

**TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS PARA MEJORAR LAS COMPETENCIAS EN EL
LABORATORIO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES I Y II DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – UIS.**

**JULIAN DAVID MORA RAMIREZ
SILVIA MARCELA MORALES ORDUZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTADA DE INGENIERIA FISICO – MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

**TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS PARA MEJORAR LAS COMPETENCIAS EN EL
LABORATORIO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES I Y II DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – UIS.**

**JULIAN DAVID MORA RAMIREZ
SILVIA MARCELA MORALES ORDUZ**

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero civil

**Director
LUIS ALBERTO CAPACHO SILVA
Ingeniero Civil M.Sc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTADA DE INGENIERIA FISICO – MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por darme la vida, por brindarme la posibilidad de hacer lo que me gusta.

A mi mamá por brindarme su apoyo incondicional en cada decisión que tomé y por otorgarme palabras de apoyo cuando más la necesito.

A mis compañeros y amigos por sus aportes en esta investigación.

A mi director y profesor, Luis Alberto Capacho Silva por sus contribuciones realizadas al proyecto de investigación, durante el desarrollo del proyecto.

Julián David Mora Ramírez

A mis padres, Alberto y Marcela por ser un ejemplo y apoyo en cada uno de los momentos de mi vida, porque me han aportado valores morales y espirituales para mi desarrollo como persona.

A mi hermana, Adriana por su compañía y enseñanzas me han fortalecido en momentos difíciles.

A mi novio, Jeison por su apoyo, amor y paciencia ha logrado que cada día sea mejor persona.

A mi director de proyecto, El ingeniero Luis Alberto Capacho Silva por su incondicional colaboración y aportes para el desarrollo de este proyecto.

Silvia Marcela Morales Orduz

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	44
1. OBJETIVOS.....	47
1.1 OBJETIVO GENERAL	47
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	47
2. FASE 1: ENSAYOS NO NORMALIZADOS PARA LA MADERA, ACERO, SUELO Y CONCRETO IDENTIFICANDO LA TEXTURA, FORMA, VOLUMEN, DENSIDAD ENTRE OTROS.....	48
2.1 PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES DE MÁS USADOS EN CONSTRUCCIÓN.....	50
2.1.1 Propiedades Físicas del Acero	50
2.1.2 Propiedades Físicas de la Madera.....	58
2.1.3 Propiedades Físicas de los Agregados.....	77
2.1.4 Propiedades Físicas del Suelo.....	84
2.1.5 Propiedades físicas del concreto	88
3. FASE 2: MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA REALIZAR ENSAYOS NORMALIZADOS Y PODER COMPRENDER MEJOR LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS MATERIALES.....	92
3.1 MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (NTC 176- NTC 237)	93
3.1.1 Objetivo general.....	93
3.1.2 Objetivos específicos	93
3.1.3 Fundamento teórico	94
3.1.4 Muestra a ensayar	95
3.1.5 Materiales y Equipos.....	96
3.1.6 Procedimiento.	98

3.1.7 Recomendaciones.....	103
3.1.8 Cálculos.....	103
3.1.9 Aplicaciones e Importancia.....	104
3.1.10 Cuestionario.....	104
3.2 PERMEABILIDAD DE SUELOS GRANULARES (I.N.V. E – 130 – 07)	105
3.2.1 Objetivo general.....	105
3.2.2 Objetivos específicos.....	105
3.2.3 Fundamento teórico.....	105
3.2.4 Muestra a ensayar.....	106
3.2.5 Materiales y equipos.....	106
3.2.6 Procedimiento.....	108
3.2.7 Cálculos.....	112
3.2.8 Recomendaciones.....	113
3.2.9 Aplicaciones e importancia.....	113
3.2.10 Cuestionario.....	113
3.3 ANALISIS GRANULOMETRICO EN MATERIALES PARTICULADOS (INV 213-07, NTC 77).....	114
3.3.1 Objetivo general.....	114
3.3.2 Objetivos específicos.....	114
3.3.3 Fundamento teórico.....	114
3.3.4 Muestra a ensayar.....	115
3.3.5 Materiales y Equipo.....	115
3.3.6 Procedimiento.....	116
3.3.7 Recomendaciones.....	120
3.3.8 Cálculos.....	120
3.3.9 Aplicaciones e Importancia.....	122
3.3.10 Cuestionario.....	122
3.4 PENETRACION DE MATERIALES ASFALTICOS (I.N.V.E - 706-07)	123
3.4.1 Objetivo general.....	123
3.4.2 Objetivos específicos.....	123

3.4.3 Fundamento teórico	123
3.4.4 Muestra a ensayar	124
3.4.5 Materiales y Equipos.....	124
3.4.6 Procedimiento	125
3.4.7 Recomendaciones	130
3.4.8 Aplicaciones e Importancia	130
3.4.9 Cuestionario	130
3.5 METODO PARA DETERMINAR LOS TIEMPOS DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO (NTC -109, NTC-118).....	130
3.5.1 Parte A. Consistencia normal del cemento hidráulico	130
3.6 PUNTO DE ABLANDAMIENTO DE MATERIALES BITUMINOSOS (APARATO ANILLO DE BOLA) I.N.V.E -712-07.....	146
3.6.1 Objetivo general.....	146
3.6.2 Objetivos específicos.	146
3.6.3 Fundamento teórico	147
3.6.4 Muestra a Ensayar	147
3.6.5 Materiales y Equipos.....	148
3.6.6 Procedimiento	149
3.6.7 Cálculos	152
3.6.8 Recomendaciones	152
3.6.9 Aplicaciones e Importancia.	152
3.6.10 Cuestionario	152
3.7 DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES ASFALTICOS (INV E 720-07).....	153
3.7.1 Objetivo general	153
3.7.2 Objetivos específicos	153
3.7.3 Fundamento teórico	153
3.7.4 Materiales y Equipos.....	154
3.7.5 Procedimiento	155
3.7.6 Cálculos	158
3.7.7 Recomendaciones	158

3.7.8 Aplicaciones e Importancia	159
3.7.9 Cuestionario	159
3.8 LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG (INV E 125-07, INV E 126-07).	160
3.8.1 Objetivo general.....	160
3.8.2 Objetivos específicos	160
3.8.3 Fundamento teórico	160
3.8.4 Muestra a ensayar.	160
3.8.5 Materiales y Equipos.....	161
3.8.6 Procedimiento	163
3.8.7 Recomendaciones	166
3.8.8 Recomendaciones	168
3.8.9 Cálculos	168
3.8.10 Aplicaciones e Importancia.	169
3.8.11 Cuestionario.....	170
3.9 ENSAYO DE RESISTENCIA Y COMPRESION DE CILINDROS NORMALES DE HORMIGON (I.N.V. E – 410 – 07, NTC 673).....	170
3.9.1 Objetivo general.....	170
3.9.2 Objetivos específicos	170
3.9.3 Fundamento teórico.	170
3.9.4 Muestra a ensayar	171
3.9.5 Materiales y Equipos.....	171
3.9.6 Procedimiento	172
3.9.7 Recomendaciones	174
3.9.8 Calculos	175
3.9.9 Aplicaciones e Importancia	176
3.9.10 Cuestionario.....	176
3.10 ENSAYO DE TRACCION PARA PRODUCTOS DE ACERO, Y MODULO DE RIGIDEZ (ENSAYO #2 NTC- ACERO DE REFUERZO).	176
3.10.1 Objetivo general.....	176

3.10.2	Objetivos específicos	177
3.10.3	Fundamento teórico	177
3.10.4	Muestra a ensayar	179
3.10.5	Materiales y Equipos.....	180
3.10.6	Procedimiento	180
3.11	CÁLCULOS.....	183
3.11.1	Recomendaciones	184
3.11.2	Aplicación e importancia.	185
3.11.3	Cuestionario.....	185
3.12	ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA DE CILINDROS NORMALES DE HORMIGON (NTC -722).....	186
3.12.1	Objetivo general.....	186
3.12.2	Objetivos específicos.	186
3.12.3	Fundamento teórico	186
3.12.4	Muestra a ensayar	187
3.12.5	Materiales y Equipos.....	187
3.12.6	Procedimiento.	187
3.12.7	Cálculos.	189
3.12.8	Recomendaciones.	189
3.12.9	Aplicaciones e importancia	190
3.12.10	Cuestionario.....	190
3.13	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO (METODO DEL CORTE DIRECTO) (INV E-154-07)	190
3.13.1	Objetivo general.....	190
3.13.2	Objetivos específicos	191
3.13.3	Fundamento teórico.	191
3.13.4	Materiales y equipos	193
3.13.5	Muestra a ensayar	195
3.13.6	Procedimiento	196
3.13.7	Cálculos	200

3.13.8 Recomendaciones	201
3.13.9 Aplicaciones e Importancia	201
3.13.10 Cuestionario.....	201
3.14 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN AGREGADO FINO PARA CONCRETO NTC 127.....	202
3.14.1 Objetivo General	202
3.14.2 Fundamento teórico	202
3.14.3 Muestra a ensayar	202
3.14.4 Materiales y Equipos.....	202
3.14.5 Procedimiento	202
3.14.6 Interpretación de resultados.....	203
3.14.7 Aplicaciones e Importancia	204
3.14.8 Cuestionario.....	204
3.15 RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES. (INV E-218-07)	204
3.15.1 Objetivo general.....	204
3.15.2 Objetivos específicos	204
3.15.3 Fundamento Teórico.....	205
3.15.4 Muestra a Ensayar.....	206
3.15.5 Materiales y Equipos.....	207
3.15.6 Procedimiento.....	208
3.15.7 Cálculos	211
3.15.8 Recomendaciones	211
3.15.9 Aplicaciones e Importancia	212
3.15.10 Cuestionario.....	212
3.16 EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS (I.N.V.E - 133-07)	213
3.16.1 Objetivo general.....	213
3.16.2 objetivos específicos.....	213
3.16.3 Fundamento Teórico	213

3.16.4 Muestra a ensayar	214
3.16.5 Materiales y Equipos.....	214
3.16.6 Procedimiento	215
3.16.7 Cálculos.	218
3.16.8 Recomendaciones.	218
3.16.9 Aplicaciones e Importancia.	218
3.16.10 Cuestionario.....	218
3.17 SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO (I.N.V.E -220-07)..	219
3.17.1 Objetivo general.....	219
3.17.2 Objetivos específicos	219
3.17.3 Fundamento Teórico.....	219
3.17.4 Muestra a ensayar.	220
3.17.5 Materiales y Equipos:.....	221
3.17.6 Procedimiento.	222
3.17.7 Cálculos	225
3.17.8 Recomendaciones.	226
3.17.9 Aplicaciones e Importancia	226
3.17.10 Cuestionario.....	227
3.18 INDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS (INV E -230-07).....	227
3.18.1 Objetivo general.....	227
3.18.2 Objetivos específicos.	227
3.18.3 Fundamento Teórico.....	227
3.18.4 Muestra a ensayar.	229
3.18.5 Materiales y Equipos.....	230
3.18.6 Procedimiento.	231
3.18.7 Cálculos.	233
3.18.8 Recomendaciones	234
3.18.9 Aplicaciones e Importancia	235

3.18.10 Cuestionario.....	235
3.19 PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS (INV E-227-07)	236
3.19.1 Objetivo general.....	236
3.19.2 Objetivos específicos.....	236
3.19.3 Fundamento Teórico.....	236
3.19.4 Muestra a Ensayar	237
3.19.5 Materiales y Equipos.....	238
3.19.6 Procedimiento.....	238
3.19.7 Cálculos	240
3.19.8 Recomendaciones	241
3.19.9 Aplicaciones e Importancia	241
3.19.10 Cuestionario.....	242
3.20 EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS POR EL MÉTODO DE 10% DE FINOS (I.N.V. E – 224 – 07).....	242
3.20.1 Objetivo general.....	242
3.20.2 Fundamento Teórico	242
3.20.3 Muestra ensayar	242
3.20.4 Materiales y equipos	242
3.20.5 Procedimiento	243
3.20.6 Cálculos	246
3.20.7 Recomendaciones	247
3.20.8 Aplicaciones e Importancia	247
3.20.9 Cuestionario.....	247
3.21 RELACIONES DE HUMEDAD - MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION METODO A) (INVIAS E- 142-07).....	248
3.21.1 Objetivo general.....	248
3.21.2 Objetivos específicos.....	248
3.21.3 Fundamento Teórico.....	248
3.21.4 Muestra a ensayar	249

3.21.5 Materiales y Equipos.....	249
3.21.6 Procedimiento.....	250
3.21.7 Cálculos.....	253
3.21.8 Recomendaciones.....	253
3.21.9 Aplicaciones e Importancia.....	253
3.21.10 Cuestionario.....	254
3.22 DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO (METODO DEL CONO DE ARENA) (INV-E-106-07)	254
3.22.1 Objetivo general.....	254
3.22.2 Objetivos específicos.....	254
3.22.3 Fundamento teórico.....	255
3.22.4 Materiales y Equipos.....	257
3.22.5 Muestra a Ensayar.....	259
3.22.6 Procedimiento.....	259
3.22.7 Cálculos.....	263
3.22.8 Recomendaciones.....	264
3.22.9 Aplicaciones e Importancia.....	265
3.22.10 Cuestionario.....	265
3.23 RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR DE LABORATORIO I.N.V.E – 148 – 07).....	265
3.23.1 Objetivo general.....	265
3.23.2 Fundamento teórico.....	266
3.23.3 Muestra a Ensayar.....	266
3.23.5 Procedimiento.....	270
3.23.6 Recomendaciones.....	275
3.23.7 Cálculos.....	275
3.23.8 Aplicaciones e Importancia.....	277
3.23.9 Cuestionario.....	278
3.24 RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (INV E- 748 -07).....	278

3.24.1 Objetivo general	278
3.24.2 Objetivos específicos	278
3.24.3 Fundamento Teórico	278
3.24.4 Materiales y equipos	281
3.24.5 Procedimiento	283
3.24.6 Cálculos	290
3.24.7 Recomendaciones	292
3.24.8 Aplicaciones e Importancia	292
3.24.9 Cuestionario	293
3.25 DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR EL MÉTODO INSTITUTO DE CONCRETO AMERICANO (ACI 211).	293
3.25.1 Objetivo general	293
3.25.2 Fundamento teórico	294
3.25.2 Materiales y herramientas para la mezcla.....	294
3.25.3 Procedimiento	294
3.25.4 Elaboración de la mezcla	301
3.25.5 Cálculos	304
3.25.6 Recomendaciones	305
3.25.8 Cuestionario	306
3.26 CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS (I.N.V. E – 151 – 07)	306
3.26.1 Objetivo general	306
3.26.2 Objetivos específicos	306
3.26.3 Fundamento teórico	306
3.26.4 Muestra a ensayar	307
3.26.5 Materiales y Equipos.....	307
3.26.6 Procedimiento	309
3.26.7 Cálculos	312
3.26.8 Recomendación	316
3.26.9 Aplicaciones e importancia	316

