva donde se identifican las características y variables propias del cemento como si fuera un macizo rocoso tales como resistencia a la compresión simple, resistencia al corte y resistencia a la tracción.

#### 3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Según Arias, 1999 el diseño de investigación es la estrategia que adopta el investigador para responder el problema planteado. En efecto, la investigación es experimental ya que consiste en someter un objeto a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente).

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Según Arias, 1999, La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población, en este trabajo las muestras fueron elaboradas en el laboratorio y serán la población de estudio mediante los ensayos.

### **3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS**

(Arias, 1999) Define Las técnicas de recolección de datos como distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, análisis de contenido, entre otros. En efecto, en este trabajo se utilizó los siguientes métodos:

- Información recopilada bajo la utilización del *software C.G.T.S. Advanced–Version 1.89* para hacer los ensayos y cumplir con los objetivos.

*RocData (Rocscience)* es un programa altamente 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. Mediante el uso de esta herramienta se puede disminuir el grado de incertidumbre obtenida en los ensayos realizados en el laboratorio.

En la figura 10 se puede observar la estructura de la metodología aplicada para la caracterización mecánica la cual comienza elaborando la lechada posteriormente el curado para evitar el fraguado prematuro, la realización de ensayos en el laboratorio

y por último el análisis de los resultados que describen las características de deformabilidad y resistencia de la lechada de cemento fraguada.

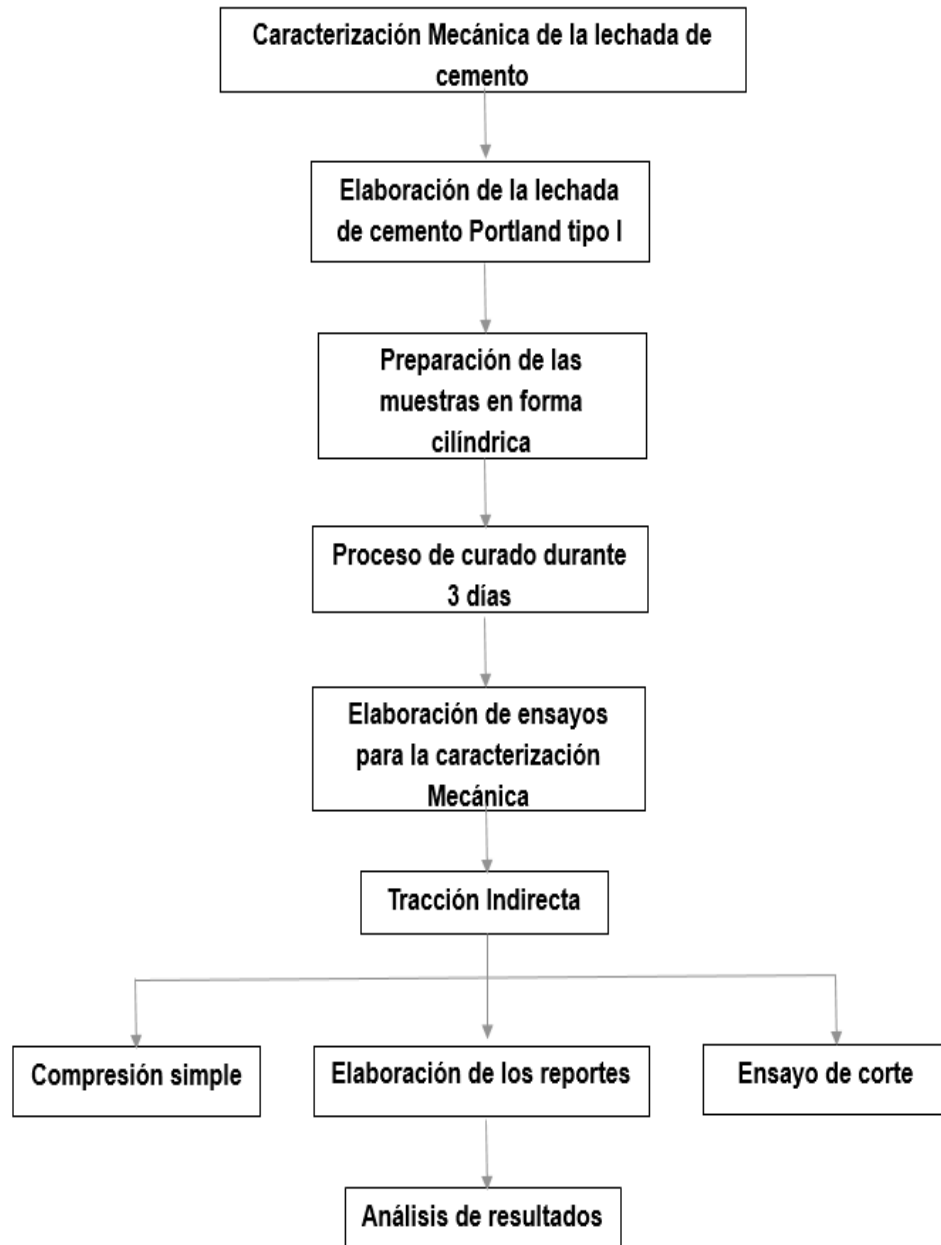


Figura 10: Esquema del marco metodológico.

### 3.5. ELABORACIÓN DE LECHADA Y BRIQUETA

La lechada de cemento en este trabajo fue elaborada con cemento Portland tipo I y agua, es decir, no contiene aditivos. La relación agua cemento es (R):

$$R = \text{Masa cemento} / \text{Volumen agua} \quad (5)$$

$$42,5 \text{ kg} / 19,5 \text{ litros} = 2,1794 \text{ kg/lt}$$

Por otra parte, en la figura 11 se muestra como la lechada se vierte en un molde para crear la briqueta la cual tiene forma de paralelepípedo.



Figura 11: Molde para elaborar la briqueta

### 3.6. CURADO DEL CEMENTO

El proceso de curado tiene la finalidad de evitar el fraguado prematuro, las grietas y ayudar al cemento a ser más resistente, se coloca la muestra en una piscina durante 3 días. En la figura 12 se observa cómo se sumergen las muestras en una piscina a temperatura ambiente.

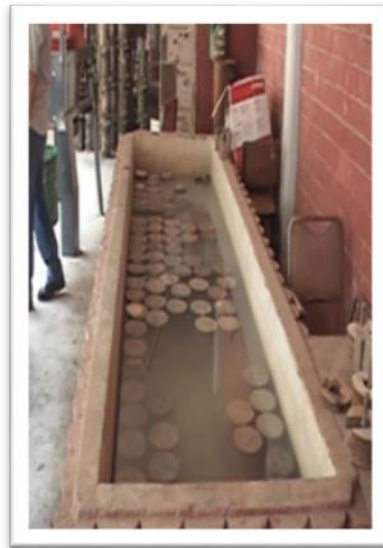


Figura 12: Piscina para curado de muestras

### 3.7. PREPARACIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS

Se utilizó una perforadora para extraer testigos cilíndricos de la briqueta después del curado para efectuar los ensayos. En la figura 13 se observa la perforadora saca testigo la cual mediante rotación de la mecha aplica torsión y se pueden extraer muestras cilíndricas de la briqueta, existen varios tamaños de mecha para obtener muestras cilíndricas del radio requerido.



Figura 13: Perforadora Saca testigo

### 3.8. ROTULACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras se enumeran con la finalidad de hacer la Caracterización en forma organiza y más eficiente.



Figura 14: Muestras rotuladas

En la figura 14 se observa una muestra utilizada para realizar el ensayo de tracción indirecta la cual está rotulada con el número 605.

### **3.9. ELABORACIÓN DE LOS ENSAYOS**

A continuación se describirán los equipos utilizados para los ensayos efectuados en las muestras cilíndricas de cemento Portland tipo I.

#### **3.9.1. Ensayo de compresión Simple**

El ensayo de compresión simple se realiza con la finalidad de obtener la resistencia a la compresión simple que tiene la muestra de cemento, la deformación axial, radial y volumétrica que obtuvo antes de romper.

##### **3.9.1.1. Equipo de laboratorio GCTS (RDS-500)**

En la figura 15 se observa el aparato utilizado para el ensayo de compresión simple cuyas características son las siguientes:



**Figura 15: Máquina utilizada en el ensayo de compresión triaxial (RDS-500)**

- Las capacidades de carga 1.500 kN y 1.750 kN / mm rigidez.
- Celda triaxial de alta presión con la instrumentación interna para medir las deformaciones axiales y radiales locales.
- 140 MPa sistema intensificador de presión servo-controlado por la célula y la presión de poro.
- Opciones disponibles: Sistema de medición de la deformación axial y circunferencial, rodillos con transductores de ultrasonidos y el subsistema de control de alta temperatura.

- Ideal para la realización de compresión simple, triaxial, tensión indirecta flexión, fractura, fluencia, insuficiencia comportamiento post, y otros ensayos de compresión.
  - Elevador hidráulico automático opcional para célula triaxial y conjunto de rodillos para la configuración de la muestra rápida y fácil.

#### Descripción

Los sistemas de ensayos triaxiales en roca GCTS, se fabrican de acuerdo a sus especificaciones de diseño (capacidad de carga y rigidez del sistema, el tamaño de la muestra, presiones de confinamiento y poros, instrumentación interna, prueba de la temperatura, y las medidas de velocidad ultrasónica). La parte superior se puede ajustar para dar cabida a una amplia variedad de muestras de ensayo.

Además cumple con las especificaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) para la prueba triaxial de muestras de rocas. El sistema es capaz de realizar la tensión estática y dinámica en bucle cerrado o de estrés controlado. Permite enviar directamente los datos de prueba para cualquier ordenador conectado a la red local. El nuevo *software* incluye un sistema de base de datos para llevar un registro de todos los datos generados en el laboratorio con cualquiera de nuestros sistemas de prueba. El uso de un sistema de red de *Windows* en el laboratorio facilita la transferencia de los datos de prueba directamente en otros programas de *Windows* como *Word* o *Excel* para la generación de informes, así como una copia de seguridad fácilmente resultados de los ensayos realizados.

Por otra parte, es importante destacar que este instrumento se utiliza para elaborar los ensayos de compresión simple aplicando  $\sigma_3=0$  y  $\sigma_1 \neq 0$ .

#### **3.9.2. Ensayo Brasileiro o tracción indirecta**

El ensayo de tracción indirecta se usa con la finalidad de conocer la resistencia a la tracción de la muestra de cemento Portland tipo I.

### 3.9.2.1. Aparato GCTS IDT-B

El Aparato GCTS IDT-B, se utiliza para la determinación indirecta de la resistencia a la tracción por medio del ensayo brasilero de acuerdo con la Norma de la Sociedad Internacional de Mecánica Rocas. El dispositivo consta de un anillo de soporte superior e inferior mecanizados, con bajo peso y un diseño de alta resistencia.

Cumple con el método sugerido por ISRM para determinar la resistencia a la tracción por el ensayo brasilero, además mide la deformación axial y lateral directamente sobre la muestra lo que proporciona resultados precisos



Figura 16: Aparato utilizado en el ensayo de tracción indirecta (brasileño)

### 3.9.3. Ensayo de Corte

El ensayo de corte tiene el objetivo de determinar la resistencia de la muestra de cemento a un esfuerzo de corte determinado, el ensayo de corte se efectúa en 3 puntos para elaborar un ajuste con la finalidad obtener valores de cohesión y fricción.

### 3.9.3.1. Sistema de corte directo servo-controlado



Figura 17: Imagen del sistema de corte directo servo-controlado.

- Circuito cerrado de control de servo de doble efecto (push /pull) 300 kN (30 toneladas) actuador esfuerzo cortante con  $\pm 50$  mm de carrera y 300 kN (30 toneladas) de capacidad de carga normal con la carrera de 100 mm
- Incluye mecanismo de bloqueo ajustable para evitar la rotación de la caja de la parte superior en cualquier dirección, dos direcciones, o ninguno (fijarse de manera que no hay rotaciones plano de corte se permiten)
- Acepta 150 mm (6") Ejemplos de diámetro y 100 x 100 especímenes cúbicos mm hasta 150 mm de altura
- *Software* para la ejecución automática de los ensayos de corte directo con tensión normal constante o rigidez normal,
- Capaz de realizar pruebas no confinadas o triaxial con *hardware* opcional
- Otras capacidades de carga y las dimensiones del tamaño de muestra están disponibles, incluyendo los sistemas de pruebas a gran escala para cargas de corte de hasta 1000 kN (100 toneladas)

## Descripción

El sistema de corte directo GCTS es un dispositivo versátil para probar una amplia gama de configuraciones de muestra de roca. Núcleos cilíndricos, cubos, prismas, y fragmentos de roca se pueden utilizar para determinar la resistencia a la cizalladura. Este sistema cuenta con circuito cerrado de servo control digital electro-hidráulico de las cargas de corte y normal para la automatización de pruebas. El programa de *software* incluido acepta entradas desde el sensor de carga normal y hasta tres sensores normales de deformación (el *software* calcula automáticamente la deformación normal promedio). Cargas o deformaciones, tanto para los actuadores de corte y normales se pueden configurar para realizar automáticamente pruebas avanzadas, como la rigidez normal ensayo de corte directo constante o calculado.

### **3.10. ELABORACIÓN DE REPORTE**

La muestra después de ser ensayada se coloca en una planilla información acerca de su longitud, peso, área, volumen, numero de la muestra, que ensayo se elaboró en la muestra y las gráficas que explican el comportamiento de la muestra de cemento durante el ensayo. De esta manera, se va registrando de forma ordenada cada muestra y su correspondiente ensayo con la finalidad de elaborar un análisis de resultados lo más eficiente posible

### **3.11. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Los resultados se analizan mediante la información de los reportes y las gráficas del comportamiento de la muestra elaboradas con el programa *Grapher* y *RocData* las cuales son herramientas de mucha importancia para interpretar el comportamiento de la muestras de cemento cuyos datos son proporcionados por el software GCTS utilizado en los ensayos para la caracterización mecánica.

### 3.12. ROCDATA

*RocData* es un programa altamente 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
- Barton-Bandis
- Curva de Exponencial: 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

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE**

El ensayo de compresión simple se elaboró utilizando la versión 4 del borrador 14/12/2011 API SC 10 *Mechanical testing procedure* la cual es equivalente a D7012-10 *Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures* utilizada en el laboratorio de mecánica de rocas.

La muestra de cemento Portland tipo I es ensayada para determinar la resistencia a la compresión, posteriormente se elabora un reporte que consta de las siguientes etapas:

##### **4.1.1. Datos Generales**

Abarca todo lo relacionado al número de muestra, su masa y dimensiones.

##### **4.1.2. Etapa de Carga Estática y Etapa Final**

Comprende la configuración del actuador, la velocidad y la máxima carga permitida antes de ejecutar el ensayo. Por otra parte, en la etapa final se configura la deformación axial máxima permitida y el pico reverso el cual tiene la finalidad de disminuir la carga para hacer una evaluación detallada de los valores residuales.

##### **4.1.3. Adquisición de Datos**

En el reporte se incorpora el intervalo de tiempo que se obtienen datos del ensayo.

##### **4.1.4. Resultados de los Ensayos**

Se registran los valores pico y los valores residuales del esfuerzo axial, deformación radial y volumétrica de la muestra.

#### 4.1.5. Imagen de la muestra

Se coloca la foto de la muestra antes y después de ser sometida a la compresión simple.

#### 4.1.6. Fuerza vs Tiempo

Gráfica de la carga máxima aplicada en la muestra y el tiempo de duración del ensayo. En la figura 18 se observa la línea azul la cual representa como se va incrementando la carga en la muestra y el pico de mayor valor representa la ruptura de la muestra. Dentro de este orden de ideas, la gráfica no solo muestra la carga máxima sino también la duración del ensayo.

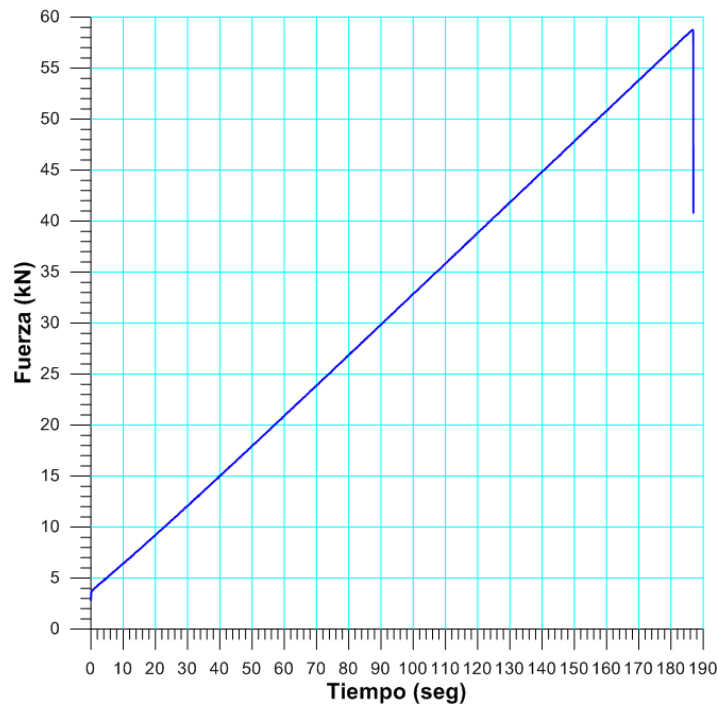


Figura 18: Gráfica fuerza vs tiempo

#### 4.1.7. Esfuerzo vs Deformación

Se muestra la máxima carga axial que resistió la muestra y el porcentaje de deformación en su estructura. En la figura 19 se puede observar varias curvas donde: la curva roja representa el esfuerzo axial (MPa) que va aumentando a

medida que se incrementa la carga y el punto mayor representa la resistencia máxima a la compresión, la curva morada representa como el volumen de la muestra va deformando hasta el punto máximo donde la muestra rompe. Por otra parte la gráfica proporciona el modulo tangente y secante con la finalidad de comparar el comportamiento del material ensayado con un módulo para obtener un cociente de cuanta carga necesaria para comenzar a deformar. Dentro de este orden de ideas la comparación con el modulo se obtiene ubicándose en el 50% de la resistencia máxima a la compresión bajando una línea vertical de 90° la curva que toque primero la recta, es el módulo de elasticidad indicado a seleccionar. Por ejemplo en la muestra 691 el esfuerzo axial es de 28 MPa y el modulo tangencial es el seleccionado.

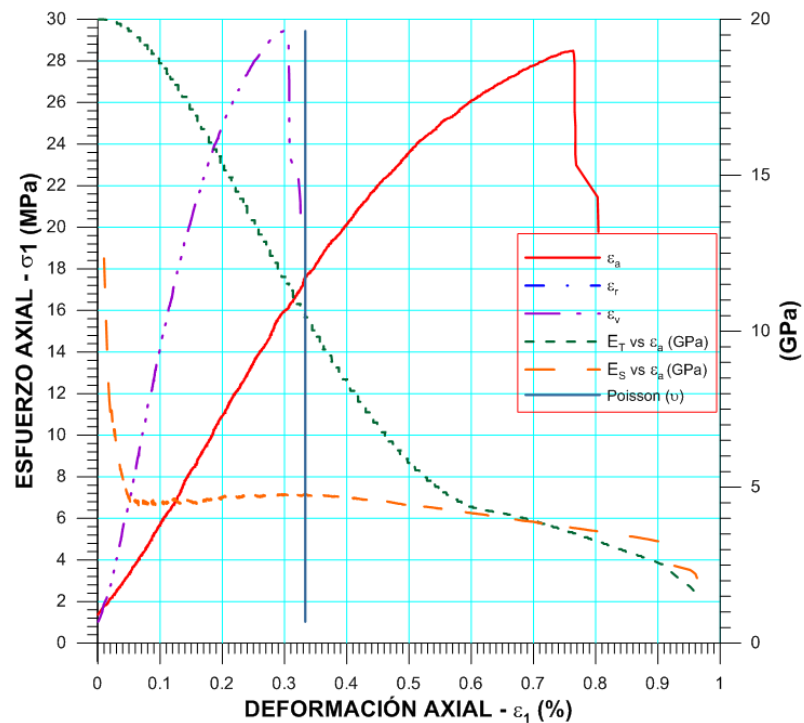




Figura 19: Gráfica Esfuerzo vs Deformación

#### 4.1.8. Observaciones

En esta parte del reporte se anota cualquier irregularidad presente en el ensayo.

En la figura 20 se puede observar el reporte con los datos de la muestra ensayada y los resultados obtenidos del ensayo.

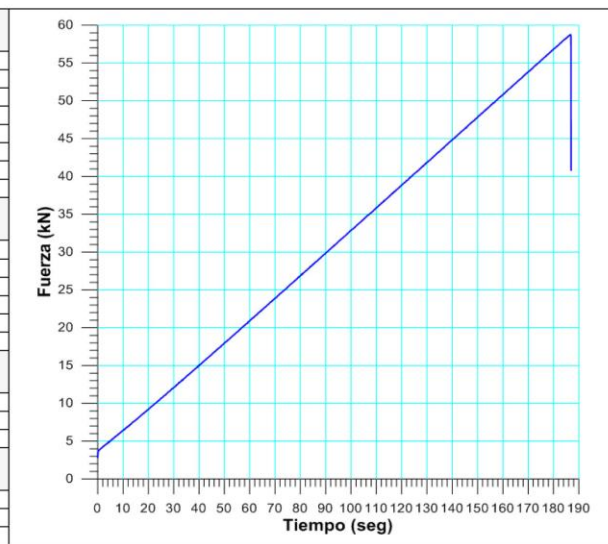
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 691</b>

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

<b>DATOS GENERALES</b>	
<b>Equipo:</b>	GCTS - RDS - 500
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced - Versión: 1.89
<b>Proyecto:</b>	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>
<b>Espécimen:</b>	691
<b>Perforación:</b>	Muestra de laboratorio
<b>Peso</b>	467.4 gr
<b>Altura (L)</b>	126.1 mm
<b>Diámetro (D)</b>	51.1 mm
<b>L/D</b>	2.4677
<b>Área</b>	20243,55 mm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	258611 mm <sup>3</sup>
<b>Densidad</b>	1.8073 Ton/m <sup>3</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	Ton/m <sup>2</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	MPa
<b>Tiempo del ensayo</b>	186,944 seg
<b>Clasificación de la roca</b>	
<b>Angulo de la Estratificación</b>	





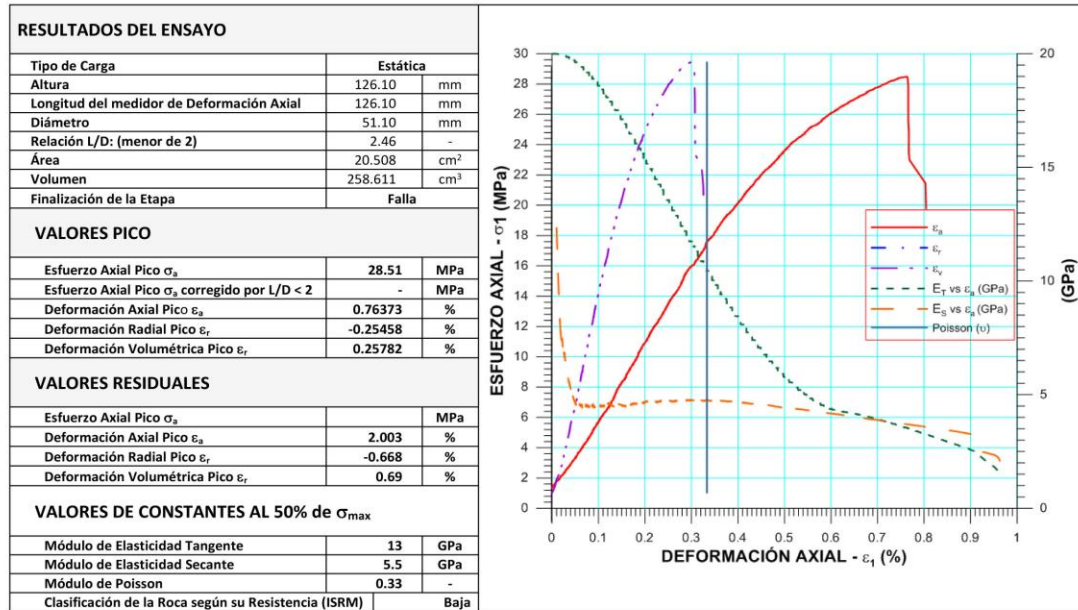
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>	
<b>Retroalimentación</b>	TI-8: SA - Axial Stress
<b>Tipo</b>	Incremental
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1 MPa
<b>Valor Inicial</b>	Relativo
<b>Velocidad de Carga</b>	18 KN/min
<b>Carga Máxima permitida</b>	150 KN
<b>Presión de Celda</b>	- MPa
<b>Presión de poros</b>	- MPa
<b>ETAPA FINAL</b>	
<b>Deformación Axial - sa máxima</b>	<= 1.5%
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	ND min
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	- kN
<b>Pico Reverso</b>	Variable de Control AI-1: Axial Load
<b>Valor Reverso:</b>	20 kN
<b>Umbral</b>	2 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>	
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1 seg
<b>Level Crossing</b>	Entrada de Control AI-1: Carga Axial
<b>Sensitividad</b>	1 KN
<b>Otras Variables</b>	
<b>Tipo</b>	Drenada
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	Cero al iniciar
<b>Condición de la muestra</b>	



*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

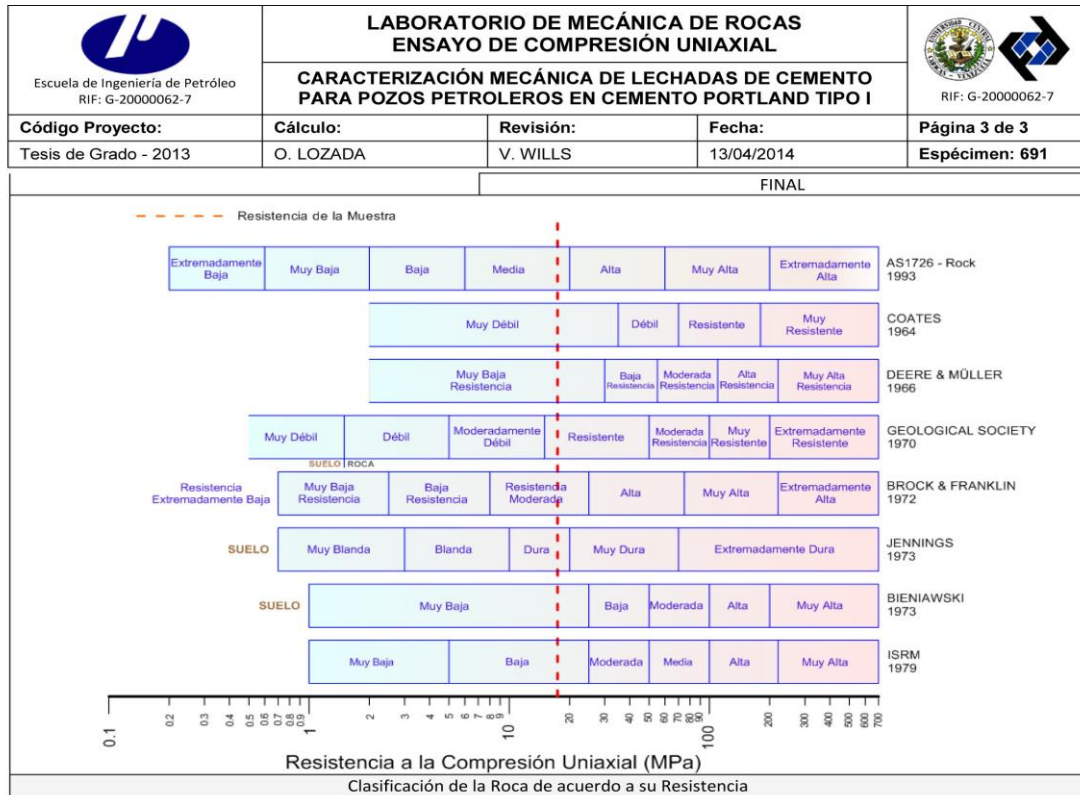
**Figura 20: Reporte del Ensayo de Compresión Simple (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Especimen: 691</b>



*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

**Figura 20: Reporte del ensayo de compresión simple (parte 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

**Figura 20: Reporte del Ensayo de Compresión Simple (parte 3)**

En la tabla 1 están registradas las muestras ensayas con su respectivo número de rotulación, esfuerzo axial pico y % de deformación axial pico obtenidos en el ensayo de compresión simple.

**Tabla 1: Ensayos de compresión simple**

N° de Muestra	Esfuerzo Axial Pico(Mpa)	Deformacion Axial Pico(%)
692	33,310	0,885
695	28,330	0,750
696	21,040	0,966
697	31,370	0,902
709	25,270	0,734
710	20,606	0,712
712	31,630	0,911
713	27,820	0,872
714	28,150	0,696
718	30,640	0,877
726	29,620	0,762
727	32,990	0,899
728	35,690	1,120
729	32,700	0,911
731	30,360	0,824
732	34,080	0,992

En la figura 21 se puede observar distintas clasificaciones de resistencia, sin embargo, se utilizó la clasificación del ISRM ubicando el valor promedio de resistencia a la compresión obtenido en los ensayos (29 MPa) como una resistencia moderada.

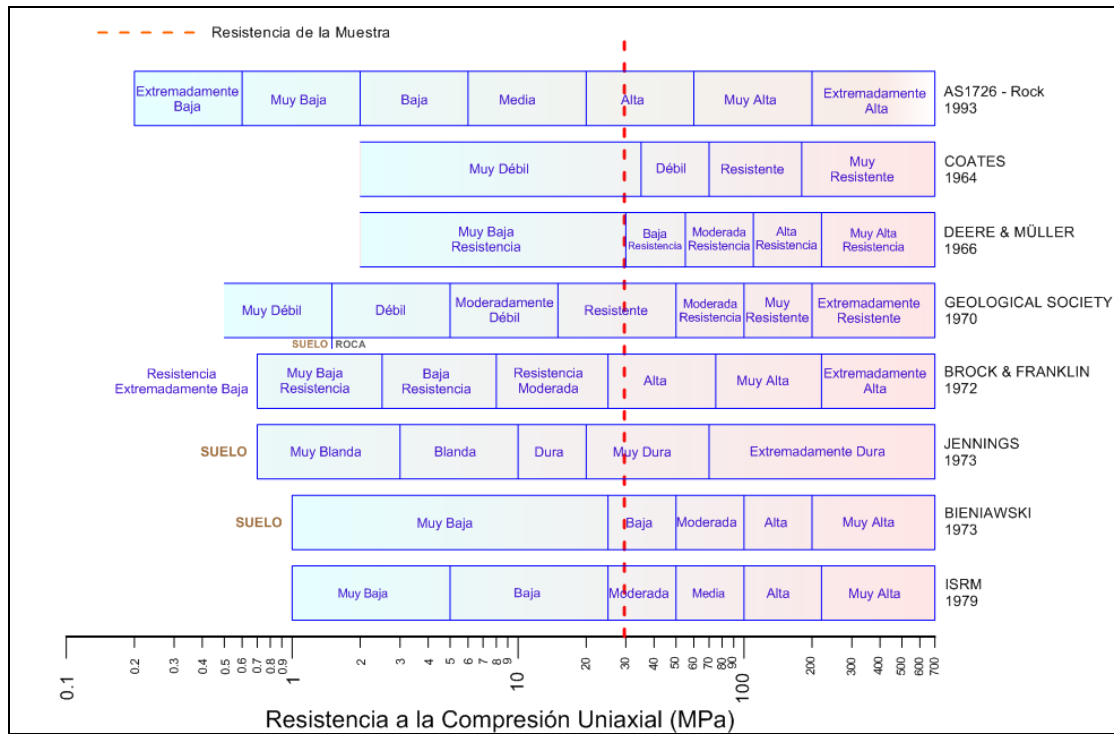


Figura 21: Clasificación de acuerdo a su resistencia a la compresión

En la figura 22 esta cada valor de resistencia máxima a la compresión representado por una cruz roja donde el valor máximo se ubicó en 36 MPa, el valor mínimo y promedio en 21 y 29 MPa respectivamente.

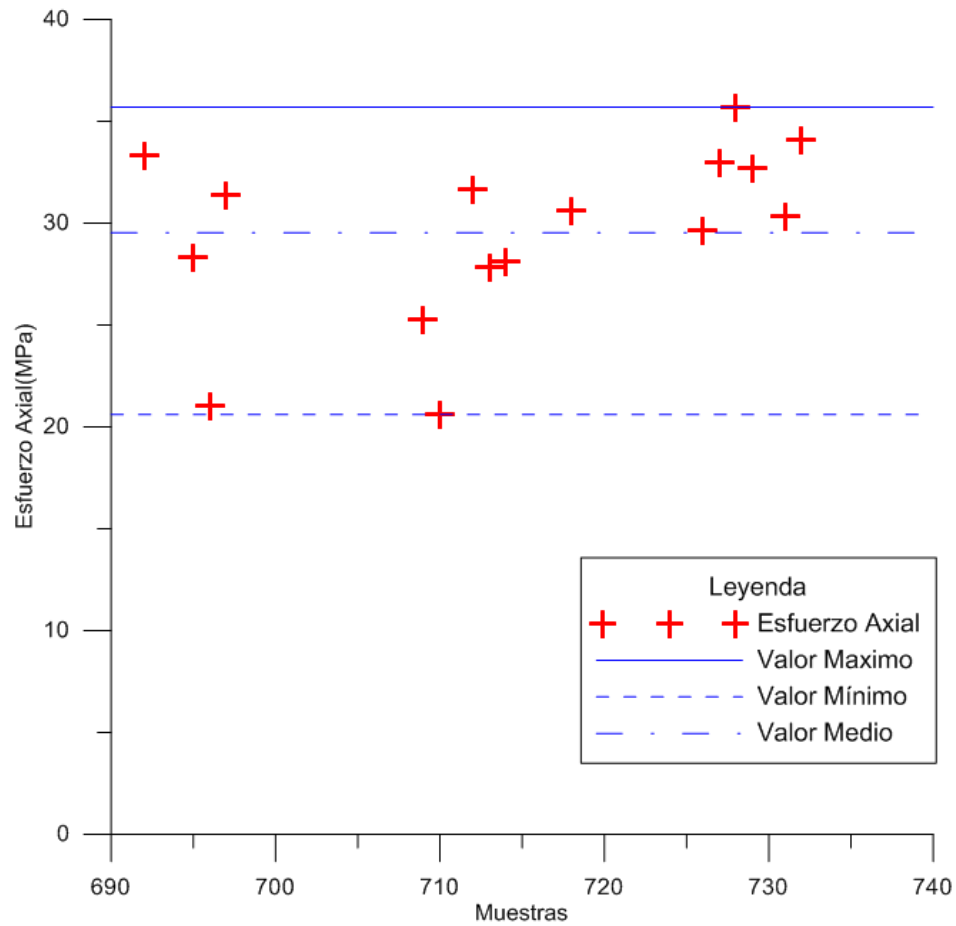


Figura 22: Gráfica Esfuerzo axial por muestra

En la Figura 23 se puede observar todos los valores de % deformación Axial Obtenidos en los ensayos de compresión simple representados por una cruz roja cada muestra ensayada. Por otra parte se obtienen los valores máximos, mínimos y promedios del porcentaje de deformación.

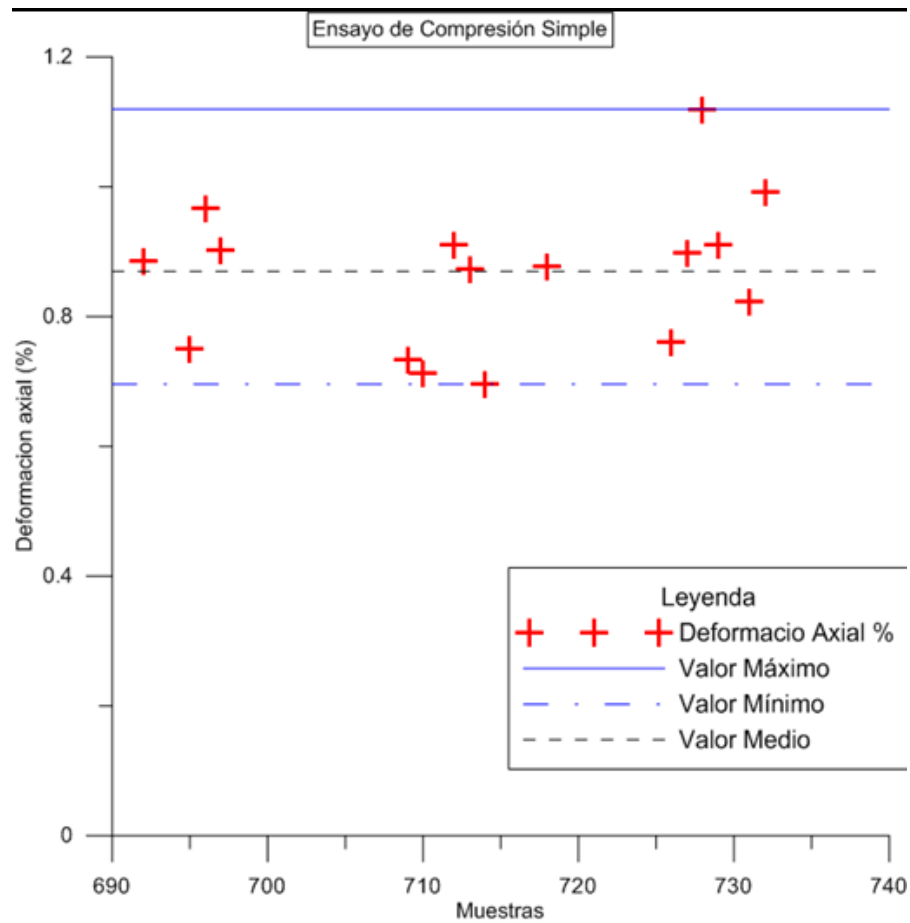


Figura 23: Gráfica % de deformación axial por muestra

## **4.2. ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA O BRASILERO**

Los ensayos se elaboraron en el laboratorio utilizando la versión 4 (14/12/2011) del borrador *API SC 10 Mechanical testing procedure* los cuales son equivalentes a la norma *ISRM D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications* utilizada en el laboratorio de Mecánica de rocas.

Por otra parte, La muestra de cemento Portland tipo I es ensayada para determinar la resistencia a la tracción indirecta, posteriormente se elabora un reporte que consta de las siguientes etapas:

### **4.2.1. Datos Generales**

Es la primera parte del reporte que contiene la siguiente información: número de muestra, edad del cemento, relación cemento: agua, diámetro, espesor y duración del ensayo.

### **4.2.2. Etapa de Carga Estática y Etapa Final**

En la parte de carga estática se coloca información para configurar la prensa antes de realizar el ensayo como: esfuerzo de asiento, valor inicial, velocidad de carga y carga máxima permitida.

Por otra parte, la etapa final se colocan los valores tope al cual debe detenerse el ensayo como: la deformación axial máxima, tiempo máximo del ensayo y carga máxima del ensayo.

### **4.2.3. Adquisición de Datos**

El programa obtiene información de la muestra ensayada cada 0,1 segundos y se configura la sensibilidad de la muestra el cual en este ensayo el valor es de 2kN.

#### **4.2.4. Resultados del Ensayo**

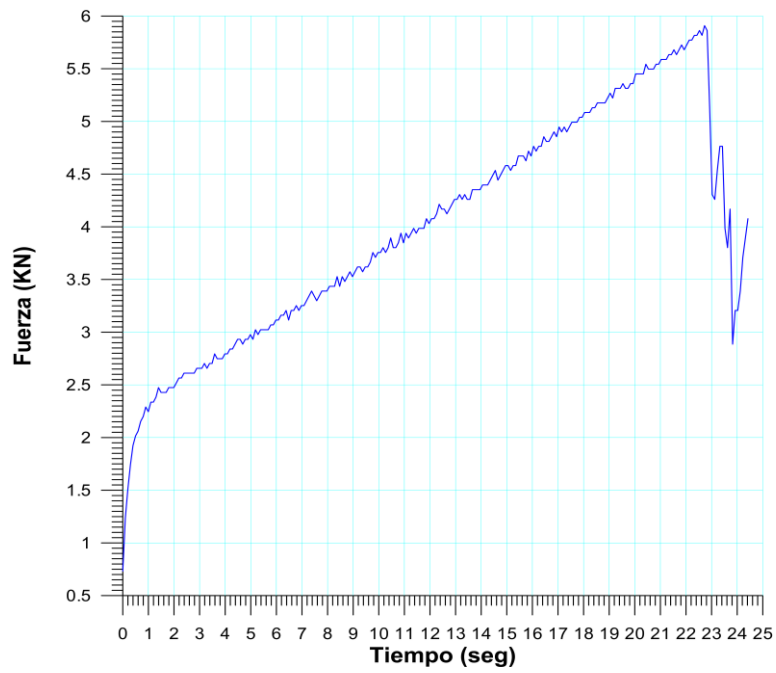
En esta parte del reporte se registran los datos obtenidos del ensayo como: carga axial pico, la resistencia a la tracción, resistencia a la compresión y la clasificación según su resistencia.

#### **4.2.5. Fotos**

Se muestra la foto de la muestra antes de ensayar y después de aplicarle la carga, es decir, para visualizar la ruptura de muestra ocasionada por la carga aplicada.

#### **4.2.6. Gráfica Carga vs Tiempo**

La gráfica carga vs tiempo tiene como función principal proporcionar los datos como carga axial pico y el tiempo que la muestra resistió antes de romper. En la figura 24 se puede observar una línea azul que va en forma creciente donde se puede apreciar varios picos en el cual el de mayor valor representa la carga máxima aplicada y los picos menores que aparecen después de los 21 segundos representan fracturas menores en el ensayo de la muestra 607.





**Figura 24: Carga vs Tiempo**

#### **4.2.7. Observaciones**

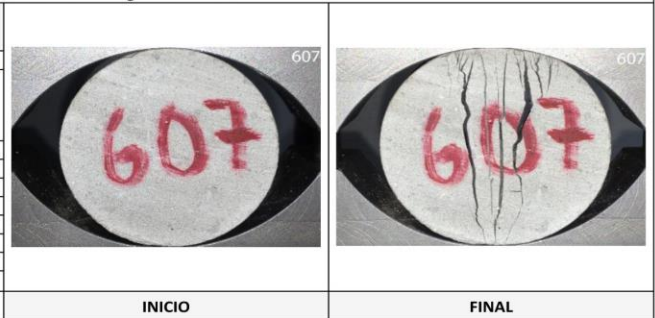
Se anotan cualquier tipo de análisis o percepción acerca de la muestra ensayada.

En la figura 25 está la planilla del reporte con los datos de la muestra y los resultados obtenidos después del ensayo.

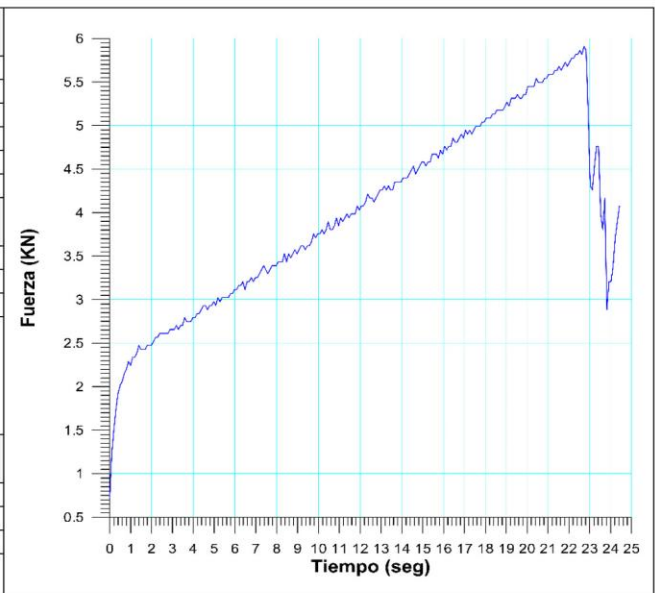
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 607</b>

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

<b>DATOS GENERALES</b>	
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE PASTA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLERO EN CEMENTO PORTLAND TIPO I
<b>Espécimen:</b>	607
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio
<b>Edad del Cemento</b>	18 días
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1
<b>Profundidad:</b>	- m
<b>Diámetro (D)</b>	50.50 mm
<b>Espesor</b>	24.10 mm
<b>Duración:</b>	24.4198 seg



<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>	
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load
<b>Tipo</b>	Incremental
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0 MPa
<b>Valor Inicial</b>	Relativo
<b>Velocidad de Carga:</b>	12 kN/min
<b>Carga Máxima permitida</b>	100 kN
<b>ETAPA FINAL</b>	
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>= 1.2%
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2 min
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50 kN

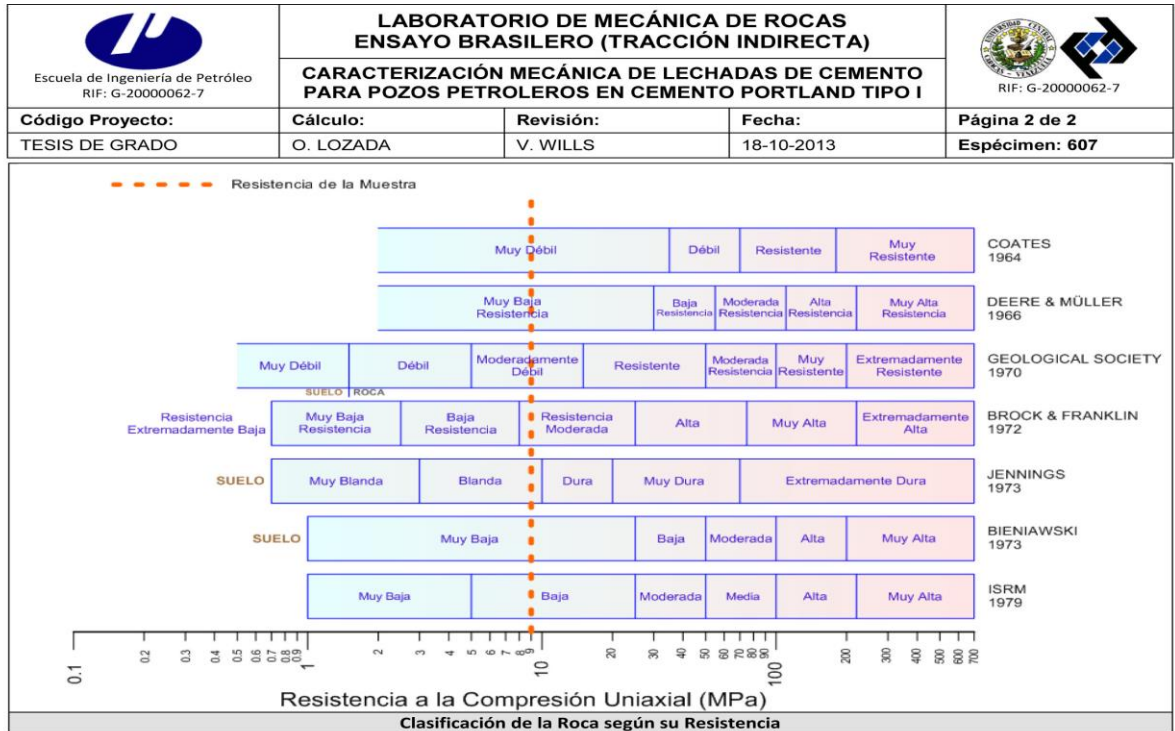


<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>	
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1 seg
<b>Level Crossing</b>	Entrada de Control Carga Axial
<b>Sensibilidad</b>	2 kN
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Carga Axial Pico</b>	5.909 kN	
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-3.09 MPa	
<b>Resistencia a la Compresión</b>	9.27 MPa	
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	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

**Figura 25: Reporte del ensayo de Tracción indirecta (parte 1)**



**Figura 25: Reporte del ensayo de Tracción indirecta (parte 2)**

La tabla 2 registra todas las muestras que se ensayó tracción indirecta proporcionando los valores de tracción máxima y compresión diametral máxima obtenida de cada muestra.

**Tabla 2: Resultados de Ensayos brasileros**

N° de Muestra	Resistencia a la tracción (Mpa)	Resistencia a la Compresión(Mpa)
606	-2,30	6,90
607	-3,09	9,27
608	-3,61	10,82
609	-2,30	6,89
614	-3,34	10,20
615	-3,67	11,00
617	-2,56	7,67
618	-3,77	11,31
619	-2,01	6,02
626	-3,62	10,87
628	-3,18	9,54
629	-2,85	8,56
635	-2,97	8,91
636	-2,74	8,23
637	-3,36	10,09
639	-2,84	8,52
643	-2,02	6,07
644	-2,16	10,14
655	-3,13	9,38
656	-3,83	11,48
658	-2,41	7,24
659	-3,28	10,15
660	-2,72	8,16
662	-3,02	9,07
663	-2,45	7,34
664	-1,83	5,50
665	-2,39	7,18
666	-3,41	10,22
667	-3,00	9,00
673	-2,88	8,64
674	-2,78	8,34
675	-2,79	8,34
676	-2,40	7,21
677	-3,09	9,28
678	-2,86	8,59
680	-2,27	6,81
681	-2,70	8,11
Desviacion Estandar	-0,51	1,53
Media	-2,85	8,68
Moda	-2,30	8,34
Valor Maximo	-3,83	11,48
Valor Minimo	-1,83	5,50

En la figura 26 se puede observar la resistencia a la compresión a lo largo de la longitud de la muestra la cual está representada por una cruz negra, donde las líneas punteadas horizontales pasan por los valores máximo, medio y mínimo de resistencia.

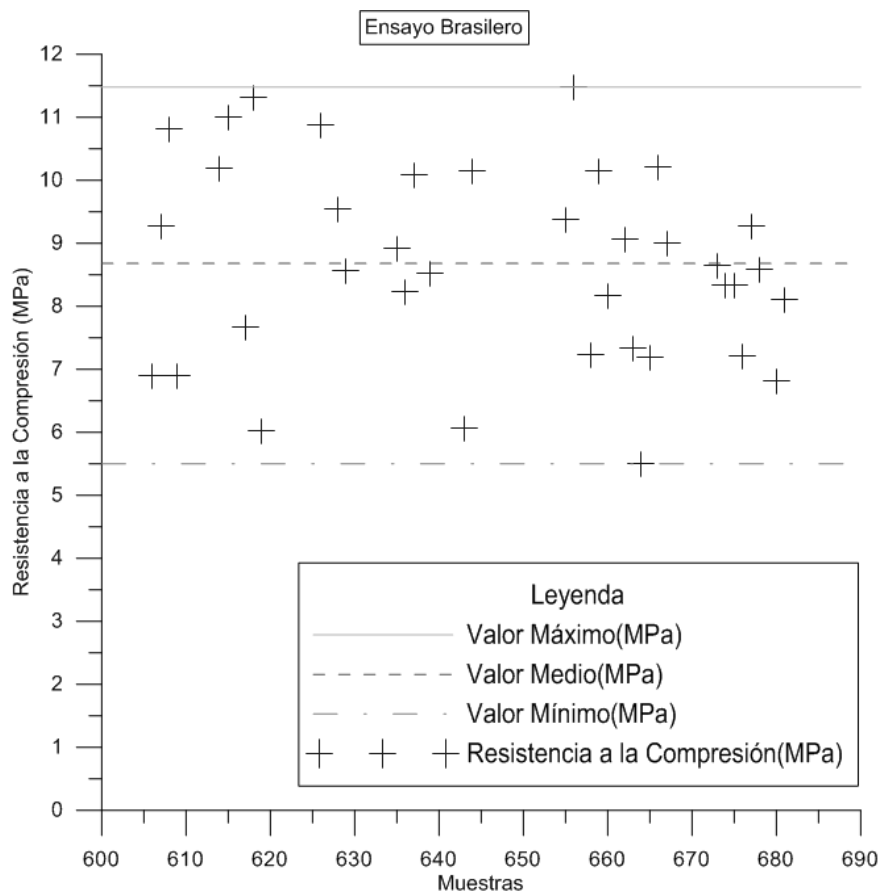


Figura 26: Gráfica Esfuerzos de compresión por muestra

En la figura 27 se observa la resistencia a la tracción de cada muestra representada por un triángulo de color negro donde se obtuvo el valor promedio, máximo y mínimo de los ensayos.

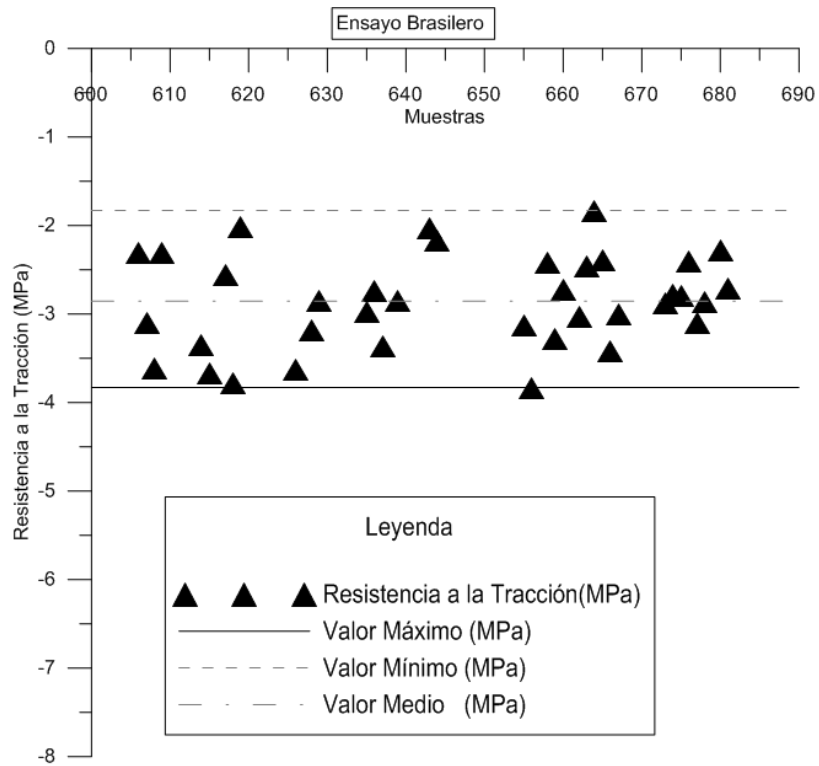


Figura 27: Gráfica Esfuerzo de tracción por muestra

#### 4.3. ENSAYO DE CORTE

La muestra de cemento Portland tipo I es sometida a un ( $\sigma_n$ ) y posteriormente a un ( $\tau_n$ ) con la finalidad de determinar la resistencia a los esfuerzos de corte utilizando la norma del ISRM que se usa para determinar la resistencia al corte creada en 1975, en efecto, después de finalizado el ensayo se elabora un reporte con la siguiente estructura:

### 4.3.1. Datos Generales

Incluye el *software* utilizado, las medidas de la muestra y su procedencia, en este caso las muestras fueron elaboradas en el laboratorio

### 4.3.2. Programa de Carga

La carga se divide en dos etapas: la etapa uno es la aplicación del esfuerzo normal y la etapa dos es la aplicación del esfuerzo de corte.

En la figura 28 se puede observar las etapas de carga donde: en la parte A de la imagen la línea roja va aumentando en forma progresiva para después mantenerse entre 2100 y 2250 kPa aproximadamente. Después de aplicar el esfuerzo normal se procede a aplicar el esfuerzo de corte, en la parte B de la figura se puede observar cómo va aumentando hasta mantenerse entre 4500 y 4750 kPa aproximadamente.

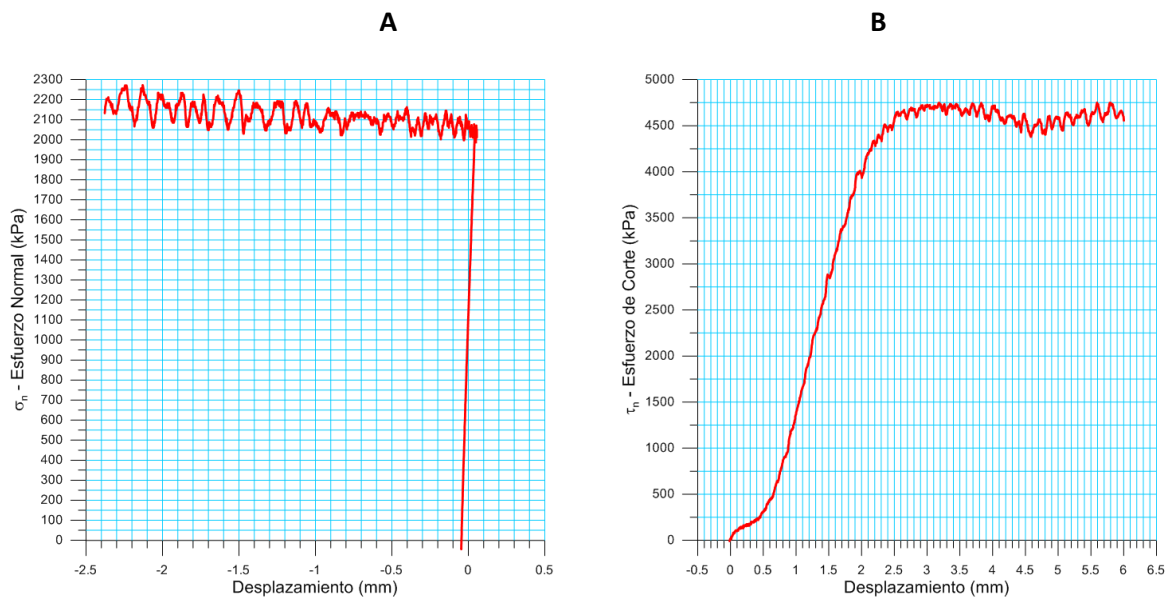


Figura 28: Etapas de carga

### 4.3.3. Puntos

La muestra es ensayada en varias etapas con la finalidad de obtener 3 puntos. Para poder graficar el comportamiento de la muestra y obtener las variables principales como la cohesión y ángulo de fricción. Por otra parte, las diferentes etapas las denominan puntos los cuales son:

- Punto 1: 100 kPa/seg de velocidad y se detiene la etapa cuando el esfuerzo normal llegue 2000KPa
- Punto 2: 200 kPa/seg de velocidad y se detiene la etapa cuando llegue a 4000Kpa de esfuerzo normal
- Punto 3: 400 kPa/seg de velocidad y se detiene cuando el esfuerzo normal llegue a 8000 kPa.

En la figura 29 se puede observar una gráfica la cual incluye el tiempo de duración de cada etapa de carga, el esfuerzo normal aplicado como se puede observar está representado por la línea negra punteada, el esfuerzo de corte aplicado en forma incremental está representado por una línea morada punteada la cual comienza aparecer después que se mantiene constante el valor del esfuerzo normal.

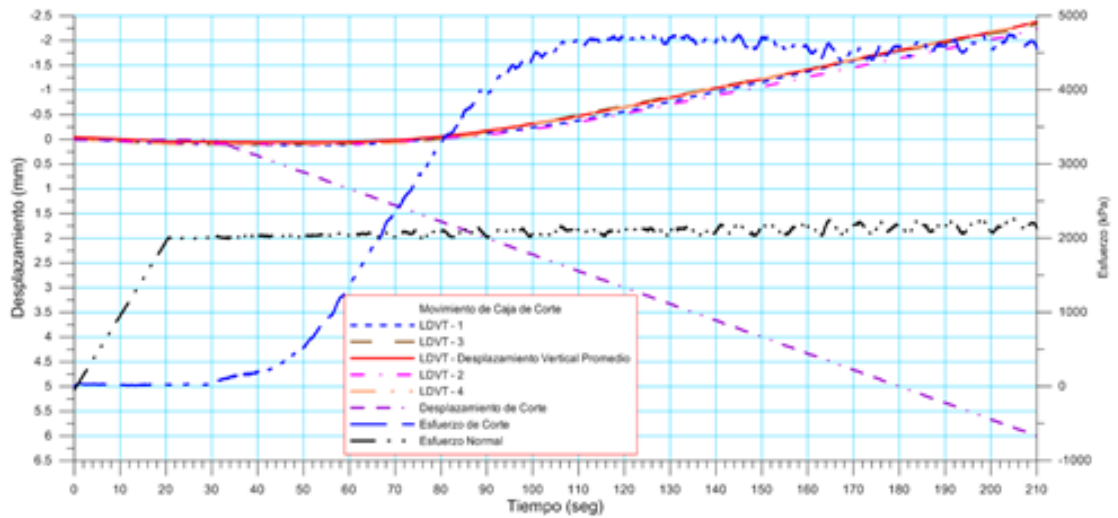


Figura 29: Esfuerzo vs tiempo

#### 4.3.4. Resumen

Recopila en un recuadro todos los valores pico y residuales de la muestra durante los tres puntos

#### 4.3.5. Curvas de ajuste

Mediante un ajuste lineal de los datos obtenidos del ensayo se puede obtener la cohesión y el ángulo de fricción de la muestra con la finalidad de conocer a que cantidad de carga comienza a ceder el cemento Portland tipo I y el ángulo en el cual la muestra se parte debido al esfuerzo de corte generado.

En la figura 30, se puede observar tres triángulos rojos que representan el esfuerzo máximo de cada etapa de carga y los puntos azules representan los esfuerzos residuales las cuales provienen del roce entre la dos partes de la muestra ensayada, la línea roja representa un ajuste por mínimos cuadrados, la cual proporciona información como la cohesión y el ángulo de fricción de la muestra.

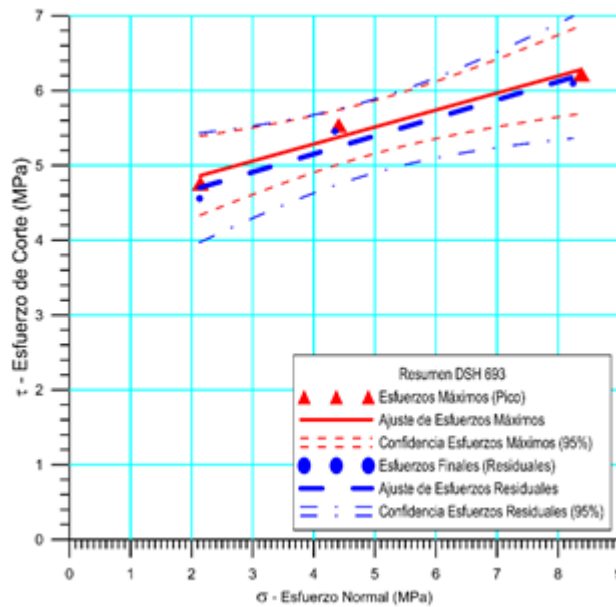


Figura 30: Esfuerzo de corte ( $\tau$ ) vs Esfuerzo normal ( $\sigma_n$ )

#### 4.3.6. Observaciones



Se anotan cualquier irregularidad en el ensayo.

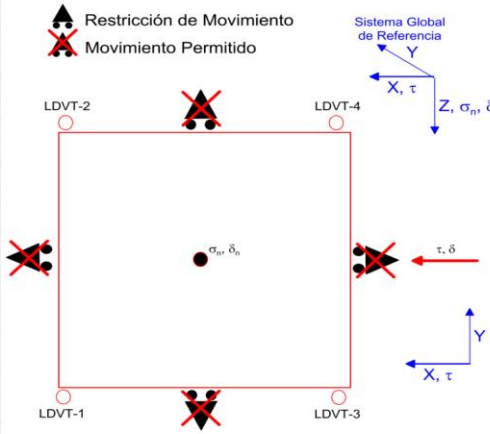
#### 4.3.7. Imagen de la muestra

Se reporta una foto de la muestra antes y después de ser ensayada.

En la figura 31 se puede observar el ensayo de corte el cual contiene la información de la muestra como las medidas, número de muestra, las etapas de carga y los resultados obtenidos después del ensayo. Es importante destacar que el reporte consta de 6 o 5 Páginas por muestra.

## Ensayo de Corte a la muestra 693

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b> <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-2000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 693</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM ASTM	Suggested Methods For Determining Shear Strength (1975) D5607 - 08 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Equipo</b>	GCTS - RDS-500			
<b>Software</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto</b>				
<b>Espécimen</b>	693			
<b>Origen del Espécimen</b>				
<b>Coordenadas de la muestra</b>				
<b>Perforación</b>	Muestra elaborada en el laboratorio			
<b>Clasificación Geológica del Espécimen</b>				
<b>Formación Geológica</b>	Cilindro de pasta de cemento Portland Tipo I			
<b>Tipo de Roca</b>	-			
<b>Inclinación de la Discontinuidad</b>	No existe	Referido al eje vertical de la caja		
<b>Tipo de Espécimen</b>	Cilíndrico	Altura	128.05 mm	
		Diámetro	51.10 mm	
		Angulo de inclinación con la vertical: 0°		
<b>Dirección de Esfuerzo de Corte</b>	-			
<b>Longitud del eje Mayor</b>	-	mm		
<b>Área Inicial</b>	24.50425	cm <sup>2</sup>		
<b>Grados de libertad de la Caja de Corte</b>	Todos			
<b>PROGRAMA DE CARGA</b>				
<b>Etapla 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL <math>\sigma_n</math></b>			<b>Etapla 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE <math>\tau_n</math></b>	
<b>Actuador de Corte</b>			<b>Actuador de Corte</b>	
<b>Retroalimentación</b>	AI-4: Desplazamiento de Corte		<b>Retroalimentación</b>	AI-4: Desplazamiento de Corte
<b>Modo</b>	Constante		<b>Modo</b>	Incremental
<b>Valor Constante</b>	Relativo		<b>Valor Inicial</b>	0 mm
<b>Actuador Normal</b>			<b>Velocidad de Desplazamiento</b>	2 mm/minuto
<b>Retroalimentación</b>	TI-2: $\sigma_n$ – Esfuerzo Normal		<b>Valor Final</b>	6 mm
<b>Modo</b>	Incremental		<b>Actuador Normal</b>	
<b>Valor Inicial</b>	0 kPa		<b>Retroalimentación</b>	AI-1: Carga Normal
<b>Velocidad de Carga</b>	Ver etapa de resultados		<b>Modo</b>	Constante
<b>Valor Final</b>	kPa		<b>Valor Constante</b>	Relativo
<b>Adquisición de Datos</b>			<b>Adquisición de Datos</b>	
<b>Incrementos de Tiempo</b>	0.5 segundo		<b>Incrementos de Tiempo</b>	0.2 segundo
<b>Nivel de Cruce</b>	Seleccionado		<b>Nivel de Cruce</b>	Seleccionado
<b>Picos/valles</b>	Seleccionado		<b>Picos/valles</b>	Seleccionado
<b>Entrada Maestra</b>	AI-2: Desplazamiento del actuador normal		<b>Entrada Maestra</b>	AI-4: Desplazamiento de corte
<b>Sensitividad</b>	0.05 mm		<b>Sensitividad</b>	0.05 mm
<b>Tiempo Máximo de Ejecución</b>	0.5 minutos		<b>Tiempo Máximo de Ejecución</b>	5 minutos
<b>Corrección del área para la Deformación por Corte</b>	sin corrección		<b>Corrección del área para la Deformación por Corte</b>	con corrección

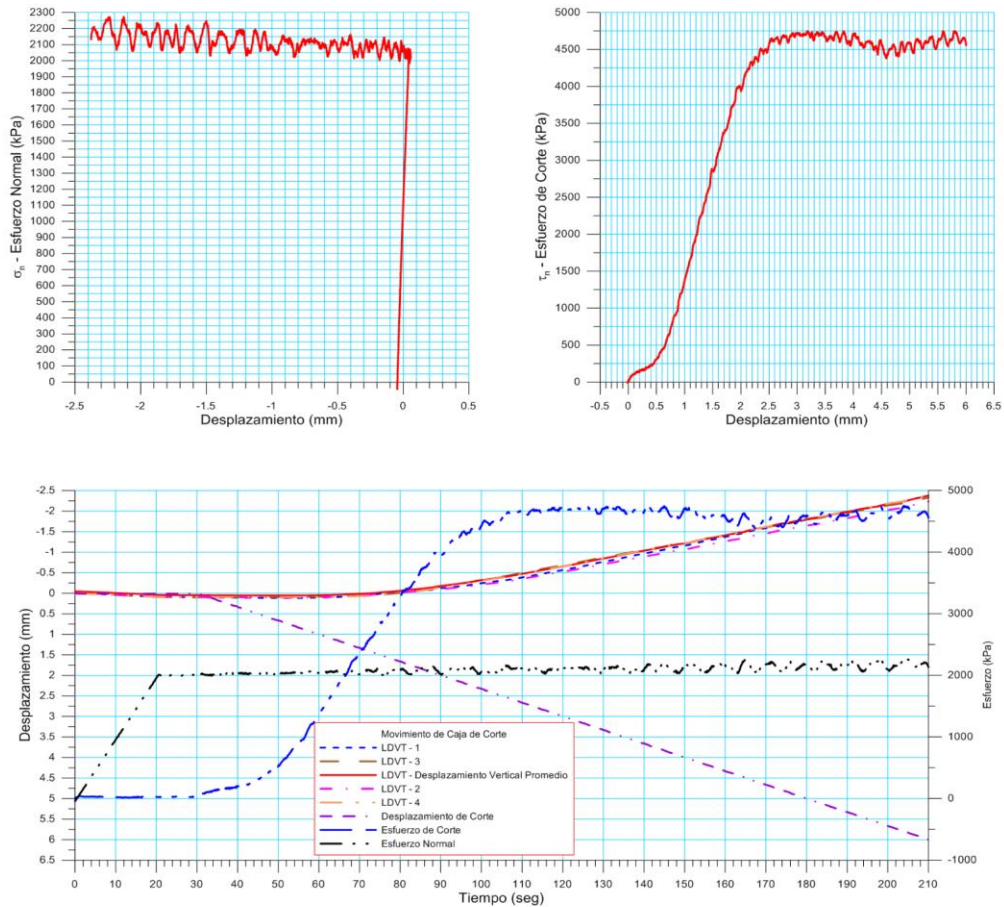


**Figura 31: Reporte del ensayo de corte a la muestra 694 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 693</b>



**Resultados**

<b>Punto 1</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 100 kPa/segundo</b>	<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 2000 kPa</b>			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	49.17	13.41	4761.55	4559.79	kPa
Tiempo	0.890722	30.0002	125.688	210.001	segundos
Deformación de Corte	0.015	0.008	3.185	6.000	mm
Deformación Normal	-0.0442	0.0474	-0.7594	-2.3781	mm
$\sigma_n$ - Esfuerzo Normal	2634.45	1987.2	2143.2	2132.32	kPa

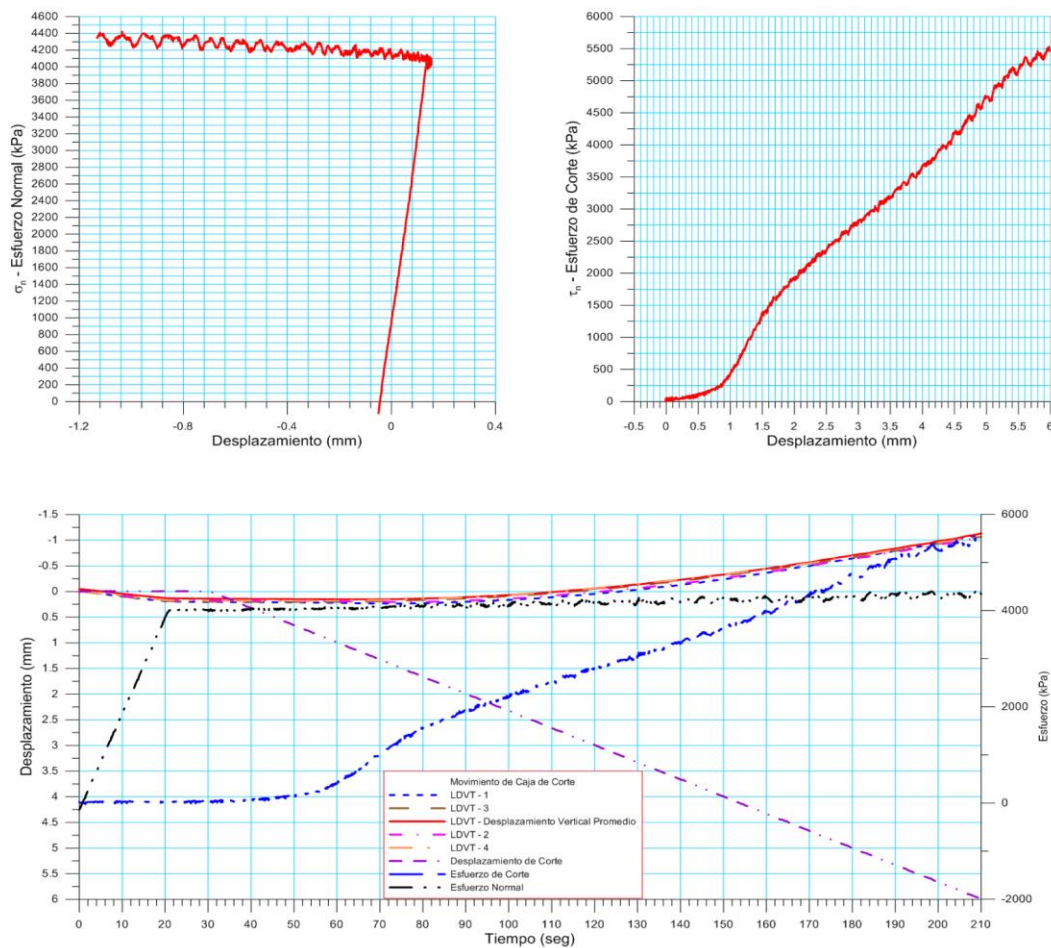


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 2)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 693</b>



<b>Punto 2</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 200 kPa/segundo</b>		<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 4000 kPa</b>		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	53.63	26.82	4761.55	5457.08	kPa
Tiempo	13.8103	30.0002	209.582	210.001	segundos
Deformación de Corte	-0.005	-0.003	5.98	5.999	mm
Deformación Normal	0.0765	0.1409	-1.1236	-1.1312	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	2634.45	3996.32	4408.77	4345.32	kPa



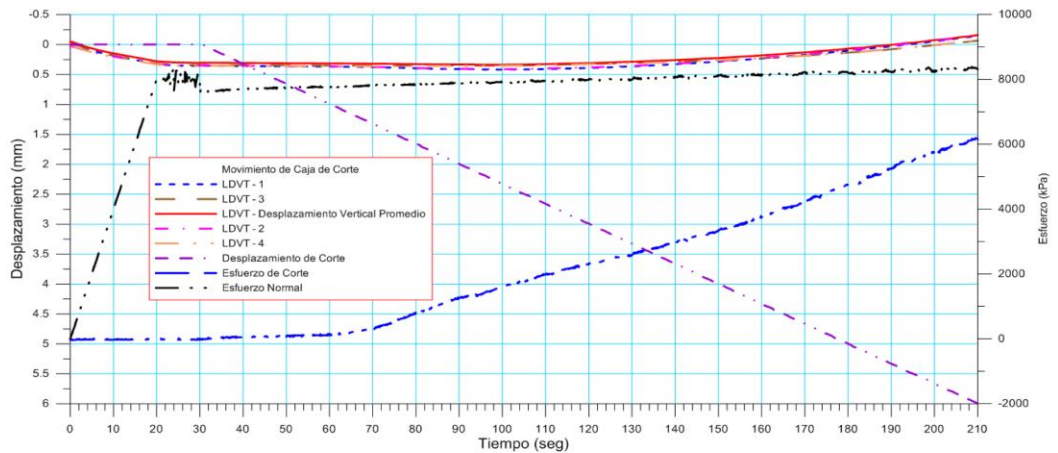
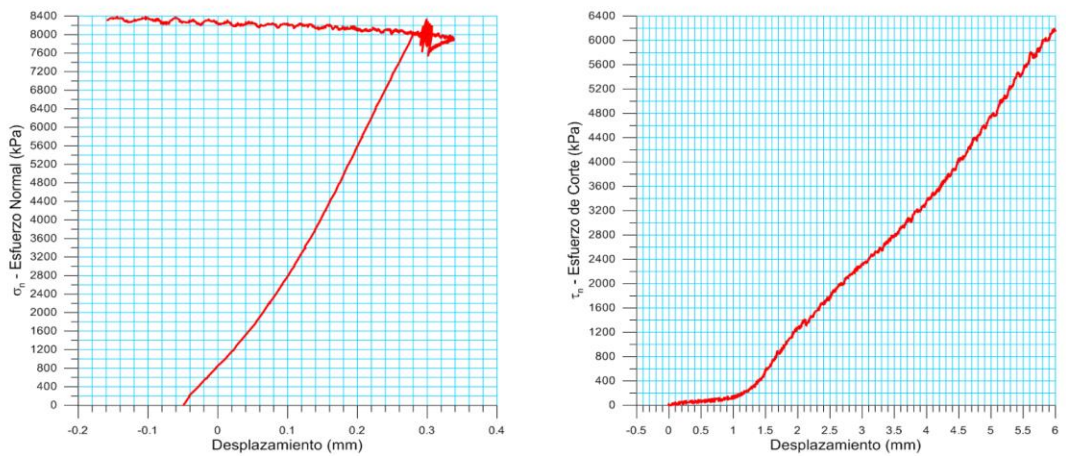
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 3)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 4 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 693</b>

<b>Punto 3</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 400 kPa/segundo</b>	<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 8000 kPa</b>			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	26.82	4.47	<b>6222.54</b>	<b>6098.05</b>	kPa
Tiempo	3.10751	30.0002	209.693	210.001	segundos
Deformación de Corte	0.000	-0.002	5.988	6.006	mm
Deformación Normal	0.0239	0.3056	-0.155	-0.161	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	1265.05	7999.6	<b>8382.44</b>	<b>8247.33</b>	kPa



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

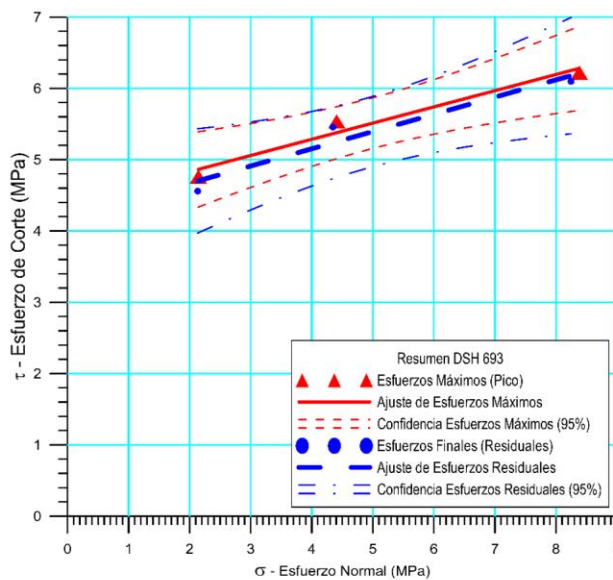
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería, Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 4)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 5 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 693</b>



**Cuadro Resumen de los Resultados**

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
<b>1</b>	2.14320	4.76155	2.13232	4.55979
<b>2</b>	4.40877	5.53808	4.34532	5.45708
<b>3</b>	8.38244	6.22254	8.24733	6.09805



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$\tau = 0.22714 * \sigma + 4.37$	$\tau = 0.24155 * \sigma + 4.19$
Cohesión (c) (MPa)	4.37	4.19
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ), (grados)	12.80	13.58
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal ( $\sigma_n$ )	4.97814	4.90832
Promedio Esfuerzo de Corte ( $\tau$ )	5.50739	5.37164
Suma de los residuos cuadrados	0.0393673	0.0754206
Regresión Suma de los residuos cuadrados	1.02929	1.11865
Coficiente de Determinación ( $R^2$ )	0.963162	0.936837

**Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 5)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS          ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO          PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 6 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 693</b>
<b>OBSERVACIONES</b>				
		Sin foto		
		INICIAL		
Sin foto		Sin foto		
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

**Figura 31: Reporte del ensayo de corte (parte 6)**

Como se puede observar la tabla 3 contiene las muestras ensayadas, la cohesión (cantidad de esfuerzo necesario para generar fractura) y el Angulo de fricción en el que fracturo la muestra.

Observación: Fueron ensayadas 3 muestras, donde la muestra 730 no obtuvo un correcto fraguado lo cual trajo como consecuencia una fractura irregular, datos de cohesión y fricción cercanos a 0 el cual altera los resultados promedios de los ensayos de corte realizados. Por lo tanto, los datos obtenidos de la 730 fueron extraídos de la tabla 3.

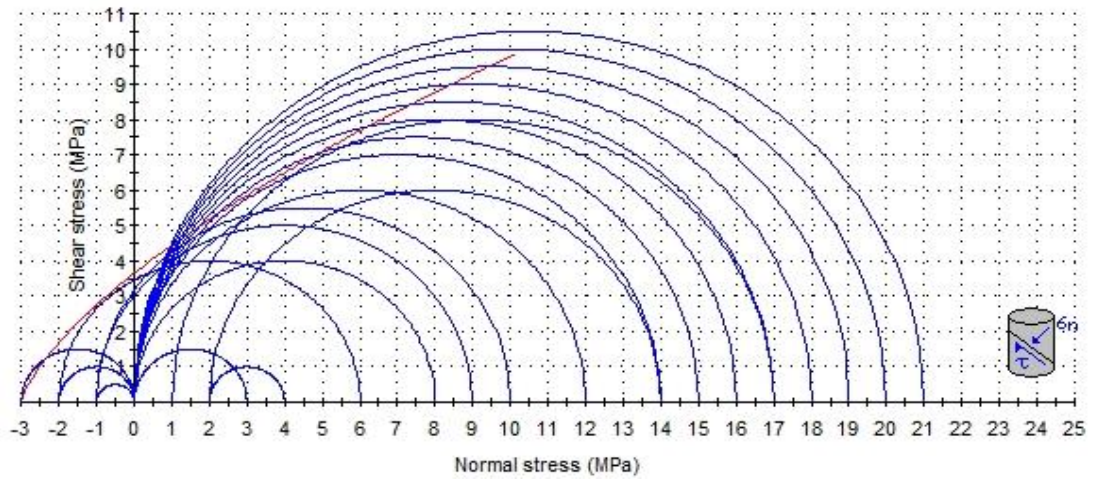
**Tabla 3: Ensayos de Corte**

Muestra	Cohesión(Mpa)	Ángulo de fricción
693	4,37	12,80
715	3,49	16,90
promedio	3,93	14,85
desviacion	1,13	8,13

#### **4.4. CRITERIO DE MOHR-COULOMB**

Para establecer el criterio de Mohr-Coulomb se elaboró un gráfica que contiene los resultados de los ensayos brasileros, compresión simple y corte que se elaboraron a las muestras de cemento Portland tipo I.

En la figura 32 se pueden observar todos los Círculos de Mohr que proporcionaron los ensayos elaborados a las muestras de cemento Portland tipo I, los círculos del lado negativo del eje horizontal representan los ensayos brasileros, los círculos del lado derecho representan los ensayos de corte y los círculos de Mohr de mayor tamaño los cuales tienen radio mayor a 6 representan los ensayos de compresión simple. Por otra parte, utilizando este criterio se pudo obtener la cohesión y el ángulo de fricción del cemento Portland tipo I los cuales fueron 3,579 MPa y 33,780° respectivamente.



**Figura 32: Gráfica Esfuerzo normal vs Esfuerzo de corte (Ajuste de la recta 1)**

En la figura 33 se puede observar otro ajuste del Criterio de Mohr donde se obtuvieron datos como: cohesión 4,566 MPa, resistencia a la tracción: -3,139 MPa y ángulo de fricción de 39°. Por consiguiente, es importante destacar que ambos ajustes son aceptables ya que se asemejan a los valores de cohesión obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Rocas.

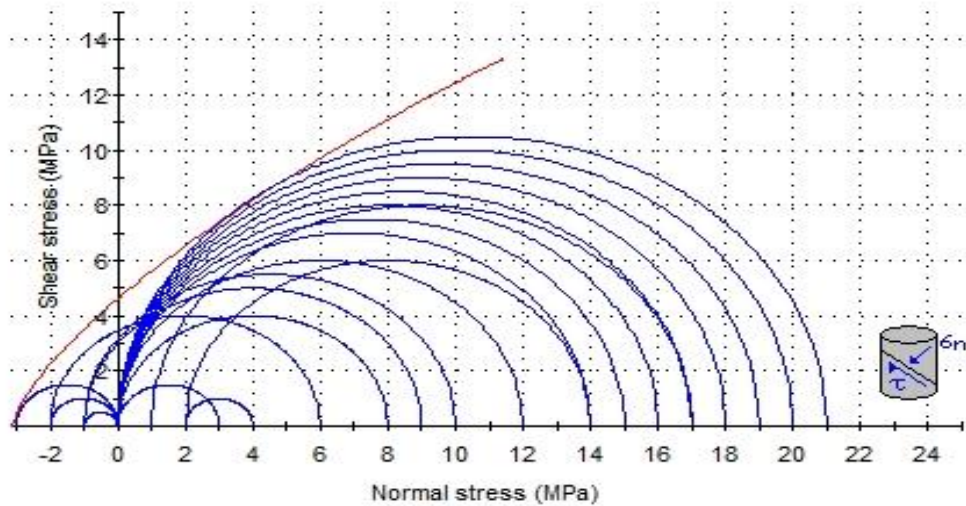


Figura 33: Gráfica Esfuerzo normal vs Esfuerzo de corte (Ajuste de la recta 2)

#### 4.5. CRITERIO DE HOEK-BROWN

Para de Criterio de Hoek –Brown, se obtuvieron los siguientes valores:

Para la Figura 30:

- Resistencia a la compresión: 17 MPa
- GSI(Índice de resistencia geológica): 97
- $m_i$ (Constante del material): 4,5
- Factor de alteración: 0
- $m_b$ : 4,043
- $s$ : 0,717
- $a$ : 0,50

En el ajuste 1 de Hoek-Brown se compara la lechada de cemento portland tipo I con las arcilitas debido a los resultados obtenidos en los ensayos.

Para la Figura 31:

- Resistencia a la compresión: 17 MPa
- GSI: 99
- $m_i$ : 6,5

- Factor de alteración: 0
- $m_b$ : 6,272
- $s$ : 0,895
- $a$ : 0,50

En el ajuste 2 de Hoek-Brown se compara la lechada de cemento portland tipo I con las lutitas, es importante destacar que ambos ajustes son totalmente aceptables ya que se asemeja al comportamiento de la lechada durante los ensayos realizados.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

1. Los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras de cemento Portland tipo I cuya relación agua cemento fue 2,1794 kg/lit.
2. El ensayo de compresión simple fue efectuado a 17 muestras donde se elaboraron sin irregularidades obteniéndose un valor promedio el cual en base a la clasificación del ISRM tiene una resistencia a la compresión moderada la cual es un valor aceptable ya que la lechada es sin aditivos.

El ensayo brasilero fue efectuado a 36 muestras obteniéndose el valor promedio -2,859 MPa cuya cifra es menor a la teórica ya que la resistencia a la tracción debe ser la tercera parte de la resistencia a la compresión el cual debió ser aproximadamente -5,66 MPa, este margen de error posiblemente fue por la inclusión de algunas muestras cilíndricas de altura irregular donde la carga no se aplicó de manera uniforme.

3. El ensayo de corte se efectuó a 3 muestras cilíndricas donde se pudo caracterizar la lechada adquiriéndose valores de ángulo de fricción y cohesión los cuales dan referencia de que es poco resistente a los esfuerzos de corte.
4. Se obtuvieron los siguientes valores promedios:
  - Resistencia a la compresión:  $(29,536 \pm 4,072)$  MPa
  - Deformación axial:  $(0,857 \pm 0,109)$  %
  - Resistencia a la tracción indirecta:  $-(2,850 \pm 0,514)$  MPa
5. Para obtener el criterio de Fractura y Resistencia, se empleó la herramienta *RocData*.
6. Mediante el Criterio de Hoek-Brown se permite caracterizar la lechada de cemento Portland tipo I después de fraguar como una roca artificial, mediante el

ajuste del criterio Hoek-Brown se incluyen datos como el tipo de superficie y la cantidad de discontinuidades donde el cemento Portland tipo I se asumió como una roca maciza con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas, de baja resistencia y se puede ubicar en el intervalo de resistencia entre las arcilitas y lutitas.

7. Ajuste para el Criterio de Mohr-Coulomb

- Cohesión: 3,579 MPa
- Angulo de Fricción: 33,780°
- Se puede concluir que la lechada de cemento Portland Tipo I, en general, tiene un comportamiento similar de una roca débil debido a los valores de resistencia que obtenidos en los ensayos y el valor de cohesión adquirido aplicando los criterios de fractura.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda añadir el ensayo poliaxial a la caracterización mecánica de la lechada con la finalidad de someter a la muestra a  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  y presiones internas generadas por un fluido el cual se recomienda usar agua o crudo para simular lo que ocurre en el pozo.
- Se recomienda ensayar lechadas con polímeros los cuales aumentan la resistencia y comparar sus características con la lechada sin polímeros.
- Se recomienda caracterizar lechadas de cemento tipo G y H para realizar curado con temperatura y determinar la resistencia a esfuerzos compresivos, de tracción, corte y poliaxiales.
- Se recomienda utilizar muestras perforadas con un anillo en el centro para simular la interacción cemento-*casing* al ser sometidos a distintos estados de sollicitación.



## Bibliografía

- Arias, F. G. (1999). *El Proyecto De Investigacion* (Carlos Sabino , Jesus Reyes ed., Vol. III). Caracas, Distrito Capital, Venezuela: Oriial Ediciones.
- Castillejo Cans, M. A. (1993). *Análisis Comparativo de los Métodos de Estabilidad de Taludes y su Control*. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Minas. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Darbe, R., William, D., James, S., Fraboulet, B., Galdiolo, G., Davidson, J., . . . Ciccola, V. (14 de Diciembre de 2011). Mechanical Testing Procedures. *Cement Mechanical Testing Draft Document*, 1-22.
- Diaz, P., & Mendez, A. (2007). *Fundamentos Teóricos Prácticos de Perforación y Construcción de Pozos*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería , Escuela de Petróleo , Caracas.
- Fangzhu, X., Jiansheng, Q., Guangming, L., Wenli, T., & Chong, W. (2010). Study of Deep Water Cement Experimental Method And Cement Slurry. *I-10*, 309.
- Heinold, T., Dillenbeck, R., Bray, W. S., & Rogers, M. J. (8 de Octubre de 2003). Analysis of Tensile Strength Test Methodologies for Evaluating Oil and Gas Well. *SPE*, 1-13.
- Kang, M. S., Kim, S., Han, S. J., & Yoon, M. S. (2008). Comparison and Strength Characteristics of Cements for Cement-Stabilization for Dredged Surface Soil (I-08-253). *The International Society Offshore and Polar Engineering Conference*, (págs. 590-597). Vancouver.
- L.Sabins, F., Sutton, D. L., & Cook, C. (5 de Octubre de 1984). Effect of Excessive Retardation on the Physical Properties of Cement Slurries. *Society Petroleum Engineers*, 1357-1365.
- Mueller, D., & Eid, R. N. (21 de Febrero de 2006). Characterization of the early-time Mechanical Behavior of Well Cements Employed in surface Casing Operations. *IADC/SPE*, 1-11.

# APÉNDICE

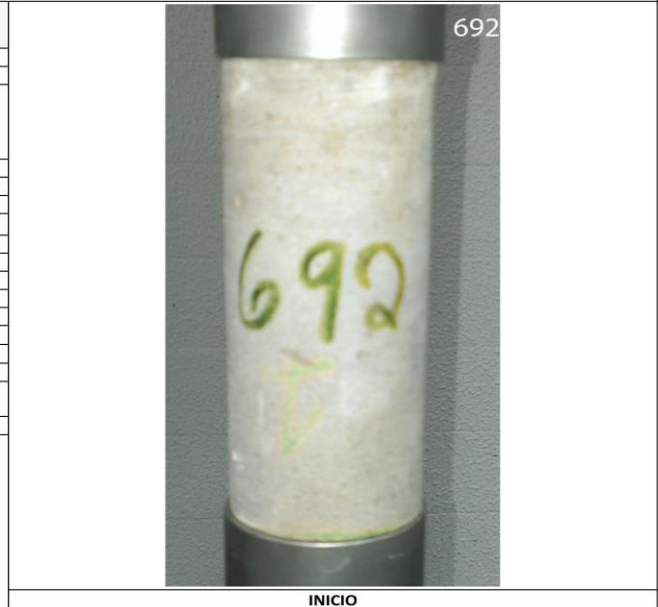
# **Ensayos de Compresión Simple**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 692

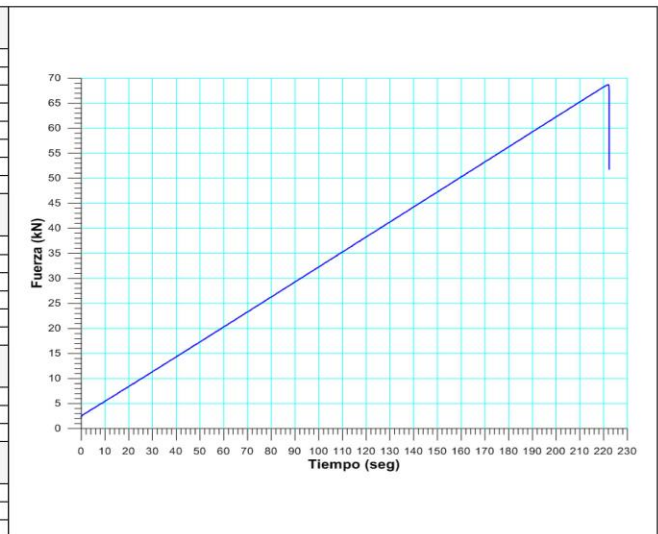
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 692</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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

<b>DATOS GENERALES</b>	
<b>Equipo:</b>	GCTS – RDS - 500
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
<b>Proyecto:</b>	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>
<b>Espécimen:</b>	692
<b>Perforación:</b>	Muestra de laboratorio
<b>Peso</b>	492.2 gr
<b>Altura (L)</b>	130 mm
<b>Diámetro (D)</b>	51.1 mm
<b>L/D</b>	2.544 -
<b>Área</b>	20869 mm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	266609.76 mm <sup>3</sup>
<b>Densidad</b>	1.84 Ton/m <sup>3</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	Ton/m <sup>2</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	MPa
<b>Tiempo del ensayo</b>	222.344 seg
<b>Clasificación de la roca</b>	
<b>Angulo de la Estratificación</b>	





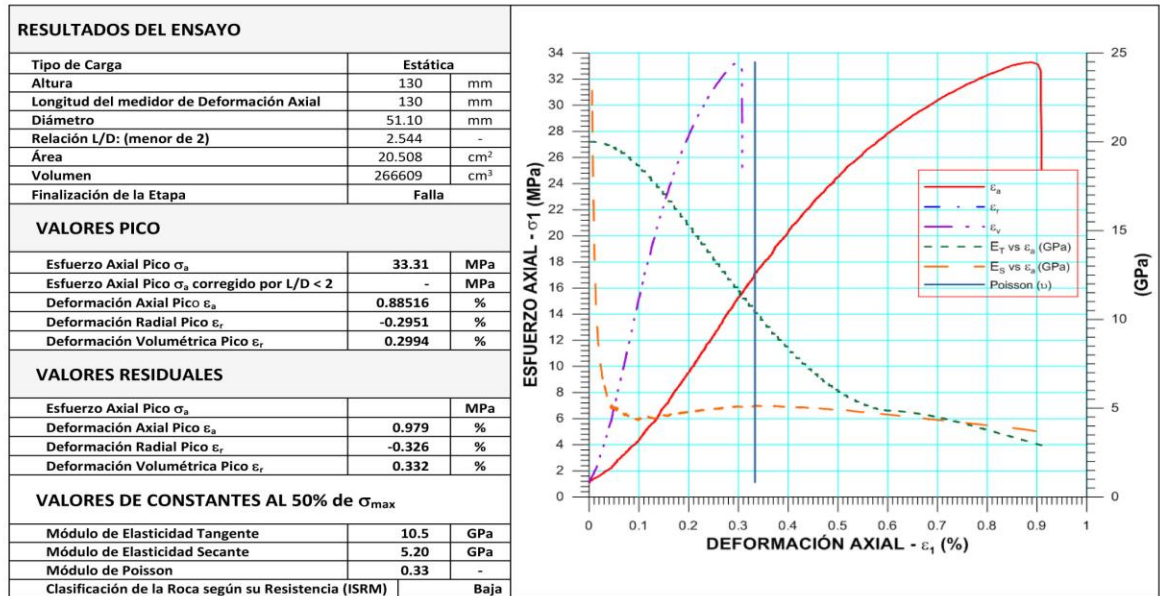
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>	
<b>Retroalimentación</b>	TI-8: SA - Axial Stress
<b>Tipo</b>	Incremental
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1 MPa
<b>Valor Inicial</b>	Relativo
<b>Velocidad de Carga</b>	18 KN/min
<b>Carga Máxima permitida</b>	150 kN
<b>Presión de Celda</b>	- MPa
<b>Presión de poros</b>	- MPa
<b>ETAPA FINAL</b>	
<b>Deformación Axial - ε<sub>a</sub> máxima</b>	<= 1.5%
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	ND min
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	- kN
<b>Pico Reverso</b>	Variable de Control Al-1: Axial Load
	Valor Reverso: 20 kN
	Umbral 2 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>	
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1 seg
<b>Level Crossing</b>	Entrada de Control Al-1: Carga Axial
	Sensitividad 1 kN
<b>Otras Variables</b>	
<b>Tipo</b>	Drenada
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	Cero al iniciar
<b>Condición de la muestra</b>	



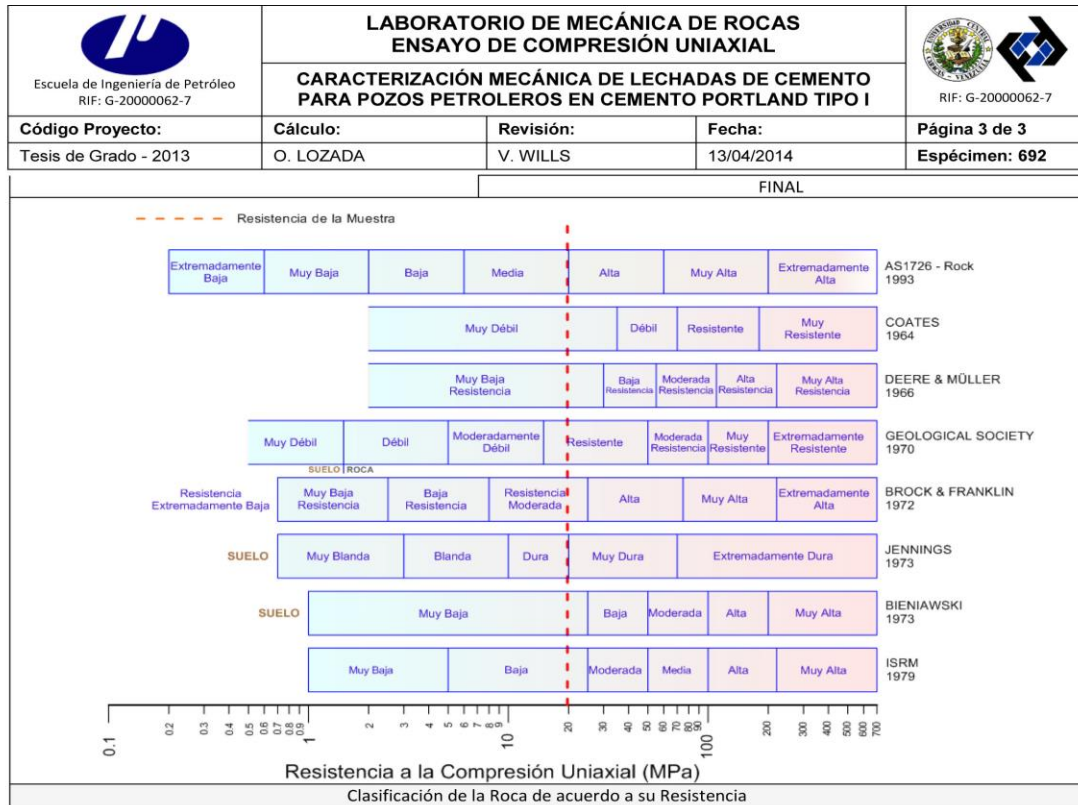
**Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad**  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología, Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 34: Reporte de la muestra 692 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Especimen: 692</b>





**Figura 34: Reporte de la muestra 692 (parte 2)**



**Figura 34: Reporte de la muestra 692 (parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 695

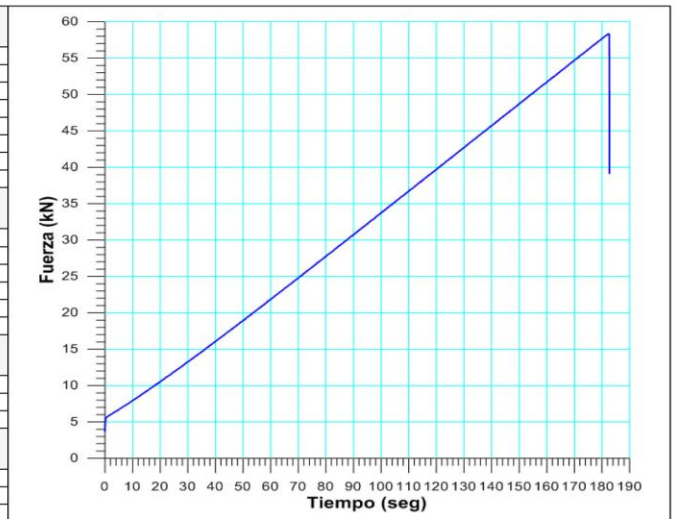
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			
<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>				
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 695</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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

<b>DATOS GENERALES</b>	
<b>Equipo:</b>	GCTS – RDS - 500
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
<b>Proyecto:</b>	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>
<b>Espécimen:</b>	695
<b>Perforación:</b>	Muestra de laboratorio
<b>Peso</b>	493.1 gr
<b>Altura (L)</b>	130 mm
<b>Diámetro (D)</b>	51.1 mm
<b>L/D</b>	2.544 -
<b>Área</b>	20869 mm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	266609.76 mm <sup>3</sup>
<b>Densidad</b>	1.8495 Ton/m <sup>3</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	Ton/m <sup>2</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	MPa
<b>Tiempo del ensayo</b>	182.697 seg
<b>Clasificación de la roca</b>	
<b>Angulo de la Estratificación</b>	