3.26.10 Cuestionario.....	317
3.24 DETERMINACIÓN DE LAS LEYES DE FATIGA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EN CALIENTE SOMETIDAS A FLEXIÓN DINÁMICA (I.N.V. E – 784 – 07).....	318
3.24.1 Objetivo general.....	318
3.24.2 Objetivos específicos.....	318
3.24.3 Fundamento Teórico.....	318
3.24.4 Muestra a ensayar.....	319
3.24.5 Materiales y Equipos.....	320
3.24.6 Procedimiento.....	320
3.24.7 Cálculos.....	323
3.24.8 Recomendaciones.....	325
3.24.9 Aplicaciones e Importancia.....	325
3.24.10 Cuestionario.....	326
4. FASE 3: TALLER PROTOTIPO PARA EL ESTUDIO Y FORMULACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS, QUE PUEDAN SER UTILIZADOS EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN.....	327
4.1 TALLER PROTOTIPO - MATERIAL COMPUESTO CONCRETO REFORZADO CON VIRUTAS DE ACERO CON PORCENTAJE DE 5% y 10% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO DE 3000PSI.....	329
4.1.1 Paso 1: Elegir los componentes para elaborar el material compuesto.	333
4.1.2 Paso 2: Recopilación de los materiales que se van a utilizar para la mezcla de concreto con virutas de acero.....	336
4.1.3 Paso 3: Evaluar las características físico mecánicas mediante las normas técnicas.....	336
4.1.4 Paso 4: Diseño de la mezcla para realizar el material compuesto según las características de cada componente.....	347
4.1.5 Paso 5: Proponer un procedimiento manual de mezclado de los materiales	356
4.1.6 Paso 6: Elaboración y ensayo de las probetas.....	358

4.1.7 Paso 7: Resultados de las propiedades físico – mecánica del material compuesto	360
4.1.8 Resultados.....	365
5. FASE 4: NORMAS Y ENSAYOS PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS COLOMBIANAS (NTC, INVIAS, NSR, ASTM, ETC.).....	366
5.1 ESPECIFICACIONES Y NORMAS PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS	367
5.1.1 Explanaciones.....	367
5.1.2 Afirmados, bases y subases	371
5.1.3 Pavimentos asfálticos	386
5.1.4 Pavimentos de concreto	414
5.1.5 Estructuras y drenajes	420
5.1.6 Obras varias.....	444
6. CONCLUSIONES	447
7. RECOMENDACIONES.....	449
BIBLIOGRAFIA.....	450
ANEXOS.....	452

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Probetas con agua y la barra de acero	52
Figura 2. Barra de acero, medición de sus dimensiones.	52
Figura 3. Puntas de durómetro	54
Figura 4. Durómetro.....	55
Figura 5. Tipos de grano para la madera.....	60
Figura 6. Micrótopo y Microscopio	61
Figura 7. xilohigrómetros	67
Figura 8. Probetas, con el material arena y grava.	82
Figura 9. Amasado de la muestra	85
Figura 10. Clasificación de la muestra se suelo.....	85
Figura 11. Muestreador de suelo.	87
Figura 12. Esquematización del peso volumétrico.....	94
Figura 13. Agregado grueso sumergido.....	95
Figura 14. Agregado grueso lavado.....	95
Figura 15. Agregado fino sumergido.....	96
Figura 16. Canasta de malla.....	96
Figura 17. Recipiente.....	97
Figura 18. Tamiz N°4.....	97
Figura 18. Picnómetro y balanza	97
Figura 19. Cono y pistón.....	98
Figura 20. Agregado grueso	98
Figura 21. Agregado grueso estado SSS	99
Figura 22. Determinación de la masa al aire	99
Figura 23. Determinación de la masa en el agua.....	100
Figura 24. Muestra en el horno y Determinación de la masa seca	100

Figura 25. Muestra extendida y Secado de la muestra.....	100
Figura 26. Buscando la condición SSS de la muestra	101
Figura 27. Picnómetro + agua + agregado grueso.....	102
Figura 28. Picnómetro + agua.....	102
Figura 29. Muestra en el horno	102
Figura 30. Determinación de la masa seca.....	103
Figura 31. Balanza.....	106
Figura 32. Permeámetro (piedras porosas)	107
Figura 33. Calibrador	107
Figura 34. Embudo con manguera.....	107
Figura 35. Pala pequeña.....	107
Figura 36. Probeta	108
Figura 37. Pisón.....	108
Figura 38. Cronometro.....	108
Figura 39. Muestra de suelo secada al aire	109
Figura 40. Muestra que se va someter al ensayo	109
Figura 41. Verificar las medidas del permeámetro.....	109
Figura 42. Tomar la medida del peso del permeámetro junto con las piedras porosas.	110
Figura 43. Retirar la mitad de las piedras y llenar en el permeámetro con la muestra suelo.	110
Figura 44. 5 capas compactando cada capa con 25 golpes con el pistón.	111
Figura 45. Colocar las piedras porosas sobre la muestra de suelo	111
Figura 46. Cierra la válvula inferior del permeámetro con la muestra saturada. .	112
Figura 47. Muestra a ensayar.	115
Figura 48. Mezcla de agregado fino y grueso	116
Figura 49. Lavado muestra gruesa	117
Figura 50. Lavado muestra fina	117
Figura 51. Secado de la muestra.....	118
Figura 52. Muestra seca	118

Figura 53. Tamizado manual	119
Figura 54. Tamizado mecánico.....	119
Figura 55. Peso de cada muestra retenida	120
Figura 56 Materiales y Equipos.....	125
Figura 57. Penetrómetro	125
Figura 58. Muestra de más o menos 500 gr de asfalto.....	126
Figura 59. Muestra sobre la estufa para calentarla.....	126
Figura 60. Retirar la muestra de la estufa y depositarla en la probeta.....	126
Figura 61. Proceso de enfriamiento	127
Figura 62. Sumergirlas las probetas en agua	127
Figura 63. Sumergirlas las probetas en agua.	128
Figura 64. Nivelado el penetrómetro.....	128
Figura 65. Colocar la aguja sobre la superficie de la muestra.	128
Figura 66. Limpieza de la aguja.	129
Figura 67. Aparato de Vicat: Molde y base de vidrio.....	132
Figura 68. Probeta graduada.	132
Figura 69. Molde forma tronco-cónica	132
Figura 70. Mezcladora	133
Figura 71. Cronometro.....	133
Figura 72. Cemento Portland tipo I y Balanza.....	133
Figura 73. Determinación del Peso del cemento.	134
Figura 74. Colocación del cemento en la mezcladora y Adición de agua en la mezcladora.	134
Figura 75. Muestra de cemento mezclada.....	135
Figura 76. Muestra de cemento en el anillo.	135
Figura 77. Muestra de cemento en el aparato de vicat	135
Figura 78. Penetración en el aparato de vicat	136
Figura 79. Cemento portland tipo 1 (500 gr).	140
Figura 80. Aparato de Vicat y Molde con forma tronco-cónica	140
Figura 81. Aparato de Gillmore y Molde circular para la pasta de cemento.....	140

Figura 82. Mezcladora y Cronómetro.....	141
Figura 83. Espátula y Probeta.....	141
Figura 84. Balanza.....	141
Figura 85. Muestra con consistencia normal	142
Figura 86. Muestra en los moldes, Vicat y Gillmore	142
Figura 87. Muestra en el aparato de vicat.....	143
Figura 88. Muestra en el aparato de Vicat y Penetración aguja de vicat	143
Figura 89. Muestra en el aparato de Gillmore y Penetración agujas de Gillmore ..	144
Figura 90. Penetración agujas de Gillmore	144
Figura 91. Anillos y bolas de acero inoxidable.....	148
Figura 92. Montaje, Soporte de anillos y Plato Base	148
Figura 93. Termómetro para Asfalto y Termómetro para agua.....	148
Figura 94. Líquido para baño (Agua) y Estufa.....	148
Figura 95. Muestra sobre la estufa para ser calentada.....	149
Figura 96. Agregar un agente aislante (grasa).....	149
Figura 97. Verter el material bituminoso sobre los anillos.....	150
Figura 98. Llenamos con agua hasta una altura de 105 mm el recipiente del montaje.....	150
Figura 99. Sumergir las bolas y los anillos en el agua	151
Figura 100. Calentar el montaje de forma pausada	151
Figura 101. Calentar el montaje de forma pausada	151
Figura 102. Moldes para las probetas y Plato para el llenado de los moldes.	154
Figura 103. Baño de agua para estabilizar la temperatura del agua, la cantidad mínima es de 10 litros.....	154
Figura 104. Ductilometro (tanque de agua y un mecanismo vibraciones)	155
Figura 105. Termómetro.....	155
3.7.5 Procedimiento	155
Figura 106. Plato con la película de aceite y probeta en el plato engrasado	155
Figura 107. Llenado del molde con material asfáltico	156

Figura 108. Baño de agua a la muestra y colocación de la probeta en el ductilometro.	156
Figura 109. Muestra de asfalto en el ductilometro	157
Figura 110. Muestra estirándose en el ductilometro	157
Figura 111. Rotura final de la muestra	158
Figura 112. Cazuela de Casagrande	161
Figura 113. Tamiz n° 40.....	161
Figura 114. Taza.....	161
Figura 115. Espatula.....	162
Figura 116. Ranurador.....	162
Figura 117. Calibrador	162
Figura 118. Copas	162
Figura 119. Horno	163
Figura 120. Balanza.....	163
3.8.6 Procedimiento	163
Figura 121. Amasado.....	164
Figura 122. Masa en la copa	164
Figura 123. Buscando la altura	164
Figura 124. Pasando el ranurador	165
Figura 125. Ranura limpia.....	165
Figura 126. Buscando la distancia (13 mm).....	165
Figura 127. Cálculos de la humedad	166
Figura 128. Amasado.....	167
Figura 129. Buscando el límite plástico	167
Figura 130. Cálculos de humedad	168
Figura 131. Probeta a ensayar.....	171
Figura 132. Máquina de compresión de cilindros de hormigón.....	171
Figura 133. Deformimetro	172
Figura 134. Placas de apoyo	172
Figura 135. Colocación del cilindro	173

Figura 136. Ubicación del deformímetro	173
Figura 137. Compresión del cilindro	174
Figura 138. Cilindro fallado	174
Figura 139. Esquemas de los tipos de falla	174
Figura 140. Diagrama Esfuerzo-deformación	178
Figura 141. Probetas y Medición de las probetas	179
Figura 142. Calibrador y Máquina Universal de Ensayo	180
Figura 143. Extensómetro y Deformímetro	180
3.10.6 Procedimiento	180
Figura 144. Marca la probeta al inicio y al final	180
Figura 145. Colocar mordazas a la probeta	181
Figura 146. Aplicar la carga de una manera continua y lenta	182
Figura 147. Probeta dúctil o frágil	182
Figura 148. Diagrama Tensión Vs Deformación para materiales dúctiles y frágiles.	183
Figura 149. Materiales y Equipos.....	187
Figura 150. Acomodar los listones de madera a lo largo del centro de la placa inferior de la máquina de ensayo	188
Figura 151. Ajustar la máquina, contacto con la parte superior del cilindro, para luego encenderla y empezar a aplicar la fuerza.....	188
Figura 152 Calibrar la máquina, ensayar la probeta y observar el tipo de falla que se produjo.....	189
Figura 153. Diagrama de Corte directo.....	191
Figura 154. Diagrama Esfuerzo corte Vs Esfuerzo deformación	192
Figura 155. Muestra de suelo (inalterada)	193
Figura 156. Máquina de corte directo y Cajas de corte, con sus piedras porosas.	193
Figura 157. Caucho (separación de muestras) y Pesas	194
Figura 158. Medidor de carga y desplazamiento	194
Figura 159. Balanza y Anillos de acero (toma de muestras).....	194
Figura 160. Segueta	194
Figura 161. Muestra de suelo con parafina.....	195

Figura 162. Corte con la segueta la muestra y Muestras de suelo cortadas	195
Figura 163. Anillos se introducen a la muestra y Retiro del material sobrante ...	196
Figura 164. Peso de los anillos con suelo.....	196
Figura 165. Anillos en la caja de corte con el caucho	197
Figura 166. Caja de corte preparada	197
Figura 167. Máquina de corte preparada para el ensayo	197
Figura 168. Proceso del corte directo a la muestra.....	198
Figura 169. Detalle de la muestra de suelo fallada	199
Figura 170. Muestras de suelo falladas y Muestras de suelo en el Horno	199
Figura 171. Comparación de colores	203
Figura 172. Balanza.....	207
Figura 173. Horno	207
Figura 174. Tamices (serie gruesa)	207
Figura 175. (Esferas de acero)	207
Figura 176. Máquina de los ángeles	208
Figura 177. Proceso de tamizado	208
Figura 178. Fracción a ensayar	209
Figura 179. Carga abrasiva.....	209
Figura 180. Máquina de los Ángeles.....	210
Figura 181. Descargue del material	210
Figura 182. Descargue del material	211
Figura 183. Muestra de suelo	214
Figura 184. Cilindro graduado y tubo irrigador.....	214
Figura 185. Horno y cronometro	214
Figura 186. Ensamble de pies y tamiz N°4	215
Figura 187. Embudo y balanza	215
Figura 188. Probeta con la muestra de suelo	215
Figura 189. Sacudido de la probeta con la muestra de suelo	216
Figura 190. Limpiado de impurezas.....	216
Figura 191. Reposado de la muestra.....	217

Figura 192. Colocación del ensamble de pie	217
Figura 193. Agregados a ensayar	220
Figura 194. Tamiz N°4 y triturado	221
Figura 195. Termómetro y balanza de precisión.....	222
Figura 196. Solución de sulfatos y horno de precisión.....	222
Figura 197. Peso del triturado con la balanza de precisión	223
Figura 198. Bolsas impermeables.....	223
Figura 199. Secado de la muestra.	224
Figura 200. Bolsas impermeables.....	224
Figura 201. Calibrador de longitudes y Calibrador de espesores.	230
Figura 202. Taras y Tamices (Serie gruesa).....	230
Figura 203. Balanza.....	230
Figura 204. Tamizado de la muestra	231
Figura 205. Calibración de espesores	232
Figura 206. Clasificación de partículas	232
Figura 207. Adecuación de espesores.....	233
Figura 208. Clasificación de partículas	233
Figura 209. Esquema de una partícula fracturada con una cara fracturada	237
Figura 210. Balanza y Tamices (1½", 1", 3/4", ½" y 3/8").	238
Figura 211. Taras (3)	238
Figura 212. Inspección de las muestras	239
Figura 213. Determinación del porcentaje en peso de las muestras	240
Figura 214. Recipiente cilíndrico de ensayo	243
Figura 215. Deposición y compactación de la muestra.....	244
Figura 216. Deposición y compactación de la muestra.....	244
Figura 217. Deposición de la muestra en el cilindro de ensayo	244
Figura 218. Compresión de la muestra.....	245
Figura 219. Adecuación de la muestra	245
Figura 220. Material retenido en el tamiz N°8	246
Figura 221. Balanza capacidad 15 Kg y Horno.....	249