<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>			
<b>Retroalimentación</b>	TI-8: SA - Axial Stress		
<b>Tipo</b>	Incremental		
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1	MPa	
<b>Valor Inicial</b>	Relativo		
<b>Velocidad de Carga</b>	18	KN/min	
<b>Carga Máxima permitida</b>	150	KN	
<b>Presión de Celda</b>	-	MPa	
<b>Presión de poros</b>	-	MPa	
<b>ETAPA FINAL</b>			
<b>Deformación Axial - ea máxima</b>	<=	1.5%	
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	ND	min	
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	-	kN	
<b>Pico Reverso</b>	Variable de Control	Al-1: Axial Load	
	Valor Reverso:	20	kN
	Umbral	2	kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg	
<b>Level Crossing</b>	Entrada de Control	Al-1: Carga Axial	
	Sensitividad	1	KN
<b>Otras Variables</b>			
<b>Tipo</b>	Drenada		
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	Cero al iniciar		
<b>Condición de la muestra</b>			





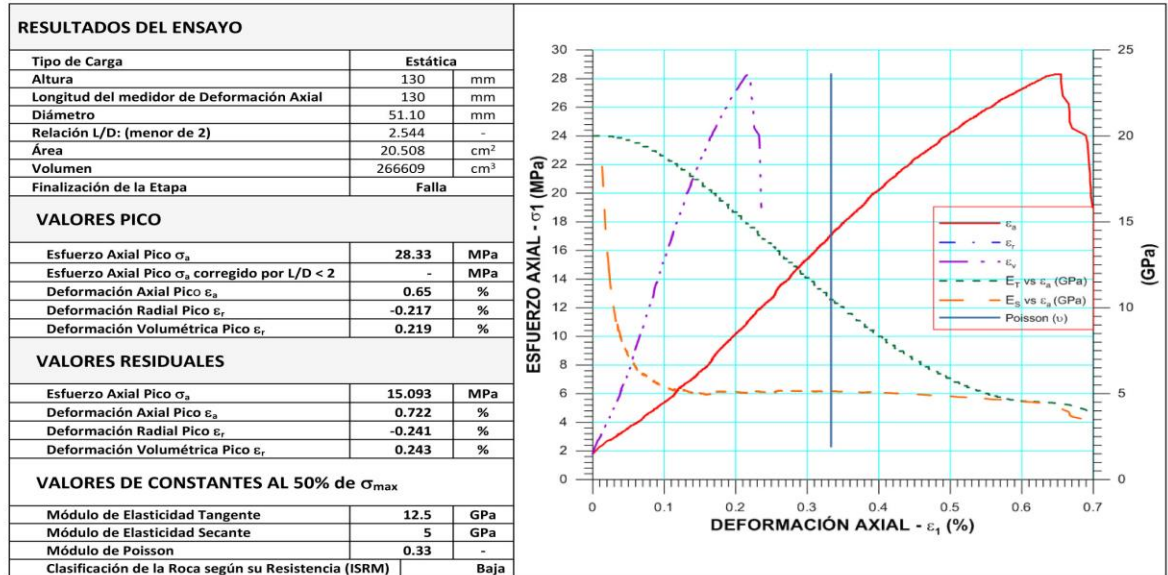
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

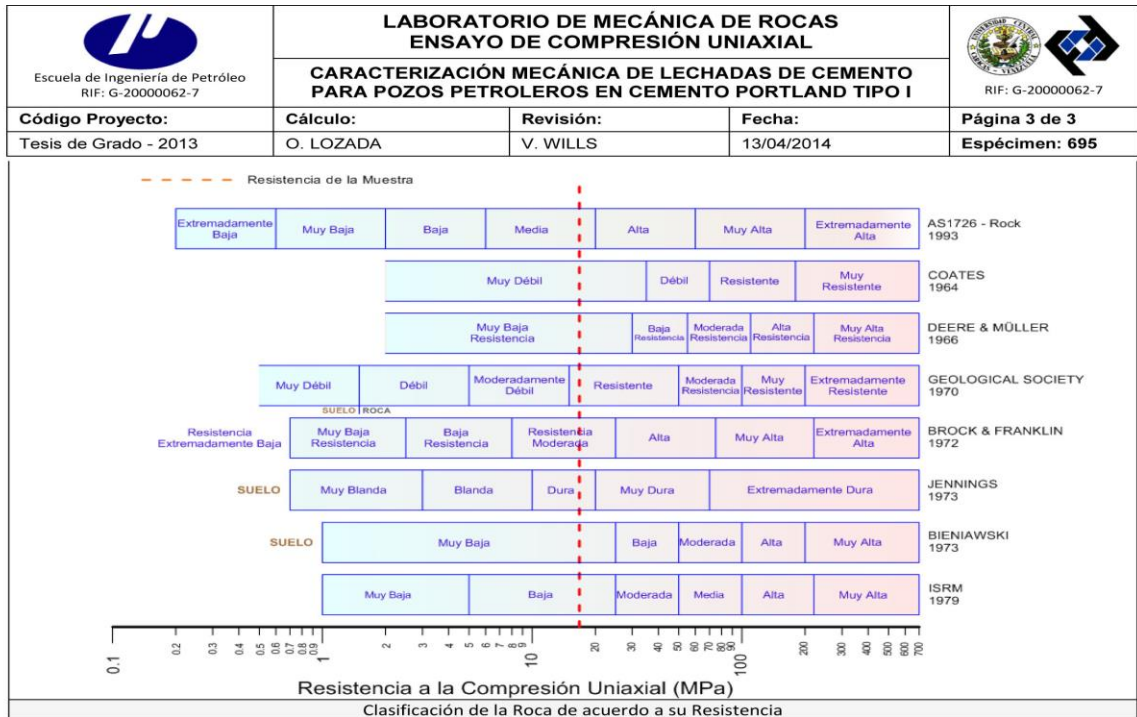
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 35: Reporte de la muestra 695 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS          ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO          PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 695</b>






**Figura 35: Reporte de la muestra 695 (parte 2)**



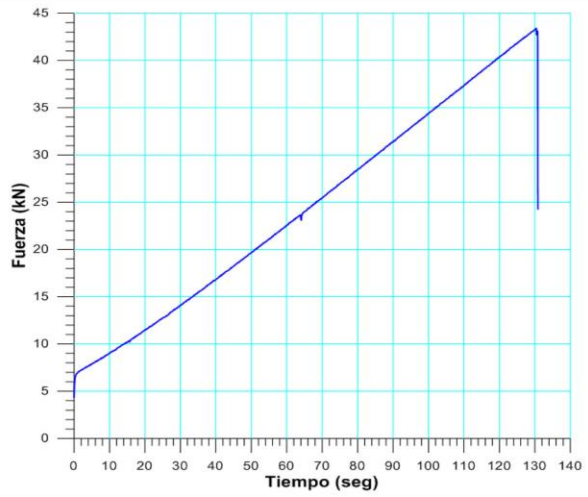
**Figura 35: Reporte de la muestra 695 (parte 3)**

## Ensayo de compresión Simple muestra 696

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b> <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 696</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Equipo:	GCTS – RDS - 500			
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Espécimen:	696			
Perforación:	Muestra de laboratorio			
Peso	474.7	gr		
Altura (L)	127.1	mm		
Diámetro (D)	51.1	mm		
L/D	2.48	-		
Área	20404.0951	mm <sup>2</sup>		
Volumen	260662.31	mm <sup>3</sup>		
Densidad	1.8495	Ton/m <sup>3</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		Ton/m <sup>2</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		MPa		
Tiempo del ensayo	130.857	seg		
Clasificación de la roca				
Angulo de la Estratificación				



<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación</b>	TI-8: SA - Axial Stress			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga</b>	18	KN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	150	KN		
<b>Presión de Celda</b>	-	MPa		
<b>Presión de poros</b>	-	MPa		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - ea máxima</b>	<=	1.5%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	ND	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	-	kN		
<b>Pico Reverso</b>	Variable de Control	AI-1: Axial Load		
	Valor Reverso:	20	kN	
	Umbral	2	kN	
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial		
	Sensitividad	1	KN	
<b>Otras Variables</b>				
<b>Tipo</b>	Drenada			
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	Cero al iniciar			
<b>Condición de la muestra</b>				





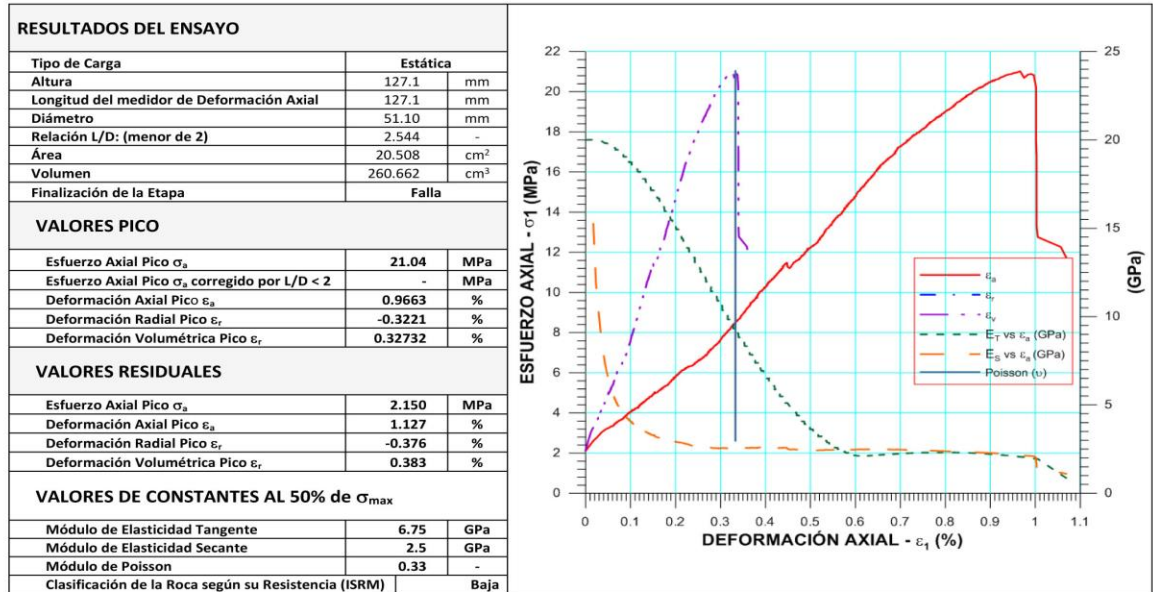
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

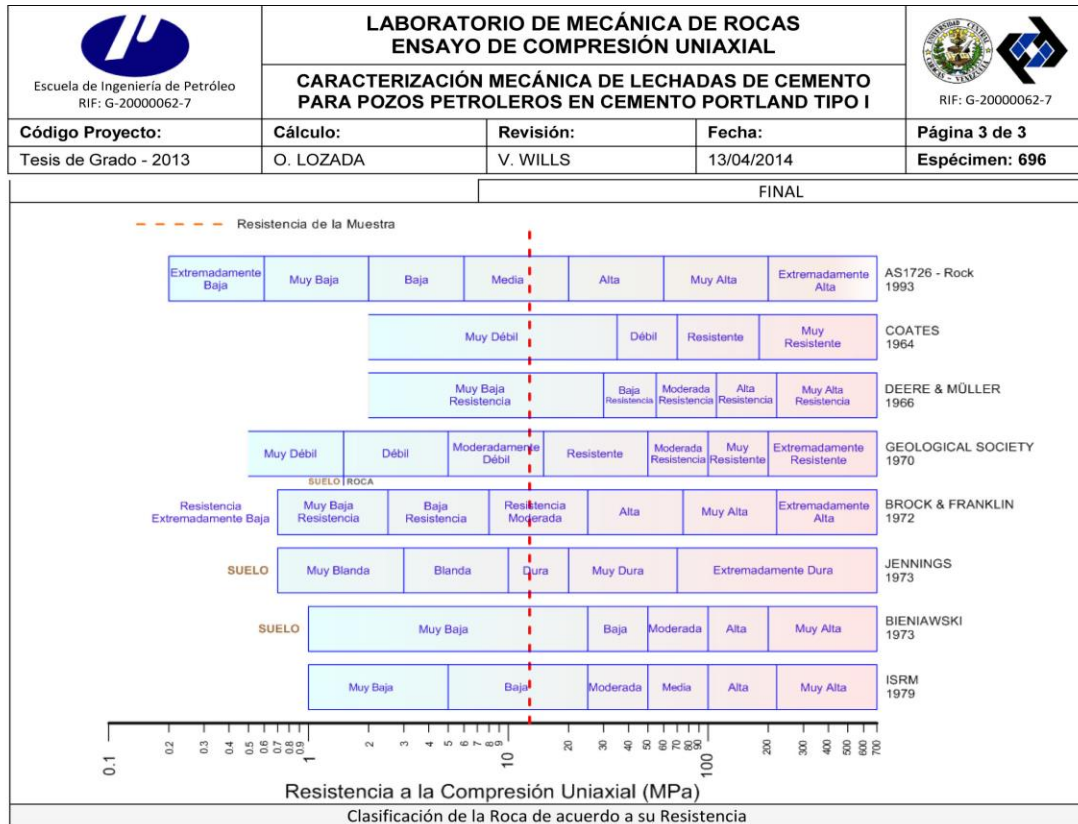
**Figura 36: Reporte de la muestra 696 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 696</b>



*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

**Figura 36: Reporte de la muestra 696 (parte 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

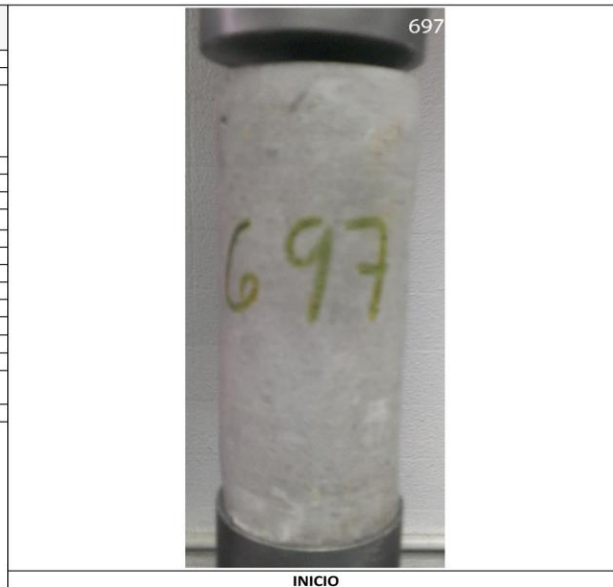
**Figura 36: Reporte de la muestra 696 (parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 697

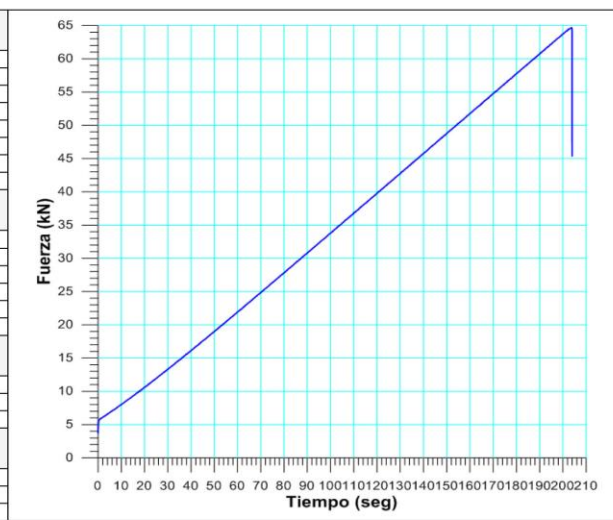
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 697</b>

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

<b>DATOS GENERALES</b>	
<b>Equipo:</b>	GCTS – RDS - 500
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
<b>Proyecto:</b>	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>
<b>Espécimen:</b>	697
<b>Perforación:</b>	Muestra de laboratorio
<b>Peso</b>	482.1 gr
<b>Altura (L)</b>	128.3 mm
<b>Diámetro (D)</b>	51.1 mm
<b>L/D</b>	2.51 -
<b>Área</b>	20596.738 mm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	263123.328 mm <sup>3</sup>
<b>Densidad</b>	1.8322 Ton/m <sup>3</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	Ton/m <sup>2</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	MPa
<b>Tiempo del ensayo</b>	203.98 seg
<b>Clasificación de la roca</b>	
<b>Angulo de la Estratificación</b>	





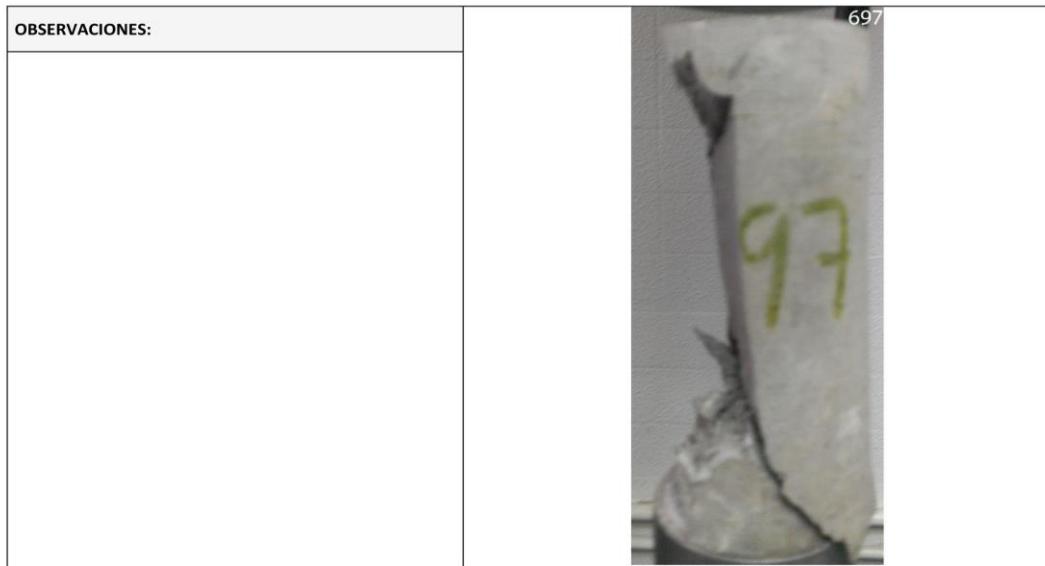
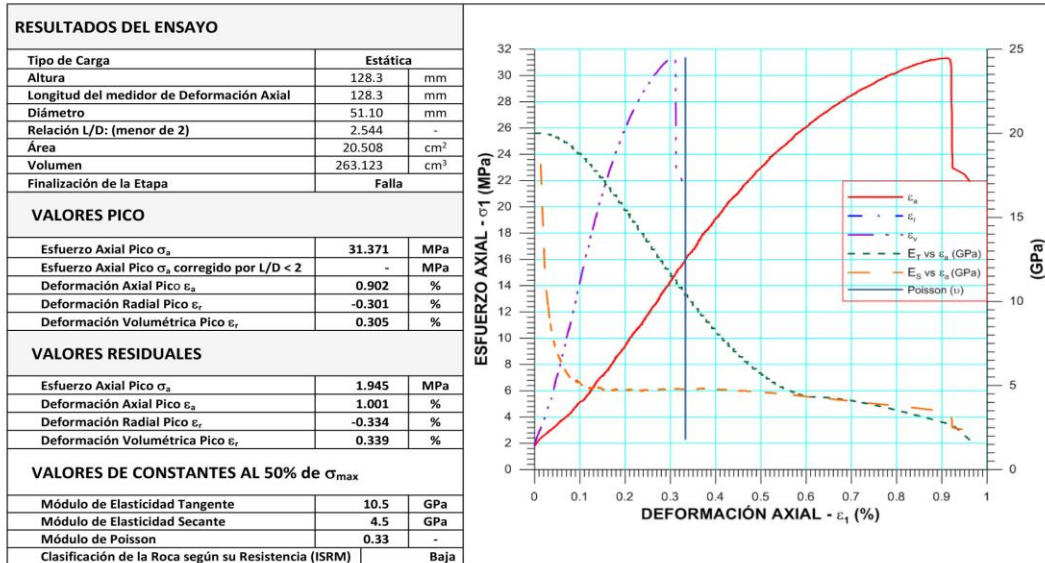
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>			
<b>Retroalimentación</b>	Ti-8: SA - Axial Stress		
<b>Tipo</b>	Incremental		
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1	MPa	
<b>Valor Inicial</b>	Relativo		
<b>Velocidad de Carga</b>	18	KN/min	
<b>Carga Máxima permitida</b>	150	KN	
<b>Presión de Celda</b>	-	MPa	
<b>Presión de poros</b>	-	MPa	
<b>ETAPA FINAL</b>			
<b>Deformación Axial - ε<sub>a</sub> máxima</b>	<=	1.5%	
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	ND	min	
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	-	kN	
<b>Pico Reverso</b>	Variable de Control	AI-1: Axial Load	
	Valor Reverso:	20	kN
	Umbral	2	kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg	
<b>Level Crossing</b>	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial	
	Sensitividad	1	KN
<b>Otras Variables</b>			
<b>Tipo</b>	Drenada		
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	Cero al iniciar		
<b>Condición de la muestra</b>			



*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

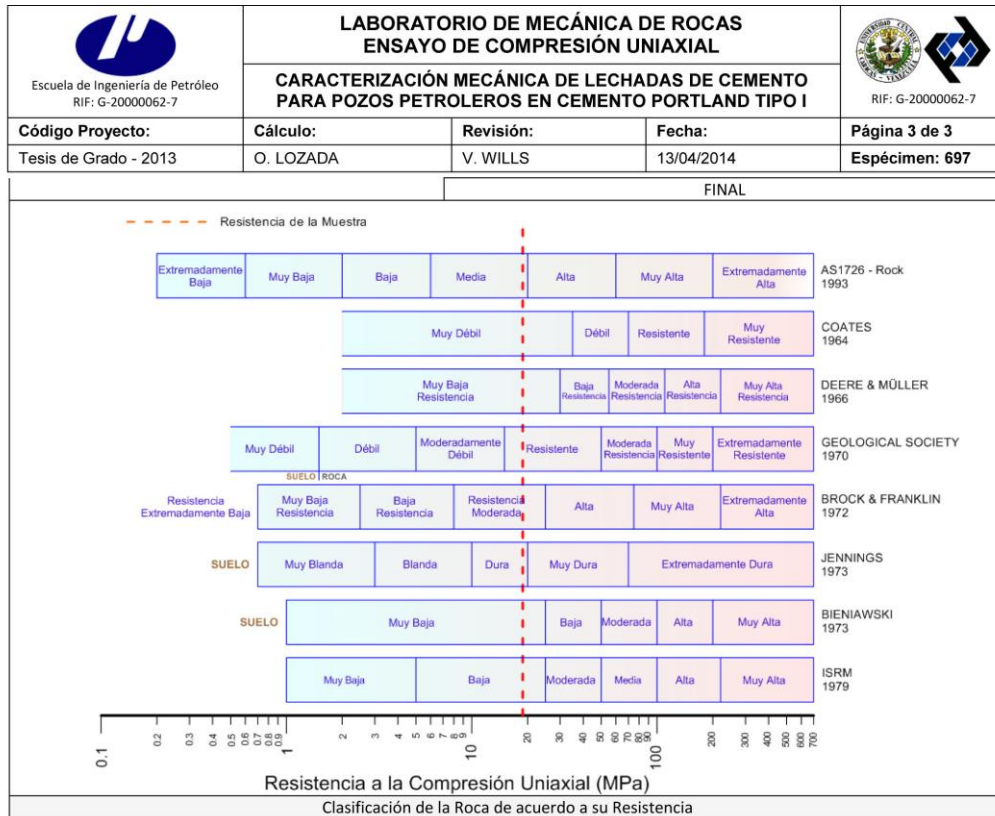
**Figura 37: Reporte de la muestra 697 (Parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 697</b>






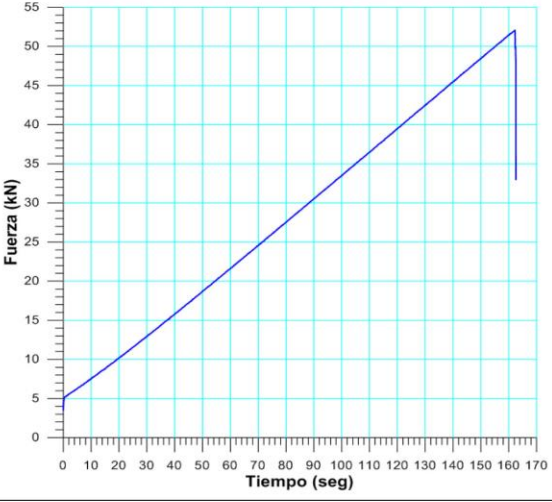
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología, Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

**Figura 37: Reporte de la muestra 697 (Parte 2)**



**Figura 37: Reporte de la muestra 697 (Parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 709



 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 709</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Equipo:	GCTS – RDS - 500			
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Espécimen:	709			
Perforación:	Muestra de laboratorio			
Peso	478	gr		
Altura (L)	128.05	mm		
Diámetro (D)	51.1	mm		
L/D	2.506	-		
Área	20556.60	mm <sup>2</sup>		
Volumen	262610.617	mm <sup>3</sup>		
Densidad	1.822	Ton/m <sup>3</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		Ton/m <sup>2</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		MPa		
Tiempo del ensayo	162.559	seg		
Clasificación de la roca				
Angulo de la Estratificación				
				
<b>INICIO</b>				
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación	TI-8: SA - Axial Stress			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga	18	KN/min		
Carga Máxima permitida	150	KN		
Presión de Celda	-	MPa		
Presión de poros	-	MPa		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<=	1.5%		
Tiempo Máximo del Ensayo	ND	min		
Carga Máxima del Ensayo	-	kN		
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load		
	Valor Reverso:	20	kN	
	Umbral	2	kN	
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial		
	Sensitividad	1	KN	
<b>Otras Variables</b>				
Tipo	Drenada			
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar			
Condición de la muestra				
				

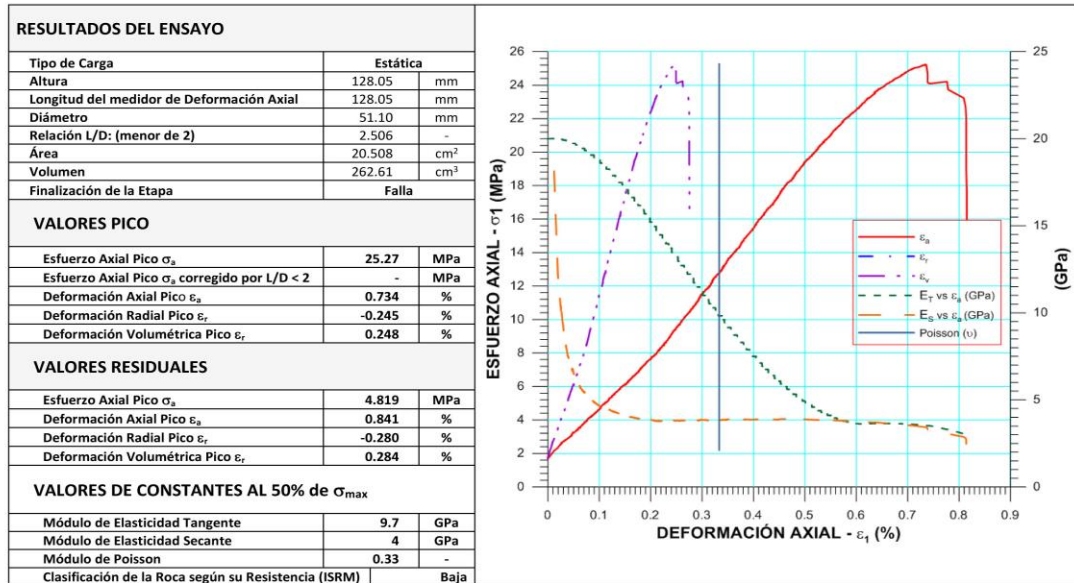
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

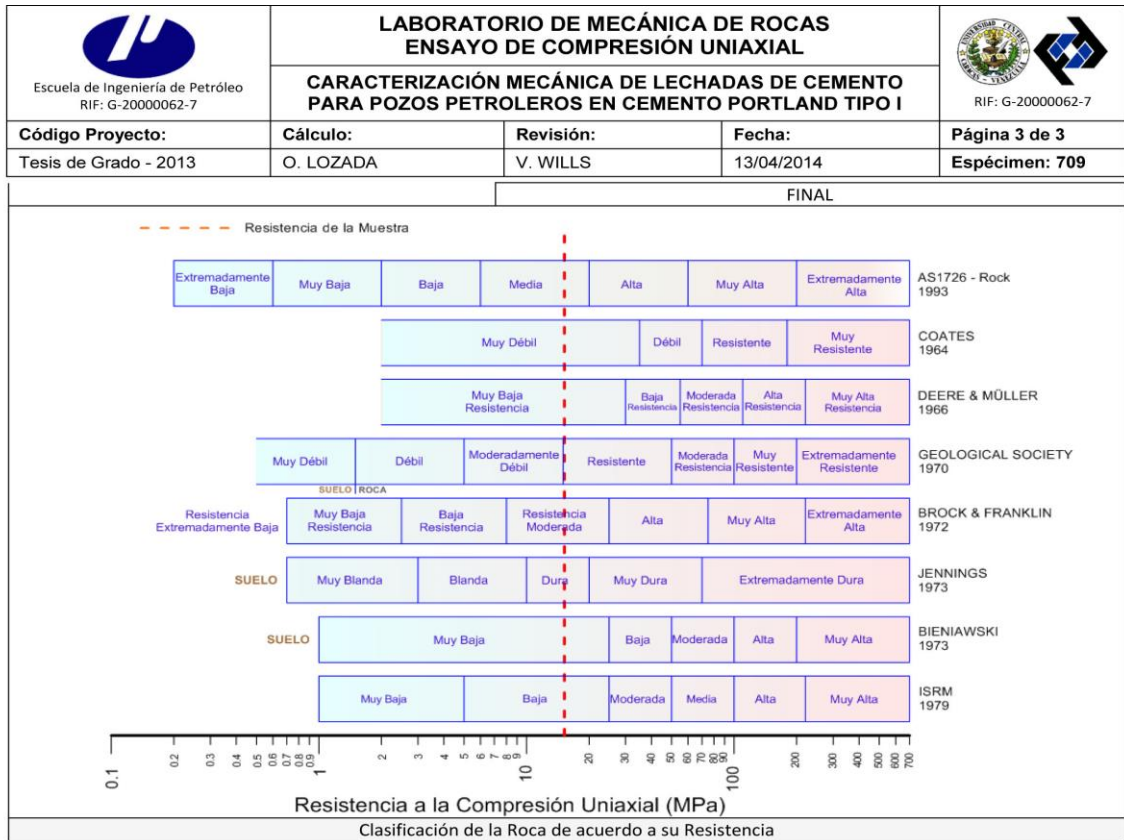
**Figura 38: Reporte de la muestra (709 parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 709</b>



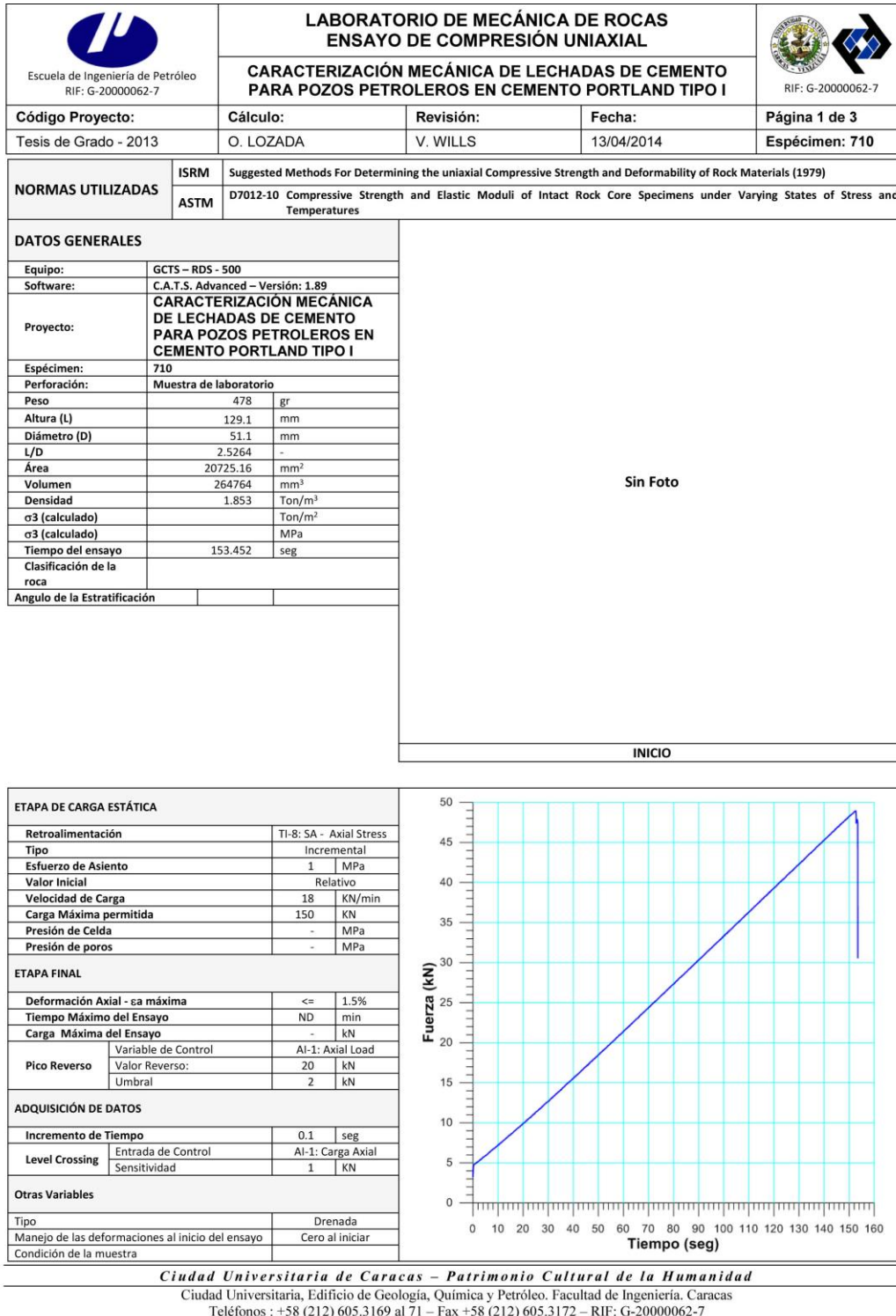
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología, Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 38: Reporte de la muestra (709 parte 2)**





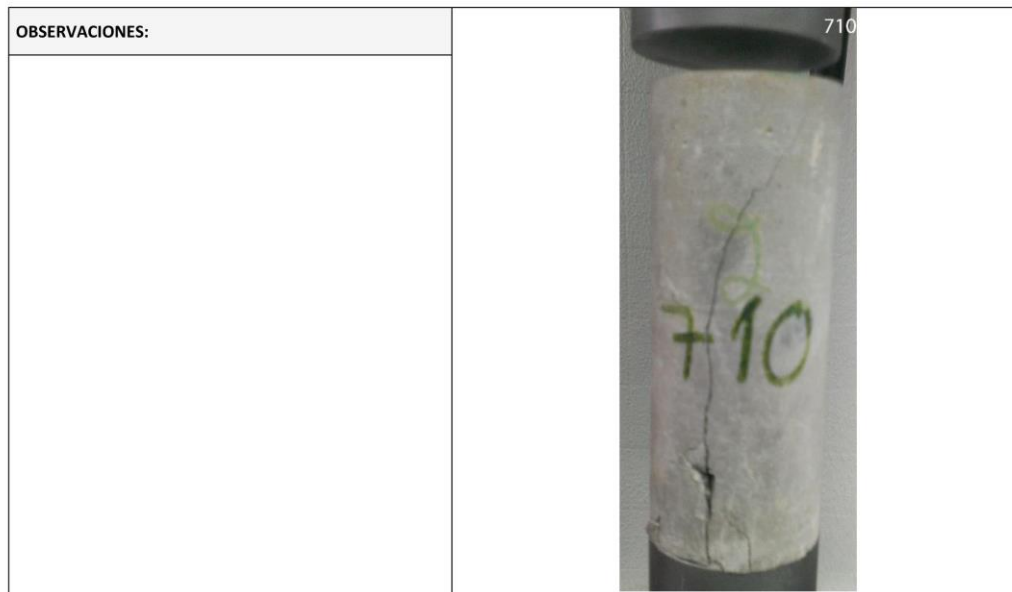
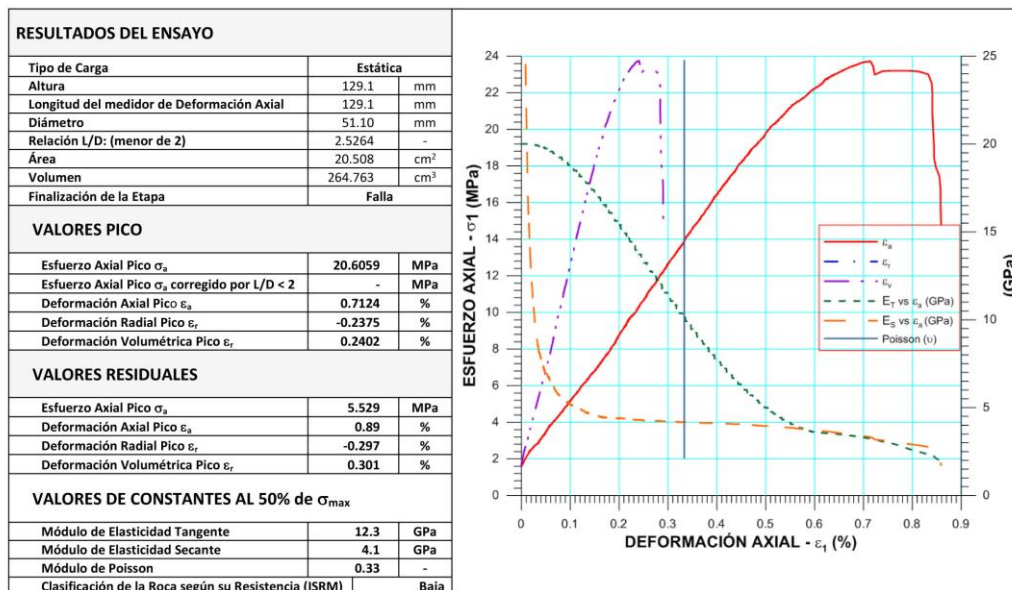
**Figura 38: Reporte de la muestra 709 (parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 710



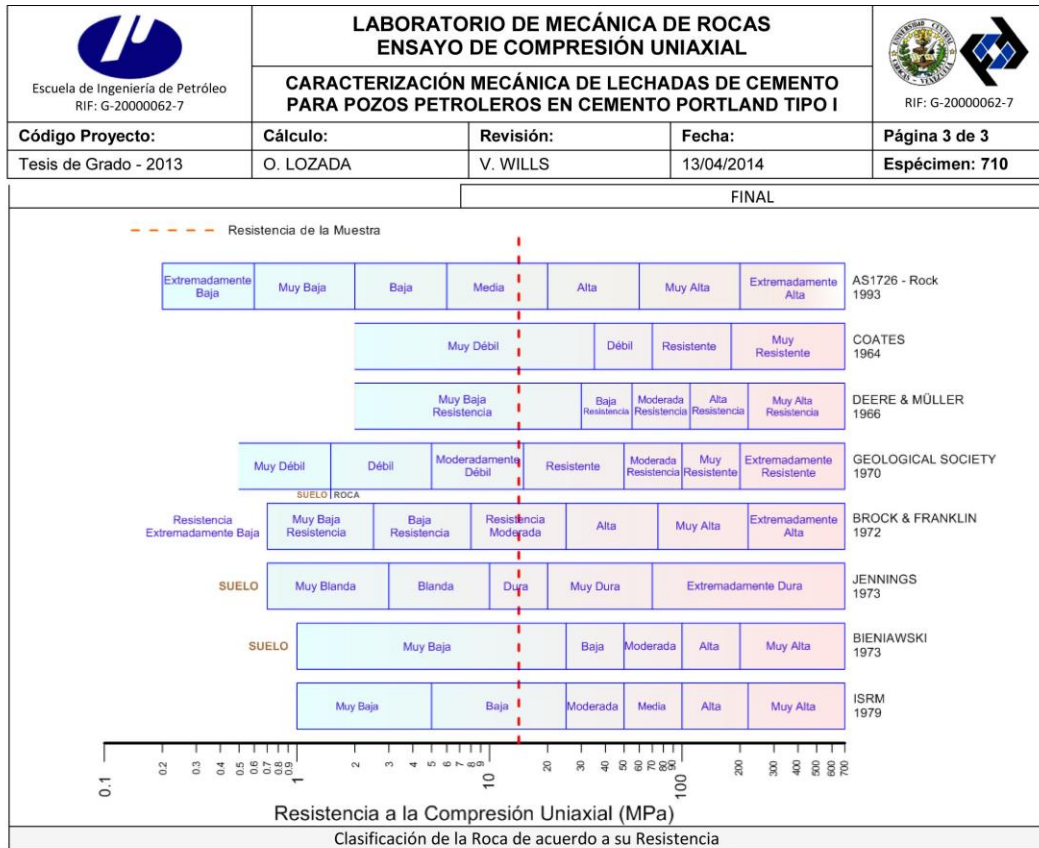
**Figura 39: Reporte de la muestra 710 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 710</b>






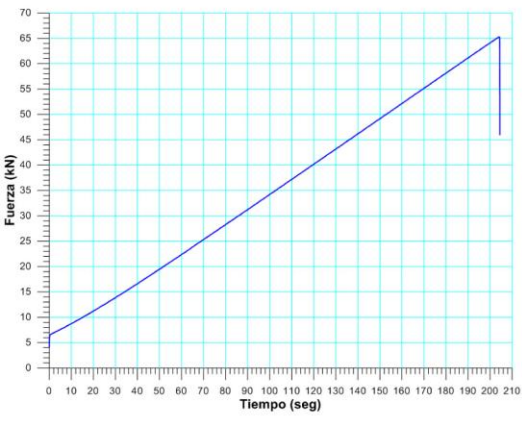
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología, Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

**Figura 39: Reporte de la muestra 710 (parte 2)**





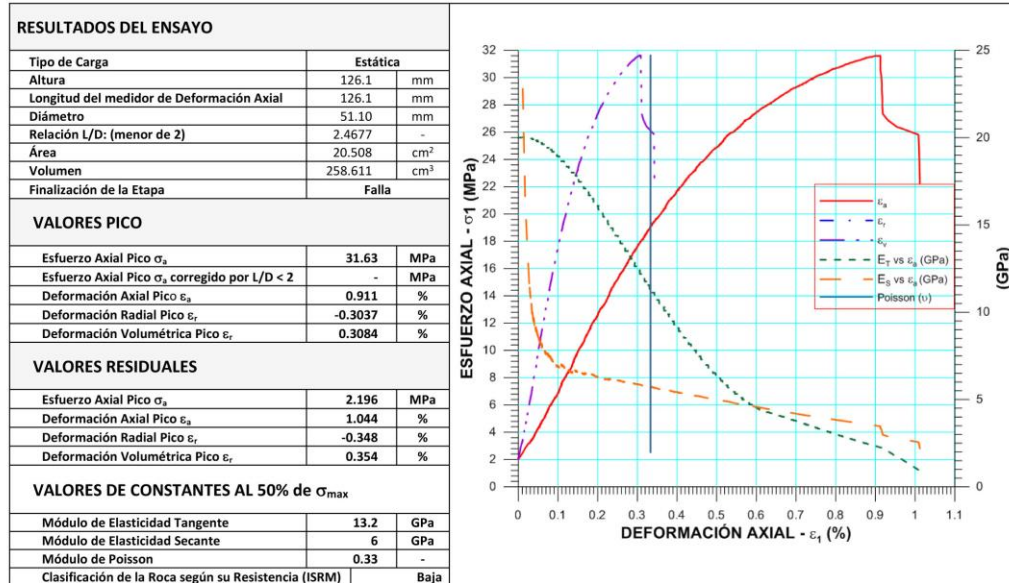
**Figura 39: Reporte de la muestra 710 (parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 712

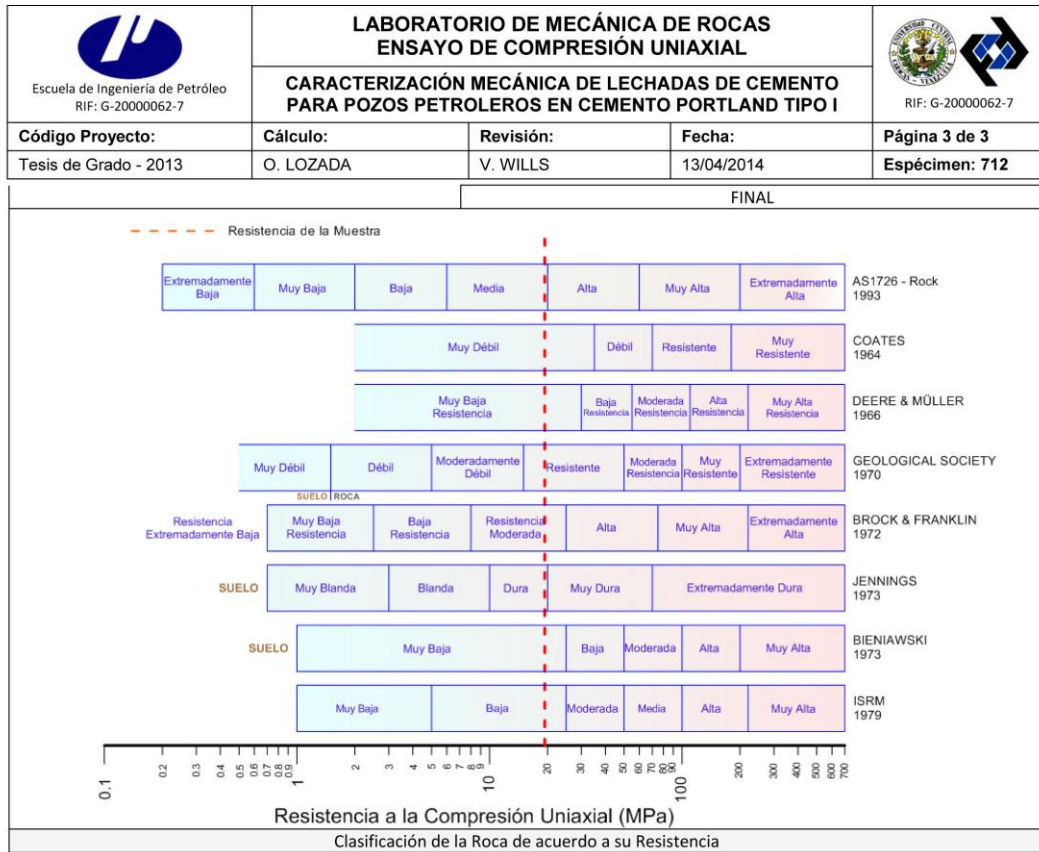
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-2000062-7
<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>				
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 712</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Equipo:	GCTS – RDS - 500			
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Espécimen:	712			
Perforación:	Muestra de laboratorio			
Peso	470.4	gr		
Altura (L)	126.1	mm		
Diámetro (D)	51.1	mm		
L/D	2.4677	-		
Área	20243.55	mm <sup>2</sup>		
Volumen	258611.47	mm <sup>3</sup>		
Densidad	1.818	Ton/m <sup>3</sup>		
σ <sub>3</sub> (calculado)		Ton/m <sup>2</sup>		
σ <sub>3</sub> (calculado)		MPa		
Tiempo del ensayo	204.465	seg		
Clasificación de la roca				
Angulo de la Estratificación				
				
<b>INICIO</b>				
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación	TI-8: SA - Axial Stress			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga	18	KN/min		
Carga Máxima permitida	150	KN		
Presión de Celda	-	MPa		
Presión de poros	-	MPa		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - ε <sub>a</sub> máxima	<=	1.5%		
Tiempo Máximo del Ensayo	ND	min		
Carga Máxima del Ensayo	-	kN		
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Axial Load		
	Valor Reverso:	20	kN	
	Umbral	2	kN	
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial		
	Sensitividad	1	KN	
<b>Otras Variables</b>				
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-2000062-7				

**Figura 40: Reporte de la muestra 712 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 712</b>



**Figura 40: Reporte de la muestra 712 (parte 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

**Figura 40: Reporte de la muestra 710 (parte 3)**

## Ensayo de compresión Simple a la muestra 713

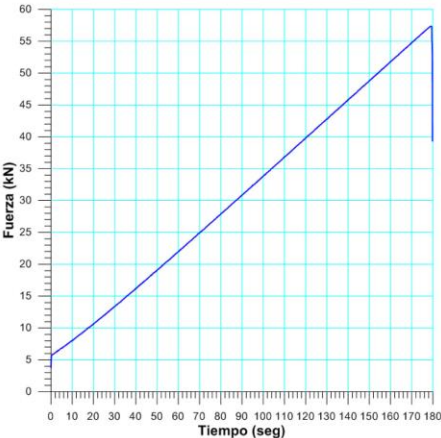
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b> <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 713</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Equipo:	GCTS - RDS - 500			
Software:	C.A.T.S. Advanced - Versión: 1.89			
Proyecto:	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Espécimen:	713			
Perforación:	Muestra de laboratorio			
Peso	461.8	gr		
Altura (L)	124.1	mm		
Diámetro (D)	51.1	mm		
L/D	2.428	-		
Área	19922.48	mm <sup>2</sup>		
Volumen	254509.78	mm <sup>3</sup>		
Densidad	1.8144	Ton/m <sup>3</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		Ton/m <sup>2</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		MPa		
Tiempo del ensayo	179.778	seg		
Clasificación de la roca				
Angulo de la Estratificación				

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>	
Retroalimentación	TI-8: SA - Axial Stress
Tipo	Incremental
Esfuerzo de Asiento	1 MPa
Valor Inicial	Relativo
Velocidad de Carga	18 KN/min
Carga Máxima permitida	150 KN
Presión de Celda	- MPa
Presión de poros	- MPa
<b>ETAPA FINAL</b>	
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<= 1.5%
Tiempo Máximo del Ensayo	ND min
Carga Máxima del Ensayo	- kN
Pico Reverso	Variable de Control AI-1: Axial Load
Valor Reverso:	20 kN
Umbral	2 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>	
Incremento de Tiempo	0.1 seg
Level Crossing	Entrada de Control AI-1: Carga Axial
Sensitividad	1 kN
<b>Otras Variables</b>	
Tipo	Drenada
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar
Condición de la muestra	



**INICIO**



<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>	
Retroalimentación	TI-8: SA - Axial Stress
Tipo	Incremental
Esfuerzo de Asiento	1 MPa
Valor Inicial	Relativo
Velocidad de Carga	18 KN/min
Carga Máxima permitida	150 KN
Presión de Celda	- MPa
Presión de poros	- MPa
<b>ETAPA FINAL</b>	
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<= 1.5%
Tiempo Máximo del Ensayo	ND min
Carga Máxima del Ensayo	- kN
Pico Reverso	Variable de Control AI-1: Axial Load
Valor Reverso:	20 kN
Umbral	2 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>	
Incremento de Tiempo	0.1 seg
Level Crossing	Entrada de Control AI-1: Carga Axial
Sensitividad	1 kN
<b>Otras Variables</b>	
Tipo	Drenada
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar
Condición de la muestra	