Figura 222. Tamiz N°4 y moldes.....	250
Figura 223. Tamiz N°4 y moldes.....	250
Figura 224. Peso de la Muestra y se vacía en un molde.	251
Figura 225. Peso de la Muestra y vaciado en un molde.	251
Figura 226. Retiro de excedente y Pesa el molde con la muestra	252
Figura 227. Ubicamos el material en una tara para secarla en el horno.....	252
Figura 228. Aparato del método cono de arena.....	256
Figura 229. Un frasco para contener arena y Embudo o cono metálico con válvula.....	257
Figura 230. Placa de base metálica con un orificio.....	257
Figura 231. Arena de Ottawa con densidad conocida	257
Figura 232. Balanza y Horno	258
Figura 233. Cuchara y Martillo o porra.....	258
Figura 234. Bolsas herméticas y Espátula.....	258
Figura 235. Flexómetro.....	258
Figura 236. Nivelar la superficie.....	260
Figura 237. Excavar un agujero de 10cm de profundidad.	260
Figura 238. Recoger todo el material extraído del hueco con la cuchara	261
Figura 239. Invertir el aparato del cono de arena y colocar el embudo encima del orificio de la placa metálica.	261
Figura 240. Se recoge la arena calibrada	262
Figura 241. Determinar la masa.....	262
Figura 242. Colocarla en el horno la tara con la muestra de suelo.	263
Figura 243. Muestra a ensayar suelo pulverizado	267
Figura 244. Maquina de penetracion	267
Figura 245. Aparato medidor de expansion	267
Figura 246. Molde y placa de sobrecarga.....	268
Figura 247. Disco espaciador	268
Figura 248. Papel filtro.....	268
Figura 249. Martillo de compactación	269

Figura 250. Balanza con capacidad de 15 kg	269
Figura 251. Tamices	269
Figura 252. Tanque.....	269
Figura 253. Horno	270
Figura 254. Peso del mode y placa base	270
Figura 255. Mezclado de la muestra.....	271
Figura 256. Compactacion de la muestra (con 56 golpes).....	271
Figura 257. Colocación de los pesos	272
Figura 258. Placa perforada con vástago	272
Figura 259. Lectura inicial del deformimetro y Inmersión de la muestra	273
Figura 260. Lectura final del deformimetro	273
Figura 261. Prensa	274
Figura 262. Curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas),.....	277
Figura 263. Dispositivo para moldear y Gato Hidráulico	281
Figura 264. Martillo de Compactación y Pedestal de Compactación	281
Figura 265. Sujetador para el Molde y Estufa.....	281
Figura 266. Material Aislante y Asfalto.....	282
Figura 267. Olla y Termómetro	282
Figura 268. Tamices (Agregado Fino) y Mordazas	282
Figura 269. Balanza y Horno	282
Figura 270. Agregado y Prensa	283
Figura 271. Tamizaje de los agregados pétreos.	283
Figura 272. Mezclar las diferentes fracciones previamente dosificadas.	284
Figura 273. Calentar los agregados y se revolver para el calentamiento homogéneo de las partículas.	285
Figura 274. Se calentó el asfalto, el molde y el pisón del martillo de compactación a una temperatura similar	285
Figura 275. Se armó el molde, Se adicionó la mezcla al molde de compactación.....	286
Figura 276. Compactación de la muestra y reposo (24 horas)	286

Figura 277. Peso de la briqueta	287
Figura 278. Sumergir las briquetas en agua	287
Figura 279. Baño maría para las briquetas	288
Figura 280. Se coloca en la mordaza inferior y enseguida se ajustó la mordaza superior.....	289
Figura 281. Muestra en la Prensa Marshall, se observa se deformación	289
Figura 282. Materiales usados en el diseño de la mezcla (Cemento, Agregados, Agua).....	294
Figura 283. Grasa Molde para la mezcla	300
Figura 284. Materiales	300
Figura 285. Balanza y Probeta.....	300
Figura 286. Recipiente para mezcla	301
Figura 287. Palustre.....	301
Figura 288. Cono abrams y sus elementos y Varilla compactadora	301
Figura 289. Peso de los materiales.....	302
Figura 290. Paso 1 proceso de mezclado y Paso 2 proceso de mezclado A. fino	302
Figura 291. Paso 2 proceso de mezclado A. grueso	303
Figura 292. Paso 3 adición de agua y Paso 4 proceso de mezclado.....	303
Figura 293. Verificación del asentamiento.	304
Figura 294. Consecuencias de la aplicación de cargas	307
Figura 295. Consolidometro Caja de consolidación.....	308
Figura 296. Dispositivo de carga y extensómetro	308
Figura 297. Cronometro y piedras porosas.....	308
Figura 298. Horno y balanza.....	308
Figura 299. Excavación y Muestra inalterada	309
Figura 300. Muestra inalterada	309
Figura 301. Tallado de la muestra y Anillo cortante con muestra	310
Figura 302. Dimensiones de la muestra	310
Figura 303. Ensamblaje de la caja consolidación	311
Figura 304. Dispositivo de carga.....	311

Figura 305. Sobrecarga	312
Figura 306. Paso 1 metodo de casagrande	314
Figura 307. Paso 2 metodo de casagrande	314
Figura 308. Paso 3 metodo de casagrande	315
Figura 309. Pasos para hallar la presión de preconsolidación.....	316
Figura 310. Muestra a ensayar	320
Figura 311. Calibrador y Resina epoxica	320
Figura 312. Marco Carga Universal y Computador Toma de datos	320
Figura 313. Se coloca el espécimen en la máquina de carga universal.	321
Figura 314. Se colocan las mordazas al espécimen y se da inicio al ensayo.	321
Figura 315. Toma de Datos y cálculos.....	322
Figura 316. Intervalo del ciclo de carga.	323
Figura 317. Pasos para Obtener un material compuesto.....	329
Figura 318. Preparación de la muestra - viruta de acero.	344
Figura 319. Granulometría - viruta de acero.	345
Figura 320. Diseño de mezcla (American concrete Institute A.C.I 211).....	348
Figura 321. Pesos de los materiales para el diseño de mezcla (Cemento, Agregados, Agua).....	356
Figura 322. Mezclado de los materiales (Cemento y Arena).	356
Figura 323. Mezclado de los materiales, se adiciono (agregado grueso y agua).357	
Figura 324. Pesos de los materiales para el diseño de mezcla (Cemento, Agregados, Agua y viruta).	357
Figura 325. Mezclado de los materiales (Cemento, Arena, viruta, Agregado y agua).....	358
Figura 326. Grasa y ACPM para las probetas.	358
Figura 327. Engrasado de las probetas.	359
Figura 328. Preparación de las probetas.	359
Figura 329. Reposo de las Probetas.....	360
Figura 330. Colocación de las probetas en el agua, para el curado.	360
Figura 331. Ensayo resistencia a la compresión.....	362

Figura 332. Grafica resistencia a la compresión (7 días).....363
Figura 333. Grafica resistencia a la compresión (15 días).....364

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla1. Toma de datos practica 1.....	53
Tabla 2. Toma de datos practica 3.....	58
Tabla 3. Clasificación de la madera según el contenido de humedad.	64
Tabla 4. Toma de datos practica 5 parte A	66
Tabla 5. Toma de datos practica 5 parte B	69
Tabla 6. Clasificación de la madera según su densidad.	71
Tabla 7. Toma de datos practica 6.....	74
Tabla 8. Clasificación de la textura superficial de los agregados.....	78
Tabla 9. Clasificación según la forma de los agregados	79
Tabla 10. Toma de datos practicas 8 (Arena)	82
Tabla 11. Toma de datos prácticas (Grava).....	83
Tabla12. Toma de datos practica 9.....	87
Tabla 13. Toma de datos practica 10.....	91
Tabla 14. Cálculos para los agregados.....	103
Tabla 15. Para agregados gruesos y mezclas y de agregados grueso y fino	116
Tabla 16. Temperatura, carga y Tiempo para cada ensayo.	129
Figura 144. Marca la probeta al inicio y al final	180
Tabla 17. Carga abrasiva.....	206
Tabla 18. Granulometría de la muestra del agregado.....	206
Tabla 19. Fracciones por tamiz.....	220
Tabla 20. Fracciones de masa por tamiz	221
Tabla 21. Tamaño del agregado y tamiz a utilizar	225
Tabla 22. Masa mínima de muestra de ensayo (Según granulometría)	229
Tabla 23. Dimensiones de los calibradores para espesor y longitud	229
Tabla 24. Fracciones de masa por tamiz	238

Tabla 25. Penetración del pistón de carga de acuerdo a la naturaleza de la muestra.....	246
Tabla 26. Tipo de Muestra según el Método que se seleccione.	250
Tabla 27. Profundidad para la Penetración.....	274
Tabla 28. Características de la muestra patron.....	276
Tabla 29. Tamices con el porcentaje que pasa.....	284
Tabla 30. Selección del asentamiento.	295
Tabla 31. Valores aproximados de agua en Kg y contenido de aire por m3 de concreto para diferentes asentamientos	296
Tabla 32. Relación agua cemento y resistencia a la compresión del concreto	297
Tabla 33. Clasificación según el tamaño de las partículas	334
Tabla 34. Escala Colorimétrica de Gardner	337
Tabla 35. Requisitos granulométricos para el agregado grueso y fino.	338
Tabla 36. Registro de los valores granulométricos para el agregado grueso y fino.	339
Tabla 37. Masa mínima de la muestra para determinar densidad y absorción del agregado grueso.....	343
Tabla 38. Registro de los valores granulométricos para el agregado grueso y fino.	345
Tabla 39. Asentamientos Recomendados Para Diversos Tipos de Estructuras. .	349
Tabla 40. Cantidad de aire esperado en concreto para diferentes tamaños máximos de agregado.	350
Tabla 41. Cantidad aproximada de agua para la mezcla, en función del asentamiento, y el tmn del agregado.....	351
Tabla 42. Relación Agua/ Cemento	352
Tabla 43. Gradación para agregado grueso	353
Tabla 44. Gradación para Agregado Fino.....	354
Tabla 45. Estimar el volumen en los agregados y de la viruta de acero.	354
Tabla 46. Estimar el contenido de agregados y de la viruta de acero.....	355

Tabla 47. Resistencia a la compresión cilindros de concreto con virutas de acero a los siete (7) días.....	362
Tabla 48. Resistencia a la compresión cilindros de concreto con virutas de acero a los siete (15) días.....	363
Tabla 49. Requerimiento mínimo de las propiedades mecánicas del geotextil (Medidas en el sentido más débil del geotextil).	369
Tabla 50. Requerimiento mínimo de las propiedades hidráulicas del geotextil....	370
Tabla 51. Traslapo mínimo	371
Tabla 52. Tolerancias Granulometrías para el material de Afirmado.	374
Tabla 53. Franjas granulométricas del material subbase.....	375
Tabla 54. Tolerancias Granulometrías.....	376
Tabla 55. Franjas granulométricas del material de base granular.	377
Tabla 56. Tolerancias Granulometrías.....	377
Tabla 57. Gradaciones de agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.....	379
Tabla 58. Requisitos de los agregados pétreos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.	379
Tabla 59. Requisitos de los suelos aptos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.	380
Tabla 60. Gradación de suelos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.	381
Tabla 61. Requisitos de los materiales para la construcción de bases estabilizadas con cemento portland.	382
Tabla 62. Requisito granulométricos del material para la construcción de bases estabilizadas con cemento portland.....	382
Tabla 63. Perdida máxima de las bases estabilizadas con cemento portland.	382
Tabla 64. Requisitos del agregado fino para bases de concreto hidráulico.	384
Tabla 65. Requisitos del agregado grueso para bases de concreto hidráulico....	385
Tabla 66. Criterios de diseño de la mezcla para la base de concreto hidráulico.	386

Tabla 67 (a). Requisitos de los agregados pétreos para tratamiento, lechadas y mezclas bituminosas nivel de tránsito NT1.....	390
Tabla 68 (b). Requisitos de los agregados pétreos para tratamientos, lechadas, y mezclas bituminosas.....	391
Tabla 69 (c). Requisitos de los agregados pétreos para tratamientos, lechadas, y mezclas bituminosas nivel de tránsito NT3.....	392
Tabla 70. Tipo de cemento asfáltico por emplear en mezclas en caliente.....	396
Tabla 71. Especificaciones del cemento asfáltico.....	397
Tabla 72. Especificaciones de cementos asfálticos modificados con polímeros..	398
Tabla 73. Especificaciones para emulsiones asfálticas catiónicas.	399
Tabla 74. Especificaciones para emulsiones asfálticas modificadas con polímeros.	401
Tabla 75. Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación.	403
Tabla 76. Gradación del agregado para lechada asfáltica.....	403
Tabla 77. Criterio para el diseño de lechadas asfálticas.....	404
Tabla 78. Composición de las lechadas asfálticas.....	404
Tabla 79. Tolerancia granulométricas de los agregados para lechadas asfálticas.....	404
Tabla 80. Gradación para mezclas densa en frío.....	405
Tabla 81. Tipos de mezclas por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa	405
Tabla 82. Tolerancia granulométricas de los agregados para mezclas densa en frío.	405
Tabla 83. Gradación para mezclas abiertas en frío.....	406
Tabla 84. Tolerancia granulométricas de los agregados para mezclas abiertas en frío.	406
Tabla 85. Criterios de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall.....	407
Tabla 86. Gradación para mezclas abiertas en caliente.	408
Tabla 87. Tolerancia granulométricas de los agregados para mezclas abiertas en caliente.	408

Tabla 88. Franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura.....	409
Tabla 89. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo M.	410
Tabla 90. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo F.	410
Tabla 91. Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura.....	410
Tabla 92. Profundidad de textura y resistencia al deslizamiento mínimas admisibles para las mezclas discontinuas en caliente.	411
Tabla 93. Franja granulométrica para mezcla drenante.....	411
Tabla 94. Tolerancia granulométricas de los agregados para mezclas drenantes.....	411
Tabla 95. Franjas granulométricas de los agregados reciclados en frio en el lugar empleando ligantes bituminosos.....	412
Tabla 96. Tolerancia granulométricas de los agregados reciclados en frio en el lugar empleando ligantes bituminosos.....	412
Tabla 97. Tolerancias en la granulometría y en el espesor del material por reciclar para considerar que un tramo es homogéneo.	412
Tabla 98. Tolerancias en el material por reciclar para considerarlo homogéneo.	413
Tabla 99. Propiedades mecánicas del geotextil.....	414
Tabla 100. Requisitos para el agua de mezcla.	414
Tabla 101. Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico.	417
Tabla 102. Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico.....	417
Tabla 103. Granulometría para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico.	418
Tabla 104. Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico.	418
Tabla 105. Granulometría de la arena para soporte de los adoquines.	419
Tabla 106. Requisitos de limpieza de la arena para la capa de soporte de los adoquines.	420

Tabla 107. Requisitos Granulométricos para la arena de sello.....	420
Tabla 108. Franjas granulométricas para material filtrante.	421
Tabla 109. Características de la suspensión mineral.....	421
Tabla 110. Tolerancias en dimensiones	422
Tabla 111. Tolerancia en posición y verticalidad	422
Tabla 112. Granulometría del agregado para morteros utilizados en anclajes. ...	422
Tabla 113. Requisitos del agregado fino concreto estructural.	424
Tabla 114. Granulometría del agregado fino para concreto estructural.	425
Tabla 115. Requisitos del agregado grueso para concreto estructural.	426
Tabla 116. Bandas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural.	427
Tabla 117. Clases de concreto estructural.....	427
Tabla 118. Límites de asentamiento del concreto.....	427
Tabla 119. Resistencia promedio requerida a la compresión.	428
Tabla 120. Requisitos sobre aire incluido.	428
Tabla 121. Pendientes máximas de equipos según el asentamiento de concreto	428
Tabla 122. Tiempo mínimo para remoción de formaletas y soportes.	429
Tabla 123. Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en octavos de pulgada).....	429
Tabla 124. Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en milímetros).	430
Tabla 125. Diámetro mínimo de doblamiento.	430
Tabla 126. Pruebas de control de calidad del neopreno.....	431
Tabla 127. Pruebas de control de calidad del caucho natural.	432
Tabla 128. Propiedad del Elastómetro para diferentes durezas.	434
Tabla 129. Dimensiones de pernos y tuercas.	434
Tabla 130. Dimensiones de arandelas.....	435
Tabla 131. Rotación de tuercas completamente apretadas (a)(b)	435
Tabla 132. Masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldadas y puntas roscadas salientes de pernos.....	436

Tabla 133. Requisitos físicos para tubería de concreto simple.	437
Tabla 134 Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto simples.....	437
Tabla 135. Tolerancias para las dimensiones de las piezas prefabricadas.	438
Tabla 136. Granulometría del agregado fino para mortero.	438
Tabla 137. Requerimiento de las propiedades mecánicas del geotextil (Medidas en el sentido más débil del geotextil).	440
Tabla 138. Requerimientos mínimos de las propiedades hidráulicas del geotextil.	440
Tabla 139. Requisitos del material granular.....	441
Tabla 140. Requisitos granulometría del material relleno para la construcción de tierra armada.....	441
Tabla 141. Medidas nominales y número de celdas de celdas de los gaviones. .	441
Tabla 142. Medidas nominales y numero de celdas delos colcho gaviones.....	442
Tabla 143. Requisitos para láminas impermeabilizantes para tablero.	443
Tabla 144. Requisitos para material impermeabilizante para parámetros.	443
Tabla 145. Requisitos granulométricos del agregado fino.	445
Tabla 146. Requisitos del agregado fino para mortero de recubrimiento de taludes.	446

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A - Hojas de cálculo para el Laboratorio: Método para Determinar la Densidad y Absorción de Agregados Gruesos y Finos (NTC 176- NTC 237).....	453
ANEXO B. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Permeabilidad de Suelos Granulares (I.N.V. E – 130 – 07).....	455
ANEXO C. Hojas de cálculo para el Laboratorio: Análisis Granulométrico en Materiales Particulados (INV 213-07, NTC 77).....	456
ANEXO D. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Penetración de Materiales Asfálticos (I.N.V.E - 706-07).....	458
ANEXO E. Hojas de cálculo para el Laboratorio: Método Para Determinar Los Tiempos de Fraguado del Cemento Hidráulico (NTC -109, NTC-118).	459
ANEXO F. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Punto de Ablandamiento de Materiales Bituminosos (Aparato Anillo de Bola) (I.N.V.E -712-07)	462
ANEXO G. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Ductilidad de Los Materiales Asfálticos(I.N.V. E 720-07).....	463
ANEXO H. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Límites de Consistencia o de Atterberg (I.N.V. E 125-07, I.N.V. E 126-07).....	464
ANEXO I. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Ensayo De Resistencia Y Compresión De Cilindros Normales De Hormigón (I.N.V. E – 410 – 07, Ntc 673).466	
ANEXO J. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Ensayo de Tracción para Productos de Acero, y Módulo de Rigidez (Ensayo #2 NTC- Acero de Refuerzo).468	
ANEXO K. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Ensayo de Tracción Indirecta de Cilindros Normales de Hormigón (NTC -722).	469
ANEXO L. Hojas de Cálculo para el Laboratorio: Determinación de la Resistencia al Corte del Suelo (Método del Corte Directo) (I.N.V. E-154-07)	470

ANEXO M. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Resistencia al Desgaste de los Agregados por Medio de la Máquina de los Ángeles. (I.N.V. E-218-07).....	473
ANEXO N. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Equivalente De Arena De Suelos Y Agregados Finos (I.N.V.E -133-07)	474
ANEXO O. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Sanidad Delos Agregados Frente A La Acción De Las Soluciones De Sulfato De Sodio O De Manganesio (I.N.V.E - 220-07)	475
ANEXO P. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Índice De Aplanamiento Y De Alargamiento De Los Agregados Para Carreteras (I.N.V. E -230-07).....	476
ANEXO Q. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados (I.N.V. E-227-07).....	478
ANEXO R. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Evaluación de la Resistencia Mecánica de los Agregados Gruesos por el Método de 10% de Finos (I.N.V. E – 224 – 07).....	479
ANEXO S. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Densidad o Masa Unitaria del Suelo en el Terreno (Método del Cono de Arena) (I.N.V.E 106-07).....	480
ANEXO T. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Relación de Soporte del Suelo en el Laboratorio (CBR De Laboratorio I.N.V.E – 148 – 07).	481
ANEXO U. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Resistencia de Mezclas Asfálticas en Caliente empleando el Aparato Marshall (I.N.V. E- 748 -07)	484
ANEXO V. Hojas de Cálculo para el Laboratorio: Consolidación Unidimensional de los Suelos (I.N.V. E – 151 – 07).....	485
ANEXO W. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Determinación de las leyes de Fatiga de Mezclas Asfálticas Compactadas en caliente Sometidas a Flexión Dinámica (I.N.V. E – 784 – 07)	488
ANEXO X. Tablas Caracterización de Materiales que se utilizaron para el diseño de Mezcla	489

RESUMEN

TITULO: TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS PARA MEJORAR LAS COMPETENCIAS EN EL LABORATORIO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES I Y II DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – UIS*.

AUTORES: MORA RAMÍREZ, Julián David
MORALES ORDUZ, Silvia Morales**

PALABRAS CLAVE: Metodología, laboratorio, caracterización, competencias.

DESCRIPCION

Este proyecto de investigación propone una metodología de enseñanza para mejorar y reforzar las habilidades adquiridas por los estudiantes de las asignaturas de caracterización de materiales I y II de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander.

Como primer paso se estudiaron las competencias que se desarrollan actualmente en los laboratorios, y se propuso reformarlas de manera que el estudiante obtenga una mejor interpretación de los conceptos que se exponen en los programas de caracterización, pues esto será de gran ayuda a la hora de enfrentarse a la vida profesional.

Luego se plantearon cuatro fases con el fin de alcanzar las competencias propuestas, en las cuales se diseñaron ensayos no normalizados para poder identificar propiedades generales como: textura, forma, volumen, densidad y otros de los materiales más utilizados en la construcción como son la madera, acero, suelo y concreto.

Posteriormente se desarrolló un material didáctico, que sirva de apoyo para recordar parámetros importantes en el momento de realizar ensayos normalizados particulares de cada material, con el propósito que el estudiante tenga una mejor comprensión de las propiedades físico mecánicas de estos.

A continuación se diseñó un taller prototipo para incentivar al estudiante, en el estudio y formulación de materiales compuestos que puedan ser utilizados en el área de ingeniería civil. Por último se hizo una recopilación de las normas y especificaciones técnicas colombianas (NTC, INVIAS, AASHTO), para dar a conocer a los alumnos los ensayos y la importancia del control de calidad de los materiales.

* Proyecto de Grado Modalidad: Trabajo de investigación

** Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis Alberto Capacho Silva.

ABSTRACT

TITLE: TECHNIQUES AND METHODOLOGIES TO IMPROVE SKILLS IN THE CHARACTERIZATION OF MATERIALS LABORATORY I AND II OF THE SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING - UIS.*

AUTHORS: MORA RAMÍREZ, Julián David
MORALES ORDUZ, Silvia Morales**

KEYWORDS: Methodology, Laboratory, characterization, skills.

DESCRIPTION:

This research proposes a methodology to improve teaching and reinforcing the skills acquired by students in materials characterization subjects I and II of the school of civil engineering of the Industrial University of Santander.

As a first step the skills that are currently developed in labs were studied and proposed reform them so that the student gets a better understanding of the concepts presented in the characterization programs, as this will help when face professional life.

Four phases in order to achieve the proposed powers, which are not standard to identify general properties such trials were designed is then raised: texture, shape, volume, density and other of the most used in construction and materials are wood steel and concrete floor.

Subsequently, a study materials which will support to remember important parameters in the standard time of each material particular, in order that the student has a better understanding of the physical and mechanical properties of these tests are developed.

Then a prototype workshop was designed to encourage students in the study and development of composite materials that can be used in the area of civil engineering.

Finally it was a collection of standards and specifications Colombian (NTC, INVIAS, AASHTO), to make known to students the importance of testing and quality control of materials.

* Draft Grade Method: Research Work

** Faculty of Physical – Mechanical. School of Civil Engineering. Project Manager: Luis Alberto Silva Capacho.

INTRODUCCION

A medida que avanza el tiempo, la ingeniería civil se ha convertido en una de las ramas de la ciencia más importantes del mundo; por el gran impacto social, económico, cultural y ambiental que generan los proyectos relacionados con esta área. Por tal motivo es necesario mantenerse actualizado en los avances científicos y técnicos que se van presentando, día a día los ingenieros son presionados no solamente por sus competidores que luchan por tener una mayor participación en el mercado, sino por los propios consumidores que cada vez se hacen más exigentes.

La Universidad Industrial de Santander y particularmente la escuela de ingeniería civil, están interesados en mejorar la metodología, implementando nuevas herramientas de aprendizaje en el laboratorio de caracterización de materiales I y II, para garantizar que los estudiantes que cursen estas asignaturas puedan alcanzar las competencias para realizar una clara identificación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas. Además se estudió el comportamiento de los materiales expuestos a distintas situaciones de carga y entorno (tracción, compresión, flexión, abrasión, etc.), teniendo en cuenta que para lograr una mayor eficiencia y calidad se necesita el conocimiento de las normas técnicas colombianas tales como ISO, INCONTEC, INVIAS, NTC, AASHTO, etc.

Este proyecto de investigación propone una metodología de enseñanza para mejorar y reforzar las habilidades adquiridas por los estudiantes de las asignaturas de caracterización de materiales I y II. Como primer paso se estudiaron las competencias que se desarrollan actualmente, se propuso reformarlas de manera que el estudiante obtenga una mejor interpretación de los conceptos que se exponen en los programas de caracterización. Luego se plantearon cuatro fases con el fin de alcanzar las competencias propuestas.

Finalmente este proyecto busca que el estudiante llegue a identificar, caracterizar, comparar, formular y dar un control de calidad sobre los materiales que se analizan en el laboratorio, esto le será de gran utilidad cuando se enfrenten a la vida profesional, en cualquier área de la construcción.

Se propusieron las siguientes competencias para que al finalizar los cursos de caracterización de Materiales I y II los estudiantes puedan:

- Identificar y reconocer las principales características de los materiales más utilizados en la construcción.
- Realizar ensayos particulares para cada material comprendiendo sus propiedades físico-mecánicas.
- Desarrollar capacidades para innovar, diseñar y producir nuevos materiales, para ser más competitivos o para resolver problemas sociales y ambientales.
- Conocer y aplicar un control de calidad a los materiales por medio de especificaciones técnicas y normas para poder evaluar su uso, seguridad, durabilidad y vida útil.

Para que el alumno pueda alcanzar las competencias anteriores realizamos cuatro (4) fases que a continuación se presentan:

FASE 1: Ensayos no normalizados para la madera, acero, suelo y concreto identificando la textura, forma, volumen, densidad entre otros.

FASE 2: Material de apoyo didáctico para realizar ensayos normalizados y poder comprender mejor las propiedades físico mecánicas de los materiales.

FASE 3: Taller prototipo para el estudio y formulación de materiales compuestos, que puedan ser utilizados en el área de construcción.

FASE 4: Normas y ensayos para controlar la calidad de los materiales de acuerdo a las especificaciones técnicas colombianas (NTC, INVIAS, NSR, ASTM, etc.)

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología de enseñanza para mejorar y reforzar las competencias adquiridas por los estudiantes en la asignatura de caracterización de materiales I y II.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar ensayos no normalizados para poder identificar y reconocer propiedades generales como; textura, forma, volumen, densidad y otros para los materiales más utilizados en la construcción como la madera, acero, suelo y concreto.
- Desarrollar un material didáctico que sirva como apoyo en el momento de realizar ensayos normalizados particulares de cada material, como; suelo, acero, madera, y otros para que el estudiante tenga una mejor comprensión de las propiedades físico mecánicas de estos.
- Diseñar un taller prototipo para el estudio y formulación de materiales compuestos, que puedan ser utilizados en el área de construcción.
- Recopilar y dar a conocer a los estudiantes las normas y ensayos para controlar la calidad de los materiales de acuerdo a las especificaciones técnicas colombianas (NTC , Invias, NSR) como; cerámicas, concreto, lechadas, suelo cementos y otros.

2. FASE 1: ENSAYOS NO NORMALIZADOS PARA LA MADERA, ACERO, SUELO Y CONCRETO IDENTIFICANDO LA TEXTURA, FORMA, VOLUMEN, DENSIDAD ENTRE OTROS.

Desde el origen de los tiempos los materiales han sido utilizados por el hombre para mejorar su nivel de vida, cada tipo de material posee una serie de características particulares, en función de esas propiedades se selecciona el más adecuado para cada aplicación. Los materiales se clasifican en: pétreos, aglomerantes, metálicos, orgánicos, pinturas y artificiales.

Los materiales se pueden dividir en naturales y artificiales; los naturales son los que se encuentran en la naturaleza, compuestos por minerales que se han sometido a cambios climáticos y de ellos se pueden obtener otros materiales; los artificiales son los que han sido obtenidos por el hombre a partir de componentes naturales por medio de procesos físicos y químicos. Por ejemplo el hormigón, que se obtiene a partir de la mezcla de arena, grava, cemento y agua¹.

Los materiales aglomerantes tienen la propiedad de unirse a otros empleándose para enlazar materiales, permite extenderse y moldearse antes de adquirir el estado sólido como por ejemplo el yeso, cemento y cal. Los materiales metálicos lo conforman el hierro usado en cimentaciones y estructuras por su alta resistencia, el acero como uso decorativo y en estructuras, el cobre sirve como material para ornamentación por su alta resistencia, y el aluminio por su fácil obtención, los materiales orgánicos más utilizados en la construcción son la madera y el corcho, son materiales ligeros, resistentes, y de fácil manejo; la pintura es un material decorativo, aislante y brinda una capa protectora; los

¹ HORNBOSTEL Caleb. Materiales para la construcción, tipo usos y aplicaciones. Editorial Limusa, S.A. México D.F, 2005. Páginas 1021.

polímeros como el caucho y los geotextiles son materiales artificiales que ofrecen excelentes propiedades mecánicas y eléctricas, usados en puentes y taludes.