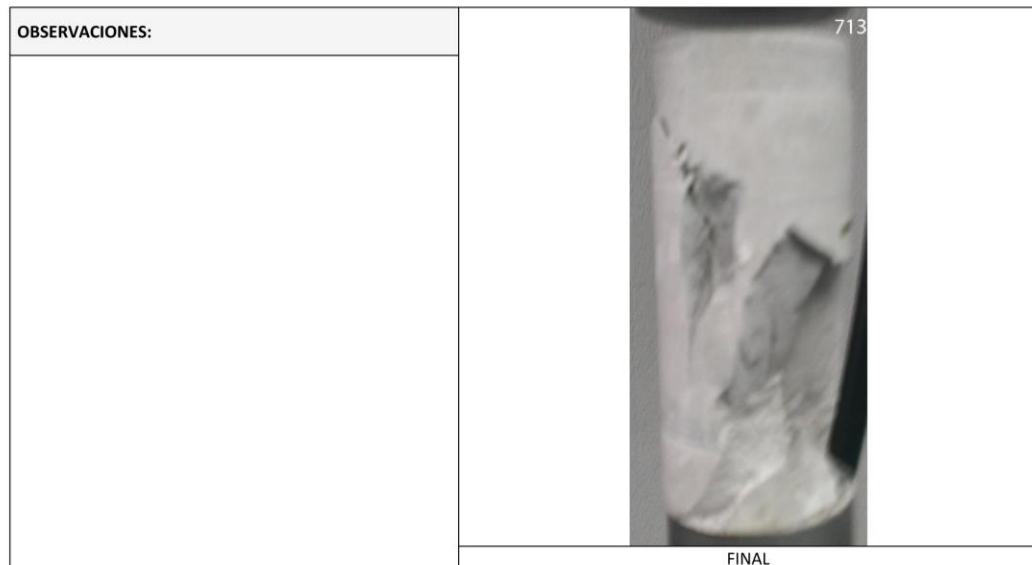
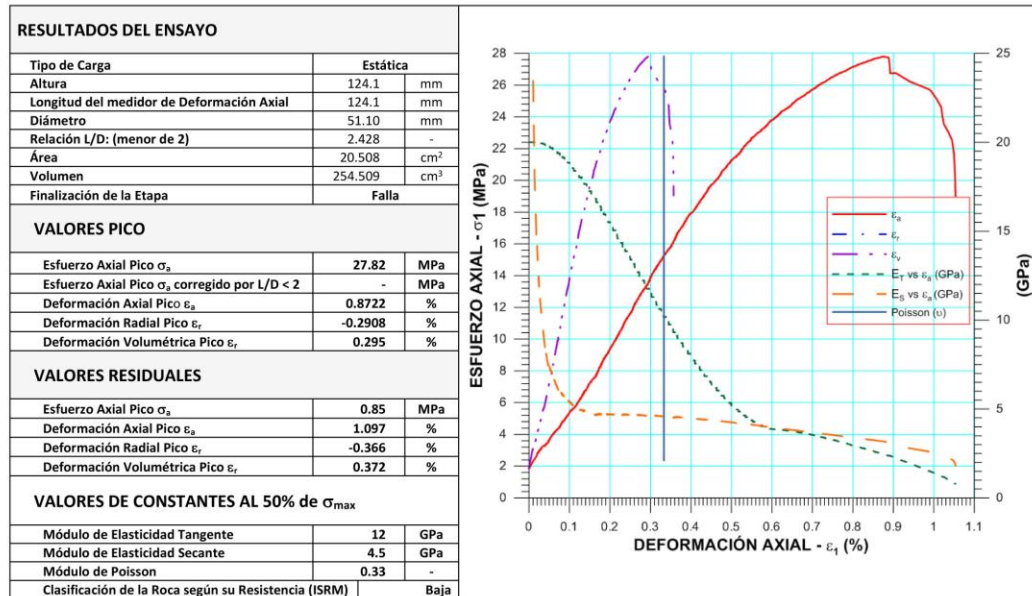


*Ciudad Universitaria de Caracas - Patrimonio Cultural de la Humanidad*

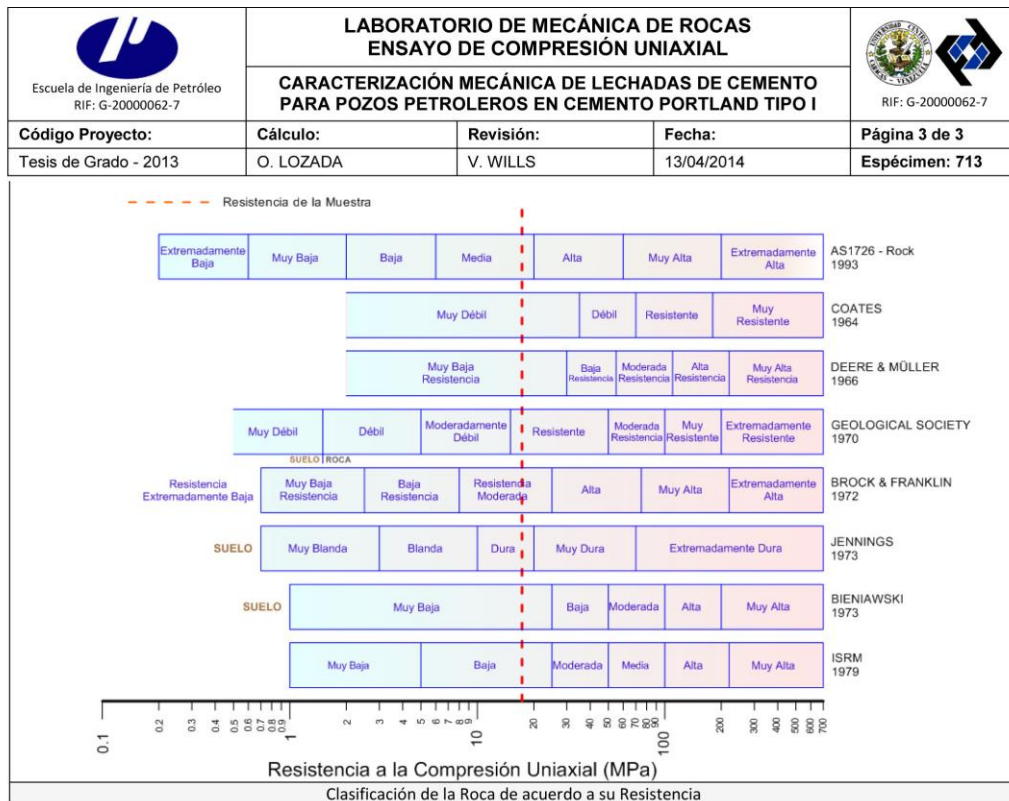
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología, Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 - Fax +58 (212) 605.3172 - RIF: G-20000062-7

**Figura 41: Reporte de la muestra 713 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 713</b>



**Figura 41: Reporte de la muestra 713 (parte 2)**





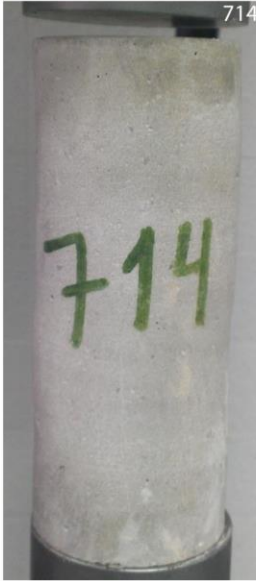
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 41: Reporte de la muestra 713 (parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 714

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 714</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Equipo:	GCTS – RDS - 500			
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Espécimen:	714			
Perforación:	Muestra de laboratorio			
Peso	471	gr		
Altura (L)	126.1	mm		
Diámetro (D)	51.1	mm		
L/D	2.4677	-		
Área	20243.55	mm <sup>2</sup>		
Volumen	258611.47	mm <sup>3</sup>		
Densidad	1.818	Ton/m <sup>3</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		Ton/m <sup>2</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		MPa		
Tiempo del ensayo	180.81	seg		
Clasificación de la roca				
Angulo de la Estratificación				

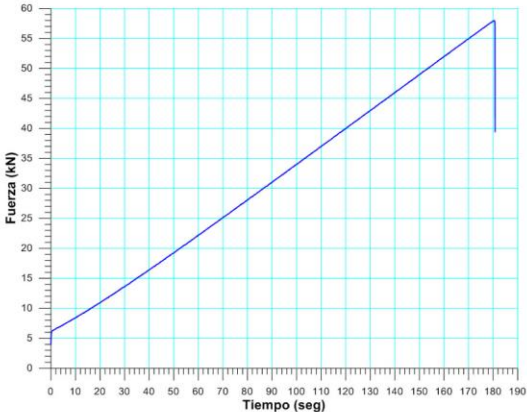


714

**INICIO**



<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>		
Retroalimentación	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga	18	KN/min
Carga Máxima permitida	150	KN
Presión de Celda	-	MPa
Presión de poros	-	MPa
<b>ETAPA FINAL</b>		
Deformación Axial - sa máxima	<=	1.5%
Tiempo Máximo del Ensayo	ND	min
Carga Máxima del Ensayo	-	kN
Pico Reverso	Variable de Control	AI-1: Carga Axial
	Valor Reverso:	20 kN
	Umbral	2 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>		
Incremento de Tiempo	0.1	seg
Level Crossing	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial
	Sensitividad	1 KN
<b>Otras Variables</b>		
Tipo	Drenada	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar	
Condición de la muestra		

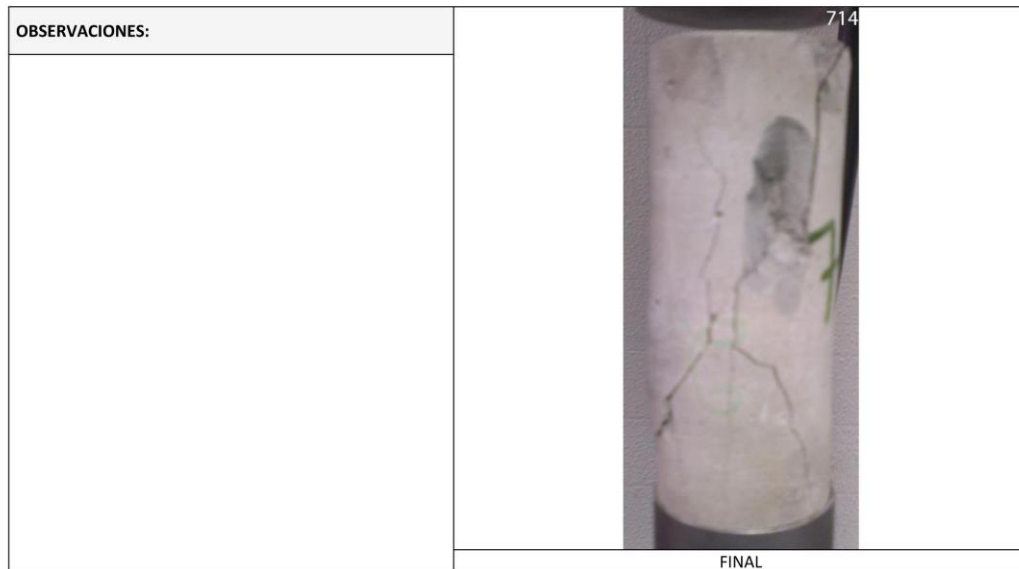
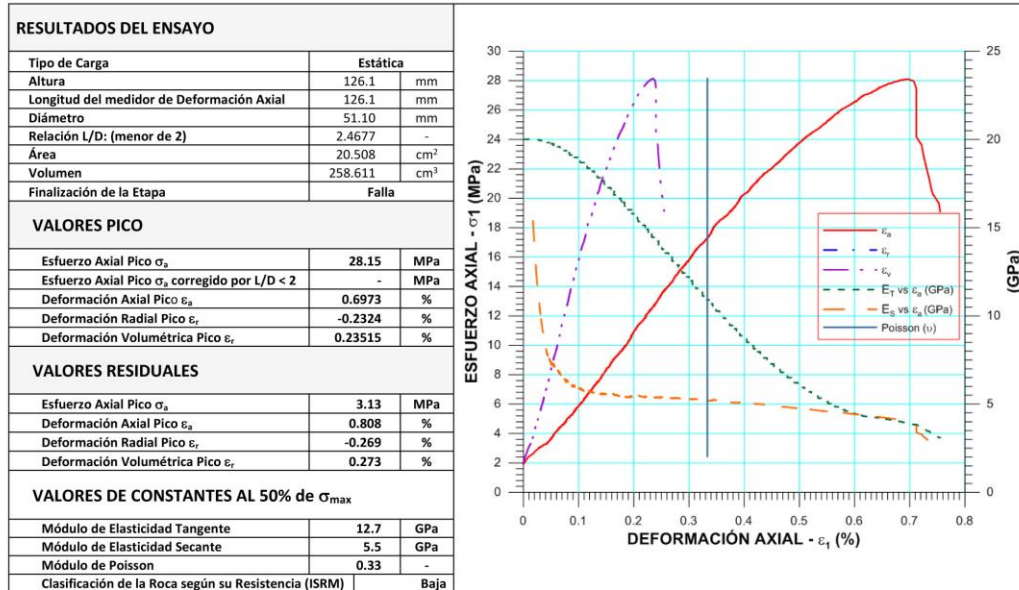


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 42: Reporte de la muestra 714 (parte 1)**

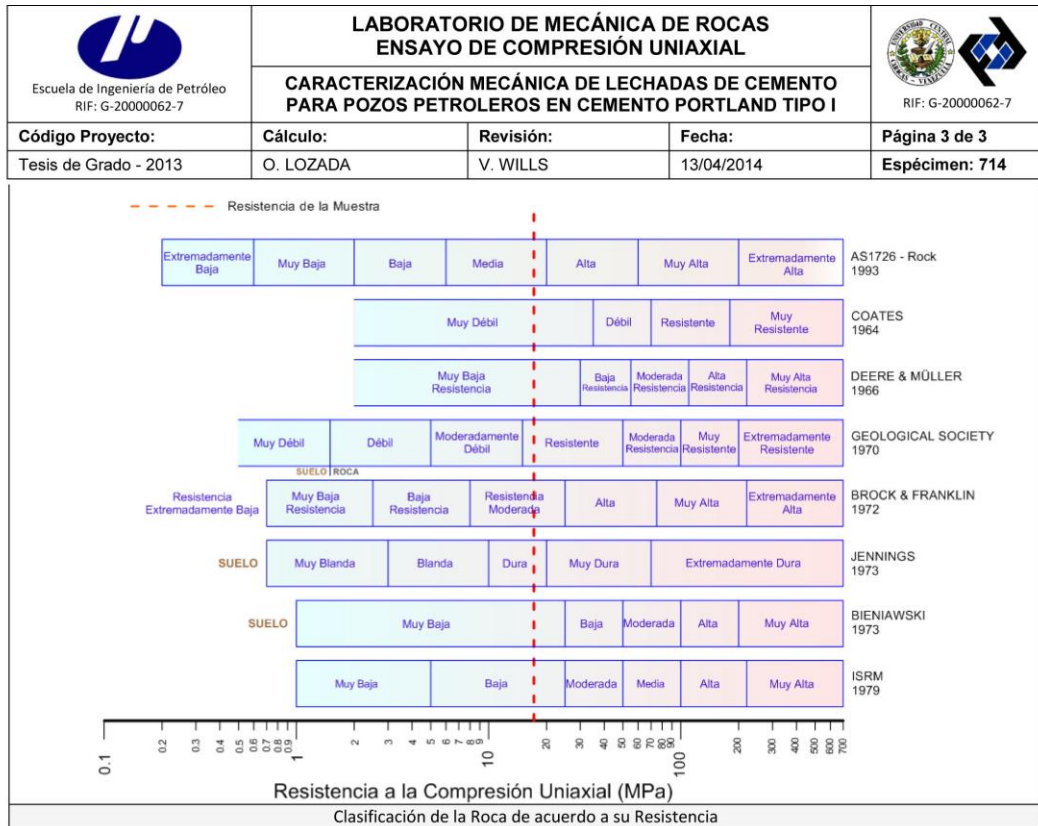
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 714</b>



*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

**Figura 42: Reporte de la muestra 714 (parte 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

**Figura 42: Reporte de la muestra 714 (parte 3)**

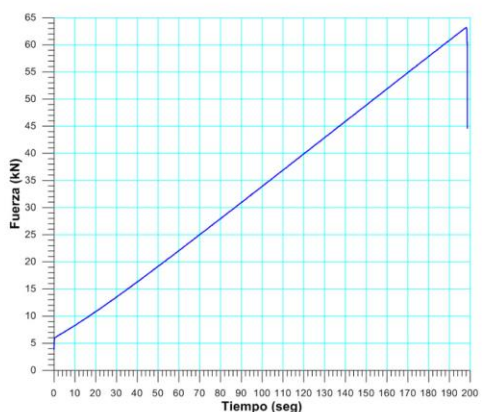
## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 718

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>				
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 718</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Equipo:	GCTS – RDS - 500			
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Espécimen:	718			
Perforación:	Muestra de laboratorio			
Peso	471	gr		
Altura (L)	127.05	mm		
Diámetro (D)	51.1	mm		
L/D	2.48	-		
Área	20396.06	mm <sup>2</sup>		
Volumen	26059.67	mm <sup>3</sup>		
Densidad	1.8076	Ton/m <sup>3</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		Ton/m <sup>2</sup>		
$\sigma_3$ (calculado)		MPa		
Tiempo del ensayo	198.591	seg		
Clasificación de la roca				
Angulo de la Estratificación				



**INICIO**

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>			
Retroalimentación	TI-8: SA - Axial Stress		
Tipo	Incremental		
Esfuerzo de Asiento	1	MPa	
Valor Inicial	Relativo		
Velocidad de Carga	18	KN/min	
Carga Máxima permitida	150	KN	
Presión de Celda	-	MPa	
Presión de poros	-	MPa	
<b>ETAPA FINAL</b>			
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<=	1.5%	
Tiempo Máximo del Ensayo	ND	min	
Carga Máxima del Ensayo	-	kN	
Pico Reverso	Variable de Control	Al-1: Axial Load	
	Valor Reverso:	20	kN
	Umbral	2	kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>			
Incremento de Tiempo	0.1	seg	
Level Crossing	Entrada de Control	Al-1: Carga Axial	
	Sensitividad	1	KN
<b>Otras Variables</b>			
Tipo	Drenada		
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	Cero al iniciar		
Condición de la muestra			





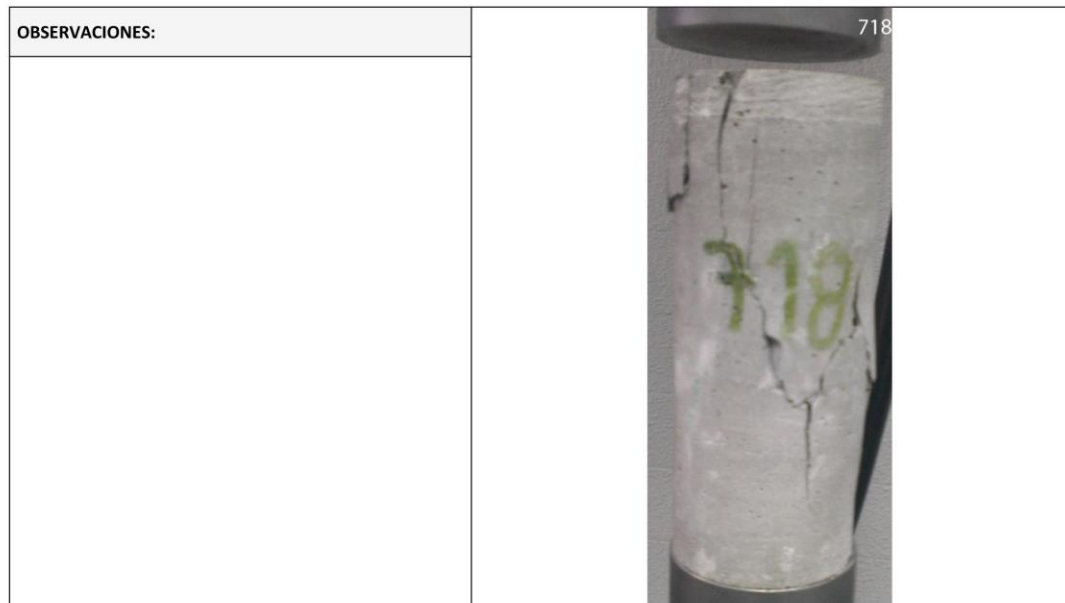
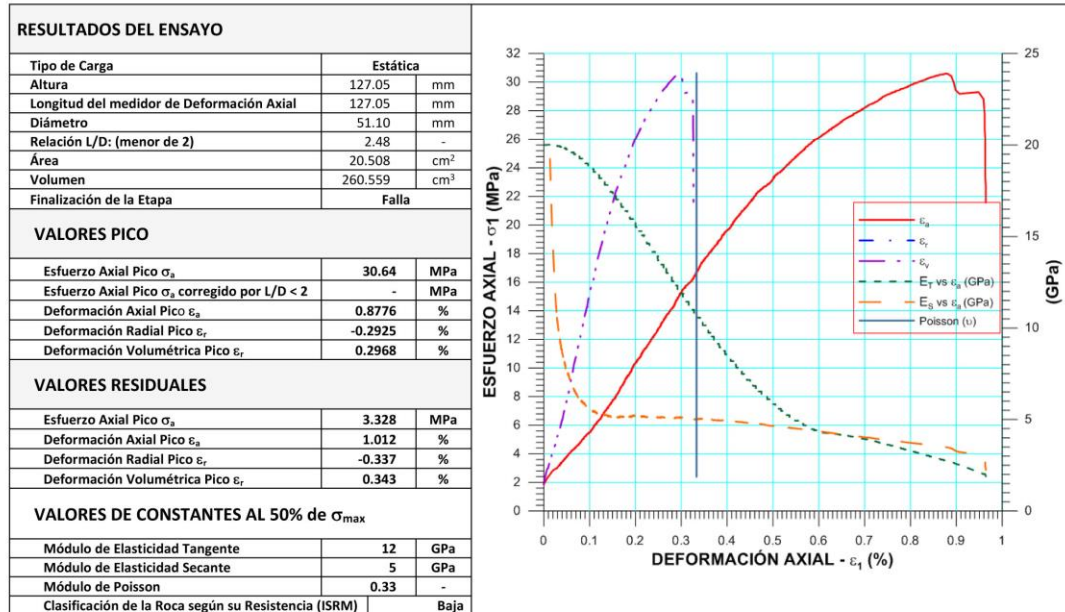
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 43: Reporte de la muestra 718 (parte 1)**

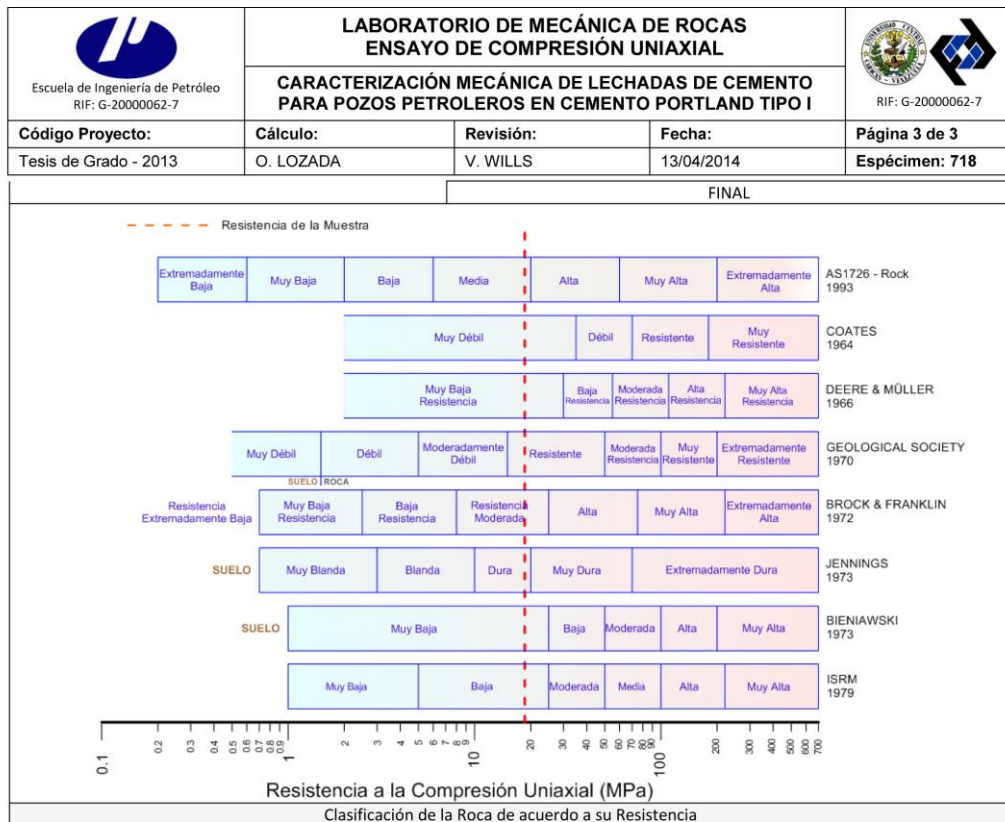
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 718</b>



*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

**Figura 43: Reporte de la muestra 718 (parte 2)**

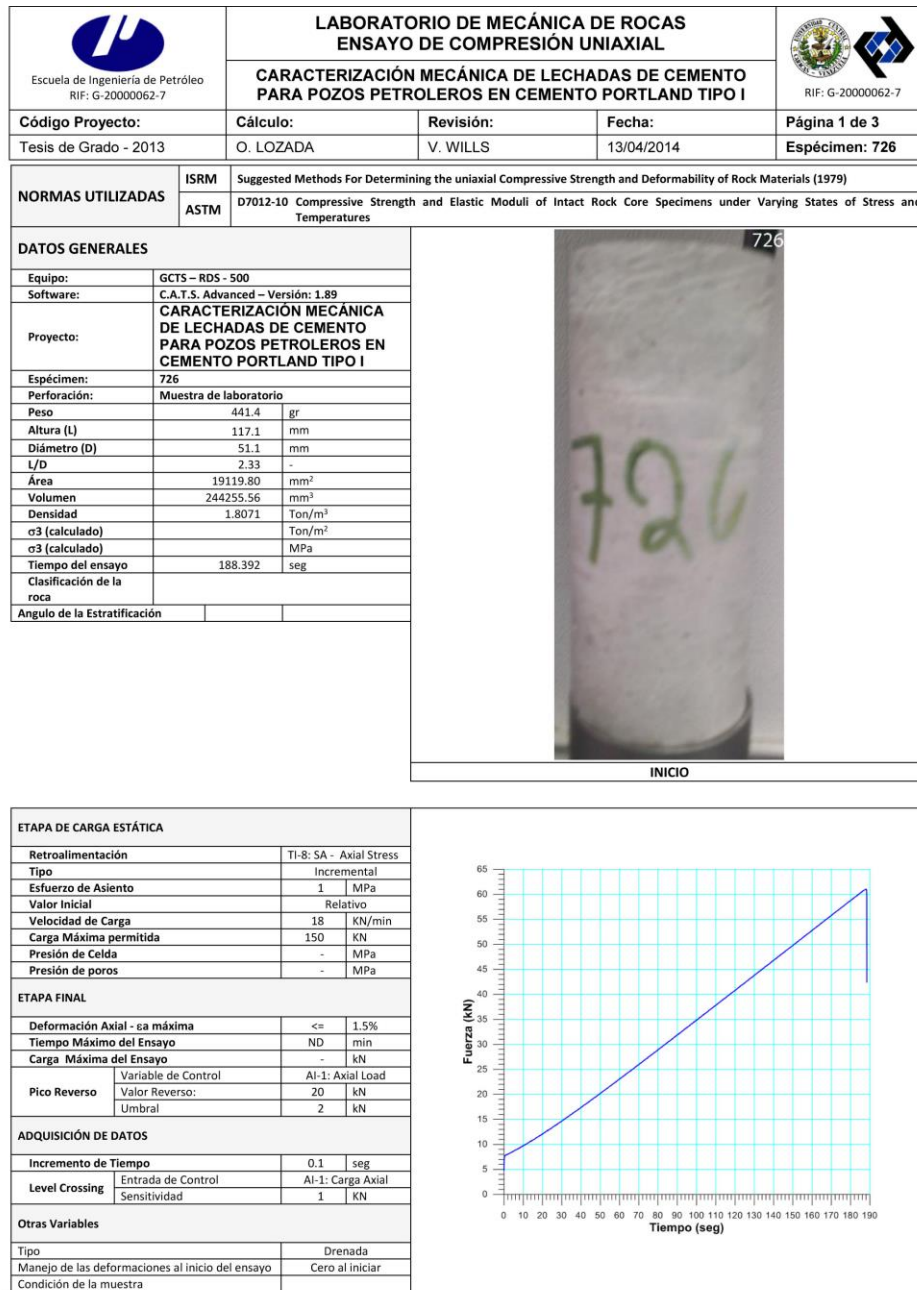


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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-2000062-7



**Figura 43: Reporte de la muestra 718 (parte 3)**

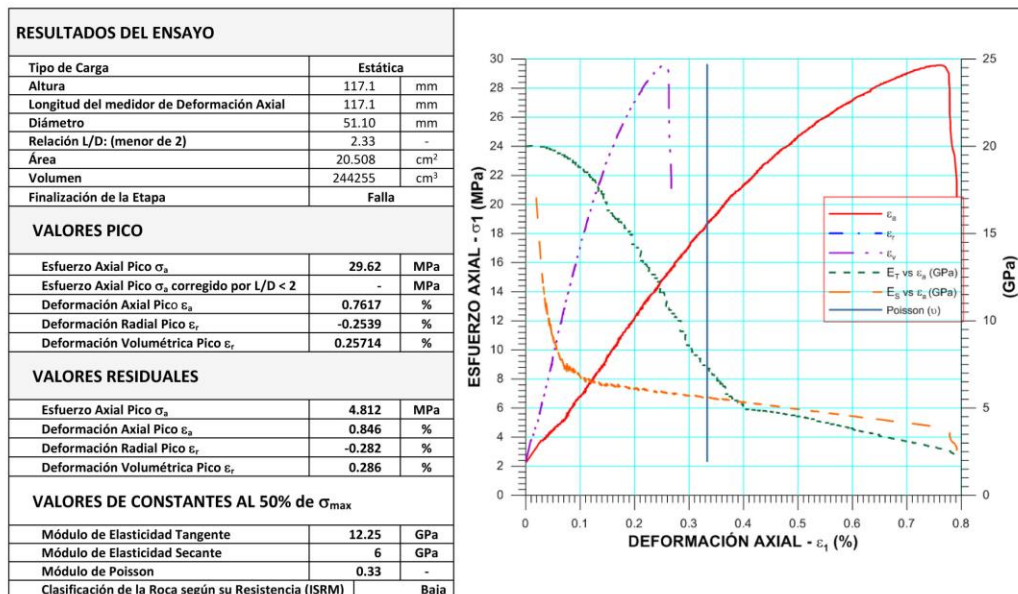
## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 726



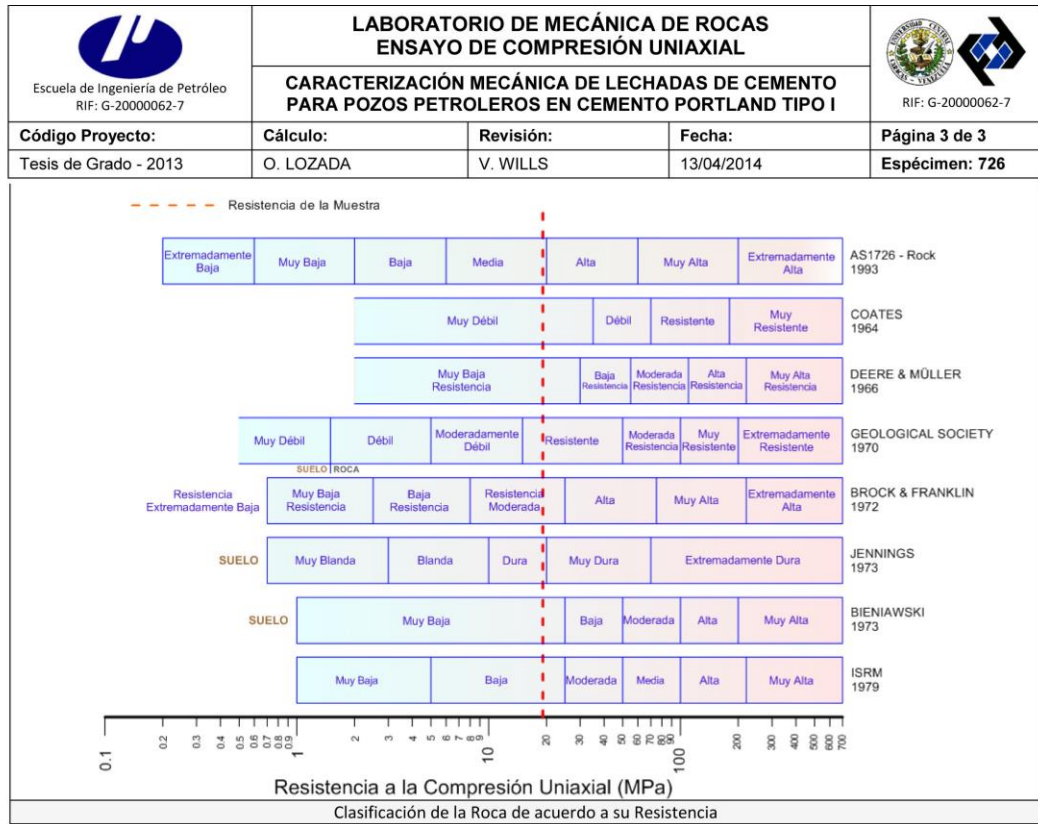
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología, Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 44: Reporte de la muestra 726 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 726</b>



**Figura 44: Reporte de la muestra 726 (parte 2)**

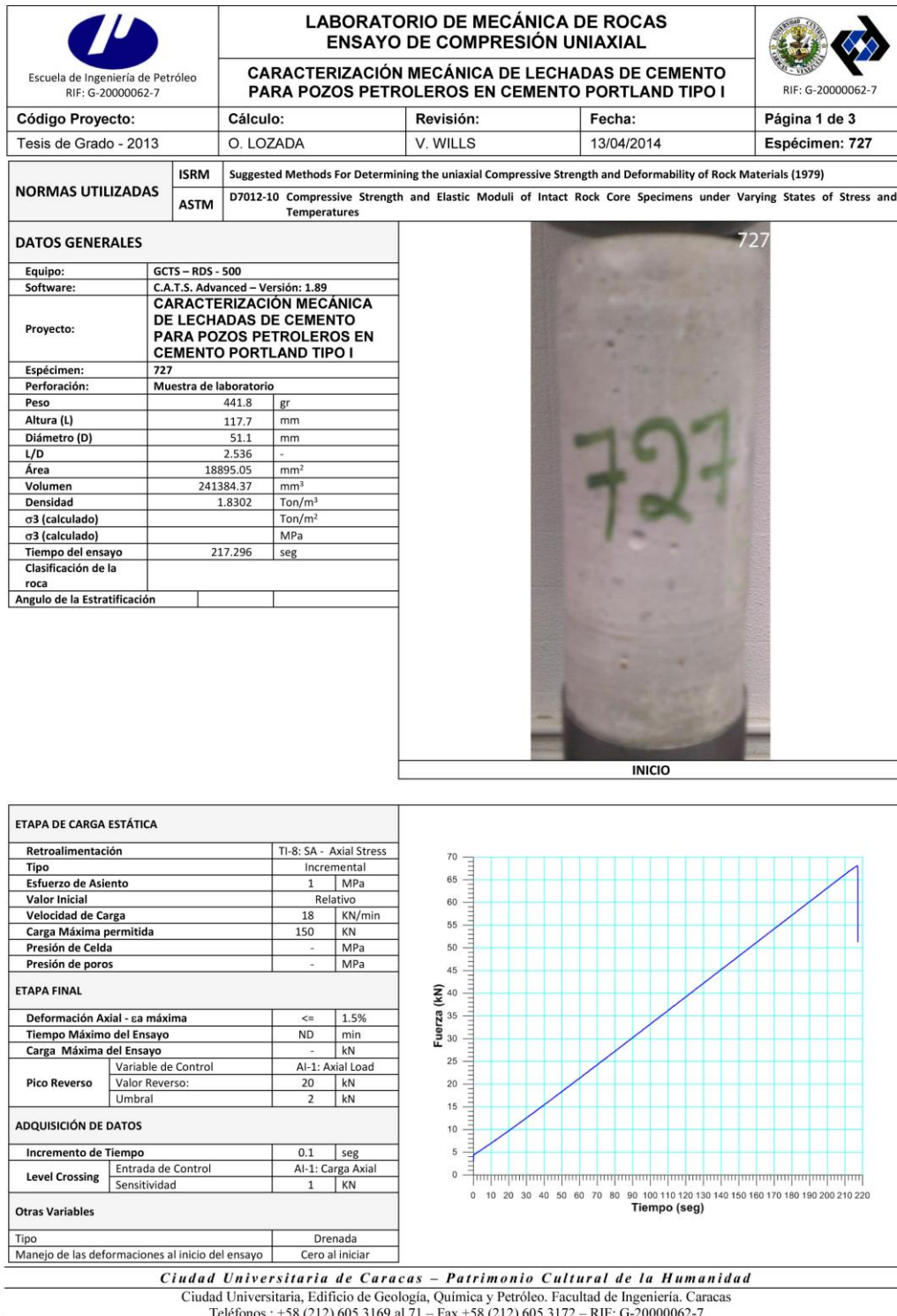


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*



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

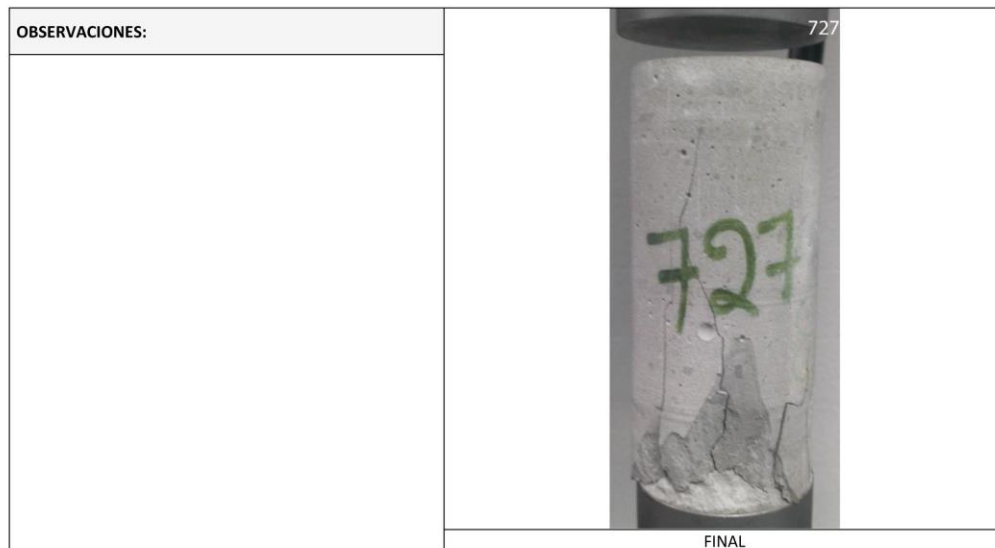
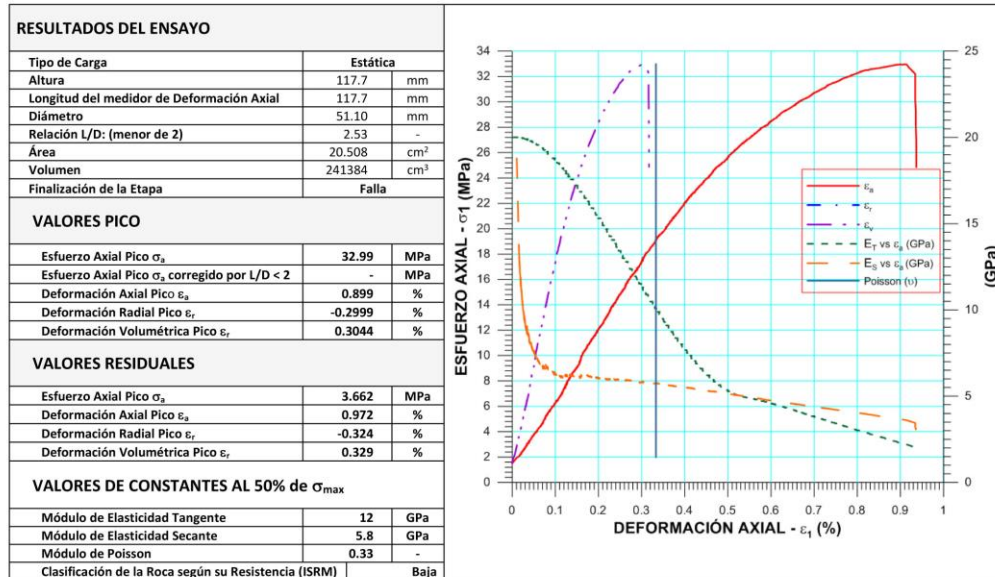
**Figura 44: Reporte de la muestra 726 (parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 727



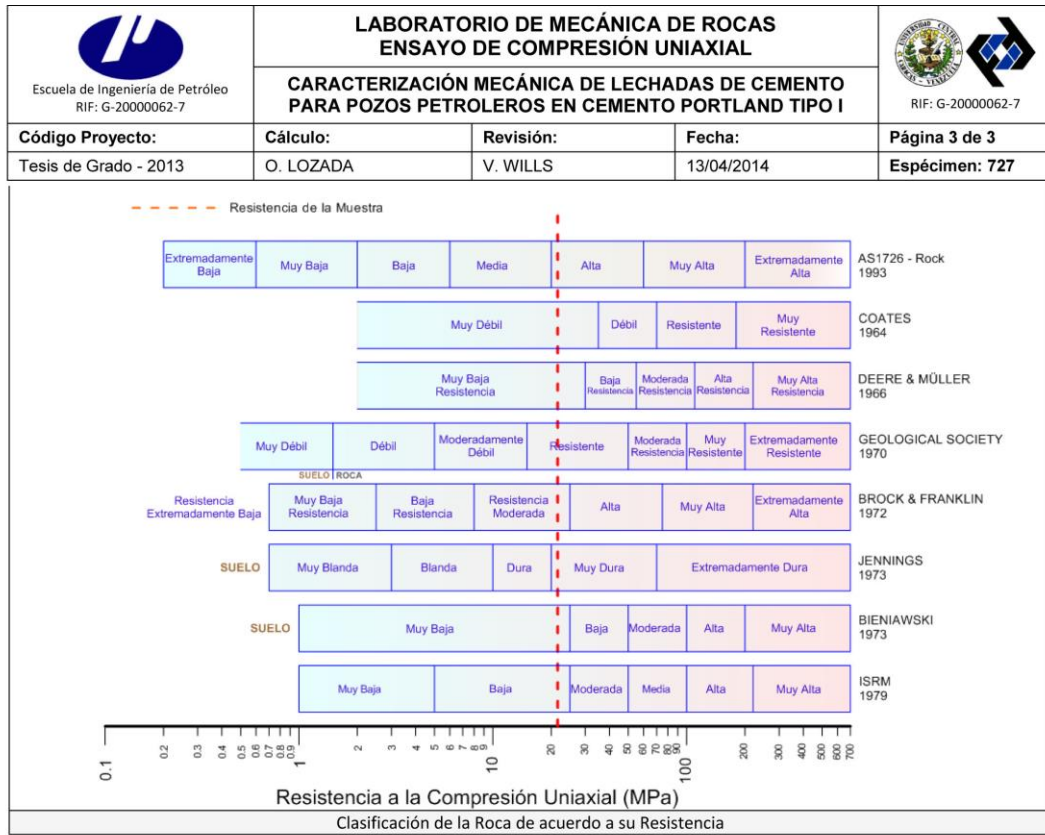
**Figura 45: Reporte de la muestra 727 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Especimen: 727</b>
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

**Figura 45: Reporte de la muestra 727 (parte 2)**



**Figura 45: Reporte de la muestra 727 (parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 728

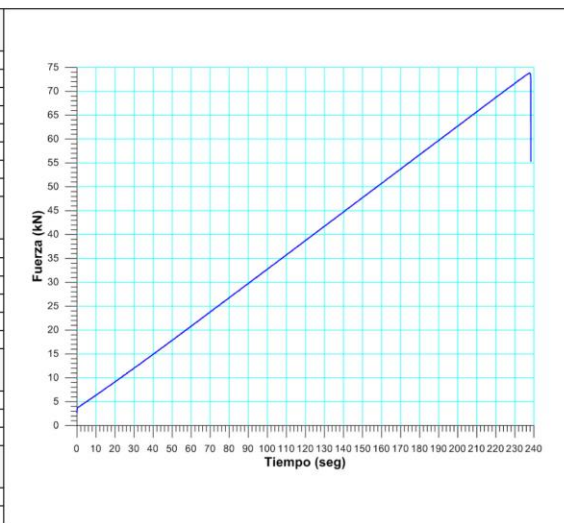
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 728</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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:	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>
Espécimen:	728
Perforación:	Muestra de laboratorio
Peso	486.7 gr
Altura (L)	128.4 mm
Diámetro (D)	51.1 mm
L/D	2.512
Área	18895.05 mm <sup>2</sup>
Volumen	241384.37 mm <sup>3</sup>
Densidad	1.8482 Ton/m <sup>3</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	Ton/m <sup>2</sup>
$\sigma_3$ (calculado)	MPa
Tiempo del ensayo	38.365 seg
Clasificación de la roca	
Angulo de la Estratificación	





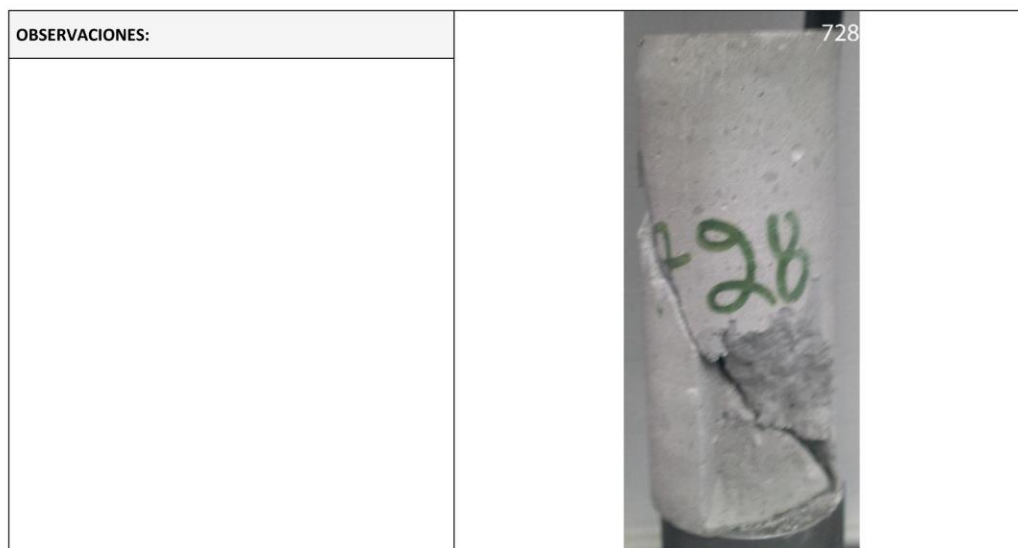
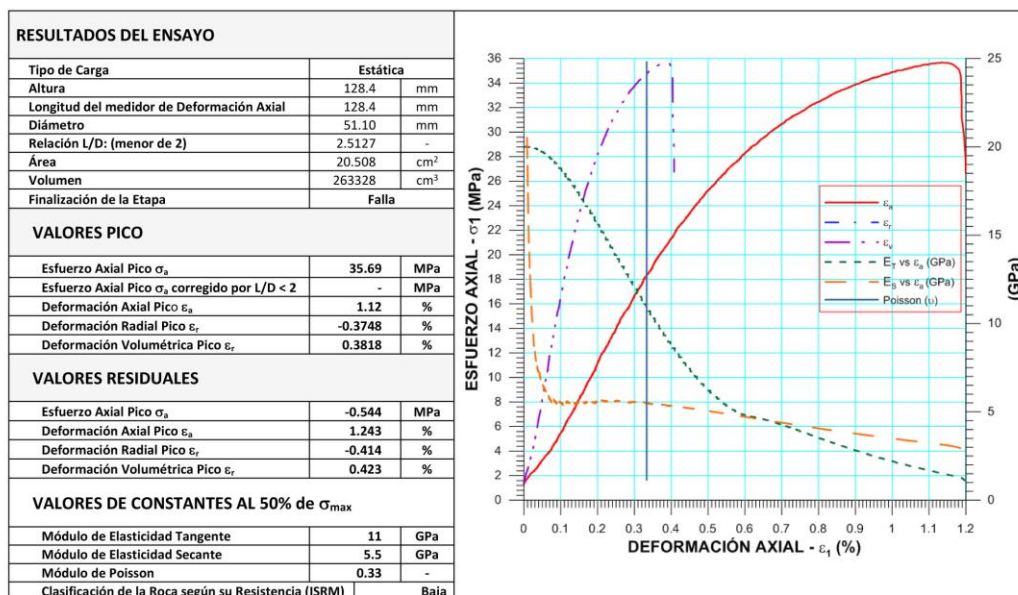
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA		
Retroalimentación	TI-8: SA - Axial Stress	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1 MPa	
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga	18 KN/min	
Carga Máxima permitida	150 KN	
Presión de Celda	- MPa	
Presión de poros	- MPa	
ETAPA FINAL		
Deformación Axial - $\epsilon_a$ máxima	<= 1.5%	
Tiempo Máximo del Ensayo	ND 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	0.1 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	



*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

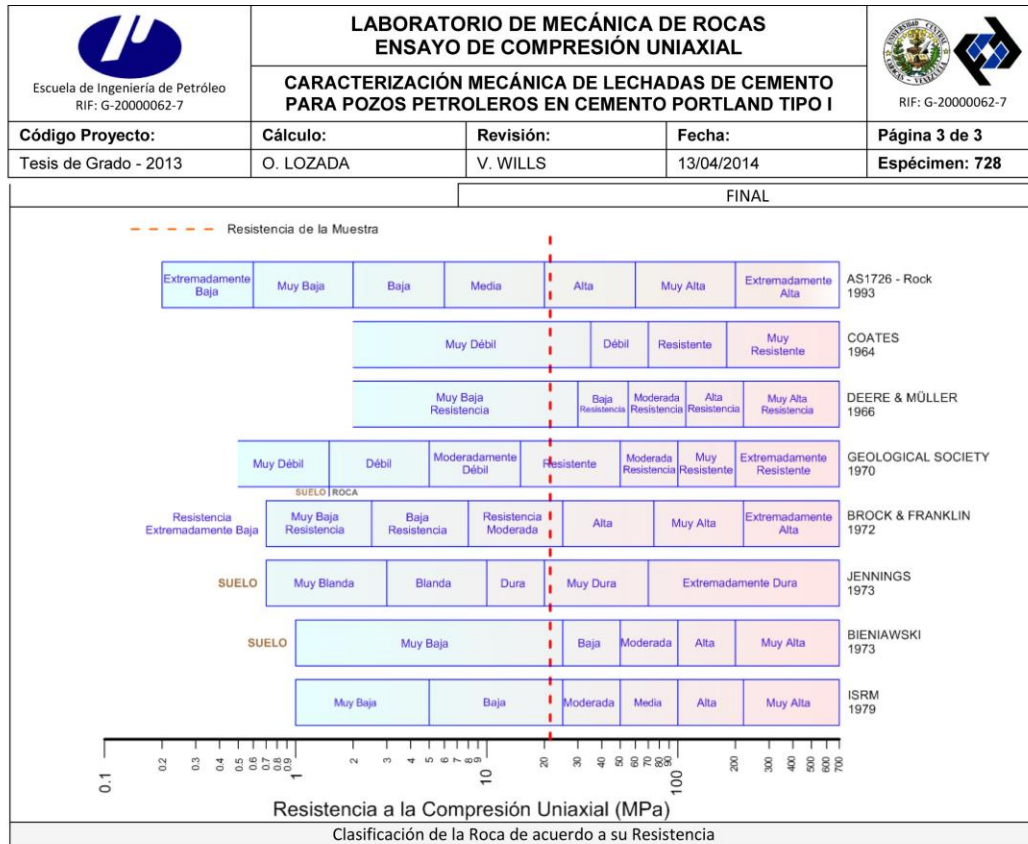
**Figura 46: Reporte de la muestra 728 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 728</b>
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-2000062-7