El objetivo de esta competencia es proponer una metodología diferente a la que se está llevando a cabo, donde el estudiante sigue una norma paso a paso, sin tener conciencia de lo que se está haciendo ni cuestionándose realmente en la solución de un problema dado, para contrarrestar esto se busca que el alumno pueda proponer un ensayo sencillo y lo más importante que tenga los conceptos para poder avanzar en el procesos de aprendizaje.

En la realización de esta fase del proyecto, se pretende que el estudiante adquiera conocimientos básicos en la identificación de características de los materiales de construcción mediante ensayos simples, ya sea por medio de los sentidos o con ayuda de equipos de fácil manejo (lupa, balanza, microscopio, navaja, ácido clorhídrico, etc.). A simple vista, se puede observar: el color, tamaño de grano, fractura, textura, estructura y datos sobre su dureza y composición química. Además podemos determinar la masa, volumen, densidad, porosidad, absorción y permeabilidad; para que así el estudiante pueda construir una idea de las características de un material sin la necesidad de recurrir a un proceso de laboratorio.

Se elaboraron prácticas sencillas, para materiales como el acero, la madera, el suelo y el concreto; en donde se definió un objetivo por cada práctica, en el cual iba la propiedad física que se desea evaluar a cada material. Luego se planteó el fundamento teórico de la práctica a realizar, luego se describen los materiales e instrumentos que se necesitan para determinar cada propiedad y el procedimiento guía para cada uno de los ensayos. Los resultados se plasmaron en una tabla de cálculo, donde se anotan los valores que nos arroja cada prueba y por último se

realiza un cuestionario con preguntas sencillas para evaluar la comprensión adquirida por parte del estudiante en cada práctica².

2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES DE MÁS USADOS EN CONSTRUCCIÓN

- Acero
- Madera
- Suelo y agregados
- Concreto

2.1.1 Propiedades Físicas del Acero

2.1.1.1 Actividad 1: Propiedad física: Densidad

- **Objetivo específico.**

Determinar la densidad del acero por medio del método desplazamiento de volumen.

- **Fundamento Teórico.**

El Acero estructural es uno de los materiales básicos utilizados en la construcción de estructuras, tales como edificios industriales y comerciales, puentes y muelles. Se produce en una amplia gama de formas y grados, lo que permite una gran flexibilidad en su uso. Es relativamente barato de fabricar y es el material más fuerte y más versátil disponible para la industria de la construcción.

Propiedades del acero estructural: Se define como acero estructural al producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le aportan características específicas.

²GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. páginas 227

El acero laminado en caliente, fabricado con fines estructurales, se denomina como acero estructural al carbono, con límite de fluencia que varía entre los 250 y 420 Mpa. Según su uso.

El acero estructural según su forma lo podemos clasificar en:

PERFILES ESTRUCTURALES: Los perfiles estructurales son piezas de acero laminado cuya sección transversal puede ser en forma de I, H, T, canal o ángulo.

BARRAS: Las barras de acero estructural son piezas de acero laminado, cuya sección transversal puede ser circular, hexagonal o cuadrada en todos los tamaños.

PLANCHAS: Las planchas de acero estructural son productos planos de acero laminado en caliente con anchos de 203 mm y 219 mm, y espesores mayores de 5,8 mm y mayores de 4,5 mm, respectivamente³.

Densidad (ρ) [G/CM³]:

La densidad se define como la relación que existe entre la masa y el volumen de un objeto o una sustancia, la densidad media del acero es 7850 kg/m³.

• **Instrumentos y Materiales.**

- ✓ Barra de acero lizo longitud menor 15 cm
- ✓ Balanza capacidad 500 gr
- ✓ Probeta capacidad de 1000 ml
- ✓ Agua destilada
- ✓ Calibrador pie de rey

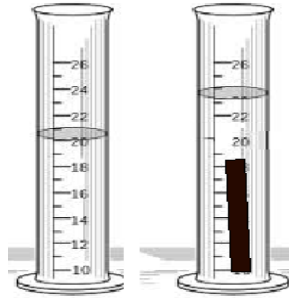
• **Procedimiento.**

1. Limpiar la barra de acero con un paño para quitar impurezas y suciedad.
2. Pesar la barra de acero en la balanza.
3. Llenar la probeta con agua, hasta una altura superior a la de la barra de acero y anotar dicha medida.

³ MAMLOUK Michael, ZANIEWSKI John. Materiales para Ingeniería civil. Segunda edición. Editorial Pearson S.A. Madrid (España). 2009. Páginas 598.

- Introducir la barra de acero en la probeta y medir el cambio de altura que presenta el agua.

Figura1. Probetas con agua y la barra de acero



- Calcular el área de la barra de acero según su geometría de la sección transversal y su altura.

Figura2. Barra de acero, medición de sus dimensiones.



- Con los datos obtenidos de la probeta y la balanza anteriormente, completar la siguiente tabla.

- **Cálculos.**

Tabla1. Toma de datos practica 1.

Parte A (método desplazamiento de volumen)		
FECHA:	Cantidad	Unidad
Masa del acero (m)		gr
Altura inicial de la probeta (h1)		ml
Altura final de la probeta (h2)		ml
Densidad aproximada: $m/(h2-h1)$		gr/cm ³
Parte B (método geométrico)		
Área base $A=\pi r^2$		cm ²
Altura (h3)		cm
Densidad aproximada: $m/(A*h)$		gr/cm ³

- **Cuestionario.**

- ¿En qué norma colombiana se estipula que el peso específico del acero sea de 7800[kg/m³]?
 - ¿Qué importancia tiene el conocimiento del peso específico del acero?
 - ¿Que otro método propondría usted para encontrar la densidad?

2.1.1.2 Actividad 2: Propiedad física: Dureza

- **Objetivo específico.**

Determinar la dureza del acero por medio del Durómetro.

- **Fundamento teórico.**

Dureza:

Propiedad de los materiales de resistir a ser atravesado (cortado, labrado, comprimido) por otro sólido, en los aceros la dureza aumenta con el contenido de carbono además de otros procedimientos como el temple.

Las pruebas de dureza dependen de la medición de la profundidad diferencial de una deformación permanente. Se usan varias combinaciones de penetrador y carga, para adaptar las distintas pruebas de dureza al acero. Entre los penetradores se incluyen diamantes de forma cónica, y bolas de acero duro, cuyos diámetros varían 1/16 a 1/2 pulgada. El diamante cónico tiene un ángulo de abertura de 120° y un radio de 0.2 mm, en la punta⁴.

Figura 3. Puntas de durómetro



Fuente: La empresa DIARTEK S.R.L. por Gregorio de Laferrere: <http://diartek.com.ar/fotosDiartek/images/PENETRADORES%20PARA%20DUROMETROS.jpg> [Citado 12 mayo 2014].

- **Instrumentos y Materiales.**

- ✓ Probeta de acero lizo O corrugado longitud 1 cm.
- ✓ Durómetro debidamente calibrado.

⁴ BERNAU R.L. Elementos de metalografía y de acero al carbono, Editorial Andrés Bello. Santiago de Chile 1958. Cap. I. Pág. 25.

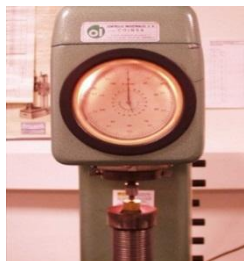
- **Procedimiento.**

1. Las pruebas, dureza estándar requieren que se emplee una carga ligera de 10 kg, para asentar firmemente el penetrador en la superficie de la muestra; esto se conoce como carga menor.
2. Ajustar el calibrador en cero de profundidad y aplicar y retirar una carga mayor. Mientras está actuando todavía la carga menor, se mide la profundidad de penetración permanente. El indicador de profundidad, que sirve para medir la penetración, se calibra en forma tal que su lectura se haga directamente en índices de dureza, en vez de pulgadas. Las cargas más usuales para las pruebas dureza estándar son de 60, 100 y 150 Kg.⁵

- **Cálculos.**

Para este ensayo no se requieren cálculos puesto que los resultados se observan directamente de la máquina.

Figura 4. Durómetro.



Fuente: BERNAU R.L. Elementos de metalografía y de acero al carbono, Editorial Andrés Bello. Santiago de Chile 1958. Cap. I. Pág. 28.

- **Cuestionario.**

- ¿Qué es la escala de Mohs?
- ¿Cuál sería la dureza del acero según la escala de Mohs?
- ¿Qué importancia tiene la dureza en el acero estructural?

⁵ FLORES PEREZ, Henry y LOPEZ DAMIAN, Iván, "Tecnología de los materiales de construcción", Tesis pregrado; Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo 2011.

2.1.1.3 Actividad 3: Propiedad física: Textura

- **Objetivo específico.**

Determinar la textura del acero por medio del Microscopio.

- **Fundamento Teórico.**

Textura vista desde el microscopio para visualizar la presencia de carbono en el acero.

El acero conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas. En este caso para la ingeniería civil-estructural las propiedades que se ven afectadas por la alta o baja presencia de carbonos en el acero son las de resistencia y ductilidad; Por ejemplo si en una muestra de acero se observa gran cantidad de carbono es muy probable que esta muestra tenga una resistencia muy alta, por el contrario la propiedad de la ductilidad se ve afectada negativamente puesto que los aceros que son muy resistentes tienden a mostrar fallas frágiles, las cuales en el caso del acero estructural no permiten disipar la energía inducida por un sismo en forma de deformaciones.⁶

- **Instrumentos y Materiales.**

- ✓ Probeta de acero lizo, o corrugado longitud 1 cm.
- ✓ bakelita o el polímero químico que se le agrega al acero para facilitar el limado.
- ✓ Papel de lija de los siguientes tamaños: (120, 240, 320, 400, 600).
- ✓ microscopio.

⁶ BERNAU R.L. Elementos de metalografía y de acero al carbono, Editorial Andrés Bello. Santiago de Chile 1958. Cap. I. Pág. 32.

- **Procedimiento.**

1. Extraer una muestra representativa de una varilla de acero, mediante un corte ya sea transversal o longitudinal según el caso con una sierra o un disco abrasivo.
2. Colocar la muestra en una prensa hidráulica y añadirle la bakelita o el polímero, los polímeros pueden ser de dos tipos termoplásticos o termoendurecibles luego es sometido a una presión y temperatura determinada enfriándola inmediatamente.
3. Desbastar la superficie de la muestra con papel de lija, de manera uniforme disminuyendo el tamaño de grano (Nº de papel de lija) hasta llegar al papel de menor tamaño de grano (120, 240, 320, 400, 600), en cada cambio de papel de lija la muestra se gira 90 grados para eliminar las rayas que se producen.
4. Para el desbaste fino se requieren discos giratorios cubiertos por un paño especial sobre los cuales se aplican abrasivos (alúmina, el pulido se realiza sujetando la muestra con la mano y de manera circular constante para que las rayas sean eliminadas.
5. Realizar un ataque químico a la muestra. Uno de los químicos más usados es el nital, (ácido nítrico y alcohol), para la gran mayoría de los metales ferrosos. Una guía de los ataques químicos utilizados para revelar las fases y microconstituyentes de metales y aleaciones se pueden ver en la norma ASTM E407 - 07 Standard Practice for Microetching Metals and Alloys. este proceso se efectúa en un tiempo mínimo para que la muestra no sea quemada por el ácido, inmediatamente la muestra se lava con agua y alcohol se seca y se lleva al microscopio se observa a diferentes aumentos de 50x 100x 200x para determinar su microestructuras componentes y cantidad de carbono en la muestra y se compara con el respectivo diagrama hierro carbono.⁷

- **Cálculos.**

Tabla 2. Toma de datos practica 3.

TABLA DE MUESTRAS DE ACEROS		
MUESTRA	fy (Mpa)	clasificación por tipo de falla
	220	dúctil
	420	Semi - dúctil
	560	frágil

- **Cuestionario.**

- ¿Por qué el aumentar la cantidad de carbono en la aleación del acero este se vuelve menos dúctil?
- ¿Se pueden obtener aceros con aleaciones en las que se incluya algún elemento aparte del carbono y el hierro y que propiedades tendría (diga por lo menos tres)?

2.1.2 Propiedades Físicas de la Madera

2.1.2.1 Actividad 4: Propiedades físicas: Características Organolépticas

- **Objetivo específico**

Determinar las propiedades físicas de la madera por medio de las características organolépticas.

- **Fundamento Teórico.**

La madera es un material duro y resistente que se produce mediante la transformación del árbol. Es un recurso forestal disponible que se ha utilizado durante mucho tiempo como material de construcción. La madera es uno de los elementos constructivos más antiguos que el hombre ha utilizado para la construcción de sus viviendas y otras edificaciones. Pero para lograr un resultado excelente en su trabajabilidad hay que tener presente ciertos aspectos relacionados con la forma de corte, curado y secado. Es un recurso natural que podemos utilizar pero debemos ir renovando para garantizar la sostenibilidad de su uso y para la conservación del medio ambiente ya que los bosques desempeñan un papel fundamental en el ciclo del carbono minimizando los efectos adversos del cambio climático.⁸

Color: Tiene importancia en la diferenciación de la madera y sirve como indicador de su durabilidad, variando desde casi blanco al negro, En general, puede decirse que las maderas más durables y resistentes son aquellas de color oscuro lo que está directamente relacionado con la gran diversidad de especies de árboles que existentes.

Olor y sabor: Producido por sustancias volátiles como resinas y aceites que en ciertas especies producen olores característicos.

Grano: se refiere a la disposición y dirección de los elementos constituyentes del leño en relación al eje del árbol.

- Grano recto: Cuando los elementos se disponen en sentido paralelo entre si y respecto al eje del árbol. Las maderas con este tipo de fibra presentan gran resistencia mecánica pero un diseño poco atractivo.

⁸ GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Capitulo v página 146.

- Grano ondulado o inclinado: cuando los elementos se disponen paralelos entre si pero describiendo una trayectoria sinuosa respecto al eje del árbol. Estos movimientos pueden presentarse en planos radiales tangenciales.
- Grano entrelazado o espiralado: las fibras presentan una inclinación respecto al eje del árbol. En algunos periodos de crecimiento pueden tomar un sentido y en otros uno contrario, presentan diseños similares a las maderas que tienen fibras inclinadas.
- Grano revirado o entrecruzado: las fibras mantienen una inclinación constante a derecha o izquierda con mayor o menor ángulo, desarrollándose en sentido helicoidal respecto del eje del árbol. Las maderas con este tipo de grano tiene gran tendencia a rajarse.

Figura 5. Tipos de grano para la madera.



Fuente: Manual para la identificación de maderas forestales: <http://www.monografias.com/trabajos75/manual-identificacion-maderas-forestales/manual-identificacion-maderas-forestales2.shtml> [Citado 25 de mayo 2014]

Textura: se refiere a la impresión visual producida por las dimensiones, distribución y porcentaje de los elementos estructurales en el leño.

- Textura gruesa: cuando los elementos se pueden observar a simple vista pues su tamaño es muy grande.
- Textura media: cuando los elementos tienen tamaño intermedio.
- Textura fina: cuando los elementos tienen tamaño muy pequeño.⁹

⁹HOFFMANN Kurt, GRIESE Helga . Construcciones con madera. Forma, construcción y protección de la madera. Editorial Blume, tuset 8. Barcelona-6, 1967. Páginas 180.

- **Instrumentos y Materiales.**

- ✓ Calibrador
- ✓ Microscopio
- ✓ Micrótopo
- ✓ Muestras de diferentes tipos de madera (3)

Figura 6. Micrótopo y Microscopio



Fuente: Universidad Católica del Norte, Laboratorio Ingeniería civil Ambiental:
<http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/Propiedades%20f%EDsicasm3.htm> [Citado 14 mayo 2014].

- **Procedimiento.**

1. El instructor debe suministrar tres muestras de madera que difieran sus características.
2. Teniendo la primera muestra el estudiante puede identificar sus características por medio de los órganos sensoriales (características organolépticas), como: color, olor, sabor y textura.
3. Para lograr identificar el grano que presenta la muestra a estudiar, se debe recurrir al microscopio para poder observar claramente el tamaño y el sentido de los granos:
 - 3.1. La pieza de madera no debe ser demasiado grande, con el calibrador medimos un muestra de 2 x 2 x 2 cm.
 - 3.2. se debe tener una lámina finísima cortada según los planos principales de la muestra de madera.

- 3.3. utilizar un micrótomo, que sirve para conseguir una muestra finísima de madera la cual montamos sobre el porta objetos, se observan con un microscopio de transmisión.
4. repetir el mismo procedimiento con las dos muestras restantes, y realizar las comparaciones que se requieran.
- **Cuestionario.**
 - Hacer un cuadro comparativo con las características mencionadas, para las tres (3) muestras que se suministraron.
 - Se pudieron identificar todas las características físicas de las muestras de madera, Explique.
 - Para identificar el tipo de grano presente en las muestras, se tuvo que usar el microscopio, para todos los casos, Explique.

2.1.2.2 Actividad 5: Propiedad física: Contenido de Humedad

- **Objetivo específico.**

Determinación del contenido de humedad de la madera.
- **Fundamento Teórico.**

Humedad:

La madera no es un sólido continuo, sino que contiene grandes vacíos en forma de vasos longitudinales y transversales entre sus fibras formadas por celulosa que es hidrófila por lo que absorbe grandes cantidades de agua logrando que su rigidez disminuya y sea susceptible a cambios volumétricos, El PSF denominado punto de saturación de las fibras y corresponde a contenidos de humedad de la madera entre 21 y 40% dependiendo de la especie que se trate.

Estados según el contenido de humedad:

- **Madera Verde:** ha perdido parte del agua libre y su humedad natural está por encima del punto de saturación de las fibras (PSF).
- **Madera en el punto de saturación de las fibras:** ha perdido la totalidad del agua libre y empieza a perder parte del agua higroscópica. El punto o zona de saturación de las fibras corresponde a un contenido de humedad entre el 21% y el 32%. Cuando la madera ha alcanzado esta condición sus paredes celulares están completamente saturadas pero sus cavidades están vacías.
- **Madera en equilibrio higroscópico:** Cuando ha perdido la totalidad del agua libre y empieza a perder agua higroscópica hasta llegar a equilibrio con la humedad relativa del medio ambiente Para la mayoría de las maderas el equilibrio higroscópico está entre el 12% y el 18% de contenido de humedad depende de la humedad del lugar donde se realiza el secado.
- **Madera en estado anhidro o seco:** Es aquella que ha perdido la totalidad del agua libre y la higroscópica, se obtiene cuando la madera se seca hasta peso constante a la temperatura de 100 ± 2 °C.

El contenido de humedad (CH) se define como el peso de la cantidad de agua presente en una pieza de madera, expresada en función de peso de esa pieza en estado seco o anhidro.¹⁰

PARTE A METODO DE LA BALANZA Y ESTUFA.

Este método es aplicable a maderas con cualquier contenido de humedad. Sirve para determinar el contenido de humedad de lotes de piezas de madera y de probetas destinadas a ensayos de laboratorio.¹¹

¹⁰ViGNONE, S., JIMENEZ, F, (1997). Tecnología de la madera. MP Madrid, Páginas 120.

¹¹ Universidad Católica del Norte, Laboratorio Ingeniería civil Ambiental:
<http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/Propiedades%20f%EDsicism3.htm> [Citado 14 mayo 2014].

El método de secado en estufa no es conveniente para maderas con gran cantidad de sustancias volátiles y para maderas impregnadas con productos químicos, sean éstos volátiles o no.

$$CH = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso anhidro}}{\text{peso anhidro o seco}} * 100$$

Cuando el CH < PSF la madera sufre cambios dimensionales y varía sus propiedades mecánicas, se clasifica en función de su contenido de humedad de la siguiente forma:

Tabla 3. Clasificación de la madera según el contenido de humedad.

CONTENIDO DE HUMEDAD	CLASIFICACIÓN
CH > PSF	Madera verde
23% < CH < PSF	Madera semiseca u oreada
13% < CH < 22%	Madera comercialmente seca
CH = 0	Madera seca o anhidra

Fuente: GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Capítulo v página 146.

PARTE A: Método de la balanza y horno o de la doble pesada

• **Instrumentos y Materiales.**

- ✓ Balanza.
- ✓ Estufa de secado, con circulación de aire, regulable a 103°C ± 2°C.
- ✓ Desecador, provisto de un deshidratante adecuado.
- ✓ Recipientes de vidrio, de 2 a 3 dm³ de capacidad, provistos de tapas herméticas.
- ✓ muestra de madera
- ✓ calibrador.
- ✓ Segueta.

- **Procedimiento.**

1. Las muestras deben tomarse cortando de la tabla o pieza un listón transversal de 15 a 20 cm de espesor en la dirección del grano y a una distancia de por lo menos 50 cm del extremo de la pieza donde el contenido de humedad puede ser menor; las muestras deben estar sanas y libres de defectos y las herramientas para el corte bien afiladas para evitar pérdidas de humedad por recalentamiento de las superficies de corte.
2. Si no es posible pesar las probetas inmediatamente después de cortadas, envolverlas con una lámina a prueba de humedad o colocarlas en un recipiente de vidrio, de cierre hermético, previamente tarado, para evitar cambios en el contenido de humedad. En este caso la probeta debe pesarse conjuntamente con la lámina o recipiente. En todo caso no deben transcurrir más de 2 h desde que se cortan las probetas hasta el momento de pesarlas.
3. Con ayuda de la balanza tomamos el peso inicial o en estado verde de la muestra de madera.
4. Colocar la muestra en la estufa de secado, a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta que alcanza su peso constante.
5. Enfriar la probeta hasta temperatura ambiente en un desecador y pesar rápidamente para evitar variaciones mayores a 0,1% en el contenido de humedad. La precisión de la pesada debe ser de 0,1 g.
6. Calcular el contenido de humedad expresado en porcentaje con la anterior fórmula, con el promedio aritmético de los resultados obtenidos para las probetas individuales e informarlo como el valor promedio del contenido de humedad de las probetas, o del lote. Redondear los resultados al entero porcentual más próximo.

- **Cálculos.**

Tabla 4. Toma de datos practica 5 parte A

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		
	VALOR	UNIDAD
PESO DE LA PROBETA		gr(gramos)
PESO DE LA PROBETA + MUESTRA MADERA VERDE		gr(gramos)
PESO DE LA PROBETA + MUESTA MADERA SECA		gr(gramos)
CONTENIDO DE HUMEDAD		%

- **Questionario.**

- ¿Qué sucede si la muestra de madera, se pesa después de las 2h que se recomiendan, o no se le da un cuidado adecuado?
- ¿Cómo podemos saber en qué momento la muestra alcanza su peso constante?
- ¿Porque es importante el contenido de humedad en la madera?

PARTE B METODO DEL XILOHIGRÓMETRO

Este método es aplicable a madera con un contenido de humedad entre 7% y 28% y no requiere cortar probetas. Sirve para determinar el contenido de humedad de un lote o de piezas de madera. Este método es apto para determinaciones en terreno. Este método no es aplicable en casos de arbitraje.

El método del xilohigrómetro presenta grandes errores cuando se usa en madera impregnada con sales u otros electrolitos. No es conveniente su uso cuando la madera ha sido tratada con sales preservantes o retardadores de fuego, así como tampoco cuando la madera ha estado en contacto prolongado con agua de mar. Cuando el contenido de humedad es menor de 8% estas alteraciones son

despreciables. Las sales retenidas dan valores aumentados de humedad, pero aun así el xilohigrómetro podría usarse para establecer los límites superiores de humedad en maderas tratadas con sales.

Xilohigrómetro

Aparato que sirve para determinar indirectamente la humedad de la madera, basándose en la medida de alguna propiedad eléctrica de la misma. Normalmente se han utilizado los que se basan en la medida de la resistencia eléctrica (xilohigrómetro de resistencia) y los que lo hacen en la medida de propiedades dieléctricas de la madera (xilohigrómetros de capacitancia y de factor de potencia); si bien, los xilohigrómetros portátiles que normalmente se utilizan en obra, son xilohigrómetros de resistencia. Este equipo sirve para determinar in-situ, de forma rápida y sencilla el contenido de humedad de la madera.

Calibrado para la especie correspondiente y capaz de hacer una medición individual con un error no mayor de $\pm 2\%$, a contenidos de humedad entre 7% y 28%. Comprende dos electrodos que consisten en agujas cubiertas con material aislante en toda su longitud con excepción de la punta.

Figura 7. xilohigrómetros



Fuente: Universidad Autónoma de Nuevo Leon Laboratorio de mecánica de materiales, RAMIREZ VILLAREAL, Daniel: <http://daniel.fime.uanl.mx/labs/laboratorios/practica10.pdf> Citado 20 mayo 2014].

PARTE B: Método del Xilohigrómetro portátil.

• Instrumentos y Materiales

- ✓ Xilohigrometro portátil
- ✓ Muestras de madera:
 - Para lotes de piezas de madera Tomar al azar del lote el número de piezas correspondientes.
 - Para piezas individuales, Efectuar las mediciones de humedad con el xilohigrómetro sobre cada una de las piezas.

• Procedimiento.

1. Medir el contenido de humedad en áreas exentas de defectos visibles, humedad superficial y suciedad. Orientar los electrodos en la madera de modo que la línea que une las puntas esté en la dirección de las fibras, a menos que por el diseño del instrumento se especifique lo contrario.
2. El número de puntos de medición debe ser: dos para piezas de más de 1,5 m y hasta 2,5 m de largo; tres como mínimo para piezas de más de 2,5 m y hasta 4 m de largo y cuatro como mínimo para piezas de más de 4 m de largo.
3. Los puntos en que se efectúen las mediciones deben estar ubicados a una distancia no menor de 50 cm de cada extremo, equidistantes uno del otro y ubicados en el centro del ancho de cada cara.
4. Insertar los electrodos en forma perpendicular a la superficie y a una profundidad entre $1/4$ y $1/5$ del espesor de la pieza, en el caso de piezas de sección rectangular y entre $1/6$ y $1/7$ en piezas circulares.

NOTA: Esta profundidad corresponde a la humedad promedio de la sección transversal. Si se quiere conocer el gradiente de humedad, las mediciones se harán a diferentes profundidades. Efectuar las correcciones para especies y temperaturas cuando corresponda.

Calcular el promedio de las mediciones en cada pieza de madera que compone la muestra, para obtener los valores individuales de contenido de humedad, en porcentaje en masa, redondeado al 1 %.

Obtener el valor promedio del contenido de humedad del lote, en porcentaje en masa redondeado al 1 %.

- **Cálculos**

Tabla 5. Toma de datos practica 5 parte B

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
Muestra 1	0 cm	50 cm	100 cm	PROMEDIO
Muestra 2	0 cm	50 cm	100 cm	
Muestra 3	0 cm	50 cm	100 com	

Nota: para una probeta que no tenga un metro de longitud el contenido de humedad se debe tomar al inicio, a la mitad y al final.

- **Cuestionario**

- ¿Qué otros métodos existe para poder medir el contenido de humedad en una muestra de madera?
- ¿Cuál de los dos métodos visto, es más preciso y en qué casos se utilizan?

2.1.2.3 Actividad 6: Propiedad física: Densidad

- **Objetivo específico.**

Determinación de la densidad de la madera.

- **Fundamento teórico.**

Densidad: Es la relación entre la masa y el volumen de una pieza de madera. Se acostumbra a tomar la masa como el peso, la densidad se mide en gramos sobre centímetros cúbicos (gr/cm³). Según la especie la madera varía de densas o pesadas a livianas.

Densidad anhidra o seca al horno: Es la relación entre el peso y el volumen de la madera en estado anhidro, es decir con CH cero.

Densidad seca al aire: es la relación entre el peso y el volumen correspondiente a un CH de equilibrio con el medio.

Densidad verde: Es la relación entre el peso y el volumen verde CH mayor al 30%.

Densidad básica: es la relación entre el peso anhidro y el volumen verde. La densidad básica es la menor de las cuatro densidades definida y es la que se usa en la práctica pues las condiciones en las cuales se basa permanecen estables para cada especie de madera.¹²

¹² GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Capítulo v página 146.

Tabla 6. Clasificación de la madera según su densidad.

Tipo de densidad	Madera	Uso
Liviana Entre 0.31% - 0.45%	Cativo, Ciprés, pino, patula	Molduras, Enchapes, Cielo raso
mediana Entre 0.46% - 0.75%	Cedro, roble, nogal, cafetero	Muebles: comedor, closets, cocinas.
pesada Entre 0.76% - 1.00%	Algarrobo, zapan, nazareno, bálsamo	Pisos, Escaleras, Muebles intemperie

Fuente: GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Capitulo v página 160.

- **Instrumentos y Materiales**

- ✓ Calibrador para determinar las dimensiones de las probetas.
- ✓ Balanza
- ✓ Equipo: para determinar el contenido de humedad (Determinación de humedad. Método de secado en estufa o método del Xilohigrometro).
- ✓ Muestras de madera.

- **Procedimiento**

1. **Preparación de las probetas:** Cortar las probetas en forma de prismas rectos que tengan una sección cuadrada de 25 mm de lado y una longitud en la dirección de la fibra de 100 ± 5 mm. Los anillos de crecimiento deben ser paralelos a dos caras opuestas.

NOTA: Pueden usarse las mismas probetas para la determinación de humedad, densidad y contracción.

2. **Determinación de la densidad:** Determinar la masa de la probeta con una precisión de 0,01g. Determinar el volumen por alguno de los métodos. Determinar el contenido de humedad de la probeta con alguno de los métodos anteriores, tomando la probeta completa.

- Determinación de la densidad anhidra: Secar las probetas gradualmente hasta masa constante, evitando su deformación y resquebrajamiento. Determinar la masa y el volumen, una vez enfriadas a temperatura ambiente.
- Determinación de la densidad básica: Determinar el volumen máximo de la madera al estado verde (lo más cercano posible al contenido de humedad máxima que corresponde al volteo del árbol). Secar las probetas hasta masa constante y pesar con una precisión de 0,01 g.

3. **Determinación del volumen:** El volumen de la probeta puede determinarse por alguno de los métodos siguientes:

Por medición directa.