**Figura 46: Reporte de la muestra 728 (parte 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

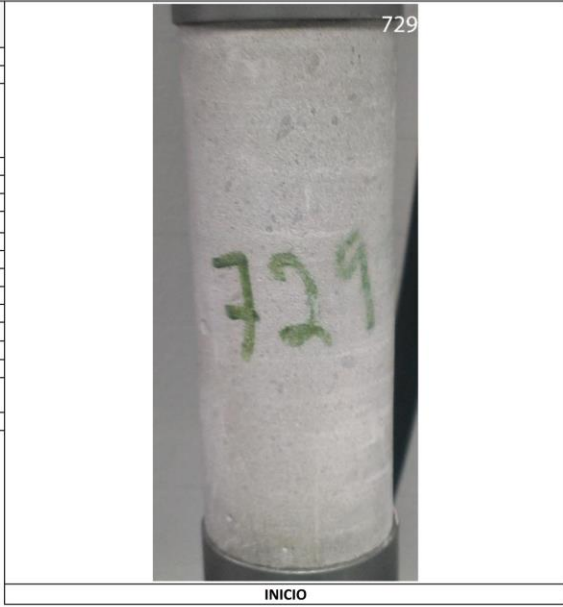
**Figura 46: Reporte de la muestra 728 (parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 729

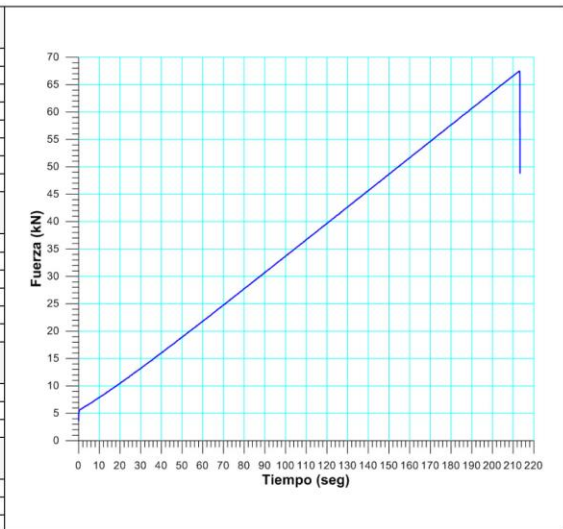
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 729</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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

<b>DATOS GENERALES</b>	
<b>Equipo:</b>	GCTS – RDS - 500
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
<b>Proyecto:</b>	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>
<b>Espécimen:</b>	729
<b>Perforación:</b>	Muestra de laboratorio
<b>Peso</b>	490.4 gr
<b>Altura (L)</b>	129.1 mm
<b>Diámetro (D)</b>	51.1 mm
<b>L/D</b>	25362 -
<b>Área</b>	20805.43 mm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	265789.42 mm <sup>3</sup>
<b>Densidad</b>	1.845 Ton/m <sup>3</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	Ton/m <sup>2</sup>
<b>σ<sub>3</sub> (calculado)</b>	MPa
<b>Tiempo del ensayo</b>	213.363 seg
<b>Clasificación de la roca</b>	
<b>Angulo de la Estratificación</b>	





<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>	
<b>Retroalimentación</b>	TI-8: SA - Axial Stress
<b>Tipo</b>	Incremental
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1 MPa
<b>Valor Inicial</b>	Relativo
<b>Velocidad de Carga</b>	18 KN/min
<b>Carga Máxima permitida</b>	150 KN
<b>Presión de Celda</b>	- MPa
<b>Presión de poros</b>	- MPa
<b>ETAPA FINAL</b>	
<b>Deformación Axial - ea máxima</b>	<= 1.5%
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	ND min
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	- kN
<b>Pico Reverso</b>	AI-1: Axial Load
<b>Valor Reverso:</b>	20 kN
<b>Umbral</b>	2 kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>	
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1 seg
<b>Level Crossing</b>	AI-1: Carga Axial
<b>Sensitividad</b>	1 kN
<b>Otras Variables</b>	
<b>Tipo</b>	Drenada
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	Cero al iniciar
<b>Condición de la muestra</b>	

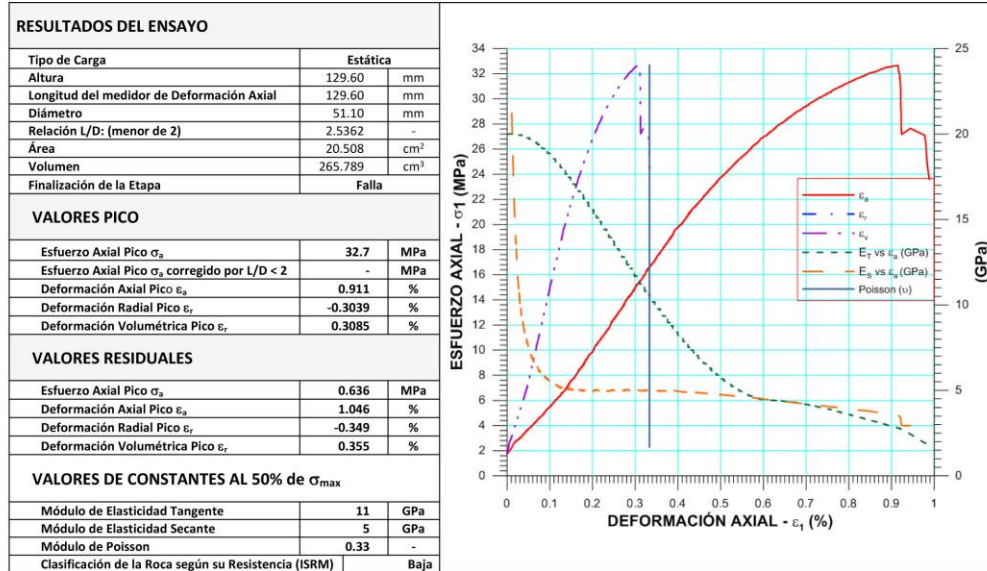


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

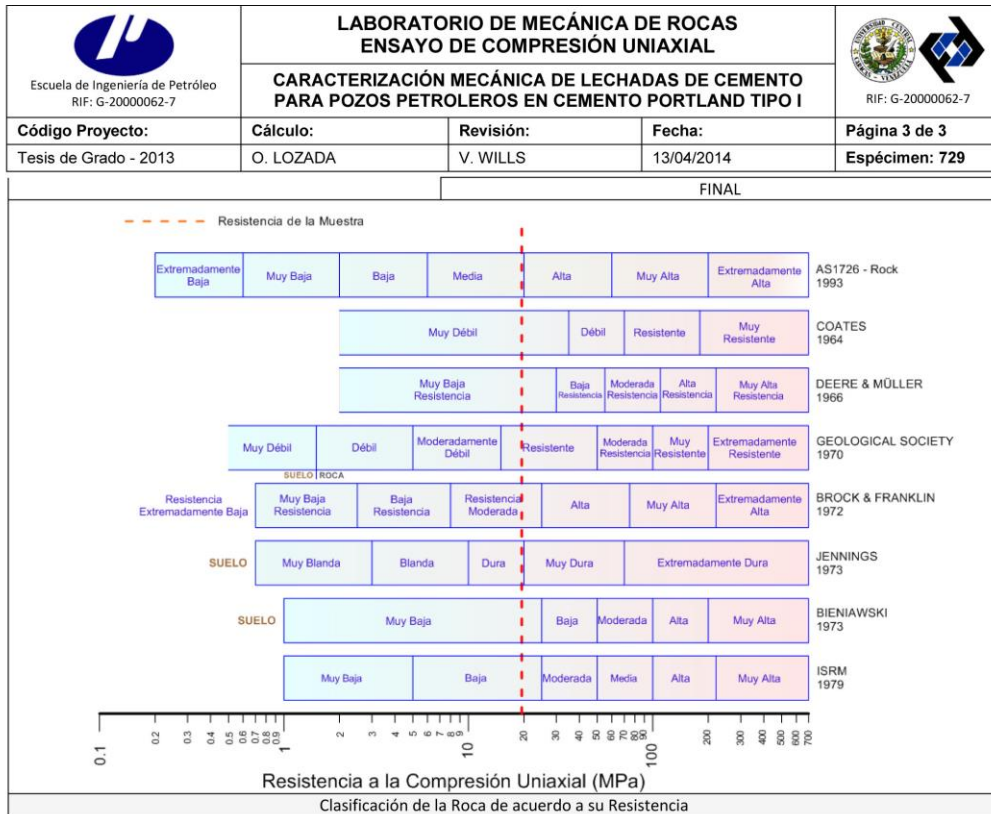
**Figura 47: Reporte de la muestra 729 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 729</b>



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

**Figura 47: Reporte de la muestra 729 (parte 2)**



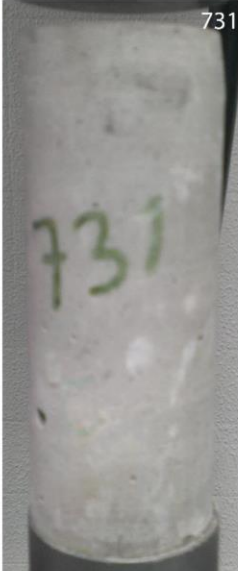
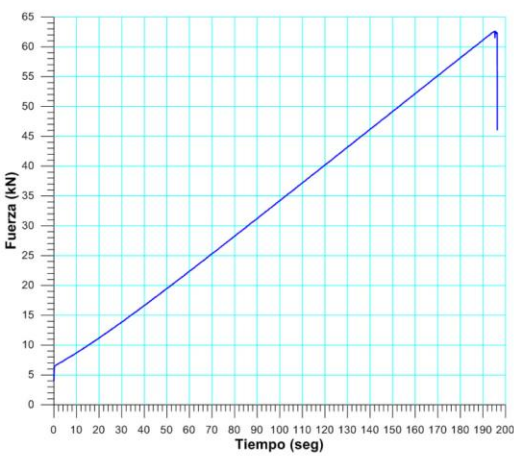


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 47: Reporte de la muestra 729 (parte 3)**

## Ensayo de Compresión Simple a la muestra 731



 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL</b>	 RIF: G-2000062-7		
<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>				
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 731</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Equipo:</b>	GCTS – RDS - 500			
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Espécimen:</b>	731			
<b>Perforación:</b>	Muestra de laboratorio			
<b>Peso</b>	478.5	gr		
<b>Altura (L)</b>	128.5	mm		
<b>Díámetro (D)</b>	51.1	mm		
<b>L/D</b>	25362	-		
<b>Área</b>	20628.84	mm <sup>2</sup>		
<b>Volumen</b>	263533.48	mm <sup>3</sup>		
<b>Densidad</b>	1.81	Ton/m <sup>3</sup>		
<b>σ3 (calculado)</b>		Ton/m <sup>2</sup>		
<b>σ3 (calculado)</b>		MPa		
<b>Tiempo del ensayo</b>	196.314	seg		
<b>Clasificación de la roca</b>				
<b>Angulo de la Estratificación</b>				
				
<b>INICIO</b>				
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación</b>	TI-8: SA - Axial Stress			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1 MPa			
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga</b>	18 KN/min			
<b>Carga Máxima permitida</b>	150 KN			
<b>Presión de Celda</b>	- MPa			
<b>Presión de poros</b>	- MPa			
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - εa máxima</b>	<=	1.5%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	ND	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	-	kN		
<b>Pico Reverso</b>	Variable de Control	AI-1: Axial Load		
	Valor Reverso:	20	kN	
	Umbral	2	kN	
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	Entrada de Control	AI-1: Carga Axial		
	Sensitividad	1	KN	
<b>Otras Variables</b>				
<b>Tipo</b>	Drenada			
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	Cero al iniciar			
<b>Condición de la muestra</b>				
				

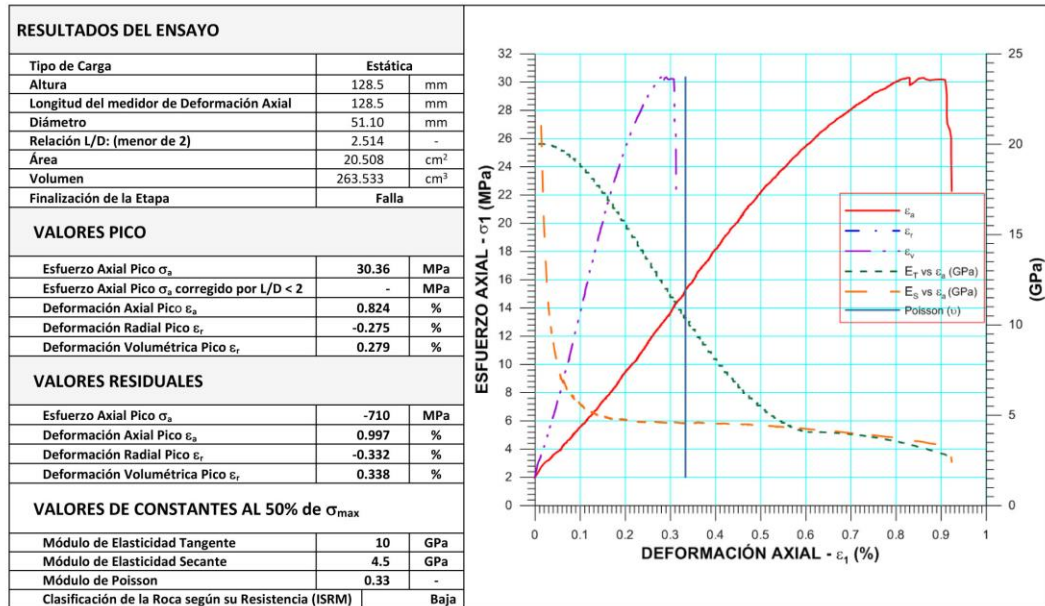
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

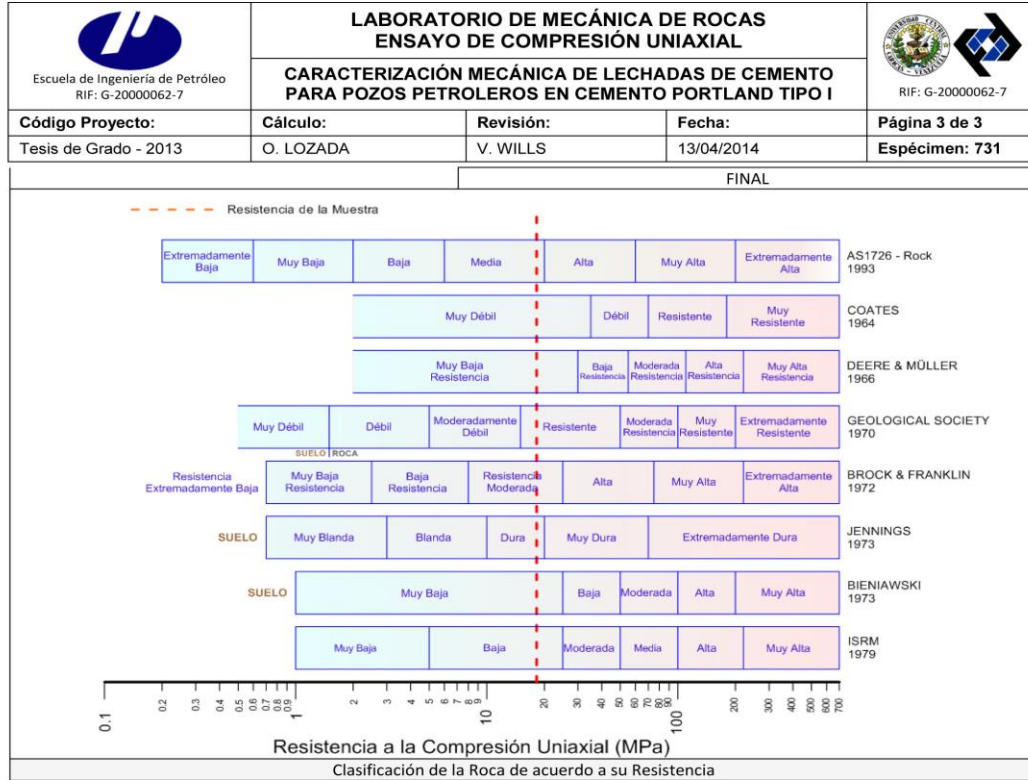
Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

**Figura 48: Reporte de la muestra 731 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 3</b>
Tesis de Grado - 2013	O. LOZADA	V. WILLS	13/04/2014	<b>Espécimen: 731</b>







**Figura 48: Reporte de la muestra 729 (parte 2)**

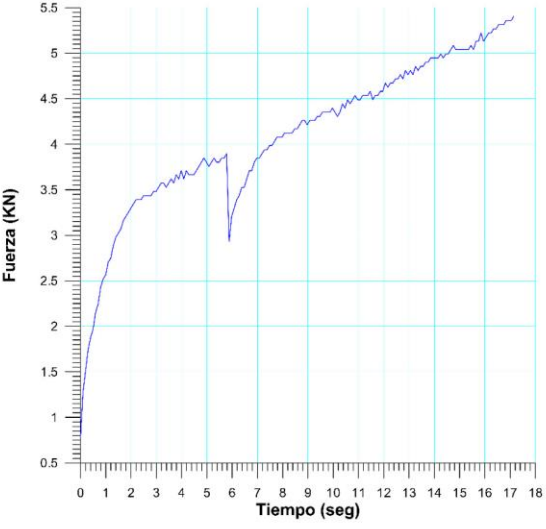


**Figura 48: Reporte de la muestra 729 (parte 3)**

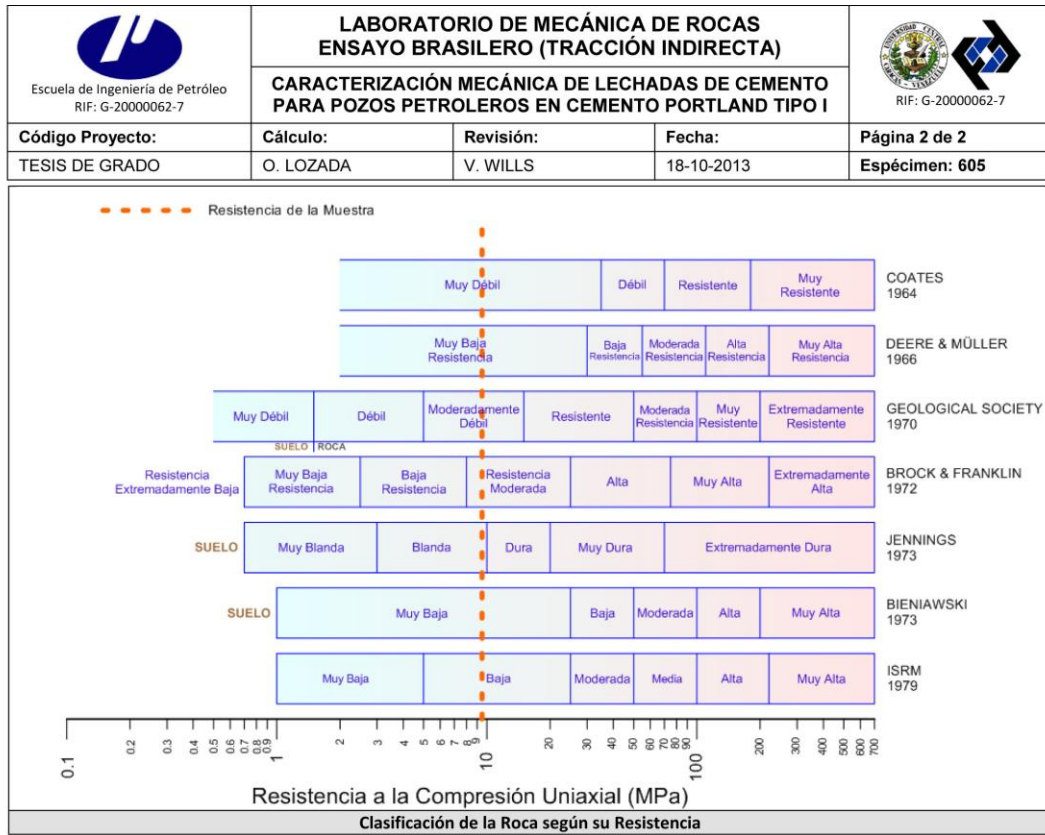
# **Ensayos de Tracción Indirecta**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 605

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>  <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 605</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	605			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm		
<b>Espesor</b>	21.30	mm		
<b>Duración:</b>	17,1436	seg		
				
		INICIO	FINAL	
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	Carga Axial		
	<b>Sensibilidad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
<b>Carga Axial Pico</b>	5.405	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-3.16	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	9.48	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja			
<b>OBSERVACIONES</b>				



**Figura 49: Reporte de la muestra 605 (parte 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-2000062-7

**Figura 49: Reporte de la muestra 605 (parte 2)**

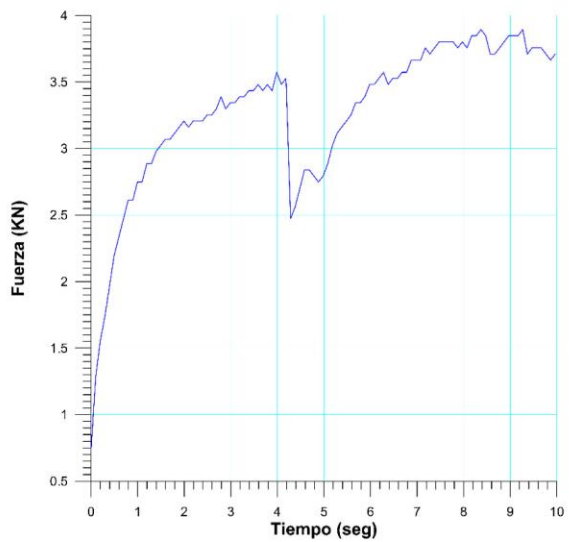
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 606

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>  <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 606</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE PASTA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	606			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.10	mm		
Espesor	21.10	mm		
Duración:	9,96699	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Carga Axial Pico	3.894	kN	A los 4 segundos se mostró un leve pico en la gráfica que evidencia la aparición de las primeras fracturas y posteriormente a los 8 seg la muestra rompió completamente	
Resistencia a la Tracción	-2.30	MPa		
Resistencia a la Compresión	6.90	MPa		
Clasificación según su Resistencia (ISRM)		Baja		



INICIO

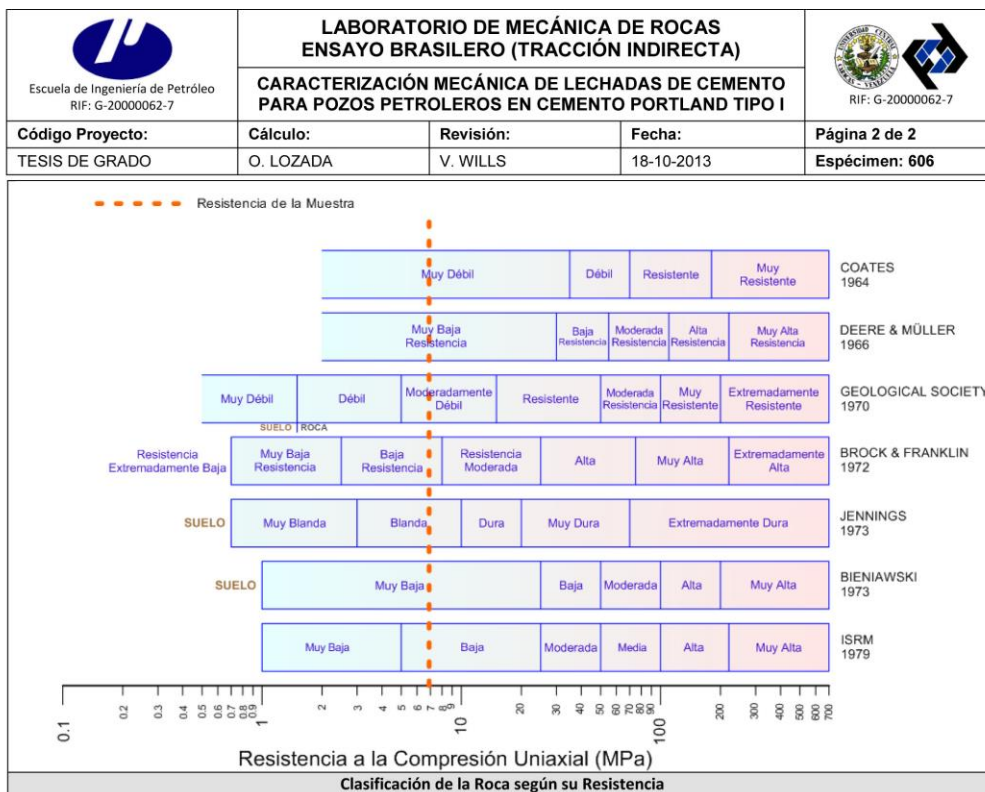
FINAL



*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

**Figura 50: Reporte de la muestra 606 (parte 1)**



**Figura 50: Reporte de la muestra 606 (parte 2)**

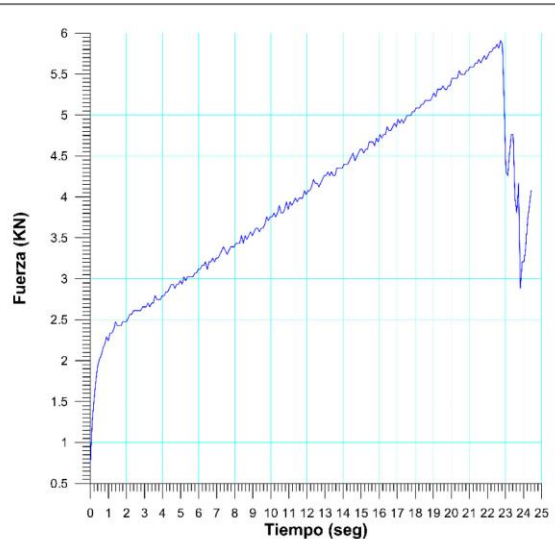
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 607

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 607</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE PASTA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLERO EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	607			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	50.50	mm		
<b>Espesor</b>	24.10	mm		
<b>Duración:</b>	24.4198	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensibilidad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	5.909	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-3.09	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	9.27	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja			

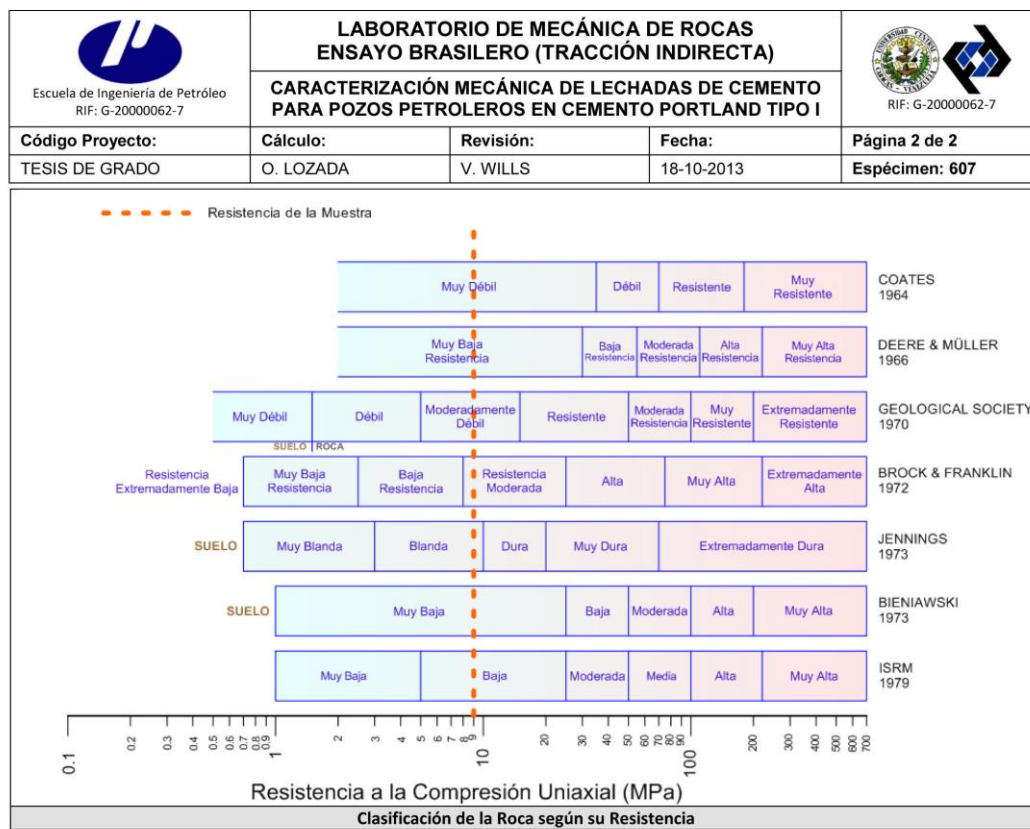


INICIO

FINAL



**Figura 51: Reporte de la muestra 607 (parte 1)**





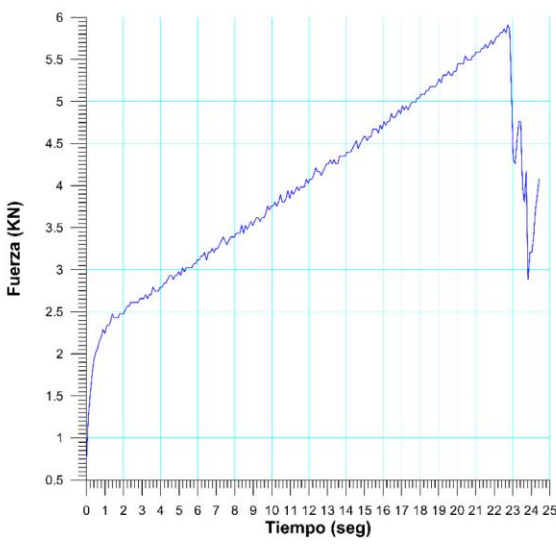


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 51: Reporte de la muestra 607 (parte 2)**

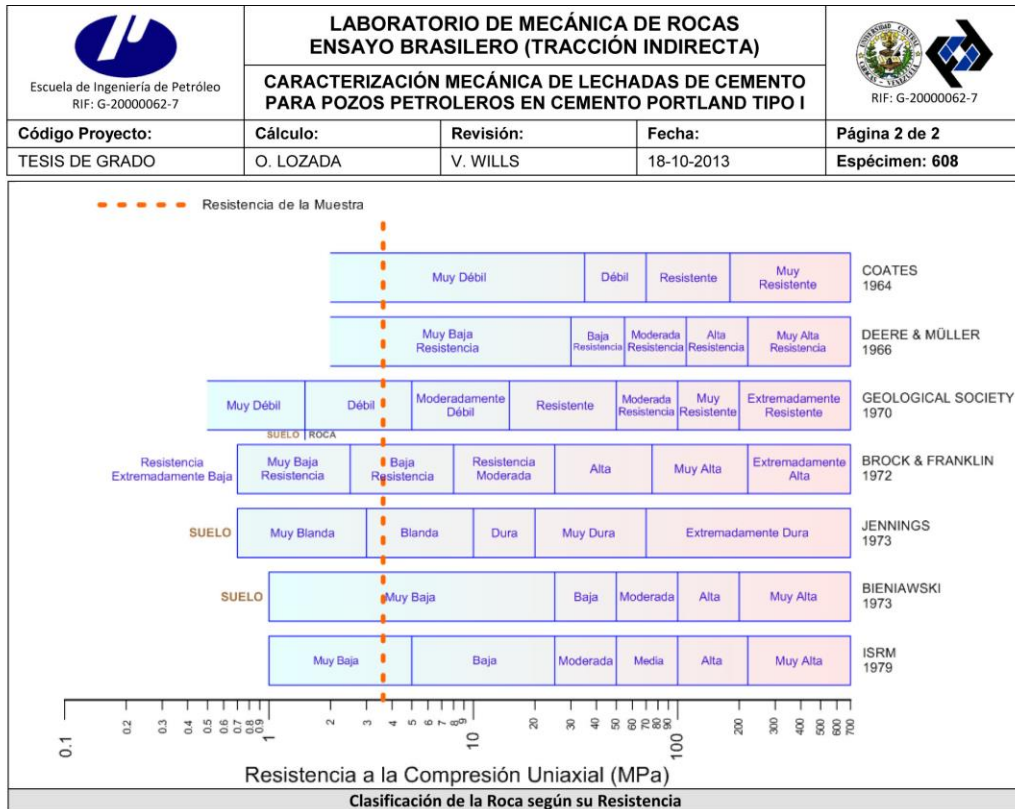
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 608

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 608</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	608			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.00	mm		
Espesor	22.20	mm		
Duración:	9.56829	seg		
				
		<b>INICIO</b>		<b>FINAL</b>
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Carga Axial Pico	5.909	kN		
Resistencia a la Tracción	-3.61	MPa		
Resistencia a la Compresión	10.82	MPa		
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Muy 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

**Figura 52: Reporte de la muestra 608 (parte 1)**







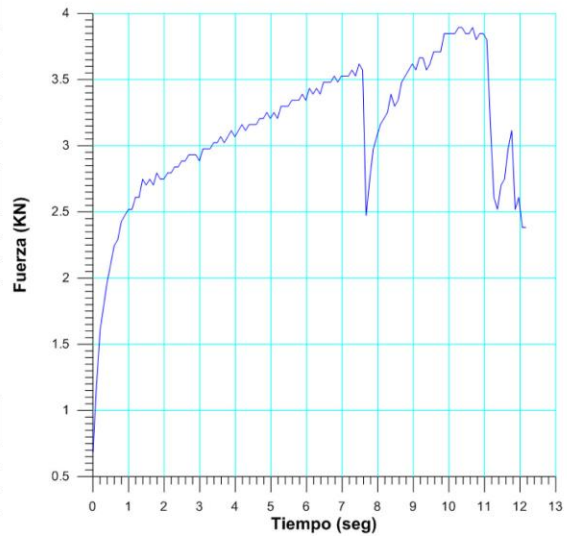
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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-2000062-7

**Figura 52: Reporte de la muestra 608 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 609

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 609</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	609			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.15	mm		
<b>Espesor</b>	21.10	mm		
<b>Duración:</b>	12.1598	seg		
				
<b>INICIO</b>		<b>FINAL</b>		
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensibilidad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	3.894	kN	En el segundo 7 aparecen las primeras fisuras en la muestra y posteriormente a los 11 segundos la muestra falló	
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.30	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	6.89	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Muy Baja			

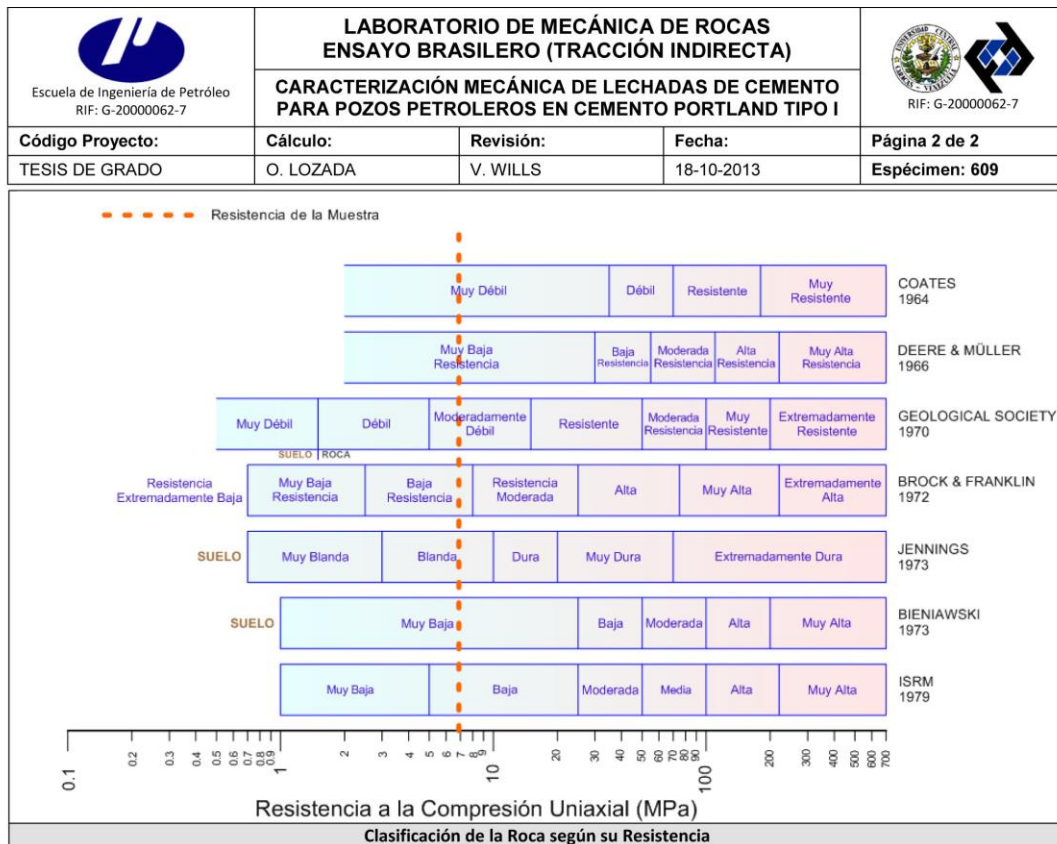


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 53: Reporte de la muestra 609 (parte 1)**





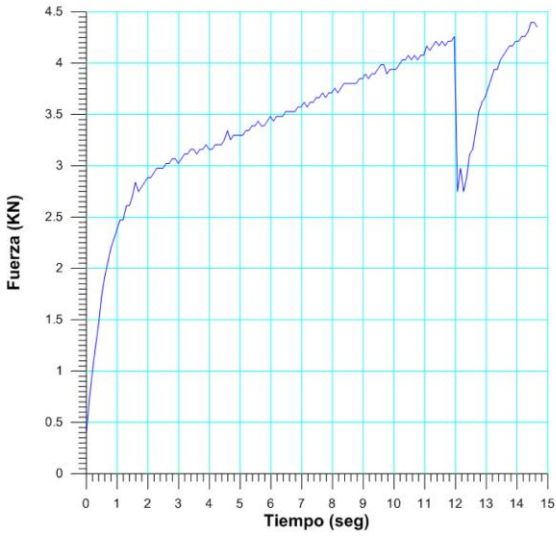


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 53: Reporte de la muestra 609 (parte 2)**

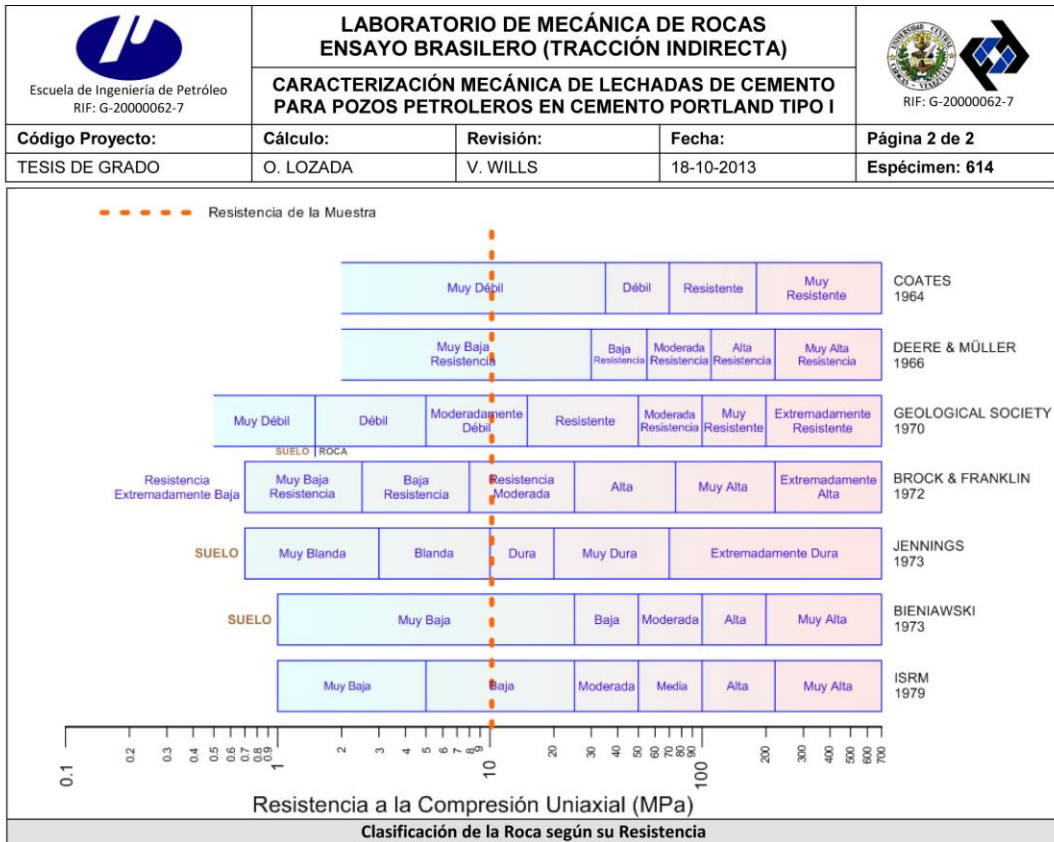
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 614

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 614</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	614			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.10	mm		
Espesor	16.40	mm		
Duración:	14.6517	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
Carga Axial Pico	4.397	kN		
Resistencia a la Tracción	-3.34	MPa		
Resistencia a la Compresión	10.2	MPa		
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja			
<b>OBSERVACIONES</b>				

*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

**Figura 54: Reporte de la muestra 614 (parte 1)**





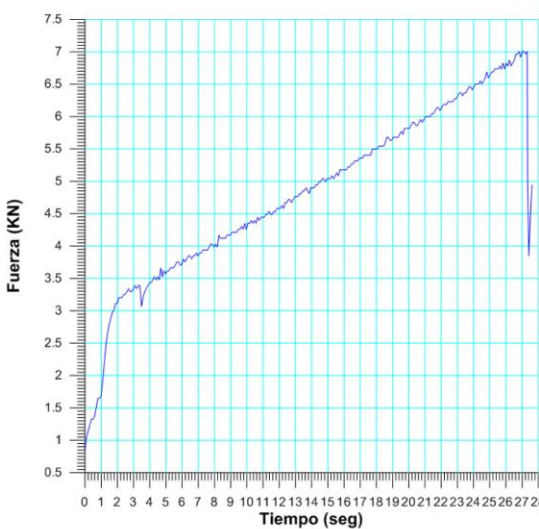


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 54: Reporte de la muestra 614 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 615

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLERO EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 615</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM ASTM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	615			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.00	mm		
Espesor	24.10	mm		
Duración:	27.6094	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
Carga Axial Pico	4.397	kN		
Resistencia a la Tracción	-3.67	MPa		
Resistencia a la Compresión	11.00	MPa		
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja			
<b>OBSERVACIONES</b>				

*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

**Figura 55: Reporte de la muestra 615 (parte 1)**





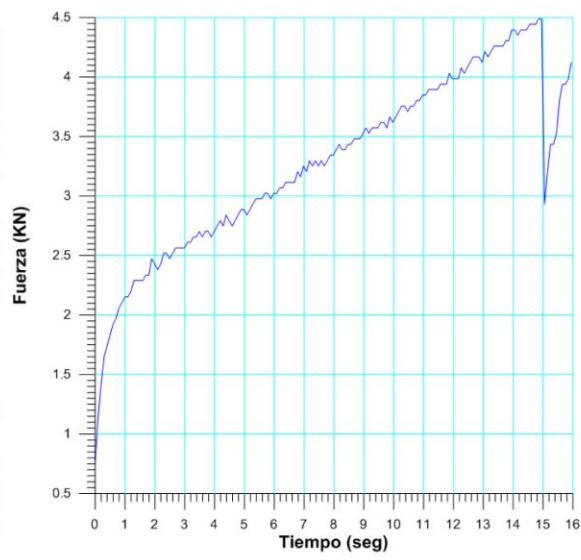


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

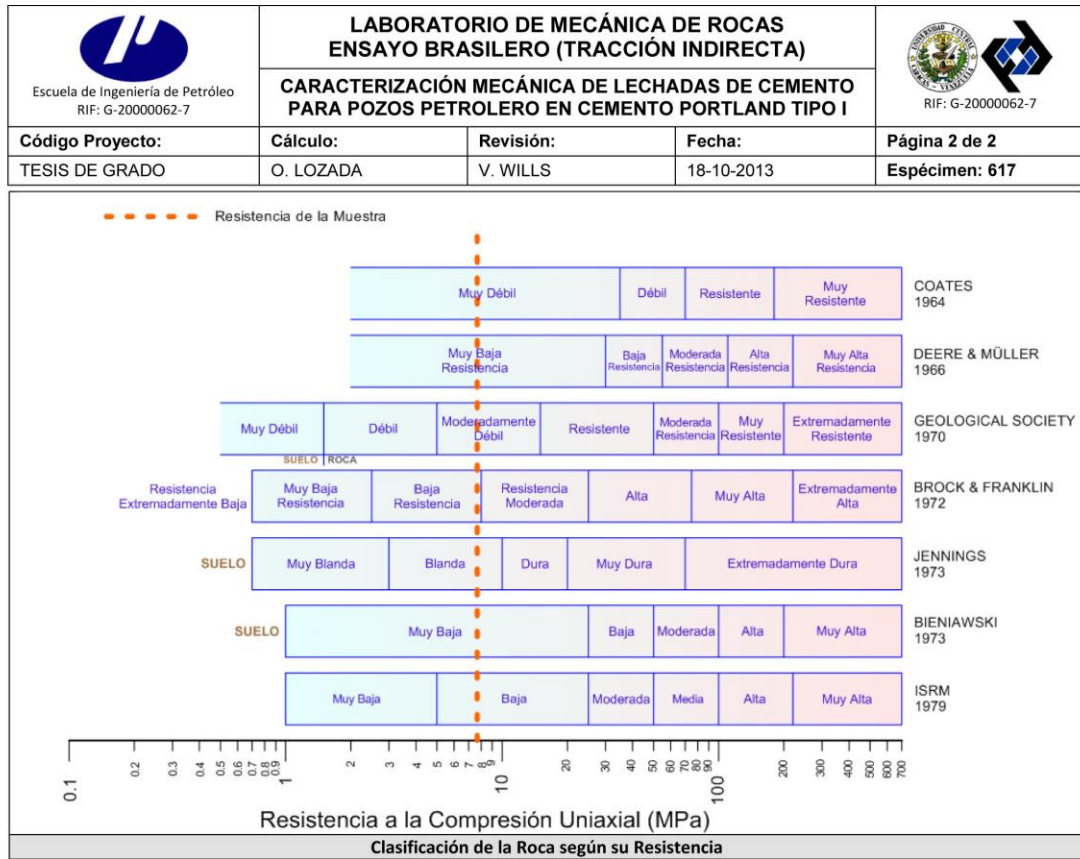
**Figura 55: Reporte de la muestra 615 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 617

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b> <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLERO EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 617</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	617			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm		
<b>Espesor</b>	24.10	mm		
<b>Duración:</b>	18.6387	seg		
				
		<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-			
				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	4.947	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.56	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	7.67	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	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

**Figura 56: Reporte de la muestra 617 (parte 1)**



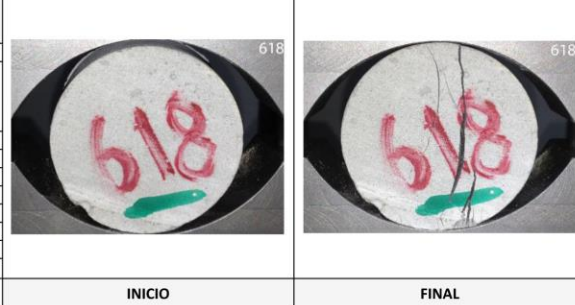
**Figura 56: Reporte de la muestra 617 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 618

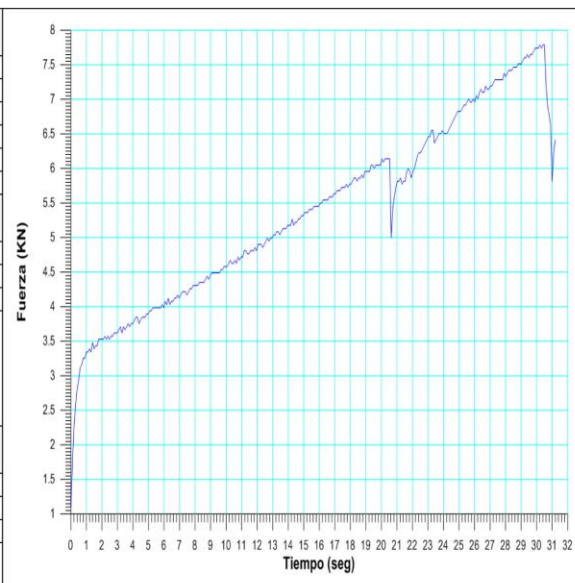
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 618</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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	
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I
<b>Espécimen:</b>	618
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio
<b>Edad del Cemento</b>	18 días
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1
<b>Profundidad:</b>	- m
<b>Diámetro (D)</b>	51.10 mm
<b>Espesor</b>	26.40 mm
<b>Duración:</b>	30.1977 seg



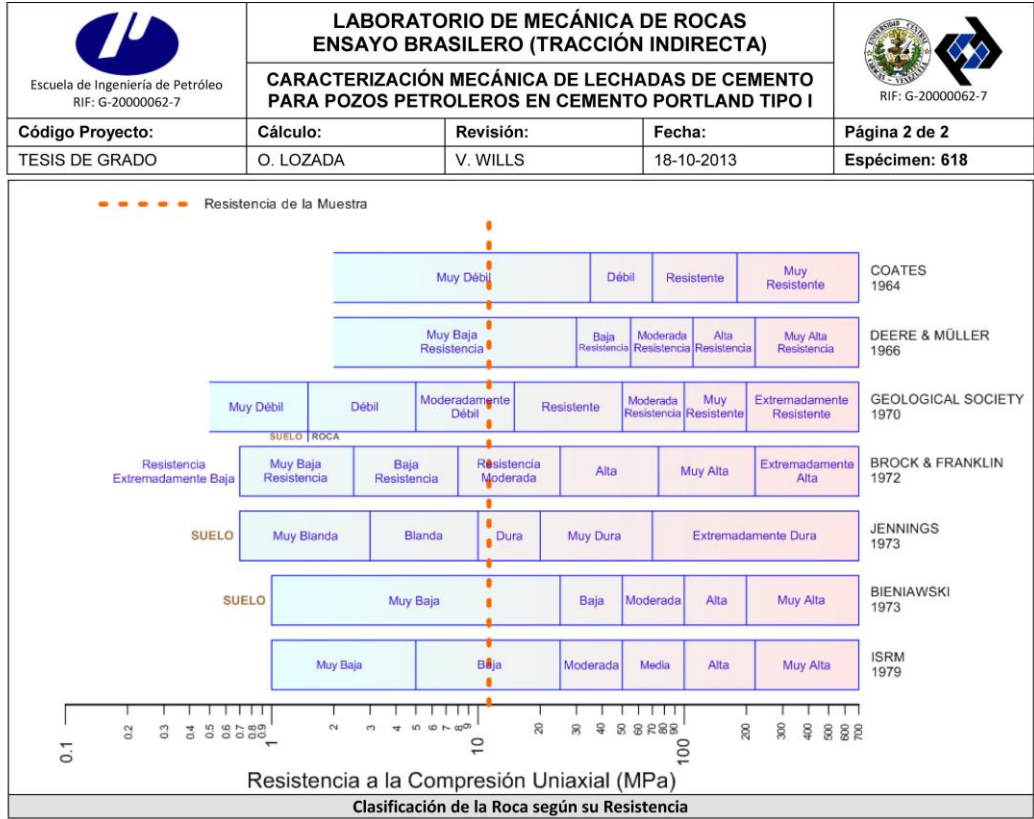
ETAPA DE CARGA ESTÁTICA	
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load
<b>Tipo</b>	Incremental
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0 MPa
<b>Valor Inicial</b>	Relativo
<b>Velocidad de Carga:</b>	12 kN/min
<b>Carga Máxima permitida</b>	100 kN
ETAPA FINAL	
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>= 1.2%
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2 min
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50 kN



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





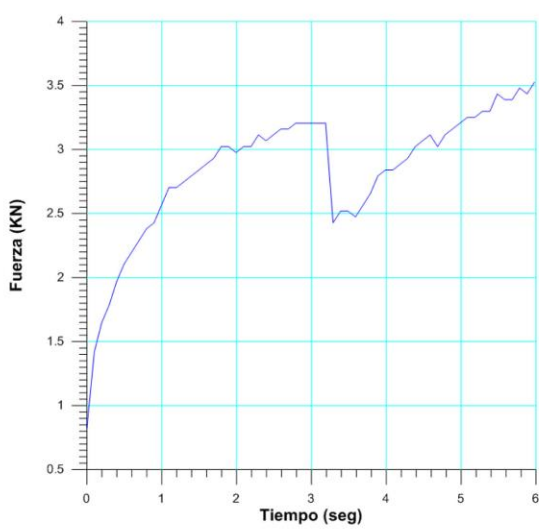
RESULTADOS DEL ENSAYO	OBSERVACIONES
<b>Carga Axial Pico</b>	7.787 kN
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-3.77 MPa
<b>Resistencia a la Compresión</b>	11.31 MPa
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja
A los 21 segundos la muestra presentó la primera fractura y posteriormente en el segundo 30 la muestra rompió completamente	

**Figura 57: Reporte de la muestra 618 (parte 1)**



**Figura 57: Reporte de la muestra 618 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 619

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>  <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 619</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	619			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm		
<b>Espesor</b>	23.60	mm		
<b>Duración:</b>	9.26927	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-			
				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
<b>Carga Axial Pico</b>	3.5802	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.01	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	6.02	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja			
<b>OBSERVACIONES</b>				
A los 3 segundos aparece la primera fractura y a los 6 segundos la muestra fallo con una fractura a lo largo del diámetro				

**Figura 58: Reporte de la muestra 619 (parte 1)**





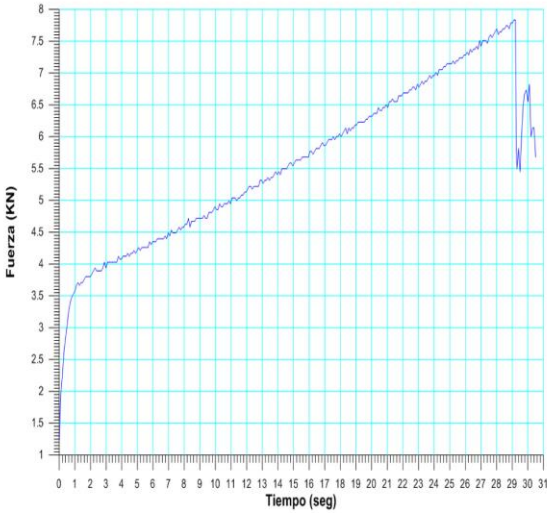


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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-2000062-7

**Figura 58: Reporte de la muestra 619 (parte 2)**

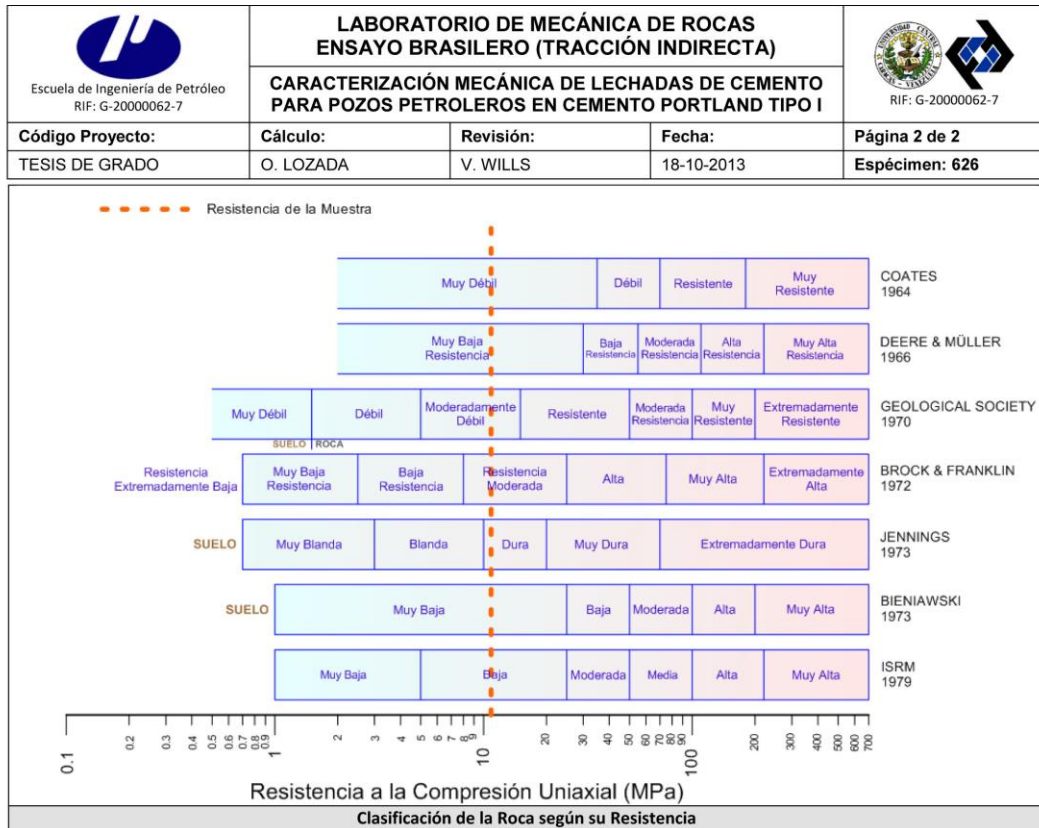
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 626

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 626</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	626			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	50.80	mm		
Espesor	27.10	mm		
Duración:	30.50	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-			
				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Carga Axial Pico	7.833	kN		
Resistencia a la Tracción	-3.62	MPa		
Resistencia a la Compresión	10.87	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

**Figura 59: Reporte de la muestra 626 (parte 1)**





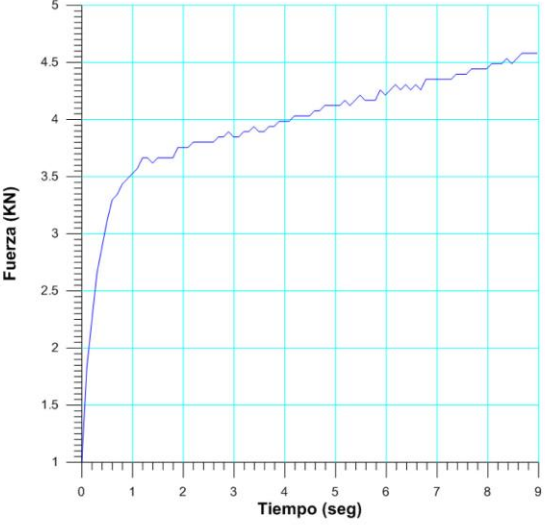


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 59: Reporte de la muestra 626 (parte 2)**

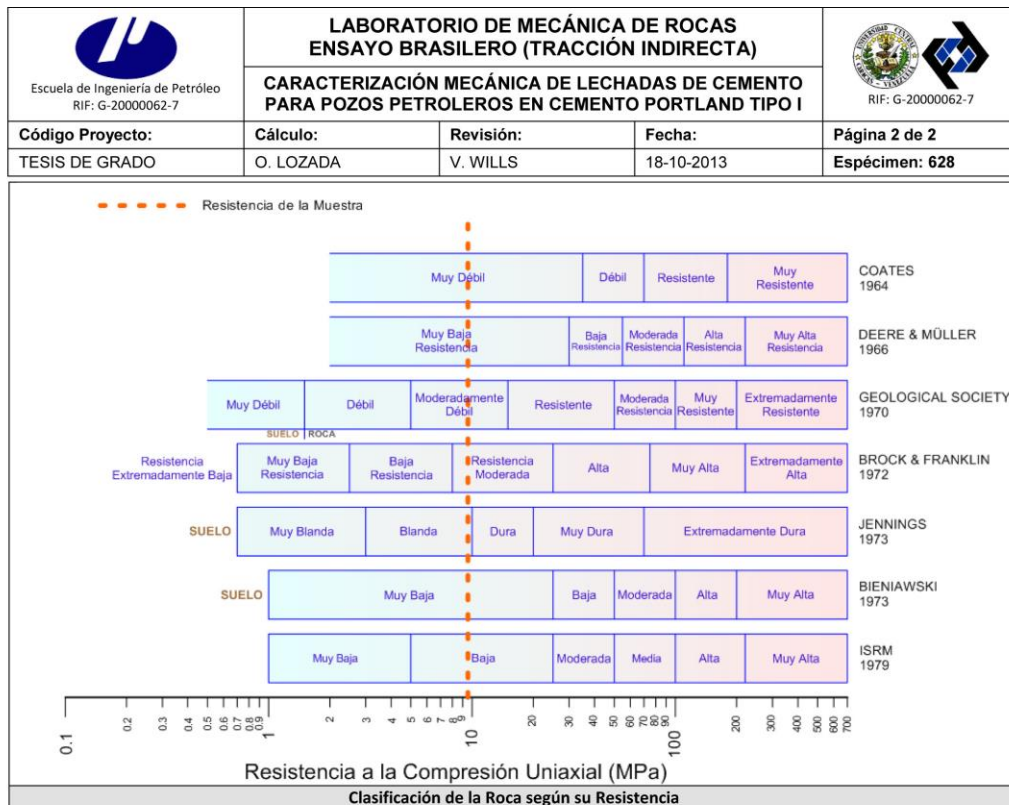
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 628

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>  <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 628</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	628			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.10	mm		
Espesor	24.40	mm		
Duración:	23.223	seg		
				
	INICIO		FINAL	
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
Carga Axial Pico	6.23	kN	<b>OBSERVACIONES</b>	
Resistencia a la Tracción	-3.18	MPa		
Resistencia a la Compresión	9.54	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

**Figura 60: Reporte de la muestra 628 (parte 1)**





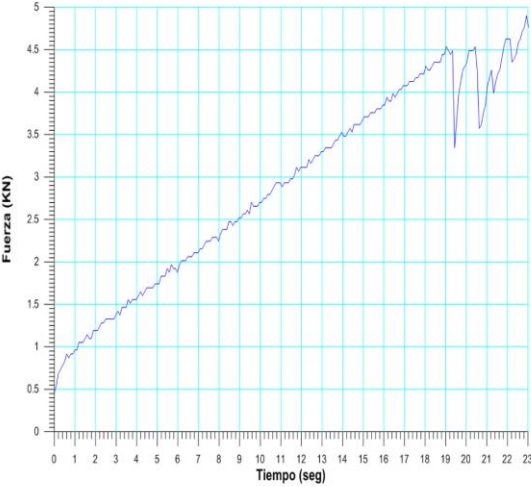


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 60: Reporte de la muestra 628 (parte 2)**

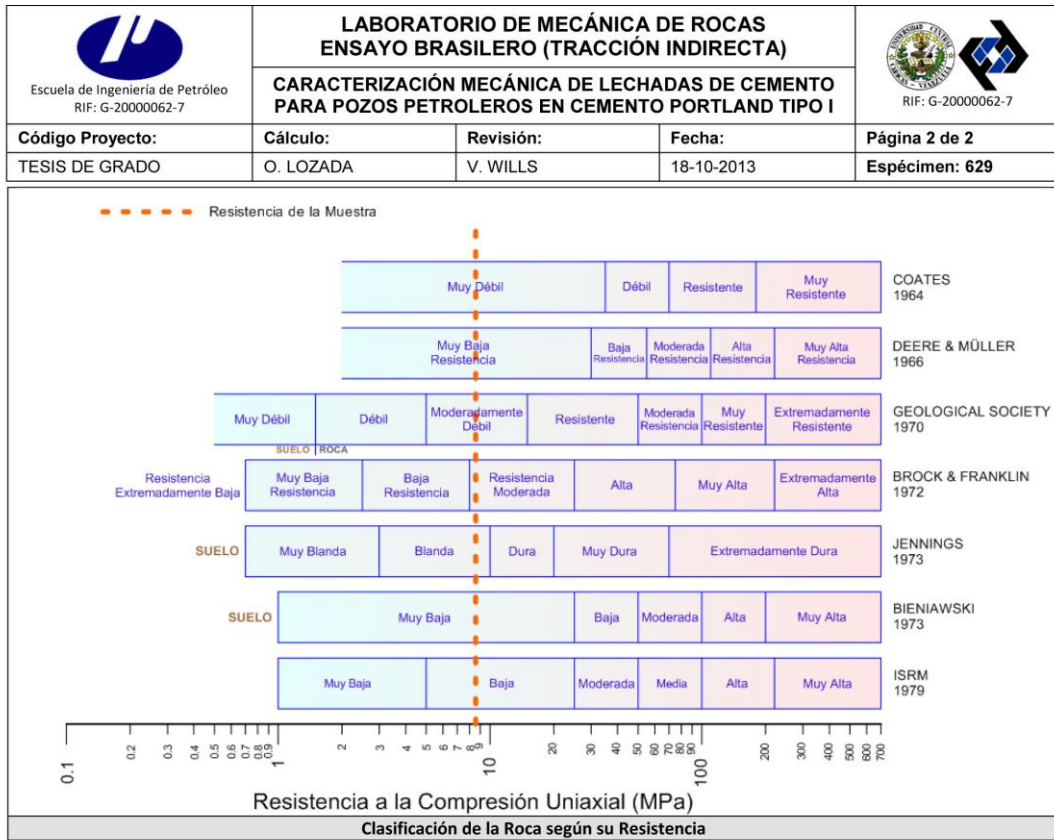
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 629

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	Espécimen: 629
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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	629			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.10	mm		
Espesor	21.40	mm		
Duración:	23.0244	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Carga Axial Pico	4.901	kN		
Resistencia a la Tracción	-2.85	MPa		
Resistencia a la Compresión	8.56	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

**Figura 61: Reporte de la muestra 629 (parte 1)**







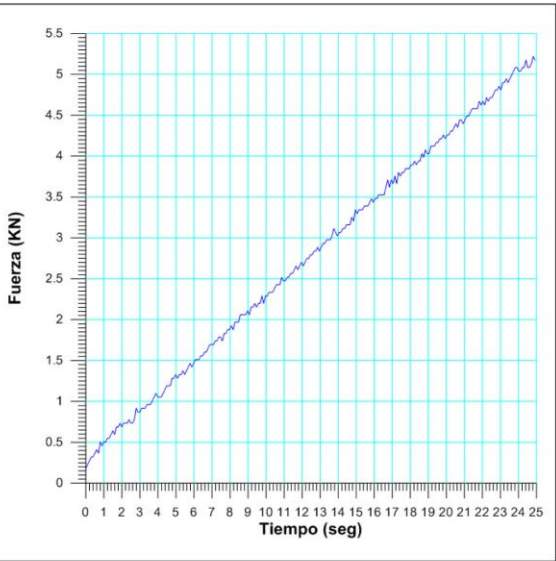
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 61: Reporte de la muestra 629 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 635

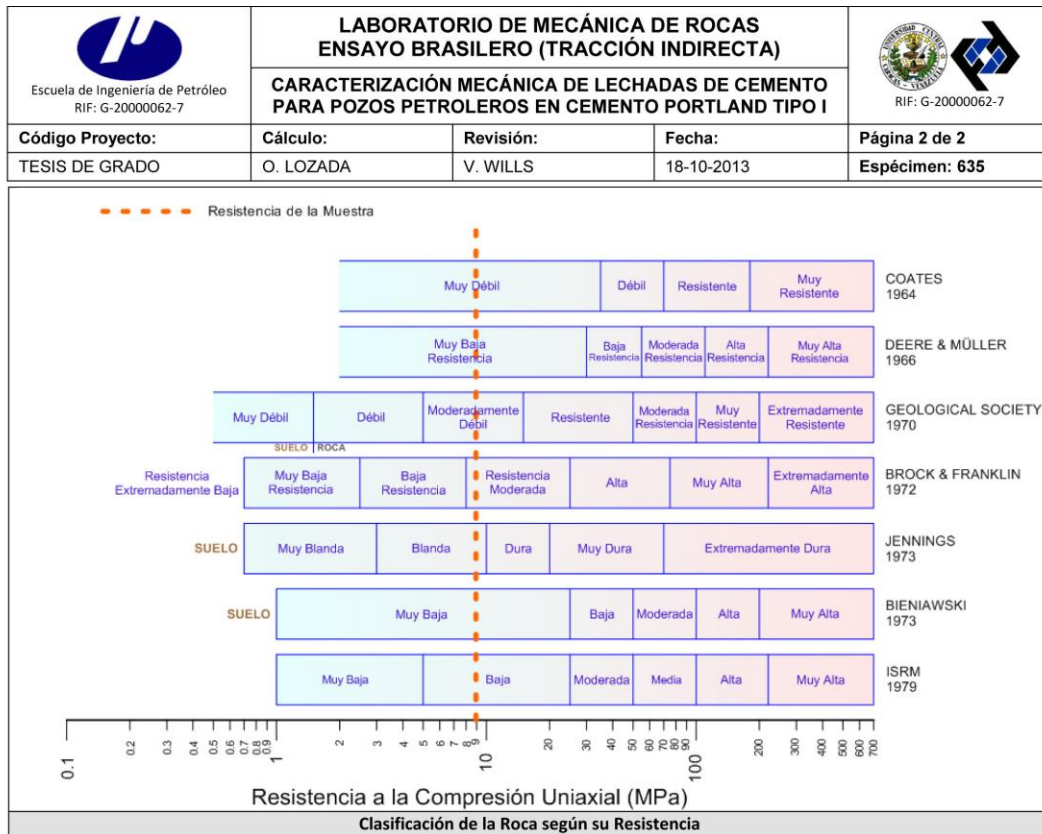
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 635</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	<b>Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials</b>		
	<b>ASTM</b>	<b>D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications</b>		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	635			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm		
<b>Espesor</b>	22.10	mm		
<b>Duración:</b>	26.6127	seg		
				
		<b>INICIO</b>		<b>FINAL</b>
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensibilidad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	5.268	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.97	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	8.91	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	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

**Figura 62: Reporte de la muestra 635 (parte 1)**



**Figura 62: Reporte de la muestra 635 (parte 2)**

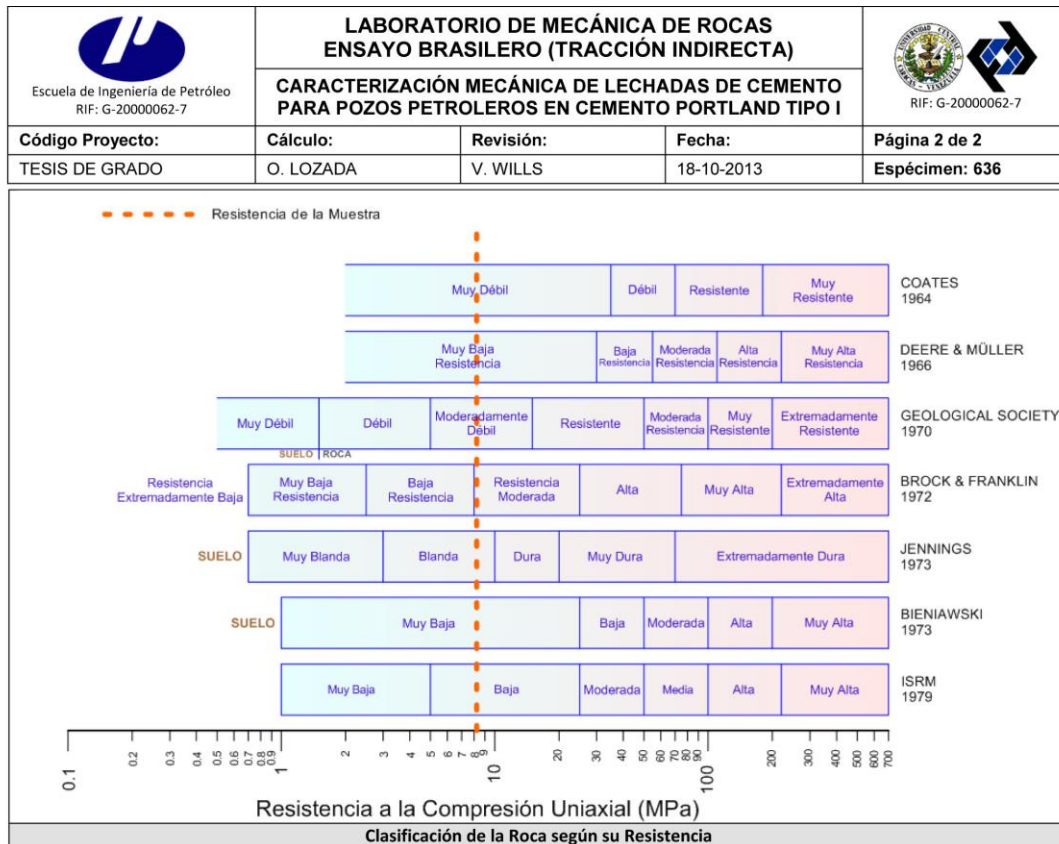
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 636

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b> <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 636</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	636			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	50.50	mm		
Espesor	22.10	mm		
Duración:	15.0504	seg		
			<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
<b>Carga Axial Pico</b>	4.810	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.74	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	8.23	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja			
<b>OBSERVACIONES</b>				
La muestra presenta la primera fractura en el segundo 9 y posteriormente falla en el segundo 14				

*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

**Figura 63: Reporte de la muestra 636 (parte 1)**







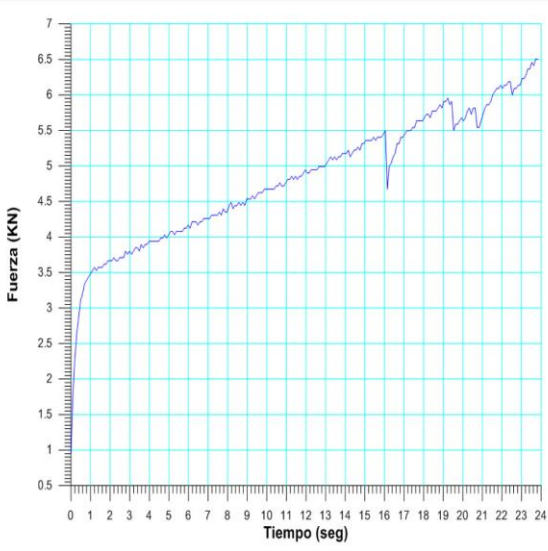
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 63: Reporte de la muestra 636 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 637

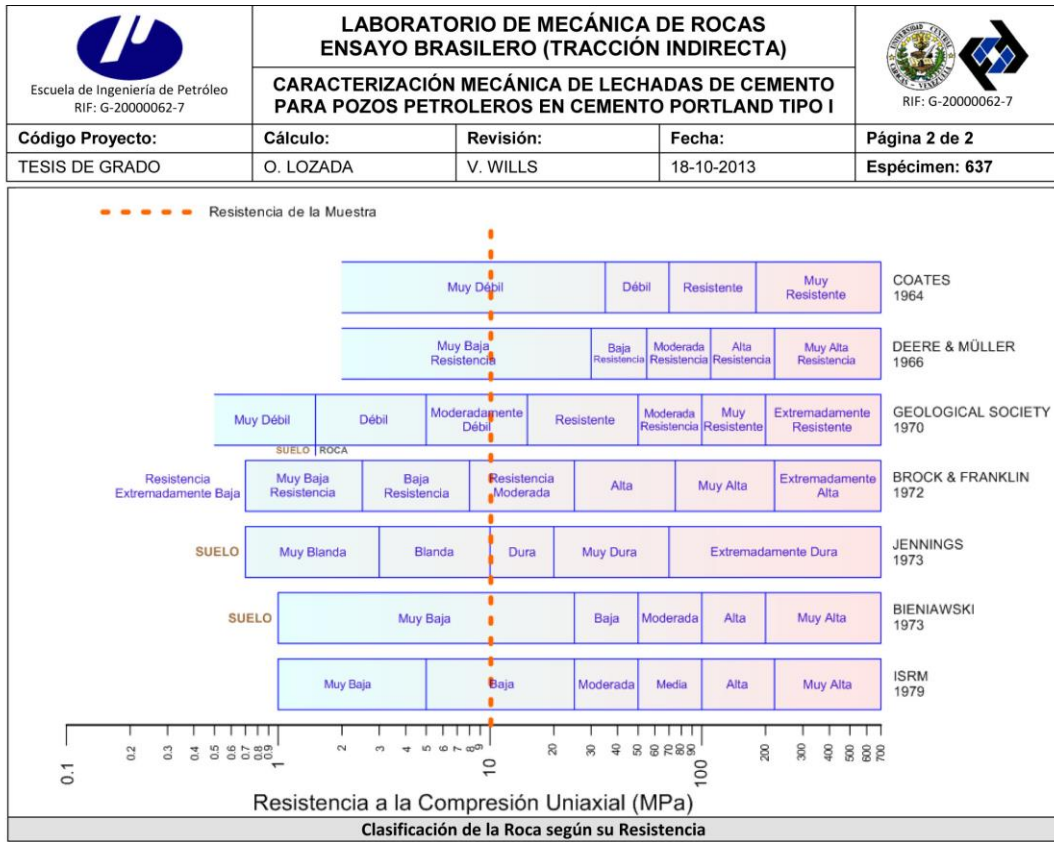
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>  <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>	
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 637</b>	
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials			
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications			
<b>DATOS GENERALES</b>					
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89				
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I				
<b>Espécimen:</b>	637				
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio				
<b>Edad del Cemento</b>	18	días			
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-			
<b>Profundidad:</b>	-	m			
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm			
<b>Espesor</b>	24.10	mm			
<b>Duración:</b>	23.8218	seg			
					
		INICIO	FINAL		
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>					
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load				
<b>Tipo</b>	Incremental				
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa			
<b>Valor Inicial</b>	Relativo				
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min			
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN			
<b>ETAPA FINAL</b>					
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%			
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min			
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN			
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>					
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg			
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>			
	<b>Sensitividad</b>	2	kN		
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>		
<b>Carga Axial Pico</b>	6.505	kN			
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-3.36	MPa			
<b>Resistencia a la Compresión</b>	10.09	MPa			
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	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

**Figura 64: Reporte de la muestra 637 (parte 1)**







*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

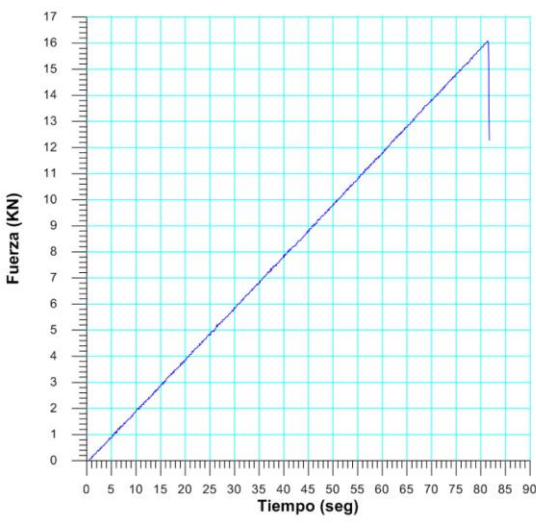
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo, Facultad de Ingeniería, Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 64: Reporte de la muestra 637 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 639

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 639</b>

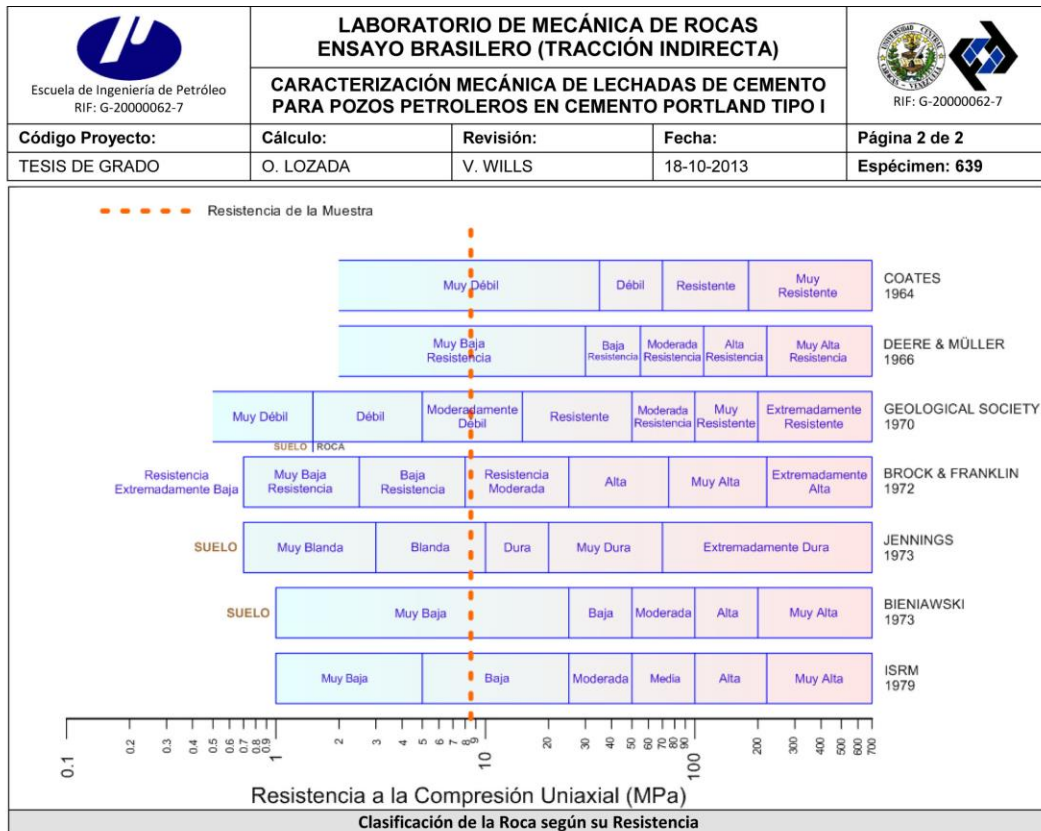
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials	
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications	
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89		
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I		
<b>Espécimen:</b>	639		
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio		
<b>Edad del Cemento</b>	18	días	
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-	
<b>Profundidad:</b>	-	m	
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm	
<b>Espesor</b>	22.10	mm	
<b>Duración:</b>	21.4296	seg	
			
	<b>INICIO</b>		<b>FINAL</b>

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	5.039	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.84	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	8.52	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	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

**Figura 65: Reporte de la muestra 639 (parte 1)**







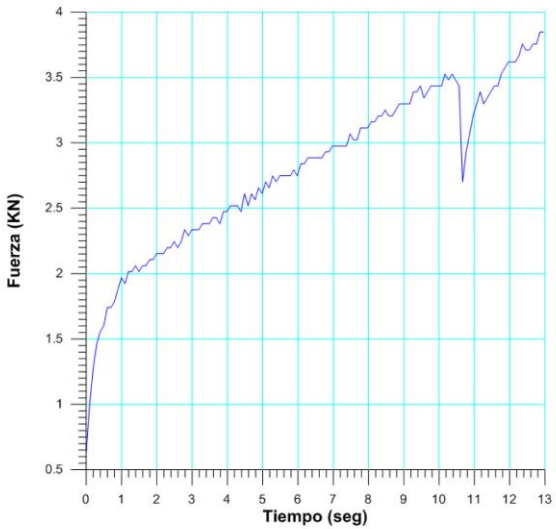
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

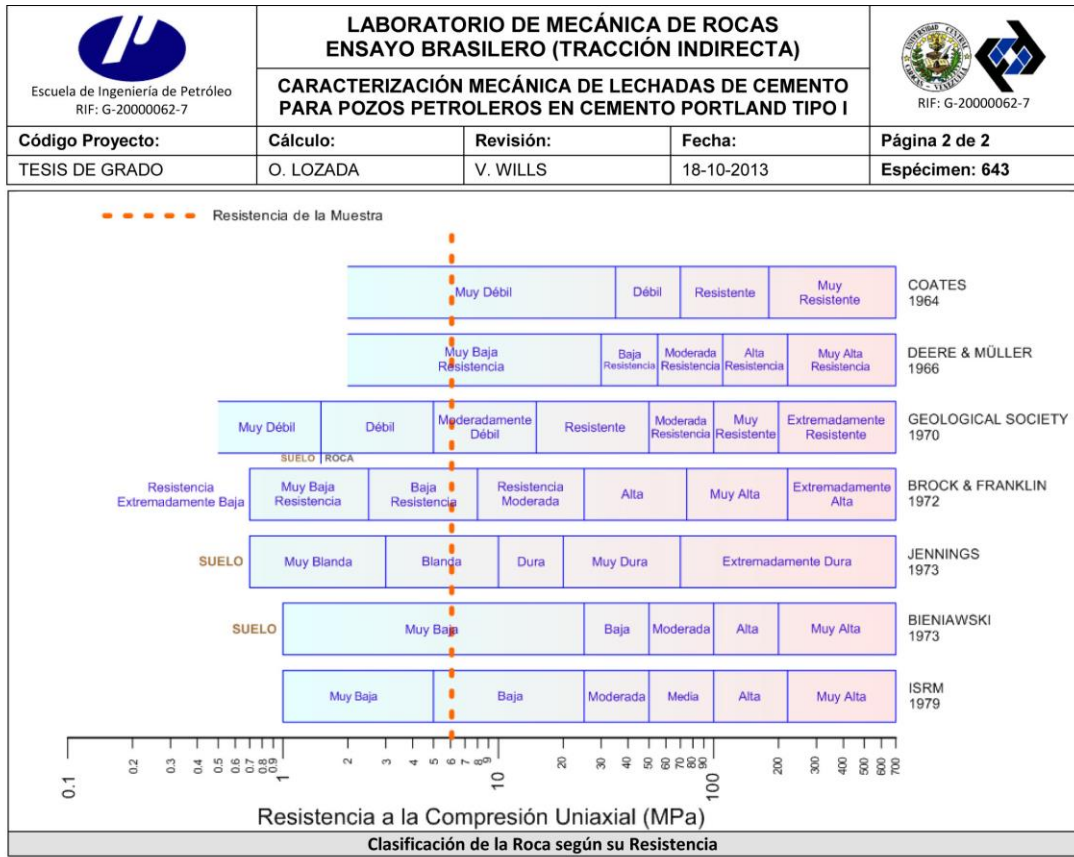
**Figura 66: Reporte de la muestra 639 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 643

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 643</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	643			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.10	mm		
Espesor	23.10	mm		
Duración:	13.75	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Carga Axial Pico	3.848	kN		
Resistencia a la Tracción	-2.02	MPa		
Resistencia a la Compresión	6.07	MPa		
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja			



**Figura 67: Reporte de la muestra 643 (parte 1)**







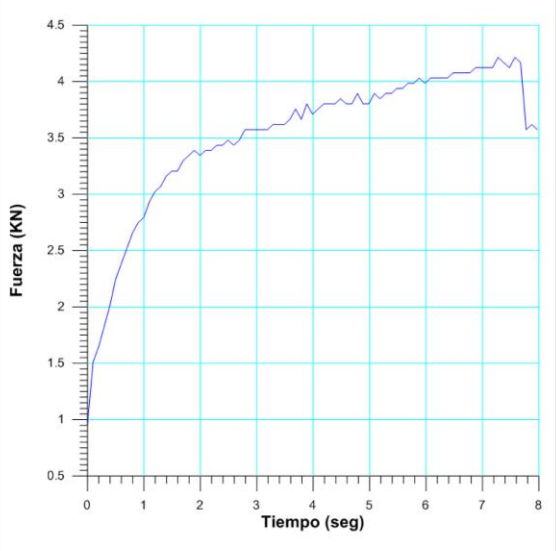
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 67: Reporte de la muestra 643 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 644

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>  <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-2000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 644</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	644			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	50.80	mm		
<b>Espesor</b>	24.40	mm		
<b>Duración:</b>	9.668	seg		
				
		INICIO	FINAL	
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	4.214	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.16	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	10.14	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja			

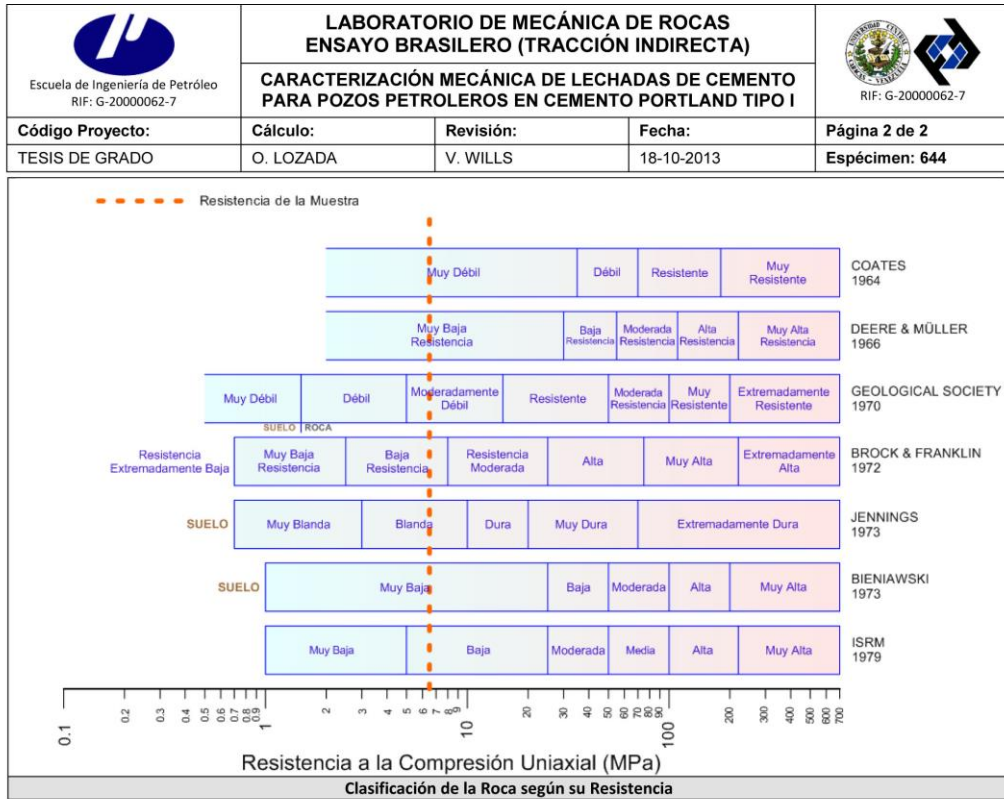


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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-2000062-7

**Figura 68: Reporte de la muestra 644 (parte 1)**







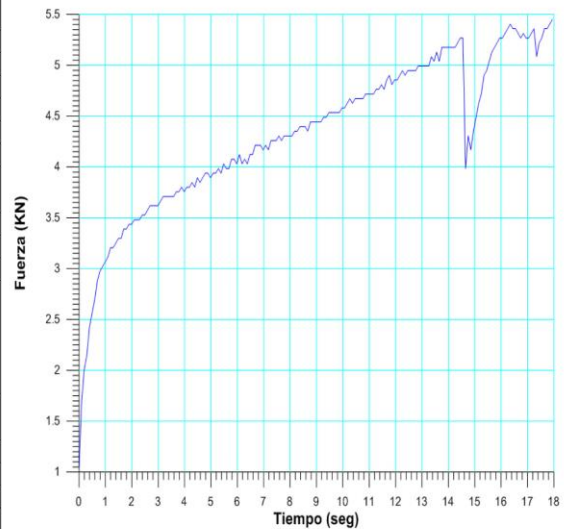
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 68: Reporte de la muestra 644 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 655

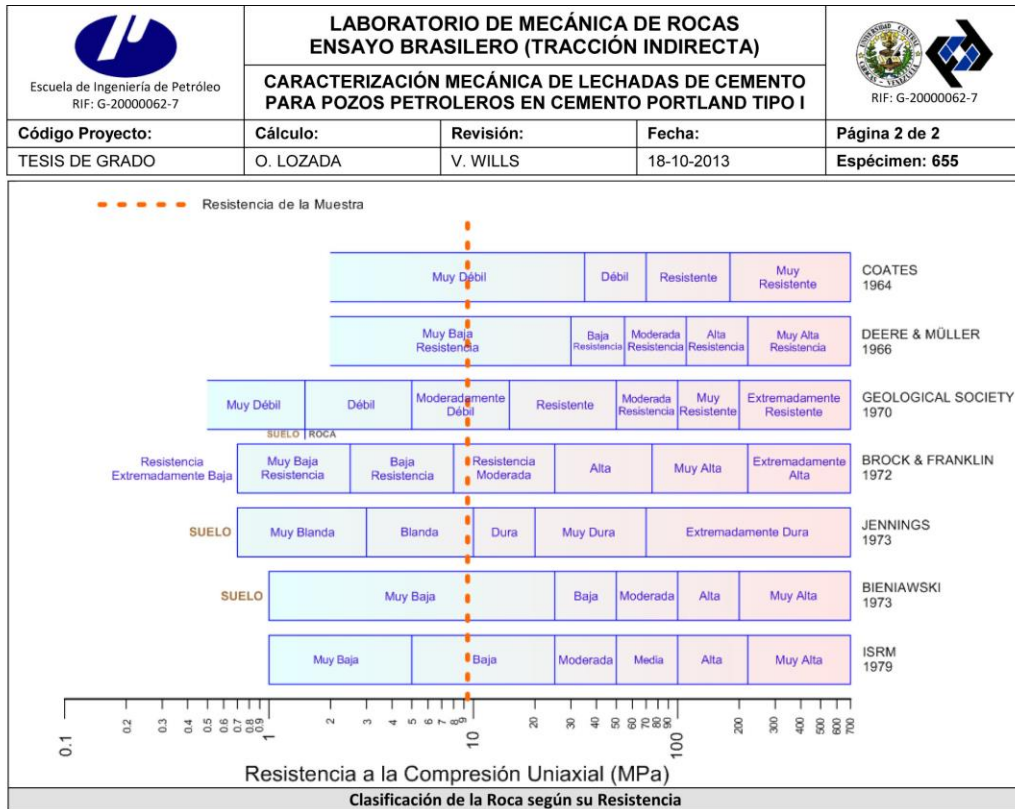
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 655</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	655			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	50.30	mm		
Espesor	26.10	mm		
Duración:	18.24	seg		
				
		<b>INICIO</b>		<b>FINAL</b>
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensibilidad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
Carga Axial Pico	5.451	kN	<b>OBSERVACIONES</b> Fractura delgada en el segundo 14 y posteriormente la muestra falla en el segundo 17 con las fractura más gruesa que se puede observar en la fotografía	
Resistencia a la Tracción	-3.13	MPa		
Resistencia a la Compresión	9.38	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

**Figura 69: Reporte de la muestra 655 (parte 1)**







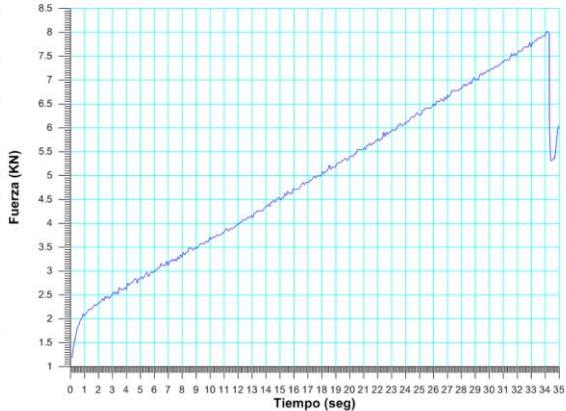
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

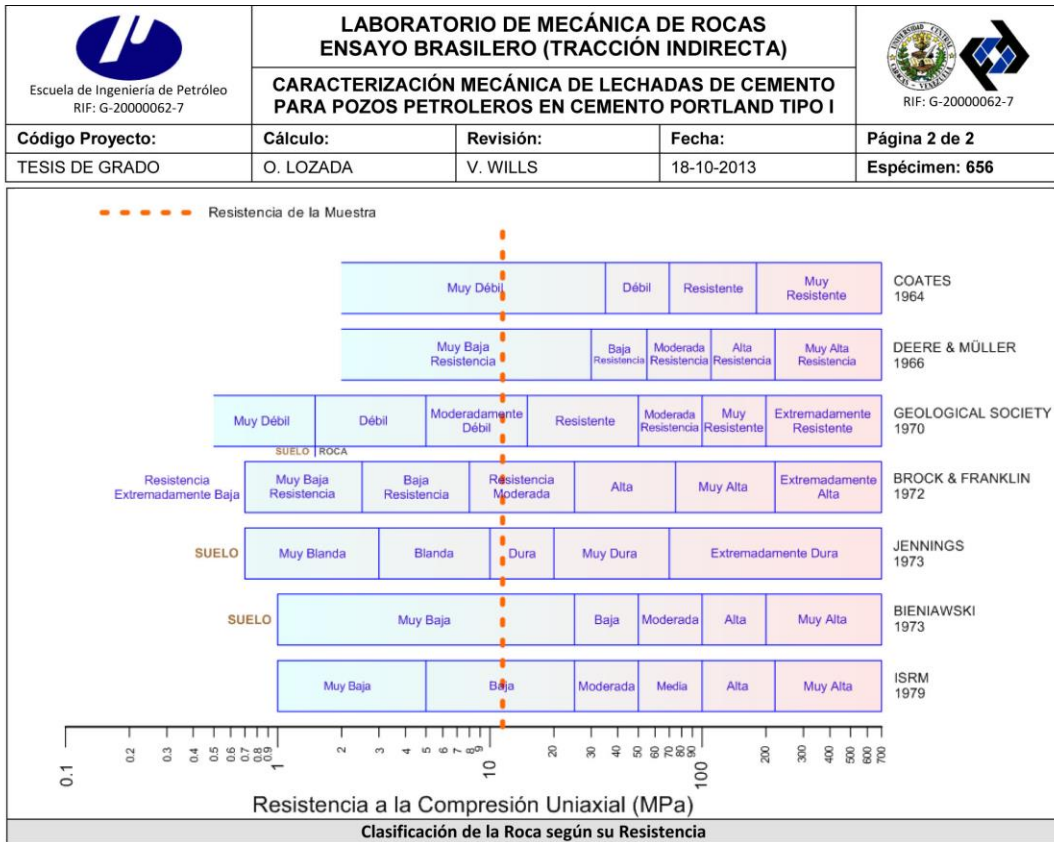
**Figura 69: Reporte de la muestra 655 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 656

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 656</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	656			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.10	mm		
Espesor	26.10	mm		
Duración:	35.085	seg		
				
		<b>INICIO</b>		<b>FINAL</b>
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Carga Axial Pico	8.016	kN		
Resistencia a la Tracción	-3.83	MPa		
Resistencia a la Compresión	11.48	MPa		
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja			



**Figura 70: Reporte de la muestra 656 (parte 1)**





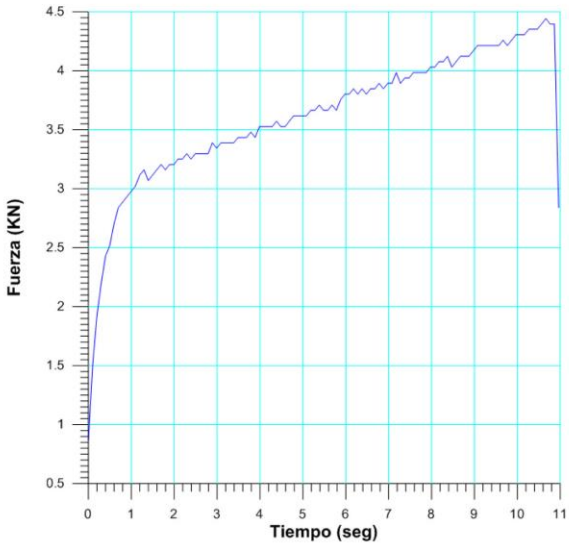


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

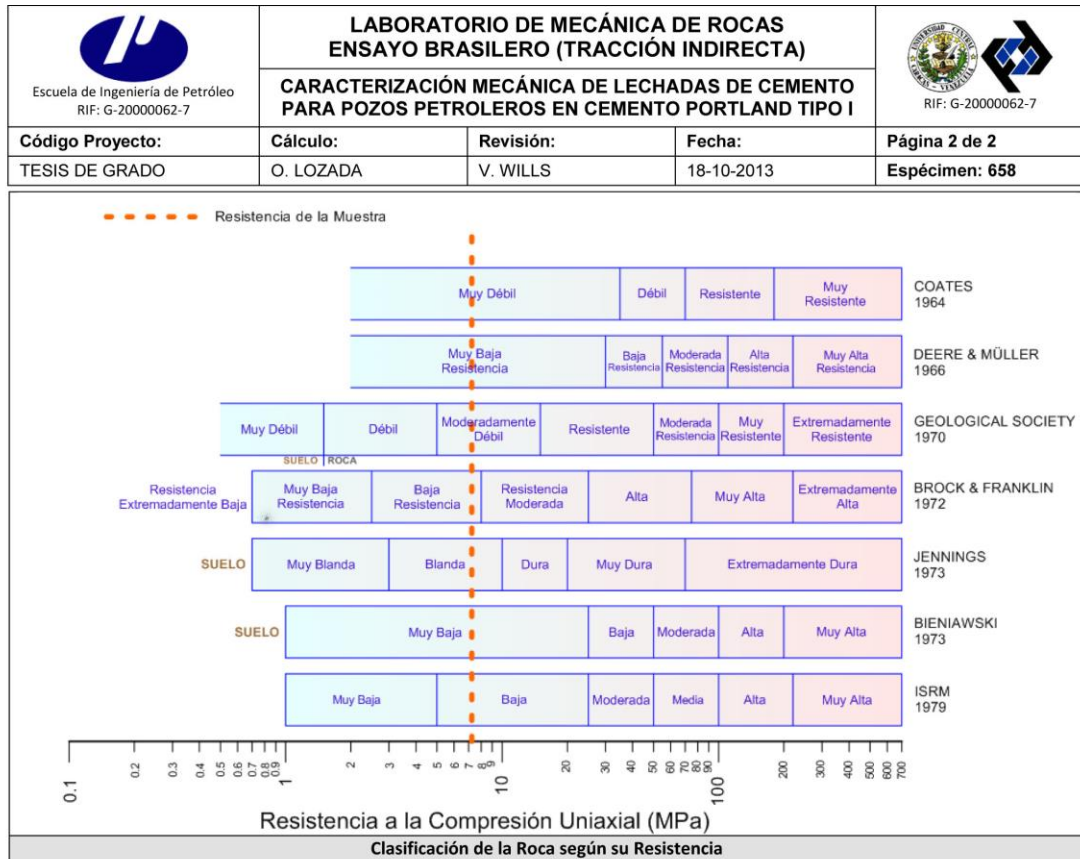
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 70: Reporte de la muestra 656 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 658