Este método es aplicable a probetas de cualquier tamaño, de forma regular, cuyas esquinas presenten ángulos rectos, y cuyas superficies sean lisas. Medir la longitud l , el ancho a y el espesor e , con una precisión de $\pm 0,3\%$. Efectuar por lo menos tres mediciones en cada dirección, aunque en probetas pequeñas es suficiente una o dos mediciones.

Por inmersión en agua

Estos métodos son aplicables a probetas de forma irregular o de superficie rugosa. La madera seca debe sellarse previamente sumergiendo la probeta en cera de parafina caliente. En madera verde no es necesario este sellado.

Colocar la probeta en un recipiente de volumen conocido y agregar agua hasta llenar el recipiente. Sacar la probeta del agua y determinar el volumen remanente. El volumen del recipiente lleno menos el volumen de agua remanente corresponde al volumen de la probeta.

Llenar con agua una probeta hasta una de las graduaciones principales y registrar este volumen. Colocar la probeta en el cilindro y hundirla con ayuda de una varilla delgada. Registrar el nuevo volumen. La diferencia entre los dos volúmenes corresponde al volumen de la probeta.

Por inmersión en mercurio

Este método es aplicable a probetas de tamaño reducido, de cualquier forma, densidad y contenido de humedad. No es necesario sellar la probeta con parafina, excepto si presenta poros o huecos muy abiertos en los cuales podría quedar atrapado mercurio, provocando una medición errónea.

El procedimiento empleado es igual al de inmersión en agua.

- **Expresión de resultados**

- La densidad, ρ_H de cada probeta, en kg/m³ (o g/cm³) está dada por la fórmula:

$$\rho_H = \frac{m_H}{V_H}$$

m_H : es la masa, en kg. (ó g) de la probeta al contenido de humedad H

V_H : es el volumen, en m³ (ó cm³) H de la probeta al contenido de humedad H .

- La densidad básica, ρ_b de cada probeta, en kg/m³ (g/cm³) está dada por la fórmula:

$$\rho_b = \frac{m_o}{V_{max}}$$

m_o : es la masa, en kg (ó g) de la probeta en la condición anhidra

V_{max} : es el volumen, en m³ (ó cm³) máximo de la probeta al contenido de humedad máximo.

- La densidad anhidra, ρ_0 de cada probeta, en kg/m³ (ó g/cm³) esta dada por la fórmula:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

V₀: es el volumen, en m³ (ó cm³) o de la probeta en la condición anhidra.

- La densidad de referencia, de cada probeta en kilogramos por metro cúbico (o g/cm³) está dada por la fórmula:

$$\rho_r = \frac{m_0}{V_H}$$

En este caso la medición del volumen se hace generalmente a un contenido de humedad de 12%..[11]

- **Cálculos.**

Tabla 7. Toma de datos practica 6

DENSIDADES DE LA MADERA			
		VALOR	UNIDAD
PESO MADERA AL CONTENIDO DE HUMEDAD	mH		gr
VOLUMEN MADERA AL CONTENIDO DE HUMEDAD	VH		cm ³
DENSIDAD AL CONTENIDO DE HUMEDAD MADERA	ρ_H		gr/cm ³
PESO MADERA EN ESTADO AHNIDRO	m ₀		gr
VOLUMEN MADERA CON EL MAX C.H	V _{max}		cm ³
DENSIDAD BASICA DE LA MUESTRA DE MADERA	ρ_b		gr/cm ³
VOLUMEN EN CONDICION AHNIDRO	V ₀		cm ³
DENSIDAD AHNIDRA MUESTRA DE MADERA	ρ_0		gr/cm ³
DENSIDAD DE REFERENCIA	ρ_r		gr/cm ³

- **Cuestionario.**

- Expresar los resultados individuales de cada probeta, y como resultado final el promedio de todas las probetas.
- ¿Porque es importante hallar todas las densidades anteriores, y tener en cuenta el contenido de humedad que pueda tener la muestra?
- ¿Cuál de los métodos vistos para hallar el volumen es el más preciso, y con cuál de todas las densidades trabajaríamos, y porque?

2.1.2.4 Actividad 7: Propiedad física: Dureza

- **Objetivo específico.**

Determinación de la dureza al rayado de la madera.

- **Fundamento Teórico.**

Dureza: La dureza de la madera es la resistencia que opone al desgaste, al rayado y a los clavos. Depende de la densidad, edad, estructura, sentido de aplicación del esfuerzo, y parte del tronco a la cual pertenece el elemento.

Por la dureza de las maderas se pueden clasificar en:

- Muy duras, como el Ébano, Encina y Tejo, etc.
- Bastante duras, como el Roble, Fresno, Acacia, Almendro, etc.
- Algo duras, como el Castaño, Nogal, algunas especies de pino, etc.
- Muy blandas, como el Tilo, el Balso, Álamo, etc.

La dureza está estrechamente relacionada con el trabajo que se ejecuta en la madera, bien sea a mano o mecánicamente; hay una relación directa entre la dureza y la dificultad para realizar este trabajo. Existe además una relación entre la dureza y la densidad, en general las maderas más pesadas son las más duras.

Hay poca diferencia entre la dureza determinada entre las secciones radiales y tangenciales, pero la dureza determinada en la sección transversal es mayor, como también es mayor la dureza de la madera vieja que la de la joven. Una estimación acerca de la dureza aproximada de una madera se puede lograr al tratar de rayar su superficie en el sentido perpendicular a la dirección del grano.¹³

- **Instrumentos y Materiales**

- ✓ Muestras de madera
- ✓ La uña del dedo
- ✓ Una moneda de cobre
- ✓ Una punta de acero, por ejemplo una punta de cuchillo, un clavo etc.
- ✓ Un fragmento de vidrio

- **Procedimiento.**

1. Se tiene diferentes muestras de madera para la práctica, nos vamos a basar en El test de dureza de Mohs que consiste simplemente en encontrar cual es el último mineral de la escala que puede ser rayado por el ejemplar a medir y cuál es el primero que no puede serlo como no disponemos de los de 10 minerales para efectuar el test de dureza. Por el contrario, puede obtenerse un aproximación bastante buena usando simplemente La uña del dedo ($H = 2.5$),

¹³ Universidad Autónoma de Nuevo Leon Laboratorio de mecánica de materiales, RAMIREZ VILLAREAL, Daniel: <http://daniel.fime.uanl.mx/labs/laboratorios/practica10.pdf> [Citado 20 mayo 2014].

Una moneda de cobre (H = 3), Una punta de acero, por ejemplo una punta de cuchillo, un clavo etc. (H = 5), Un fragmento de vidrio (H = 5.5).

2. Se deben Tomar las caras frescas pues la alteración provoca una disminución de la dureza de un mineral.
3. Se debe rayar el material empezando por la uña del dedo hasta llegar al fragmento de vidrio, teniendo en cuenta de No confundir la raya con la huella que dejan los minerales más blandos. Mientras la huella puede ser limpiada, la raya es irreversible.
4. Según la práctica anterior, empleando objetos comunes se consigue una buena escala de magnitud de dicha dureza, y puede clasificar las muestras de madera, si son muy blandas, algo duras, muy duras.

- **Cuestionario**

- ¿Si tenemos la misma muestra de madera pero una está cortada de forma longitudinal y la otra transversal, esto afecta su dureza al rayado?.
- Compare las muestras de madera, y analice los resultados,¿ cree que esto afecta su resistencia mecánica?
- ¿Aparte de la dureza al rayado a que otras durezas puede ser sometida una muestra de madera?

2.1.3 Propiedades Físicas de los Agregados.

2.1.3.1. Actividad 8: Propiedades físicas: Densidad, Textura y Forma.

- **Objetivo específico.**

Reconocer propiedades físicas de los agregados como la densidad, textura y forma.

- **Fundamento teórico.**

Los agregados son uno de los materiales más usados en construcción, ya que forman gran parte del volumen de materiales compuestos como el concreto asfáltico y el concreto hidráulico, además está presente en las capas de los pavimentos como las bases y subbases granulares, por lo tanto es importante el estudio de las propiedades físicas y clasificaciones, para hacer más eficiente su uso.

Textura: Es una propiedad intrínseca del agregado que se deriva de su procedencia y de los cambios que sufren con el tiempo, así las rocas que provienen de río su textura tiende a ser lisa producto de la erosión y las rocas que provienen de canteras son más ásperas con caras angulares, a continuación una clasificación de textura superficial.

Tabla 8. Clasificación de la textura superficial de los agregados

CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS	DESCRIPCIÓN
ASPERA	Fracturada con granos finos a medianos difíciles de ver a la vista
LISA	Desgastada por agua o por fractura de roca laminadas o de grano fino
GRANULAR	Fracturada que muestra granos más o menos uniformes aproximadamente redondos
PANALOIDE O APANALADA	Contiene cavidades y poros visibles

Forma

La forma de las partículas influye en el comportamiento mecánico de los materiales compuestos, por ejemplo en un pavimento es muy importante que las partículas del agregado tengan cierto porcentaje de caras fracturadas para que

exista una mejor adherencia entre el asfalto y el agregado, ya que una partícula muy lisa hace perder la cohesión que existe en el material perdiendo así su resistencia a los esfuerzos, así mismo pasa con otros materiales compuestos como el concreto hidráulico, a continuación una clasificación de la forma de los agregados pétreos.¹⁴

Tabla 9. Clasificación según la forma de los agregados

CLASIFICACIÓN DE LA FORMA DE LOS AGREGADOS	DESCRIPCIÓN
REDONDEADA	Totalmente desgastada (posiblemente por el agua) en todas sus bordes
ANGULAR	Posee bordes bien definidos en la intersección de la caras más o menos planas
ALARGADA O ELONGADA	Normalmente angular, en el cual la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones
PLANA	Material en el cual el espesor es pequeño con relación a sus otras dos dimensiones
IRREGULAR	Irregularidad natural, o parcialmente desgastada por fricción con caras generalmente redondeadas

En la norma técnica colombiana N.174 se define formalmente como partícula plana y alargada:

Partícula alargada: Es aquella cuya relación entre longitud y anchura es mayor de 1.5 es decir:

$$\frac{L}{b} > 1.5$$

¹⁴ GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Capítulo 1 página 29.

Dónde:

L = longitud de la partícula.

b = ancho de la partícula.

Partícula plana: Es aquella cuya relación entre el espesor y el ancho es menor de 0.5, es decir:

Dónde:

$$\frac{L}{b} < 0.5$$

L = espesor de la partícula.

b = ancho de la partícula.

Densidades Como los agregados son materiales porosos es necesario definir los tipos de densidades:

- Densidad aparente: se define como la relación que hay entre la masa de un cuerpo y el volumen total de este (teniendo en cuenta el volumen de poros saturables y no saturables).

$$Densidad\ aparente = \frac{M_{real}}{V_{real} + V_{poros}}$$

- Densidad real: es la relación que hay entre la masa de un cuerpo y el volumen de este sin tener en cuenta los vacíos o poros (saturados y no saturados), también es conocida como densidad absoluta.

$$Densidad\ real = \frac{M_{real}}{V_{total} - V_{poros}}$$

- Densidad nominal: se define como la relación que existe entre la masa del cuerpo y el volumen que ocupan las partículas de este material, incluidos los poros no saturables y excluyendo los saturables.

$$Densidad\ nominal = \frac{M_{real}}{V_{total} - V_{poros\ saturados}}$$

- **Instrumentos y Materiales**

- Una muestra tipo 1 de agregado proveniente de cantera
- Una muestra tipo 2 de agregado proveniente de río
- Una muestra tipo 3 de agregado fino (arena)
- Calibrador pie de rey, Balanza y Probetas

- **Procedimiento.**

Parte A

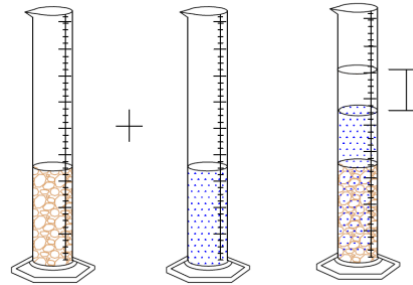
1. El estudiante debe identificar cual es el material o agregado proveniente de río y cuál es el proveniente de cantera de acuerdo a sus características (forma).
2. Identificar cuál es el tipo textura más representativa de cada muestra.
3. De la muestra de agregados de los dos tipos identificar cuales partículas son alargadas y cuales planas con ayuda del calibrador y las relaciones establecidas en la NTC-174.

Parte B

1. Secar el material seleccionado (arena y grava) en el horno hasta peso constante.
2. Pesar las probetas vacías.
3. Pesar el conjunto probeta +agregado seco (arena y grava) y medir el volumen de material en la probeta.
4. Llenar en cada probeta 100 ml en material arena y grava.

5. Saturar la muestra: Verter 100 ml de agua lentamente en las probetas.

Figura 8. Probetas, con el material arena y grava.



Nota: Si las partículas de los agregados no tuvieran poros el volumen total sería 200 ml, por lo tanto el volumen de poros va ser igual a lo que le falta a cada probeta para completar los 200 ml, que se llamara V2

- **Cálculos.**

Tabla 10. Toma de datos practicas 8 (Arena)

FECHA	Cantidad	Unidad
M1 = Peso de la probeta		Gr
M2 = Peso de la probeta + agregado seco		Gr
M3 = Peso de la probeta + agregado seco+ agua		Gr
V1= volumen del agregado (100 cm ³ o ml)		Cm ³
Densidad real $Dr = \frac{M2-M1}{V1-Vol\ agua} \quad vol\ agua = V2$		Gr/cm ³
Densidad aparente: $Da = \frac{M2 - M1}{V1}$		Gr/cm ³
% de saturación (método densidades) $S = \frac{Dr - Da}{Dr} * 100$		%
% de saturación (método. volumen de saturación) $S = \frac{V2}{V1} * 100$		%

Tabla 11. Toma de datos prácticas (Grava)

FECHA	Cantidad	Unidad
M1 = Peso de la probeta		Gr
M2 = Peso de la probeta + agregado seco		Gr
M3 = Peso de la probeta + agregado seco+ agua		Gr
V1= volumen del agregado (100 cm ³ o ml)		Cm ³
Densidad real $D_r = \frac{M_2 - M_1}{V_1 - Vol\ agua}$ vol agua = V2		Gr/cm ³
Densidad aparente: $D_a = \frac{M_2 - M_1}{V_1}$		Gr/cm ³
% de saturación (método densidades) $S = \frac{D_r - D_a}{D_r} * 100$		%
% de saturación (método. volumen de saturación) $S = \frac{V_2}{V_1} * 100$		%

- **Cuestionario.**

Parte A

- Cuáles son los principales usos del agregado y cuáles son los ensayos que se le practican para identificar sus propiedades de acuerdo al uso.

Parte B

- ¿Explique por qué una de las densidades es mayor a la otra?
- ¿La densidad aparente no es una propiedad intrínseca de los materiales, diga de que factores o condiciones depende?