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>  <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 658</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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			
<b>DATOS GENERALES</b>		 		
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89	INICIO	FINAL	
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	658			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18 días			
Relación Cemento : Agua	2.2:1			
Profundidad:	- m			
Diámetro (D)	51.10 mm			
Espesor	23.40 mm			
Duración:	13.8543 seg			
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0 MPa			
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12 kN/min			
Carga Máxima permitida	100 kN			
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>= 1.2%			
Tiempo Máximo del Ensayo	2 min			
Carga Máxima del Ensayo	50 kN			
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1 seg			
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2 kN		
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>		
Carga Axial Pico	4.535 kN			
Resistencia a la Tracción	-2.41 MPa			
Resistencia a la Compresión	7.24 MPa			
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja			

**Figura 71: Reporte de la muestra 658 (parte 1)**







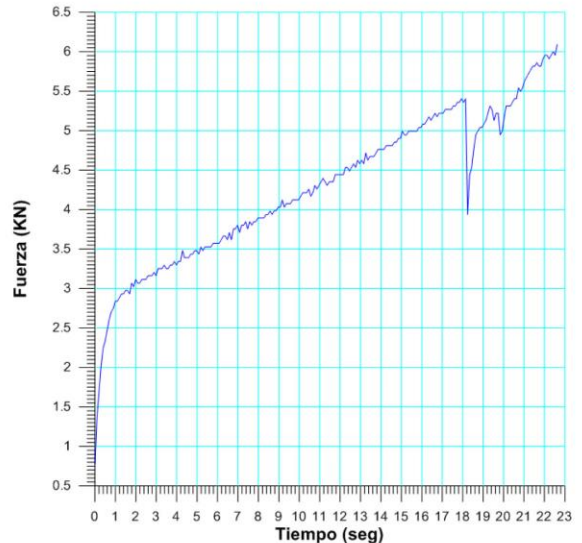
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

Figura 71: Reporte de la muestra 658 (parte 2)

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 659

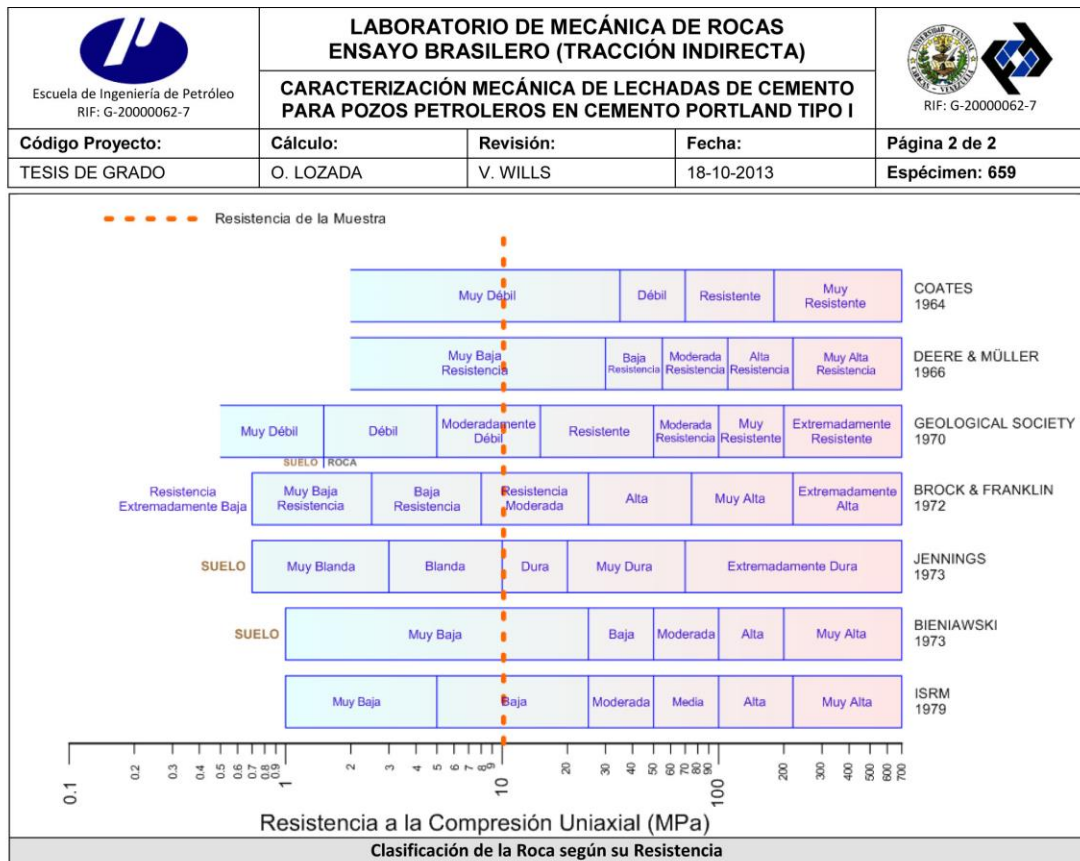
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 659</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADA DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	659			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	50.5	mm		
<b>Espesor</b>	22.70	mm		
<b>Duración:</b>	22.6257	seg		
				
		<b>INICIO</b>		<b>FINAL</b>
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
<b>Carga Axial Pico</b>	6.092	kN	<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-3.28	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	10.15	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	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

**Figura 72: Reporte de la muestra 659 (parte 1)**







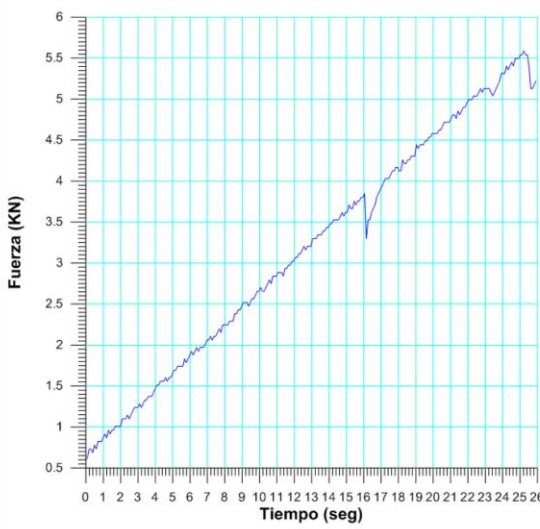
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

Figura 72: Reporte de la muestra 659 (parte 2)

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 660

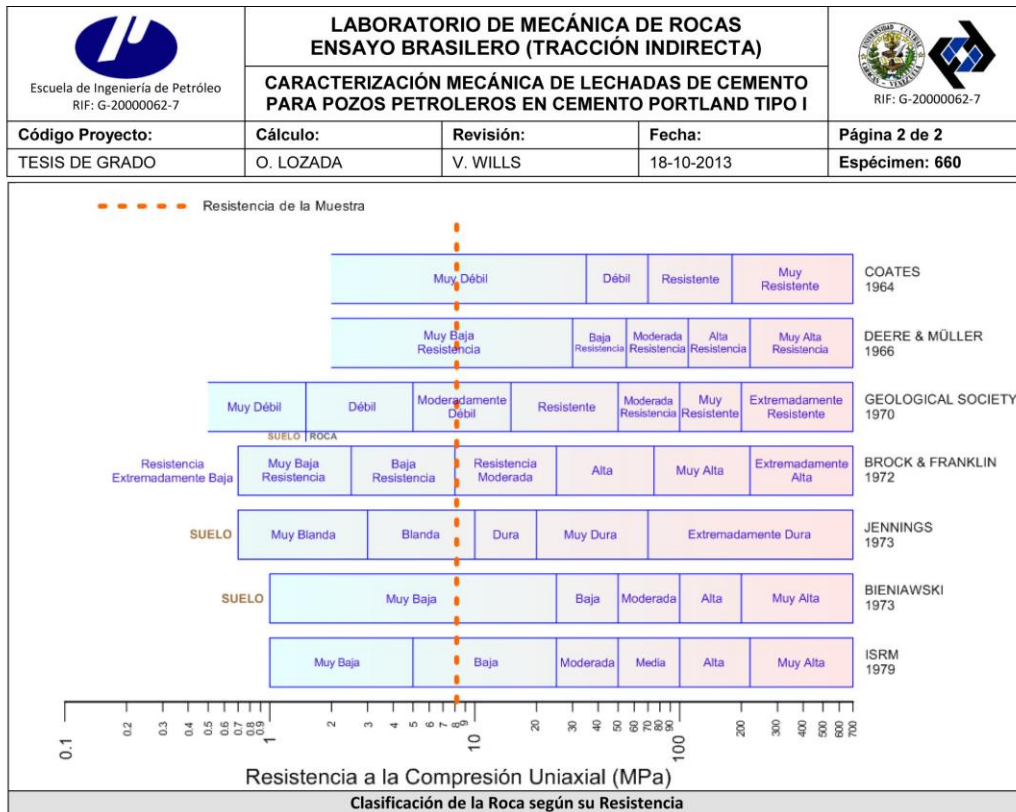
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 660</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM ASTM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	660			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.10	mm		
Espesor	25.60	mm		
Duración:	26.71	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Carga Axial Pico	5.588	kN		
Resistencia a la Tracción	-2.72	MPa		
Resistencia a la Compresión	8.16	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-2000062-7

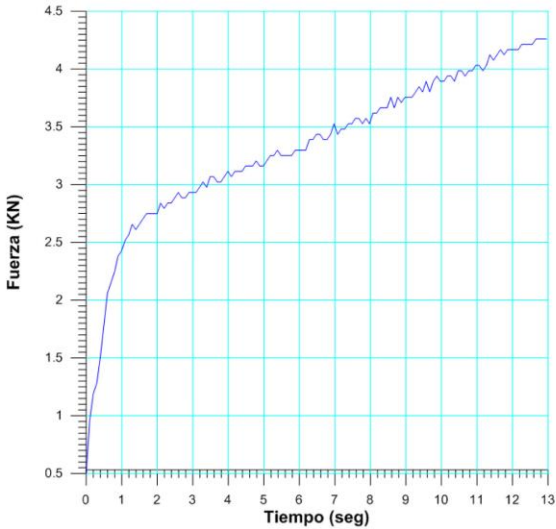
**Figura 73: Reporte de la muestra 660 (parte 1)**



**Figura 73: Reporte de la muestra 660 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 662

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 662</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	662			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm		
<b>Espesor</b>	18.30	mm		
<b>Duración:</b>	15.6485	seg		
				
	INICIO		FINAL	
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	4.443	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-3.02	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	9.07	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	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

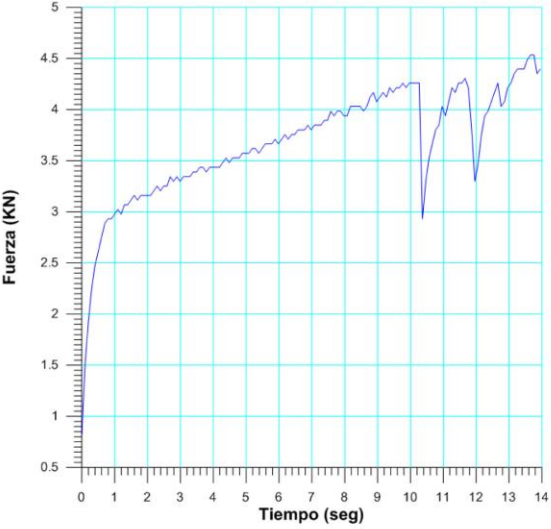
**Figura 74: Reporte de la muestra 662 (parte 1)**



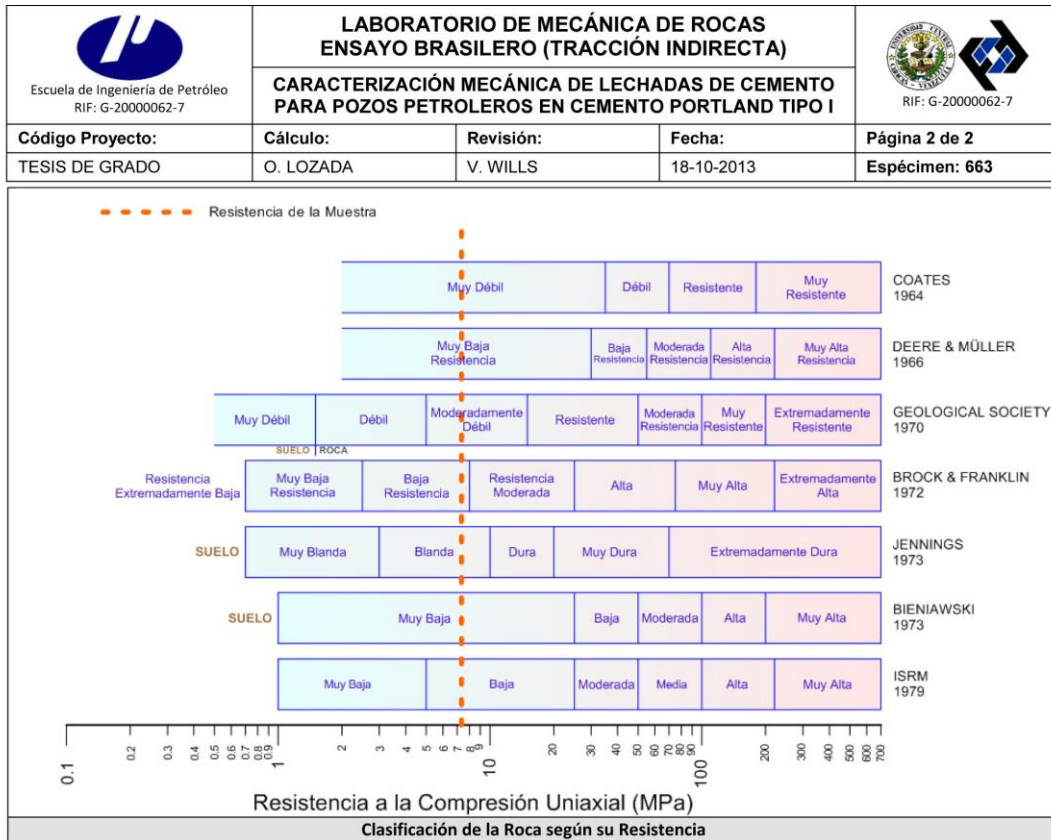
**Figura 74: Reporte de la muestra 662 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 663

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 663</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>		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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	663			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm		
<b>Espesor</b>	23.10	mm		
<b>Duración:</b>	14.9507	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>CD Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	4.535	kN	Fracturas en los segundos 10 y 12 representan las líneas delgadas de la toma final y el segundo 14 representa la falla de la muestra	
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.45	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	7.34	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja			







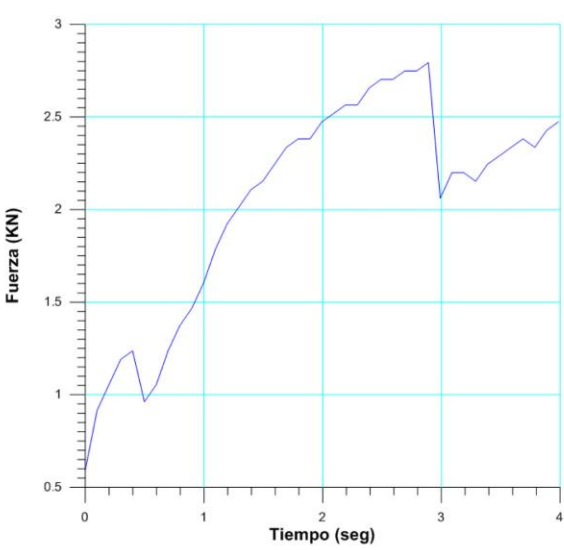
**Figura 75: Reporte de la muestra 663 (parte 1)**



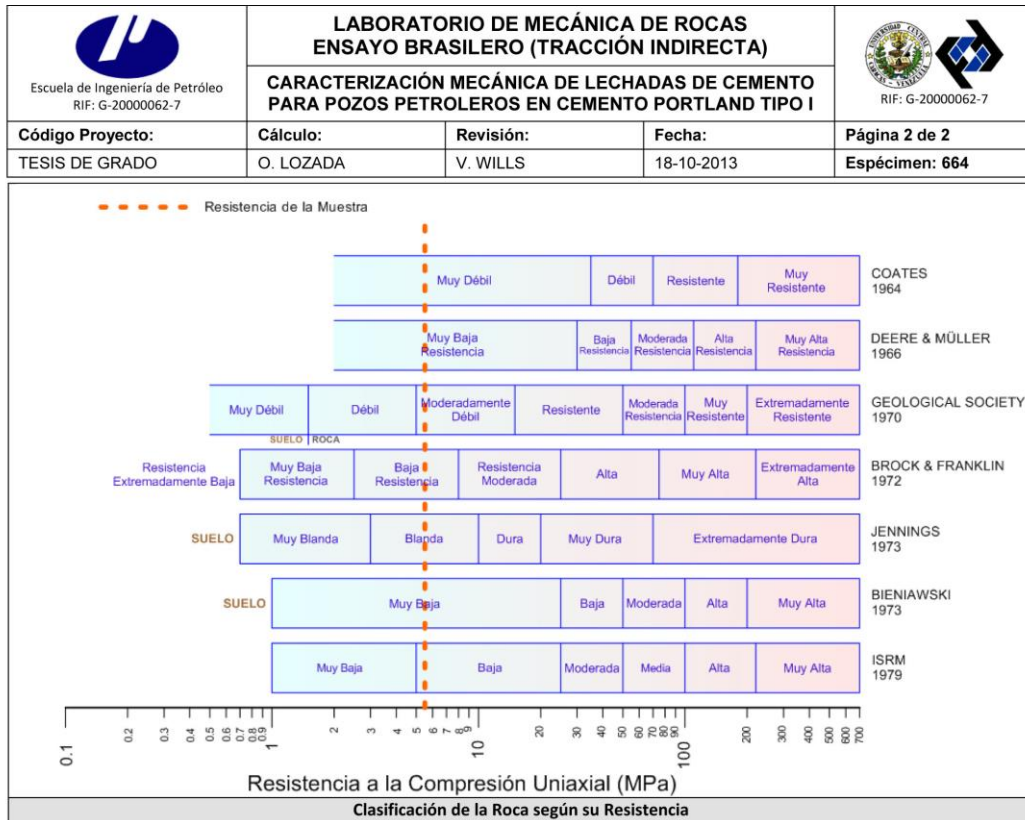
**Figura 75: Reporte de la muestra 663 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 664

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 664</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	664			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	50.5	mm		
<b>Espesor</b>	19.2	mm		
<b>Duración:</b>	4.68423	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	Carga Axial		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
<b>Carga Axial Pico</b>	2.794	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-1.83	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	5.50	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja			
<b>OBSERVACIONES</b>				



**Figura 76: Reporte de la muestra 664 (parte 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

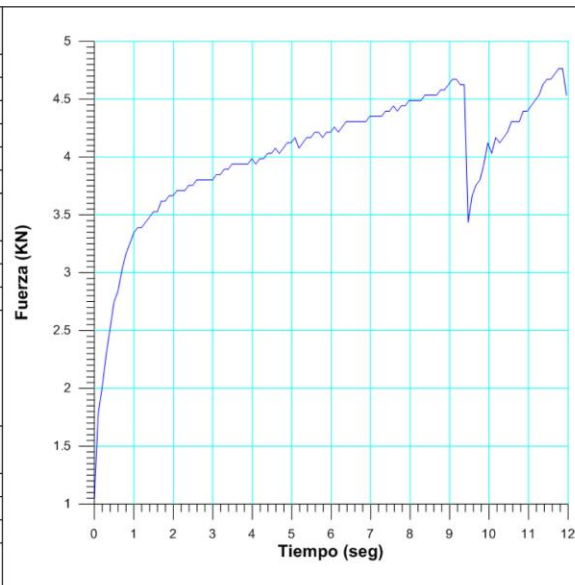
**Figura 76: Reporte de la muestra 664 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 665

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 665</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	665			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	50.50	mm		
<b>Espesor</b>	19.2	mm		
<b>Duración:</b>	12.6582	seg		
				
		INICIO		FINAL

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>			
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load		
<b>Tipo</b>	Incremental		
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa	
<b>Valor Inicial</b>	Relativo		
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min	
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN	
<b>ETAPA FINAL</b>			
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%	
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min	
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN	
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>			
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg	
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>	
	<b>Sensitividad</b>	2	kN
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-		





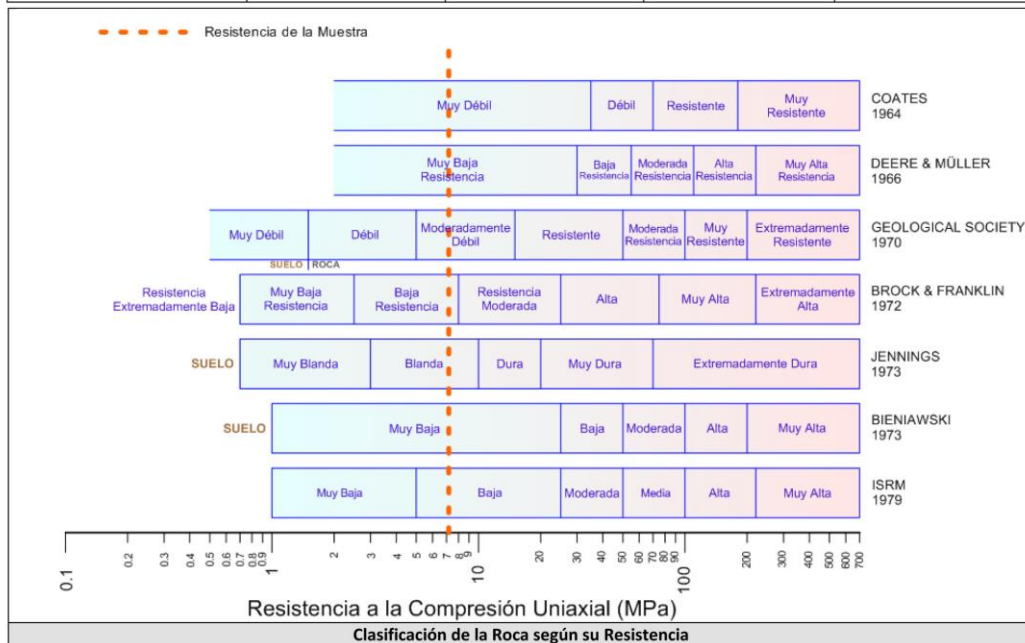
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Carga Axial Pico</b>	4.764	kN	
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.39	MPa	
<b>Resistencia a la Compresión</b>	7.18	MPa	
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja		

*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



**Figura 77: Reporte de la muestra 665 (parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS          ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO          PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 665</b>

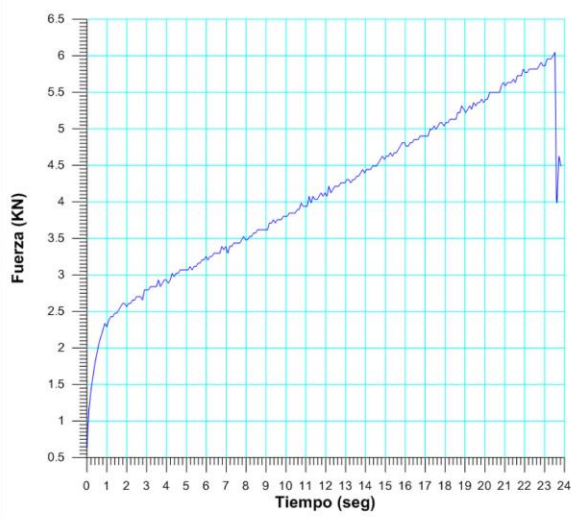


**Figura 77: Reporte de la muestra 665 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 666

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 666</b>

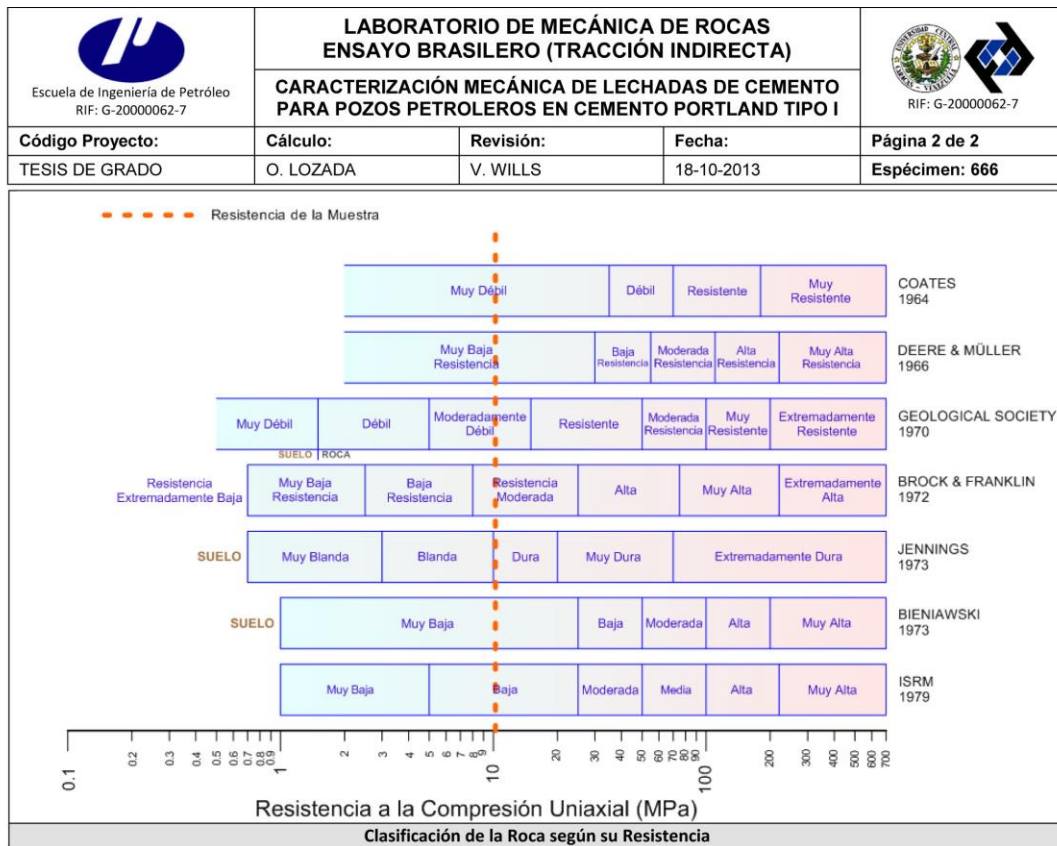
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	666			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.10	mm		
Espesor	22.10	mm		
Duración:	25.5163	seg		
				
		INICIO		FINAL

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				<b>OBSERVACIONES</b>
Carga Axial Pico	6.046	kN		
Resistencia a la Tracción	-3.41	MPa		
Resistencia a la Compresión	10.22	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

**Figura 78: Reporte de la muestra 666 (parte 1)**





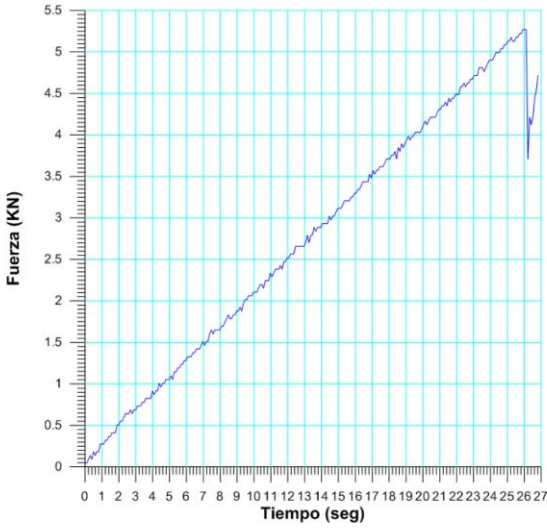


*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 78: Reporte de la muestra 666 (parte 2)**

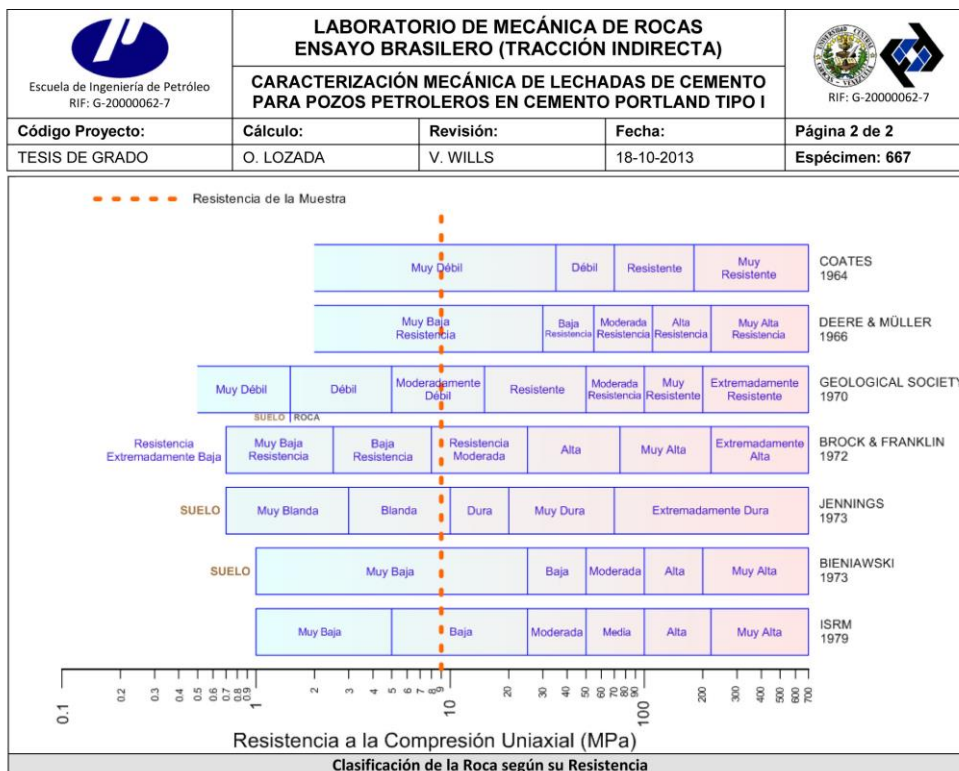
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 667

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>  <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-20000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 667</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	667			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	50.70	mm		
Espesor	22.05	mm		
Duración:	27.2107	seg		
				
		INICIO	FINAL	
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
Carga Axial Pico	5.268	kN		
Resistencia a la Tracción	-3.00	MPa		
Resistencia a la Compresión	9.00	MPa		
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja			
<b>OBSERVACIONES</b>				

*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

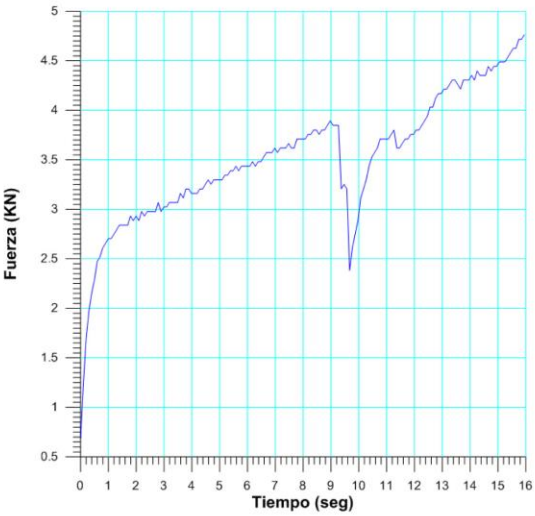
**Figura 79: Reporte de la muestra 667 (parte 1)**



**Figura 79: Reporte de la muestra 667 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 673

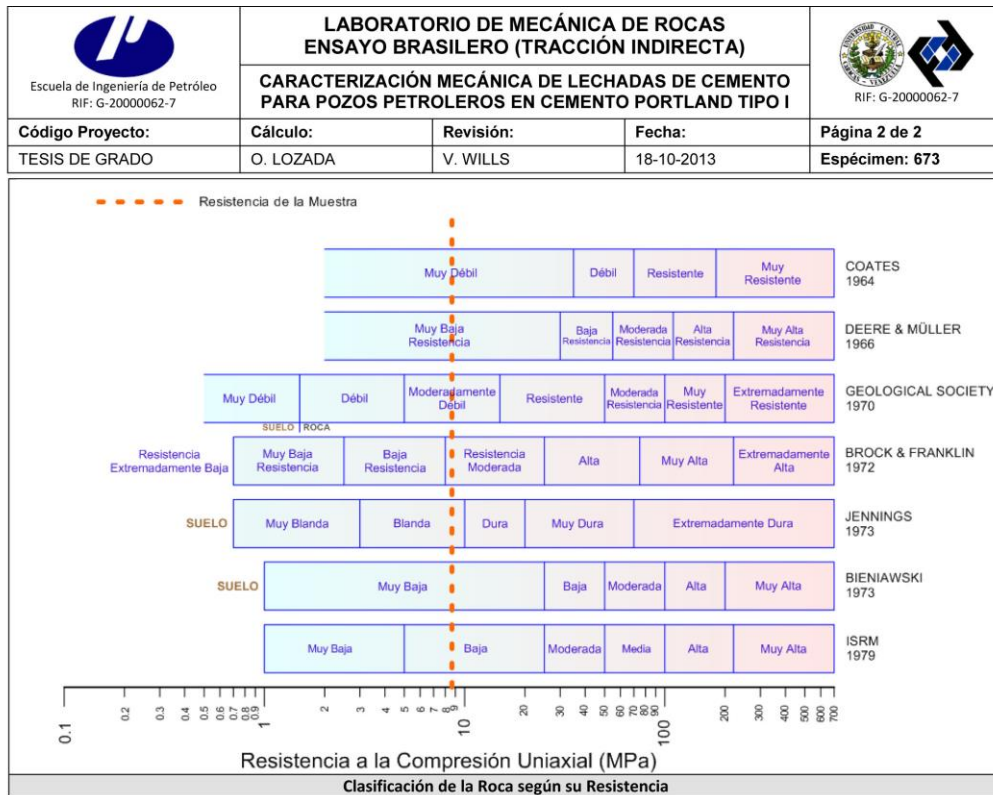
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	Espécimen: 673
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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	673			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	51.10	mm		
Espesor	20.60	mm		
Duración:	16.2465	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Carga Axial Pico	4.764	kN		
Resistencia a la Tracción	-2.88	MPa		
Resistencia a la Compresión	8.64	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

**Figura 80: Reporte de la muestra 673 (parte 1)**







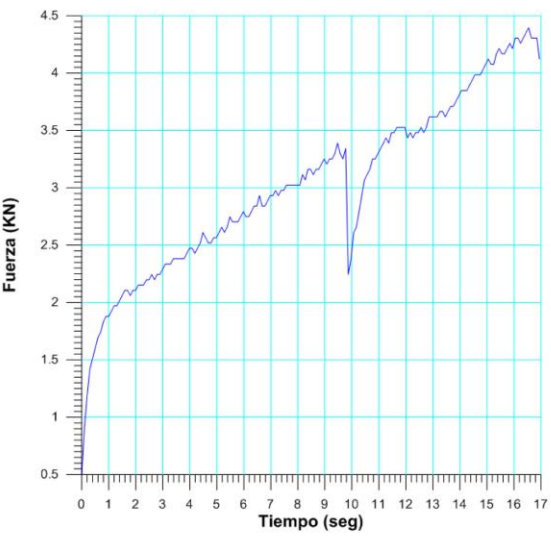
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 80: Reporte de la muestra 673 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 674

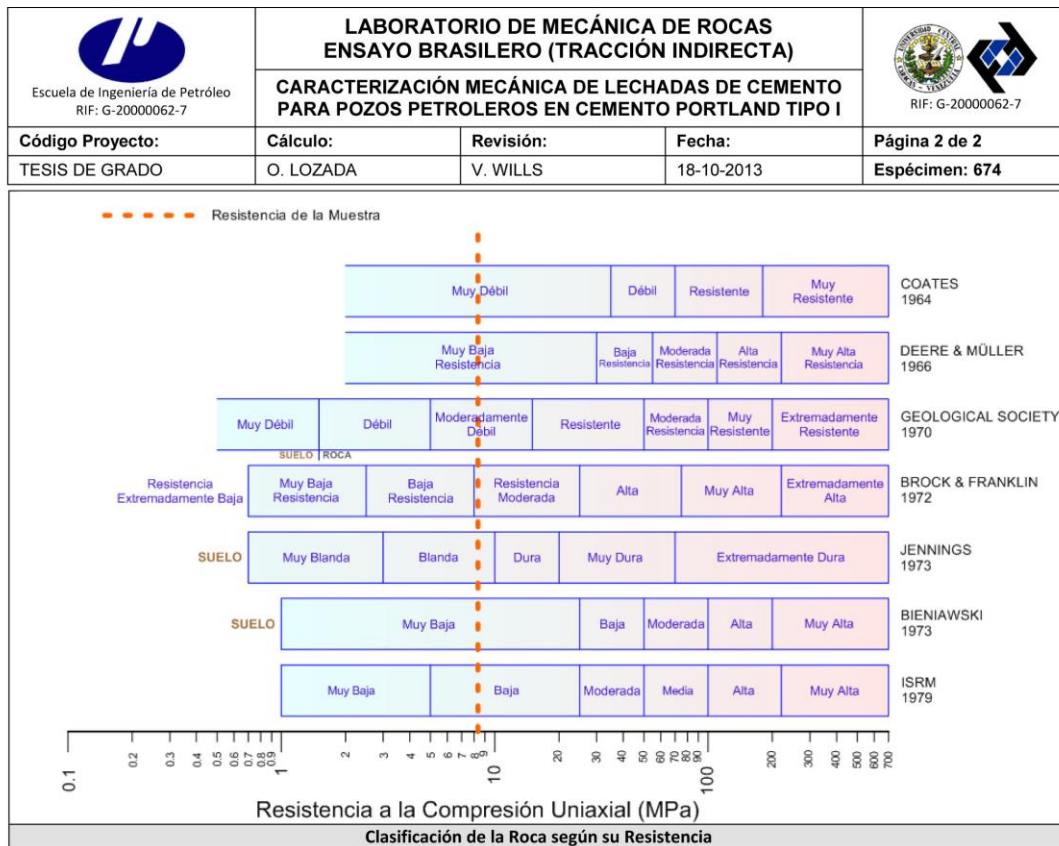
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 674</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	674			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm		
<b>Espesor</b>	19.70	mm		
<b>Duración:</b>	17.7416	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	4.397	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.78	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	8.34	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	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

**Figura 81: Reporte de la muestra 674 (parte 1)**







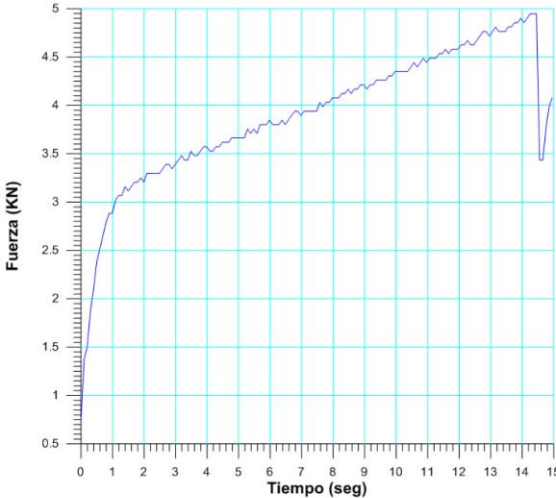
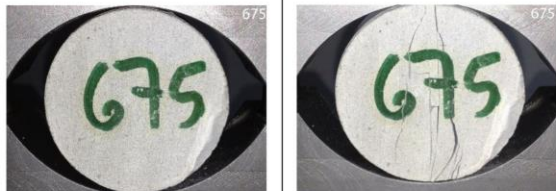
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

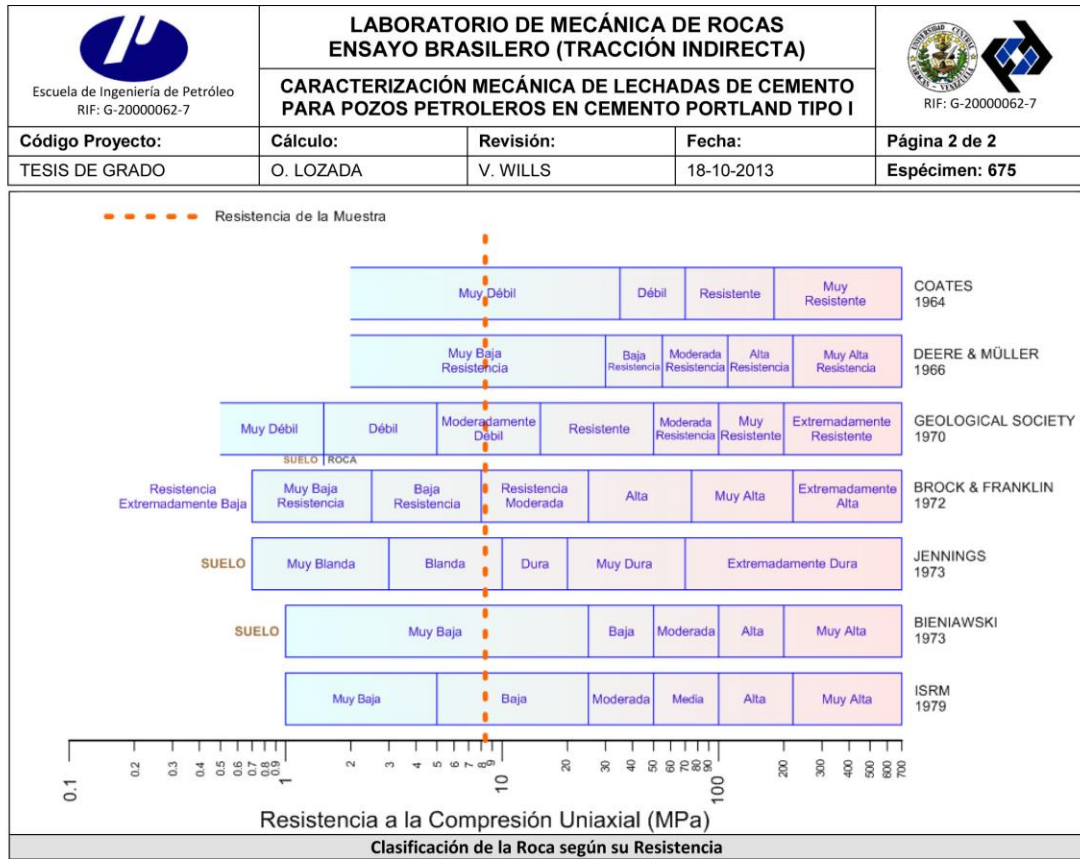
**Figura 81: Reporte de la muestra 674 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 675

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 675</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	675			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	50.90	mm		
<b>Espesor</b>	22.20	mm		
<b>Duración:</b>	16.6452	seg		
				
		<b>INICIO</b>		<b>FINAL</b>
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Carga Axial Pico</b>	4.947	kN		
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.79	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	8.34	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja			





**Figura 82: Reporte de la muestra 675 (parte 1)**




**Figura 82: Reporte de la muestra 675 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 676

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 676</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
<b>DATOS GENERALES</b>		
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I	
<b>Espécimen:</b>	676	
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio	
<b>Edad del Cemento</b>	18	días
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-
<b>Profundidad:</b>	-	m
<b>Diámetro (D)</b>	50.10	mm
<b>Espesor</b>	23.50	mm
<b>Duración:</b>	11.1631	seg



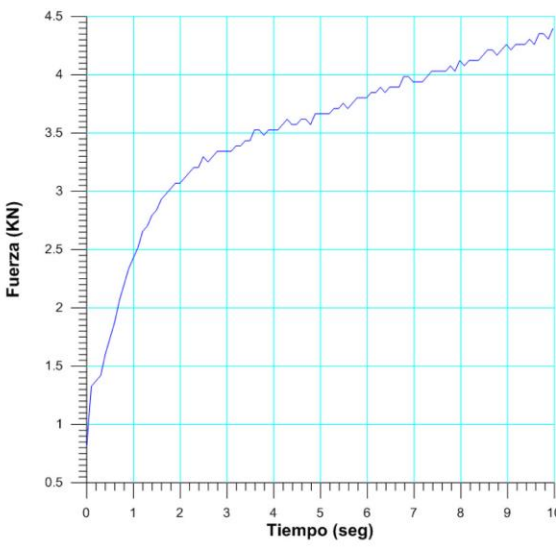
**INICIO**



**FINAL**

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>			
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load		
<b>Tipo</b>	Incremental		
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa	
<b>Valor Inicial</b>	Relativo		
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min	
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN	
<b>ETAPA FINAL</b>			
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%	
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min	
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN	

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

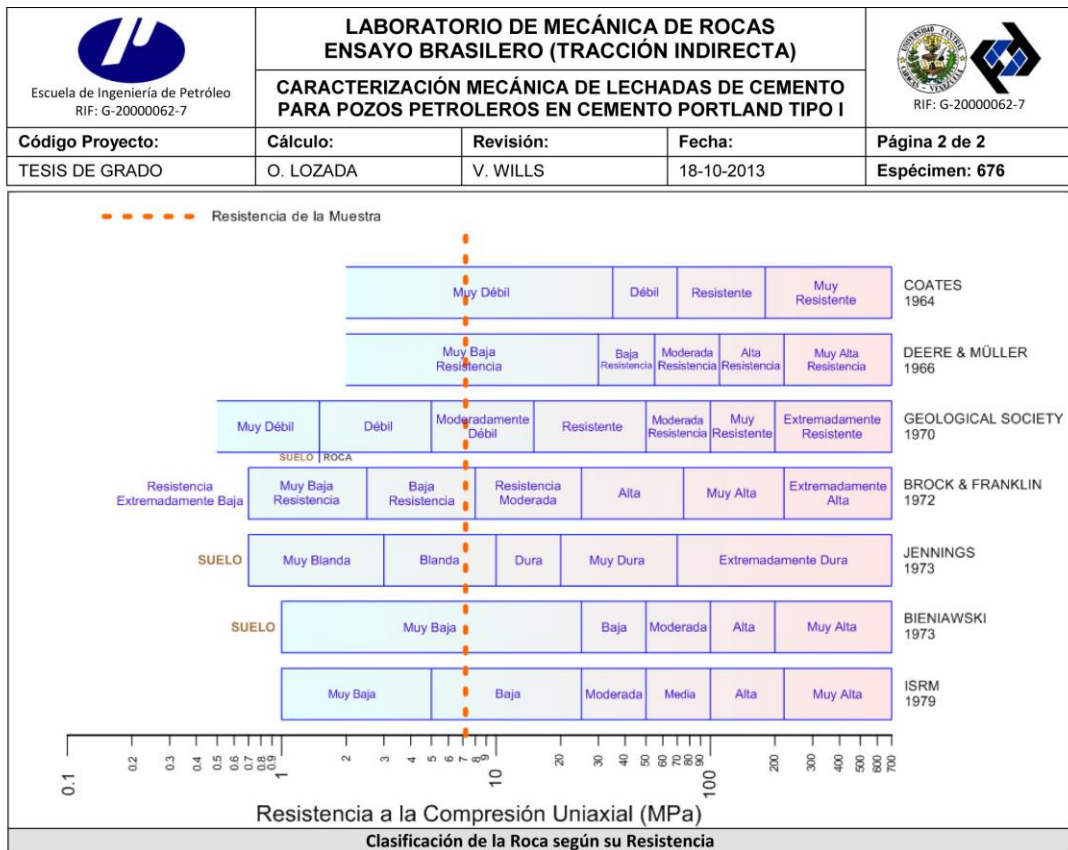


<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Carga Axial Pico</b>	4.443	kN	
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.40	MPa	
<b>Resistencia a la Compresión</b>	7.21	MPa	
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja		

*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

**Figura 83: Reporte de la muestra 676 (parte 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

**Figura 83: Reporte de la muestra 676 (parte 2)**

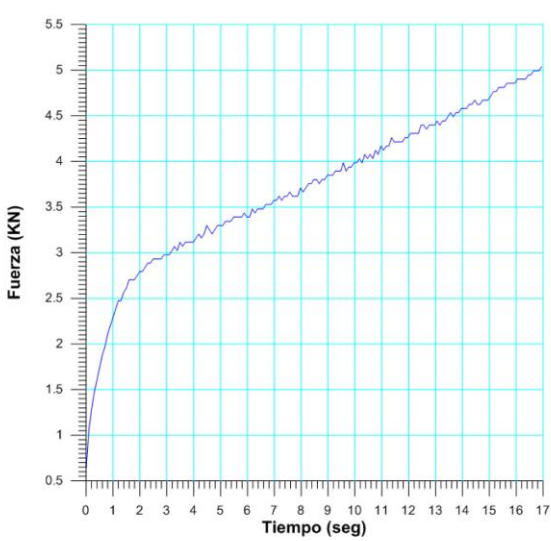
## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 677

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Especimen: 677</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Especimen:</b>	677			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm		
<b>Espesor</b>	20.30	mm		
<b>Duración:</b>	18.4394	seg		
				
		<b>INICIO</b>		<b>FINAL</b>
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	AI-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	<b>Carga Axial</b>		
	<b>Sensitividad</b>	2	<b>kN</b>	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>	-			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
<b>Carga Axial Pico</b>	5.039	kN	<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-3.09	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	9.28	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	Baja			

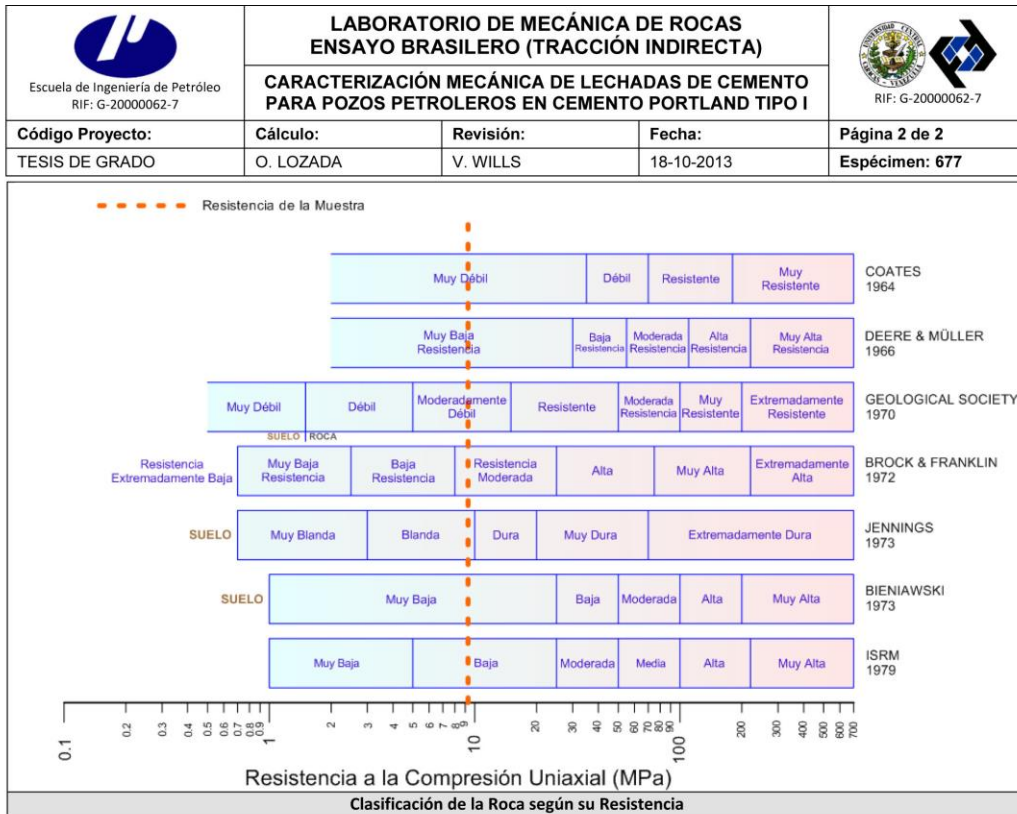


INICIO

FINAL



**Figura 84: Reporte de la muestra 677 (parte 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-2000062-7

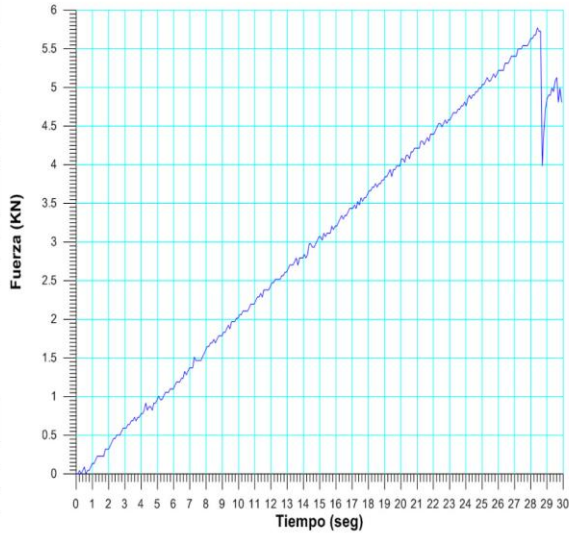
**Figura 84: Reporte de la muestra 677 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 678

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	17-04-2014	<b>Espécimen: 678</b>

<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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
<b>DATOS GENERALES</b>		
Software:	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89	
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I	
Espécimen:	678	
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio	
Edad del Cemento	18	días
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-
Profundidad:	-	m
Diámetro (D)	51.10	mm
Espesor	25.10	mm
Duración:	30.3007	seg
		
INICIO		FINAL

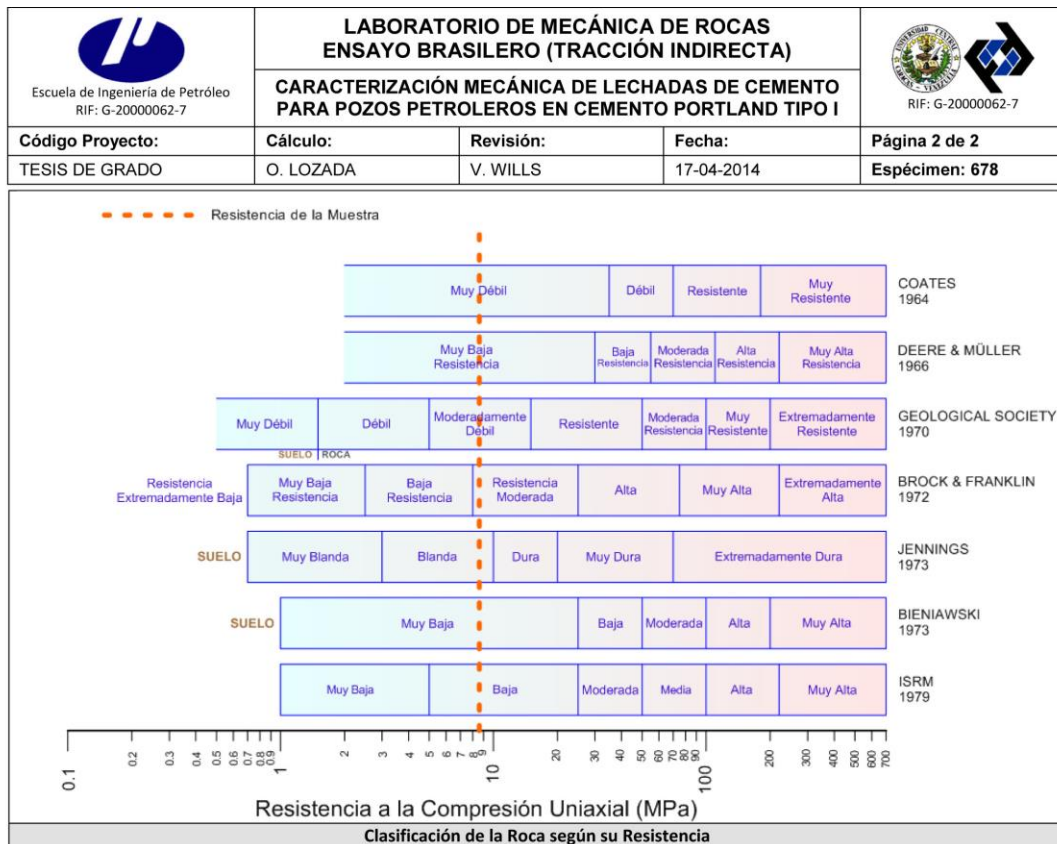
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>		
Retroalimentación:	AI-1: Axial Load	
Tipo	Incremental	
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa
Valor Inicial	Relativo	
Velocidad de Carga:	12	kN/min
Carga Máxima permitida	100	kN
<b>ETAPA FINAL</b>		
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min
Carga Máxima del Ensayo	50	kN
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>		
Incremento de Tiempo	0.1	seg
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial
	Sensitividad	2 kN
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo	-	
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>		
Carga Axial Pico	5.772	kN
Resistencia a la Tracción	-2.86	MPa
Resistencia a la Compresión	8.59	MPa
Clasificación según su Resistencia (ISRM)	Baja	
<b>OBSERVACIONES</b>		



*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

**Figura 85: Reporte de la muestra 678 (parte 1)**







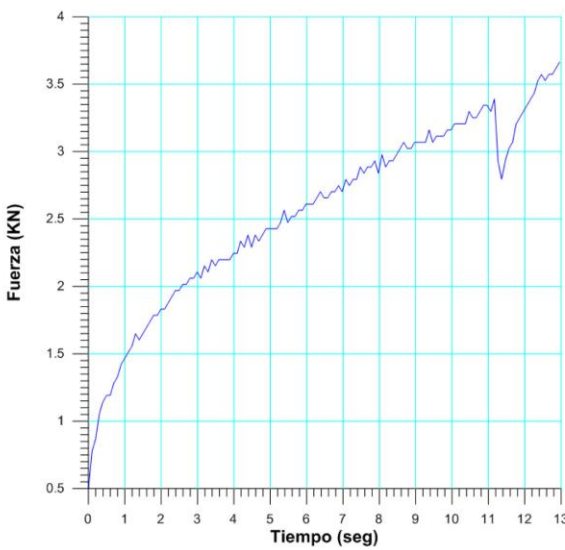
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 85: Reporte de la muestra 678 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 680

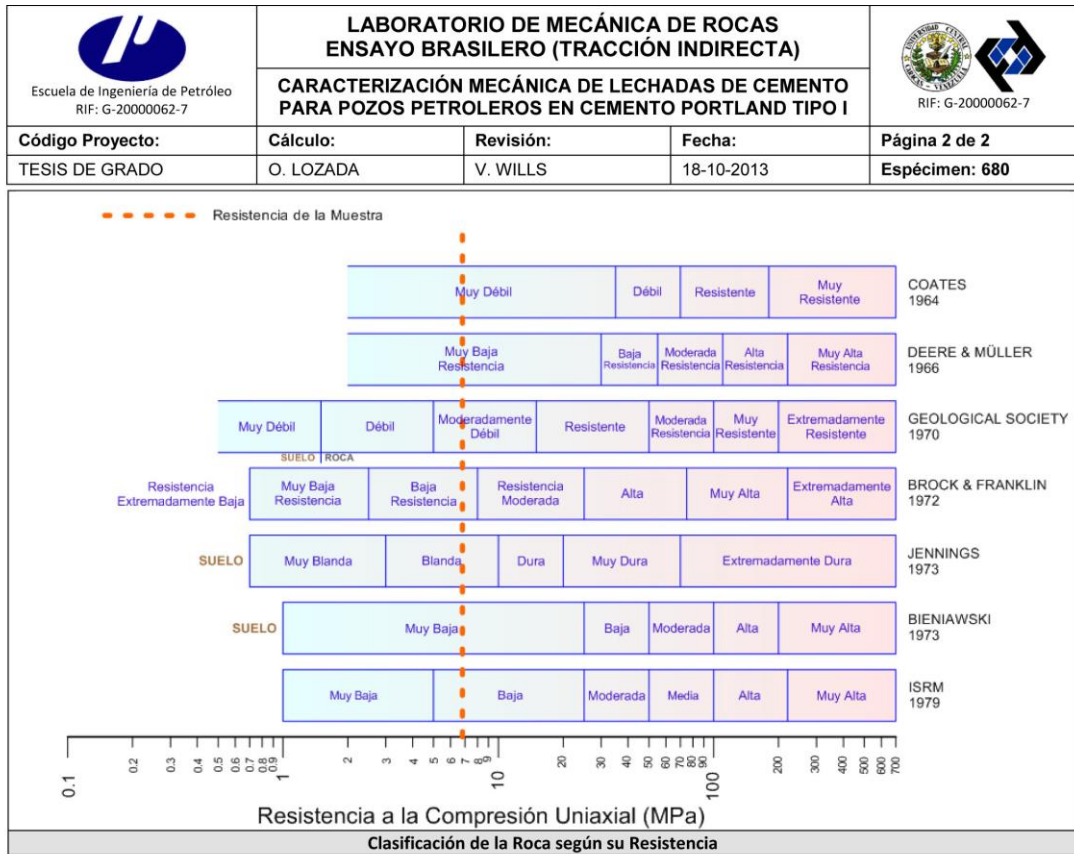
 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 2</b>
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	<b>Espécimen: 680</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	<b>ISRM</b>	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	<b>ASTM</b>	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Software:</b>	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
<b>Proyecto:</b>	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
<b>Espécimen:</b>	680			
<b>Perforación:</b>	Muestra Preparada en el Laboratorio			
<b>Edad del Cemento</b>	18	días		
<b>Relación Cemento : Agua</b>	2.2:1	-		
<b>Profundidad:</b>	-	m		
<b>Diámetro (D)</b>	51.10	mm		
<b>Espesor</b>	20.10	mm		
<b>Duración:</b>	13.5553	seg		
				
		INICIO		FINAL
<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
<b>Retroalimentación:</b>	Al-1: Axial Load			
<b>Tipo</b>	Incremental			
<b>Esfuerzo de Asiento</b>	1.0	MPa		
<b>Valor Inicial</b>	Relativo			
<b>Velocidad de Carga:</b>	12	kN/min		
<b>Carga Máxima permitida</b>	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
<b>Deformación Axial - Ea</b>	>=	1.2%		
<b>Tiempo Máximo del Ensayo</b>	2	min		
<b>Carga Máxima del Ensayo</b>	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
<b>Incremento de Tiempo</b>	0.1	seg		
<b>Level Crossing</b>	<b>Entrada de Control</b>	Carga Axial		
	<b>Sensitividad</b>	2	kN	
<b>Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo</b>				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
<b>Carga Axial Pico</b>	3.665	kN	<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Resistencia a la Tracción</b>	-2.27	MPa		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	6.81	MPa		
<b>Clasificación según su Resistencia (ISRM)</b>	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

**Figura 86: Reporte de la muestra 680 (parte 1)**





*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

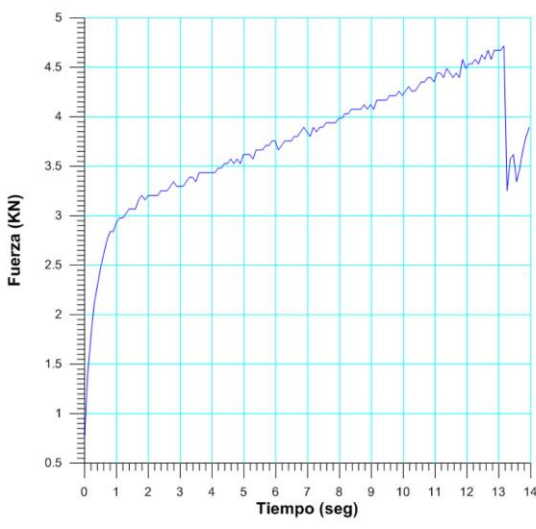
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 86: Reporte de la muestra 680 (parte 2)**

## Ensayo de Tracción Indirecta a la muestra 681

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS                  ENSAYO BRASILEIRO (TRACCIÓN INDIRECTA)</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO                  PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 1 de 2
TESIS DE GRADO	O. LOZADA	V. WILLS	18-10-2013	Espécimen: 681

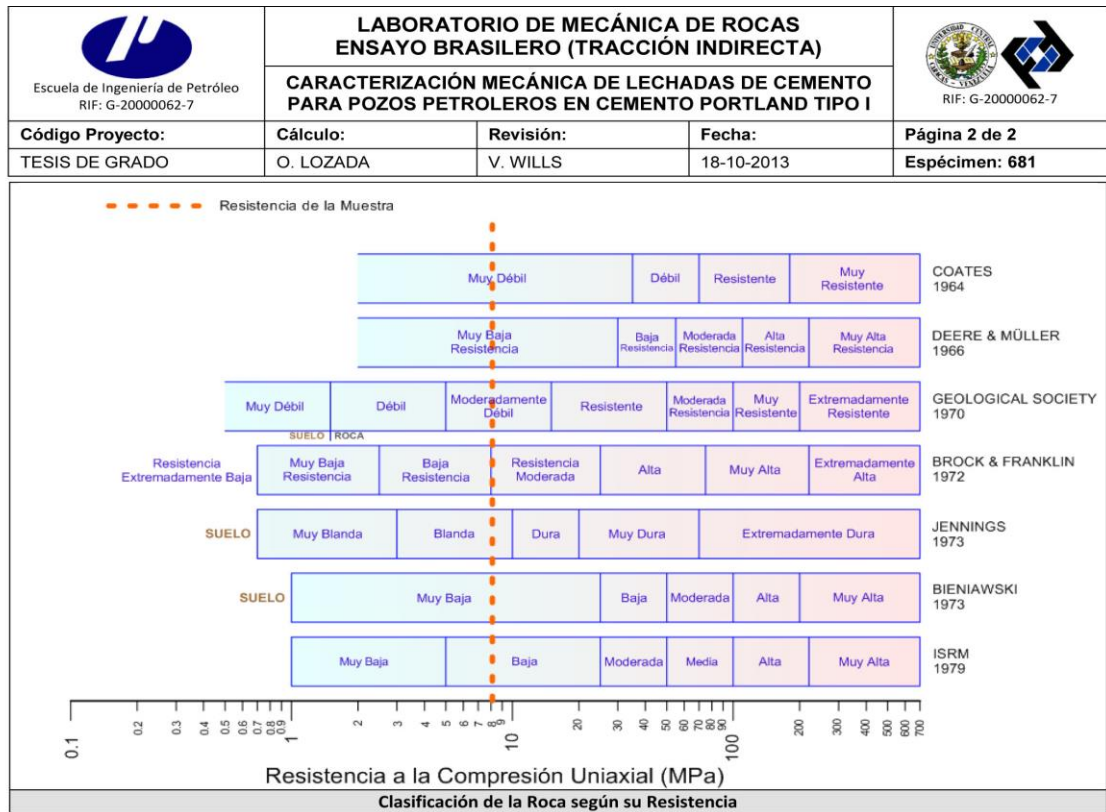
NORMAS UTILIZADAS	ISRM	Methods for Determining Tensile Strength of Rock Materials		
	ASTM	D5731 – 08 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Software:	C.A.T.S. Advanced –Versión: 1.89			
Proyecto:	CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I			
Espécimen:	681			
Perforación:	Muestra Preparada en el Laboratorio			
Edad del Cemento	18	días		
Relación Cemento : Agua	2.2:1	-		
Profundidad:	-	m		
Diámetro (D)	50.50	mm		
Espesor	22.00	mm		
Duración:	15.1501	seg		
			INICIO	FINAL

<b>ETAPA DE CARGA ESTÁTICA</b>				
Retroalimentación:	Al-1: Axial Load			
Tipo	Incremental			
Esfuerzo de Asiento	1.0	MPa		
Valor Inicial	Relativo			
Velocidad de Carga:	12	kN/min		
Carga Máxima permitida	100	kN		
<b>ETAPA FINAL</b>				
Deformación Axial - Ea	>=	1.2%		
Tiempo Máximo del Ensayo	2	min		
Carga Máxima del Ensayo	50	kN		
<b>ADQUISICIÓN DE DATOS:</b>				
Incremento de Tiempo	0.1	seg		
Level Crossing	Entrada de Control	Carga Axial		
	Sensitividad	2	kN	
Manejo de las deformaciones al inicio del ensayo				
-				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Carga Axial Pico	4.718	kN		
Resistencia a la Tracción	-2.70	MPa		
Resistencia a la Compresión	8.11	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

**Figura 87: Reporte de la muestra 681 (parte 1)**





*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

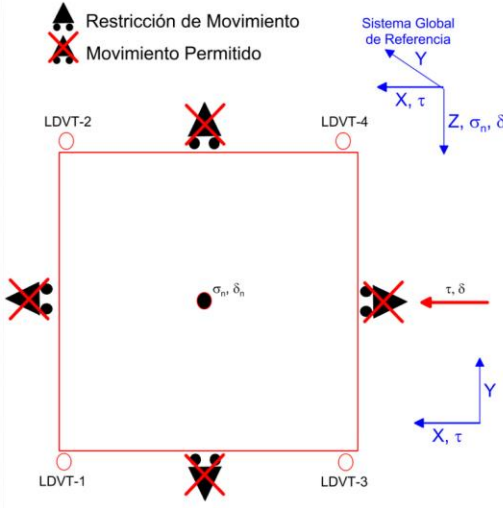
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo, Facultad de Ingeniería, Caracas  
 Teléfonos : +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 87: Reporte de la muestra 681 (parte 2)**

# **Ensayos de Corte**

## Ensayo de Corte a la muestra 715

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>				
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 715</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>		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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
<b>Equipo</b>	GCTS - RDS-500			
<b>Software</b>	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
<b>Proyecto</b>				
<b>Espécimen</b>	715			
<b>Origen del Espécimen</b>				
<b>Coordenadas de la muestra</b>				
<b>Perforación</b>	Muestra elaborada en el laboratorio			
<b>Clasificación Geológica del Espécimen</b>				
<b>Formación Geológica</b>	Cilindro de pasta de cemento Portland Tipo I			
<b>Tipo de Roca</b>	-			
<b>Inclinación de la Discontinuidad</b>	No existe			
<b>Tipo de Espécimen</b>	Cilíndrico	Referido al eje vertical de la caja		
		Altura	127.10 mm	
		Diámetro	51.10 mm	
<b>Dirección de Esfuerzo de Corte</b>	-			
<b>Longitud del eje Mayor</b>	-			
<b>Área Inicial</b>	203.937 cm <sup>2</sup>			
<b>Grados de libertad de la Caja de Corte</b>	Todos			





PROGRAMA DE CARGA			
Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL $\sigma_n$		Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE $\tau_n$	
<b>Actuador de Corte</b>		<b>Actuador de Corte</b>	
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte	Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte
Modo	Constante	Modo	Incremental
Valor Constante	Relativo	Valor Inicial	0 mm
<b>Actuador Normal</b>		Velocidad de Desplazamiento	2 mm/minuto
Retroalimentación	TI-2: $\sigma_n$ – Esfuerzo Normal	Valor Final	6 mm
Modo	Incremental	<b>Actuador Normal</b>	
Valor Inicial	0 kPa	Retroalimentación	AI-1: Carga Normal
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados kPa/segundo	Modo	Constante
Valor Final	kPa	Valor Constante	Relativo
<b>Adquisición de Datos</b>		<b>Adquisición de Datos</b>	
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
<b>Tiempo Máximo de Ejecución</b>	0.5 minutos	<b>Tiempo Máximo de Ejecución</b>	5 minutos
<b>Corrección del área para la Deformación por Corte</b>	sin corrección	<b>Corrección del área para la Deformación por Corte</b>	con corrección

*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

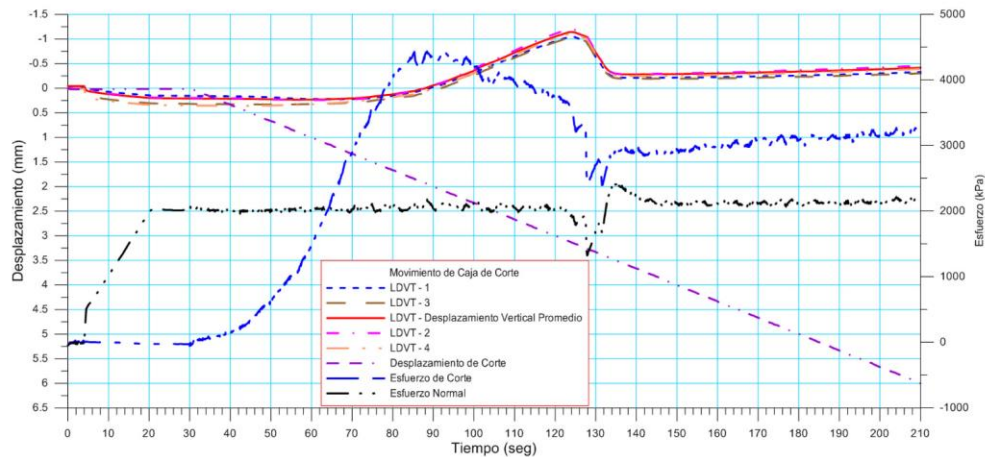
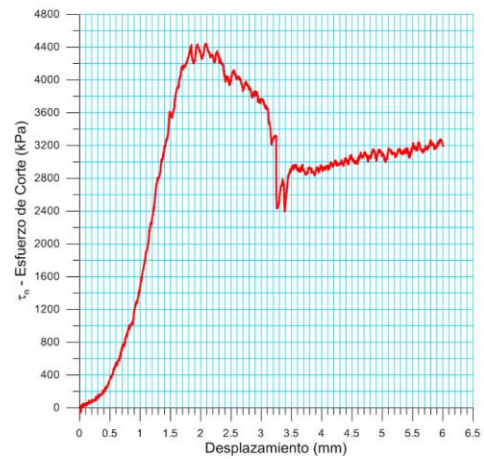
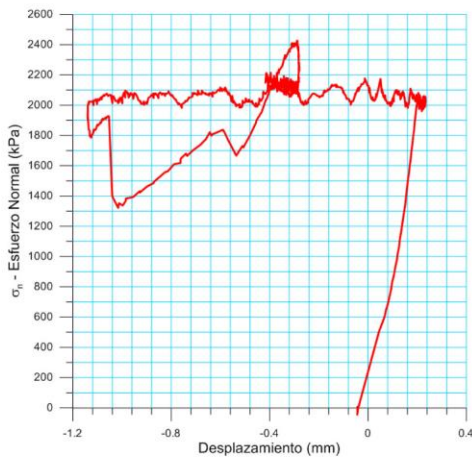
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería, Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 2 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 715</b>

### Resultados



Punto 1	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 100 kPa/segundo		Valor Final – $\sigma_n$ 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	40.22	-35.75	<b>4456.96</b>	<b>3162.89</b>	kPa
Tiempo	4.32559	30.0002	92.705	210.001	segundos
Deformación de Corte	0.022	0.012	2.09	6.03	mm
Deformación Normal	0.0021	0.2102	-0.108	-0.4174	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	44.67	2001.58	<b>2126.89</b>	<b>2116.26</b>	kPa



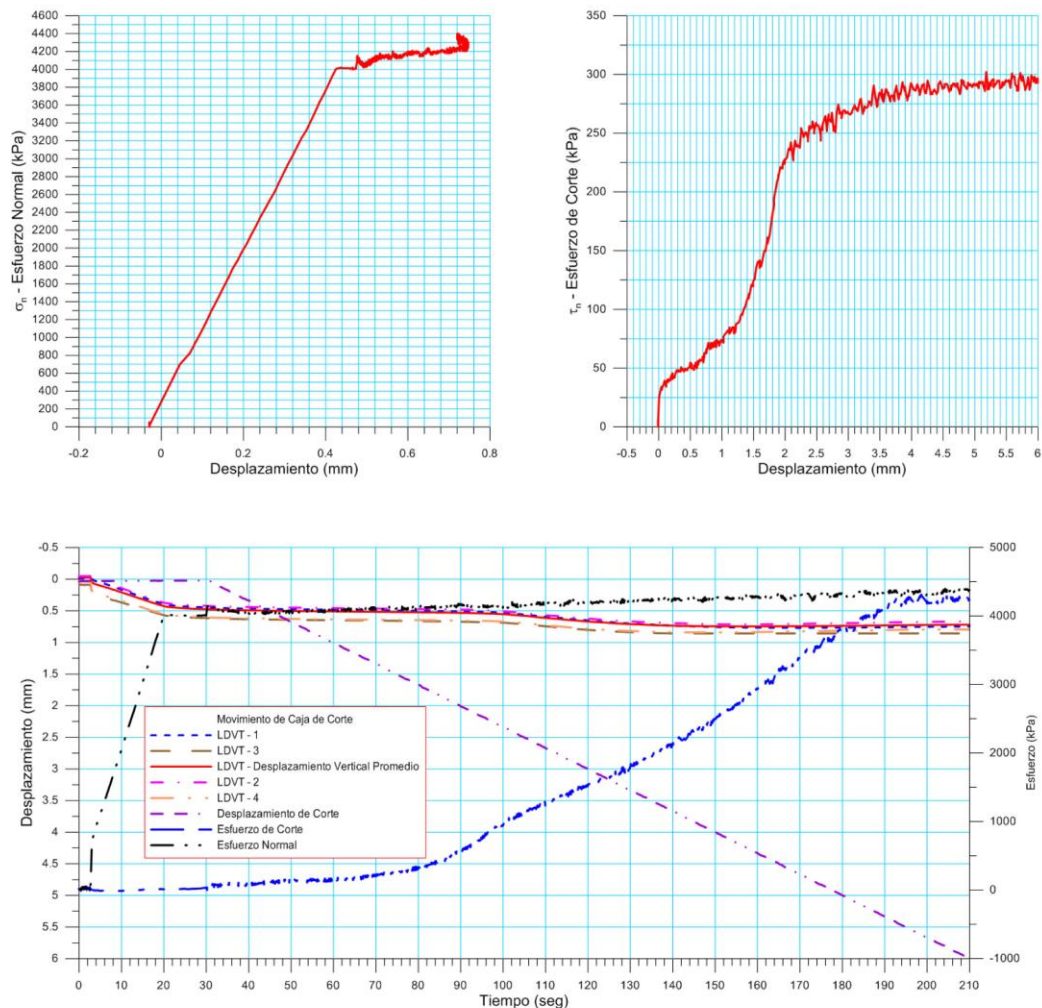
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 2)**



 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 3 de 6
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	Espécimen: 715

<b>Punto 2</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 200 kPa/segundo</b>	<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 4000 kPa</b>			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	67.07	17.89	4456.96	4177.04	kPa
Tiempo	0.0107492	30.0002	198.601	210.001	segundos
Deformación de Corte	0.04	0.02	5.616	6.008	mm
Deformación Normal	0.0288	0.4741	-0.7244	0.7244	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	44.67	4020.2	4402.04	4402.04	kPa

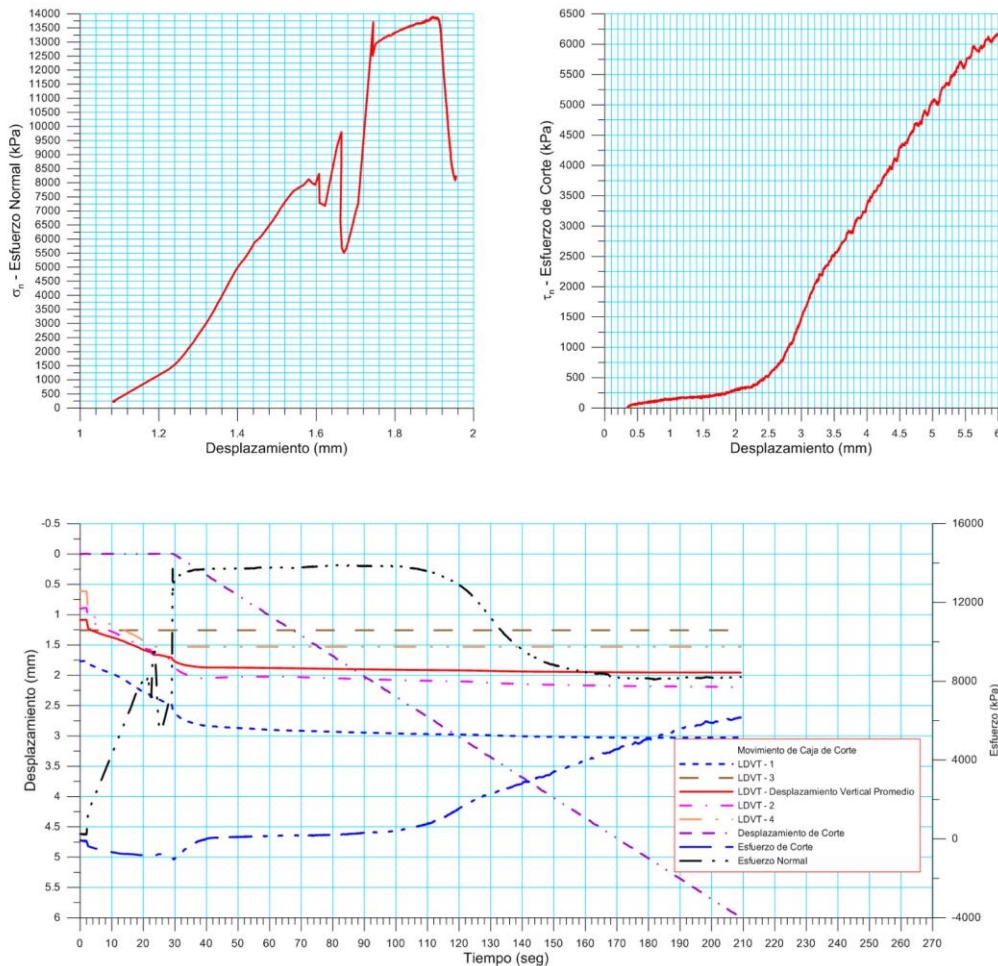


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 3)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 4 de 6
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	Espécimen: 715



<b>Punto 3</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 400 kPa/segundo</b>	<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 8000 kPa</b>			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	-44.69	-898.34	6183.74	6131.47	kPa
Tiempo	0.0107492	29.2741	209.025	209.275	segundos
Deformación de Corte	0.005	-0.005	5.988	6	mm
Deformación Normal	1.0884	1.7084	1.9549	1.955	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	253.02	7382.25	8229	8190.07	kPa



*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

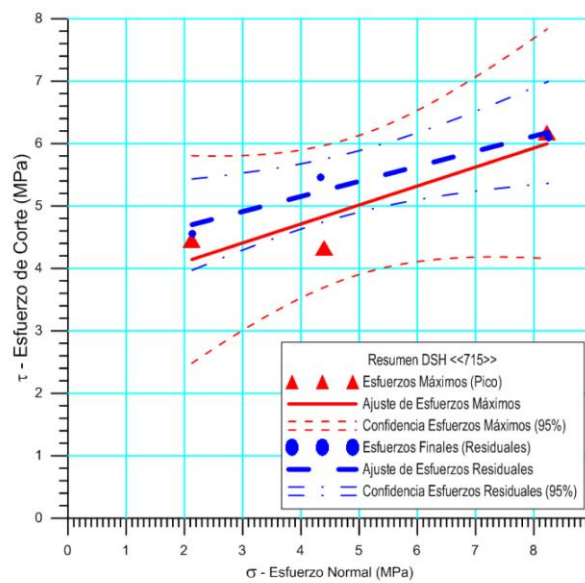
Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 4)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 5 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 715</b>



**Cuadro Resumen de los Resultados**

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
<b>1</b>	2.12689	4.45696	2.11626	3.16289
<b>2</b>	4.40204	4.33230	4.33782	4.177704
<b>3</b>	8.22900	6.18374	8.19007	6.13147



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$\tau = 0.0415 \cdot \sigma + 0.24$	$\tau = 0.0386 \cdot \sigma + 0.23$
Cohesión (c) (MPa)	0.236	0.231
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ), (grados)	2.34	2.21
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal ( $\sigma_n$ )	4.91931	4.881383333
Promedio Esfuerzo de Corte ( $\tau$ )	4.991	4.490466
Suma de los residuos cuadrados	0.001792	0.001359
Regresión Suma de los residuos cuadrados	0.001444	0.00129
Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )	0.446263	0.487021

**Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 5)**



 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS          ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO          PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 6 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 715</b>
<b>OBSERVACIONES</b>				
Sin Foto		INICIAL		
		Sin Foto		
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

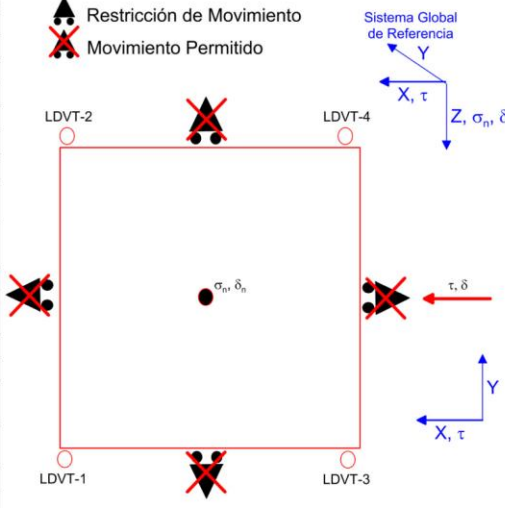
**Figura 88: Reporte de la muestra 715 (Parte 6)**

## Ensayo de Corte a la muestra 730

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b> <b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>	 RIF: G-2000062-7		
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 1 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 730</b>
<b>NORMAS UTILIZADAS</b>	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		
<b>DATOS GENERALES</b>				
Equipo	GCTS - RDS-500			
Software	C.A.T.S. Advanced – Versión: 1.89			
Proyecto				
Espécimen	730			
Origen del Espécimen				
Coordenadas de la muestra				
Perforación	Muestra elaborada en el laboratorio			
Clasificación Geológica del Espécimen				
Formación Geológica	Cilindro de pasta de cemento Portland Tipo I			
Tipo de Roca	-			
Inclinación de la Discontinuidad	No existe Referido al eje vertical de la caja			
Tipo de Espécimen	Cilíndrico	Altura	123.05 mm	
		Diámetro	51.10 mm	
		Angulo de inclinación con la vertical:	0°	
Dirección de Esfuerzo de Corte	-			
Longitud del eje Mayor	- mm			
Área Inicial	197.438647 cm <sup>2</sup>			
Grados de libertad de la Caja de Corte	Todos			

**Restricción de Movimiento**

**Movimiento Permitido**



**Sistema Global de Referencia**

$X, \tau$

$Z, \sigma_n, \delta$

$Y$

$\sigma_n, \delta_n$

$\tau, \delta$


$X, \tau$

$Y$

PROGRAMA DE CARGA			
Etapa 1: APLICACIÓN DE ESFUERZO NORMAL $\sigma_n$		Etapa 2: APLICACIÓN DE ESFUERZO DE CORTE $\tau_n$	
<b>Actuador de Corte</b>		<b>Actuador de Corte</b>	
Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte	Retroalimentación	AI-4: Desplazamiento de Corte
Modo	Constante	Modo	Incremental
Valor Constante	Relativo	Valor Inicial	0 mm
<b>Actuador Normal</b>		Velocidad de Desplazamiento	2 mm/minuto
Retroalimentación	TI-2: $\sigma_n$ – Esfuerzo Normal	Valor Final	6 mm
Modo	Incremental	<b>Actuador Normal</b>	
Valor Inicial	0 kPa	Retroalimentación	AI-1: Carga Normal
Velocidad de Carga	Ver etapa de resultados kPa/segundo	Modo	Constante
Valor Final	kPa	Valor Constante	Relativo
<b>Adquisición de Datos</b>		<b>Adquisición de Datos</b>	
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
<b>Tiempo Máximo de Ejecución</b>	0.5 minutos	<b>Tiempo Máximo de Ejecución</b>	5 minutos
Corrección del área para la Deformación por Corte	sin corrección	Corrección del área para la Deformación por Corte	con corrección

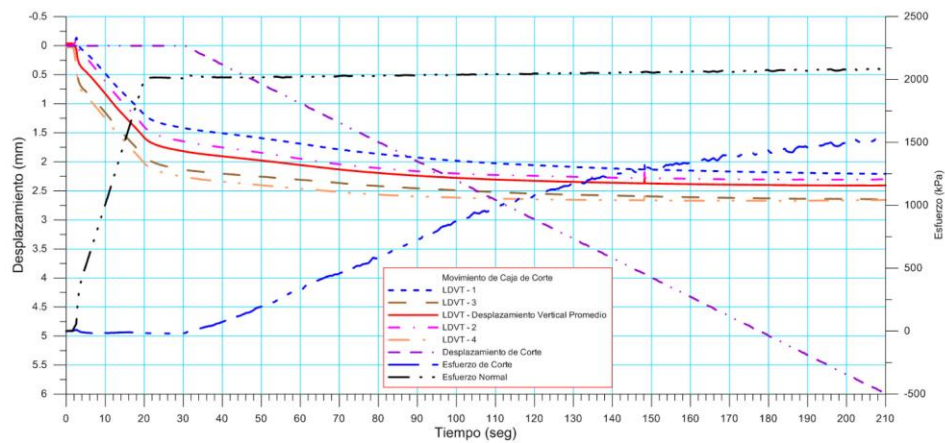
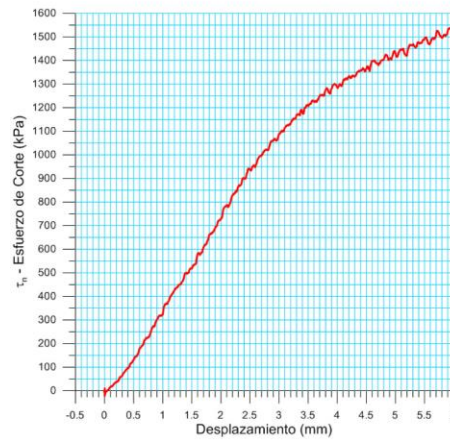
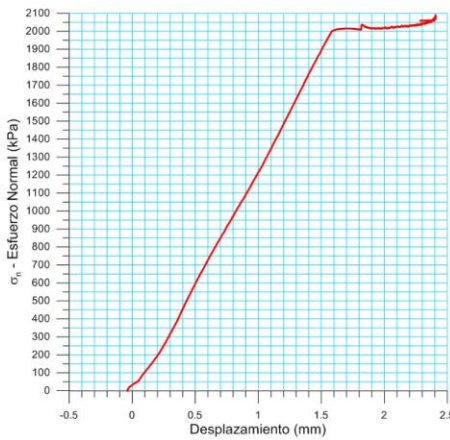
Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

**Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 1)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
Código Proyecto:	Cálculo:	Revisión:	Fecha:	Página 2 de 6
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	Espécimen: 730



**Resultados**

Punto 1	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 100 kPa/segundo		Valor Final – $\sigma_n$ 2000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	12.33	-16.96	1540.78	1521.18	kPa
Tiempo	2.61598	30.0002	208.85	210.001	segundos
Deformación de Corte	0.003	0.002	5.954	5.994	mm
Deformación Normal	0.0836	1.8155	2.4058	2.4057	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	22.32	2011.01	2082.97	2072.84	kPa

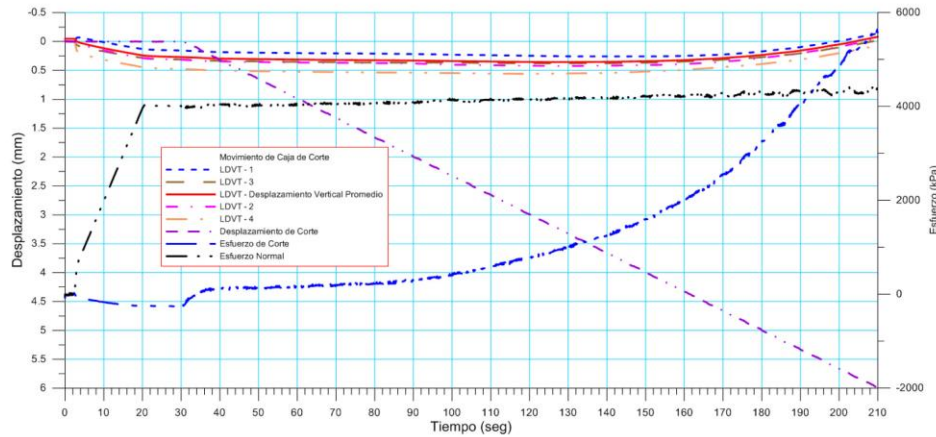
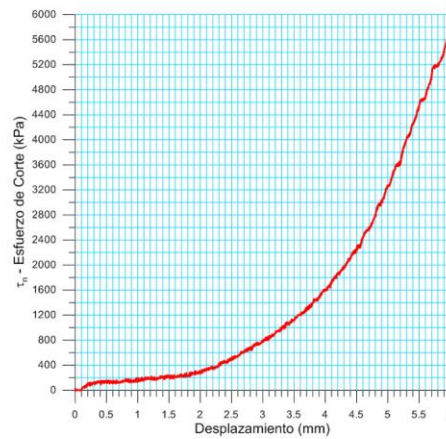
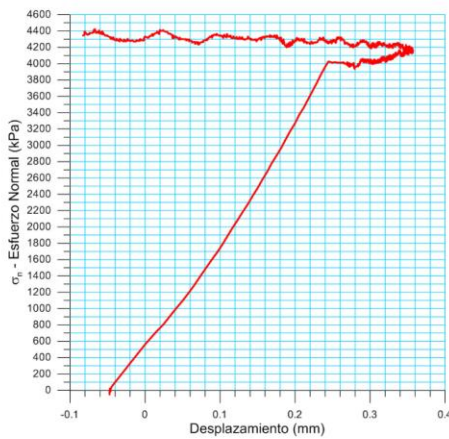


Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-2000062-7

**Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 2)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 3 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Especimen: 730</b>



Punto 2	Velocidad de Carga – $\sigma_n$ 200 kPa/segundo		Valor Final – $\sigma_n$ 4000 kPa		
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	40.22	-259.21	1540.78	5621.76	kPa
Tiempo	2.40979	30.0002	209.633	210.001	segundos
Deformación de Corte	0.005	0.002	5.983	5.995	mm
Deformación Normal	0.0469	0.2695	-0.0782	-0.0841	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	22.39	3996.08	4417.04	4377.44	kPa



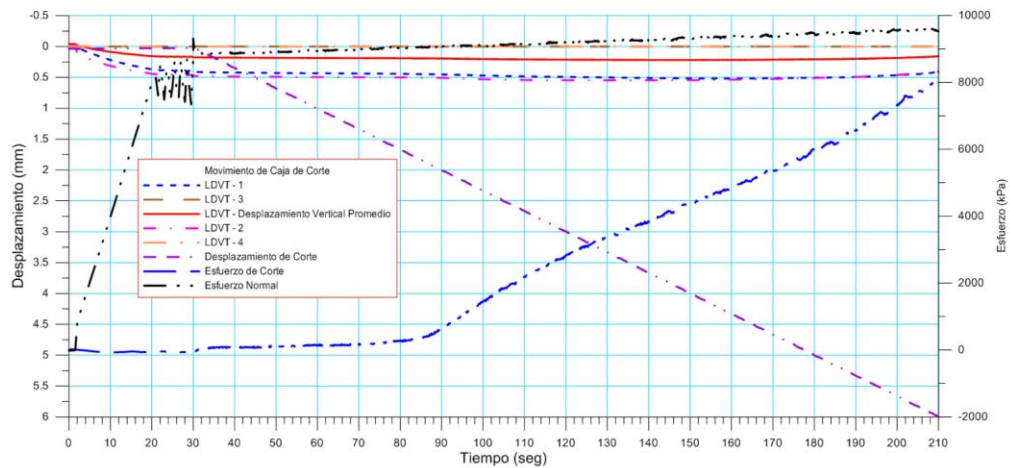
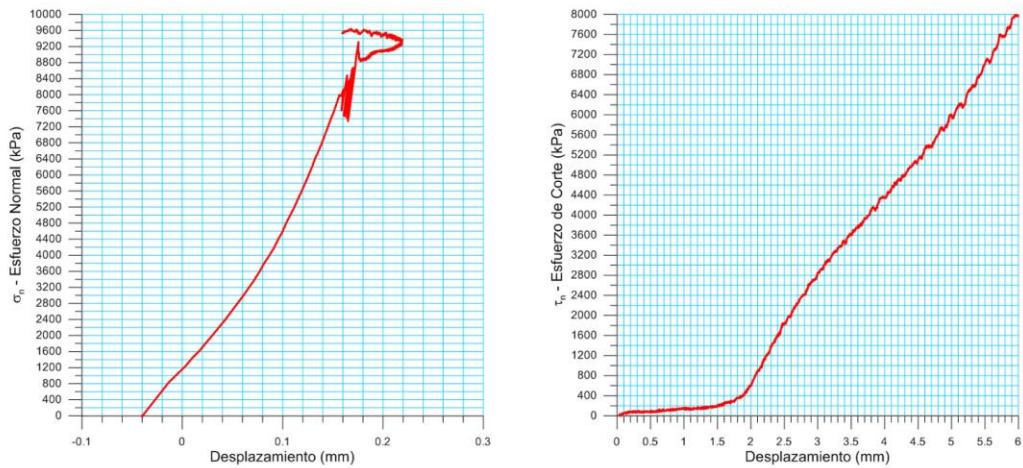
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*

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

**Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 3)**



 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 4 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 730</b>

<b>Punto 3</b>	<b>Velocidad de Carga – <math>\sigma_n</math> 400 kPa/segundo</b>	<b>Valor Final – <math>\sigma_n</math> 8000 kPa</b>			
VARIABLE	ETAPA 1 – Aplicación de Carga Normal		ETAPA 2 – Ejecución del Corte		Unidades
	Pico	Residual	Pico	Residual	
$\tau$ - Esfuerzo de Corte	62.6	-62.6	<b>8028.22</b>	<b>7974.44</b>	kPa
Tiempo	0.00244301	30.0002	208.892	210.001	segundos
Deformación de Corte	0.040	0.023	5.958	5.997	mm
Deformación Normal	-0.0401	0.1658	0.1625	0.159	mm
$\sigma$ - Esfuerzo Normal	22.33	7385.39	<b>9605.9</b>	<b>9530.43</b>	kPa



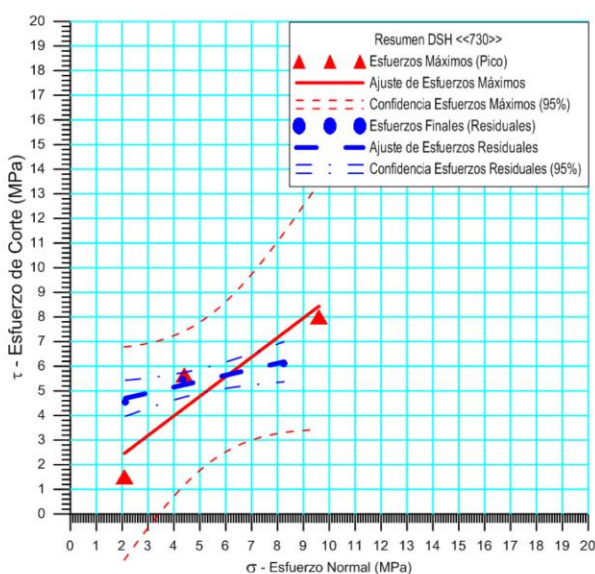
*Ciudad Universitaria de Caracas – Patrimonio Cultural de la Humanidad*  
 Ciudad Universitaria, Edificio de Geología-Química y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Caracas  
 Teléfonos: +58 (212) 605.3169 al 71 – Fax +58 (212) 605.3172 – RIF: G-20000062-7

**Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 4)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-2000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS</b> <b>ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-2000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO</b> <b>PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 5 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 730</b>



**Cuadro Resumen de los Resultados**

Datos del Espécimen Punto	Máximo (Pico)		Mínimo (Residual)	
	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_n$ (MPa)	$\tau$ (MPa)
<b>1</b>	2.08297	1.54078	2.07284	1.52118
<b>2</b>	4.41704	5.64502	4.37744	5.62176
<b>3</b>	9.60590	8.02822	9.53043	7.97



Resultados de las curvas de ajuste		
VARIABLE	Máximo (Pico)	Mínimo (Residual)
Tipo de ajuste	Lineal	Lineal
Ecuación de la recta	$\tau = 0.7952 \cdot \sigma + 0.802$	$\tau = 0.7958 \cdot \sigma + 0.7994$
Cohesión (c) (MPa)	0.802	0.7994
Ángulo de Fricción ( $\phi$ ), (grados)	38,49	38,51
Número de puntos	3	3
Promedio Esfuerzo Normal ( $\sigma_n$ )	5.368636	5.3269033333
Promedio Esfuerzo de Corte ( $\tau$ )	5.07134	5.039126667
Suma de los residuos cuadrados	0.001792	0.001359
Regresión Suma de los residuos cuadrados	0.001444	0.00129
Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )	0.8708	0.867

**Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 5)**

 Escuela de Ingeniería de Petróleo RIF: G-20000062-7	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS          ENSAYO CORTE DIRECTO - ESTÁTICO</b>			 RIF: G-20000062-7
	<b>CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LECHADAS DE CEMENTO          PARA POZOS PETROLEROS EN CEMENTO PORTLAND TIPO I</b>			
<b>Código Proyecto:</b>	<b>Cálculo:</b>	<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Página 6 de 6</b>
TESIS DE GRADO	O.LOZADA	V.WILLS	30-09-2013	<b>Espécimen: 730</b>
<b>OBSERVACIONES</b>				
<p>La muestra no rompió correctamente debido al incorrecto fraguado del cemento generando resultados irregulares, En efecto, no se pudo efectuar el ensayo con éxito</p>				
INICIAL				
Sin Foto		Sin Foto		
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

**Figura 89: Reporte de la muestra 730 (Parte 6)**