2.1.4 Propiedades Físicas del Suelo

2.1.4.1. Actividad 9: Propiedades físicas: Textura, Porosidad y Densidad

- **Objetivo específico.**

Identificar propiedades del suelo como la textura, porosidad y la densidad

- **Fundamento teórico**

Textura

La textura es una propiedad de los suelos que depende del tamaño de sus partículas y permite predecir el comportamiento físico-mecánico, La textura indica la proporción de partículas fundamentales en el suelo: arcilla, limo y arena, que se agrupan en suelos de textura fina, media y gruesa, existen ensayos normalizados que permiten conocer con precisión qué tipo de suelo son, y algunos ensayos menos precisos pero más rápidos como el método de la sensación al tacto y la vista nombrado a continuación.¹⁵

- **Instrumentos y Materiales**

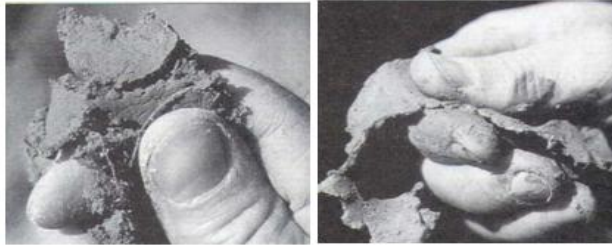
- ✓ Muestra de suelo de la cual se conozca su clasificación con anterioridad
- ✓ Espátula
- ✓ Agua

- **Procedimiento.**

1. Se humedece la muestra y se amasa en la mano, hasta formar una pasta homogénea.

¹⁵ HORNBOSTEL Caleb. Materiales para la construcción, tipo usos y aplicaciones. Editorial Limusa, S.A. México D.F, 2005. Páginas 1021.

Figura 9. Amasado de la muestra



Fuente: Apuntes geotecnia con énfasis en laderas, La consistencia del suelo: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo.html> [Citado 12 mayo 2014].

2. Mientras comprime y aplasta la muestra, observar su maleabilidad, resistencia y adherencia.
3. Se toma en el dedo índice y pulgar y se presiona, tratando de formar una capa delgada y se clasifica de la siguiente forma:
 1. Muestra es arenosa: el tacto es áspero y abrasivo, no tiene brillo ni cohesión y no se forma la capa delgada.
 2. Muestra limosa: tiene tacto suave, se forma una capa y no presenta pegajosidad y plasticidad.
 3. Muestra arcillosa: la capa formada tiene cohesión, es brillante plástica y pegajosa según el contenido de humedad.

Figura 10. Clasificación de la muestra se suelo



Fuente: Apuntes geotecnia con énfasis en laderas, La consistencia del suelo: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo.html> [Citado 12 mayo 2014].

Nota: de los 3 tipos de suelos nombrados existen muchas de combinaciones pero para definir el tipo de suelo con precisión requiere un análisis de laboratorio más detallado.

Densidad

La densidad es un valor útil, gracias a ella es posible identificar propiedades del suelo como la distribución del tamaño de partículas (granulometría) y porosidad, ejemplo de ello un suelo poroso con partículas grandes será menos denso.

Al tener espacio poroso existen varios tipos de densidad en los suelos como la densidad aparente y real, para medirla se debe tener cuidado de no alterar la muestra ya que no sería representativa, hay gran cantidad de métodos para la densidad unos más útiles que otros pero eso depende del tipo de suelo y las condiciones de este.

Porosidad

La porosidad o espacio poroso son vacíos que se forman entre las partículas de suelo que pueden contener agua o aire, y se puede expresar como porcentaje de la relación entre el volumen de vacíos o huecos y el volumen del total de suelo.

La porosidad de un suelo se debe determinar en muestras de suelo inalteradas como se encuentran en campo, ya que cualquier cambio que altere la orientación de las partículas afecta directamente la porosidad, existen varios métodos para medir porosidad y densidades unos más precisos que otros a continuación un método muy sencillo para medir la porosidad.

- **Instrumentos y materiales**

- ✓ Un muestreador para tomar volúmenes de suelo inalterado
- ✓ Probeta con capacidad 500 ml.
- ✓ Agua.

- **Procedimiento**

1. Determinar el volumen total de la muestra del suelo. Para ello se introduce el muestreador en un suelo evitando las raíces y rocas.

Figura 11. Muestreador de suelo.



Fuente: N.W. Osorio. Universidad Nacional de Colombia, A. A. 3840 Medellín, Colombia, <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf>, [Citado 12 mayo 2014].

2. Pesar la probeta vacía.
3. Saturar la muestra: Verter el agua lentamente en la probeta hasta llegar al mismo nivel que tiene el material para llenar los vacíos con agua y pesar el conjunto.
4. Determinar el peso de la muestra, pesando el conjunto probeta +suelo.
5. Secar el material seleccionado en el horno hasta peso constante (105°C).

- **Cálculos**

Tabla12. Toma de datos practica 9

FECHA	Cantidad	Unidad
M1 = Peso de la probeta		Gr
M2 = Peso de la probeta + suelo seco		Gr
M3 = Peso de la probeta + suelo + agua		Gr
V1= volumen del suelo (geometría del muestreador)		Cm3

FECHA	Cantidad	Unidad
Densidad real $D_r = \frac{M_2 - M_1}{V_1 - Vol\ agua} \quad vol\ agua = \frac{M_3 - M_2}{Dens.\ agua}$		Gr/cm ³
Densidad aparente: $D_a = \frac{M_2 - M_1}{V_1}$		Gr/cm ³
% de saturación (densidades) $S = \frac{D_r - D_a}{D_r} * 100$		-
% de saturación (volumen de saturación) $S = \left(\frac{M_3 - M_2}{Dens.\ agua} \right) / (V_1) * 100$		-

Nota: en ciertos casos algunos poros permanecen llenos de aire, incluso, después de saturar la muestra por ello se debe escoger cual es el metodo adecuado dependiendo del tipo suelo.

- **Cuestionario**

- ✓ ¿Cuáles son métodos y normas colombianas más utilizados para determinar la densidad real y aparente de los suelos?
- ✓ ¿Cuáles son los factores afectan la porosidad de un suelo?

2.1.5 Propiedades físicas del concreto

2.1.5.1 Actividad 10: Propiedades físicas: Densidad, Volumen y Masa.

- **Objetivo específico.**

Determinación de la densidad del concreto por medio del principio de Arquímedes.

- **Fundamento teórico.**

El concreto u hormigón, es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena, grava y en algunos casos de aditivos o materiales no convencionales, es uno de los materiales más empleados en la industria de la construcción, por sus propiedades de resistencia, duración y facilidad de producción. Desde su condición inicial blanda uniforme hasta la de cuerpo rígido tomando la forma del molde donde se coloca, después continua evolucionando para adquirir con el tiempo sus propiedades definitivas.

La permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de filtración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo; y así ser el resultado de la composición de la porosidad en la pasta de concreto, la hidratación o la asociación con la liberación de calor del agua en la mezcla, la temperatura del concreto, la formación de cavidades y grietas por contracción plástica en el concreto durante el tiempo de fraguado.

Para esta práctica, se seleccionó un método adecuado y rápido para evaluar la densidad en una probeta de concreto, optando por el principio de Arquímedes, debido a la sencillez y rapidez del mismo, y a su vez determinar el volumen cuando el material a evaluar no tiene una forma regular. Según la ley de Arquímedes dice que, “todo cuerpo sumergido en un líquido, recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del líquido desalojado”. Sin embargo, surgen aquí algunos inconvenientes, la estructura porosa permite la difusión del líquido entre los poros, lo que provoca un error en la determinación de la densidad, Esto llevó a realizar algunas modificaciones en la técnica original, impermeabilizar el material, a fin de impedir la difusión de líquido al interior del mismo a través de los poros, Se eligió parafina líquida para esta operación.¹⁶

¹⁶ GUZMAN, Diego Sánchez de. Concretos y mortero. 2 ed. Bogotá: Instituto del concreto, editores Ltda., 1997. Capítulo I página 15.

- **Instrumentos y Materiales**

- ✓ balanza
- ✓ Canastilla de sumersión del material
- ✓ Calibrador
- ✓ Parafina
- ✓ Probeta de concreto con geometría regular

- **Procedimiento.**

1. Preparar la probeta de concreto, teniendo cuidado que no contenga residuos de otros materiales.
2. Determinar la cantidad suficiente de parafina que se le va a suministrar a la probeta de concreto, teniendo en cuenta el valor de la densidad de la parafina.
3. Empleando la balanza, pesar la probeta de concreto antes de colocar la parafina.
4. Agregarle la parafina alrededor de todo el volumen del concreto, para evitar que el agua se introduzca en los poros de la probeta.
5. volver a tomar el peso de la probeta de concreto con la parafina líquida.
6. Colocar la probeta de concreto en la Canastilla de sumersión para poder medir el peso sumergido en agua.
7. Tomar la altura del agua en el tanque en donde se va hundir la probeta de concreto cubierta con parafina.
8. Una vez sumergida la probeta con la parafina se necesita encontrar el cambio de volumen del agua volviendo a medir la altura de esta y restándole la anterior medición.
9. Calcular la densidad de la probeta de concreto con el volumen desalojando que se midió anteriormente, teniendo en cuenta que se le debe restar el volumen de la parafina.

- **Cálculos**

Tabla 13. Toma de datos practica 10

DENSIDAD DEL CONCRETO		
	VALOR	UNIDAD
PESO PROBETA SIN PARAFINA		Gr
PESO PROBETA CON PARAFINA		Gr
DENSIDAD DE LA PARAFINA		gr/cm ³
VOLUMEN DEL TANQUE		cm ³
VOLUMEN DEL TANQUE + LA PROBETA		cm ³
VOLUMEN PROBETA CONCRETO CON PARAFINA		cm ³
VOLUMEN PARAFINA		cm ³
DENSIDAD DE LA PROBETA SIN PARAFINA		gr/cm ³

- **Cuestionario.**

- ¿Qué pasaría si no colocáramos parafina a la probeta de concreto? Explicar.
- ¿Analice los resultados de la densidad de la probeta de concreto, entre que valores deberá estar dicha densidad?
- ¿Que otro material podríamos usar, diferente a la parafina para que resulte este ensayo?

3. FASE 2: MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA REALIZAR ENSAYOS NORMALIZADOS Y PODER COMPRENDER MEJOR LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS MATERIALES.

Hoy en día, en el campo de la ingeniería civil se ha vuelto indispensable que sus profesionales conozcan las propiedades de los materiales que se van a utilizar en la construcción o mantenimiento de una obra. Por lo tanto es importante realizar una adecuada elección de los materiales, según sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. Información que podemos obtener mediante ensayos de los materiales, realizados generalmente sobre probetas normalizadas y en ocasiones sobre elementos ubicados en la obra.

Por eso es primordial para la realización de cada ensayo, que haya una especificación técnica de las características que deseamos alcanzar para poder darle un uso adecuado al material y así ejecutar correctamente un diseño previsto o la reparación de un proyecto; de lo contrario se corre el riesgo de cometer errores en el momento de construir una obra y por lo tanto en el abandono parcial o total del proyecto.

En esta fase del trabajo se implementa en los estudiantes una metodología con la cual puedan, de forma mecánica, caracterizar los materiales más comunes en la construcción, por medio de métodos estandarizados y establecidos en las normas como INVIAS, NTC, ASTM y AASHTO. Con ayuda de estos manuales, se pretende que puedan recordar con mayor facilidad, los parámetros más importantes de cada ensayo, entre los cuales se encuentran: los materiales e instrumentos que se utilizan, preparación de las muestras, procedimiento, aplicación y usos que se le podría a dar al material ensayado.

El material guía que se va a utilizar consta de 13 prácticas para la materia de caracterización I y 13 prácticas para caracterización II, contiene fotografías en cada paso del procedimiento, que sirven de ayuda visual al estudiante.

Una vez el estudiante se encuentra familiarizado con esta metodología, podrá realizar un análisis más conceptual sobre los materiales que normalmente se usan en la construcción, ya sea en edificaciones o de carreteras y empezar desde aquí a obtener criterios ingenieriles propios que le serán de mucha utilidad en su vida profesional, reconociendo la importancia de materias como caracterización I y II. Al mismo tiempo aumentar su interés en los conceptos que aquí se adquieren, para empezar a tener un criterio del control de calidad en las obras.

3.1 MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (NTC 176- NTC 237)

3.1.1 Objetivo general. Determinar la densidad y absorción de agregados gruesos y finos por medio de las normas técnicas Colombianas 176 y 237 y establecer si son aptos para un diseño de mezcla de concreto.

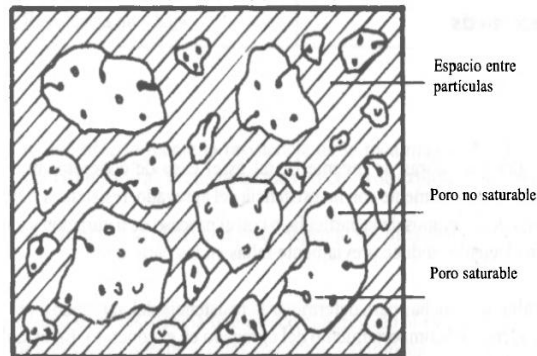
3.1.2 Objetivos específicos

- Identificar los tipos de densidades presentes en los agregados gruesos y finos: densidad aparente, densidad aparente SSS¹⁷ y densidad nominal.
- Calcular la absorción de los agregados gruesos y finos al ser sumergidos durante 24 horas.

¹⁷ Densidad SSS : la masa de agregado saturado superficialmente seco por unidad de volumen de las partículas de agregado.

3.1.3 Fundamento teórico. Los agregados son un material poroso, al tener poros pueden ser saturables o no saturables, en cuanto a la densidad existen dos tipos, la densidad aparente que tiene en cuenta tanto poros saturables como no saturables y la densidad nominal que solo tiene cuenta los poros no saturables.

Figura 12. Esquematación del peso volumétrico



Fuente: GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Capitulo I página 26

La norma técnica colombiana define los tipos de densidades y absorción así:

- **Densidad nominal:** la relación entre la masa y un volumen dado de agregado, incluyendo los poros no saturables.
- **Densidad aparente:** la relación entre la masa y un volumen dado de agregado, incluyendo sus poros saturables y no saturables, (pero sin incluir los vacíos entre partículas).
- **Densidad aparente (SSS):** la relación entre la masa y un volumen dado de agregado, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, (después de la inmersión en agua durante aproximadamente 24 h), pero sin incluir los vacíos entre partículas.

Absorción: El incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca.¹⁸

3.1.4 Muestra a ensayar

- **Agregado grueso.**

500 gramos de material retenido en el tamiz numero 4 (abertura 4.75). Previamente sumergido durante 24 horas, lavado y sin polvo u otros recubrimientos de la superficie como material orgánico o limo.

Figura 13. Agregado grueso sumergido



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

Figura 14. Agregado grueso lavado



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

¹⁸GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Página 18.

- **Agregado Fino:**

1 kg de material pasante del tamiz numero 4 (abertura 4.75) de la muestra, previamente secada a temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego sumergido durante 24 horas.

Figura 15. Agregado fino sumergido



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

3.1.5 Materiales y Equipos.

- **Agregado grueso:**

- ✓ Balanza con precisión del 0,05 % y capacidad de 5 kg mínimo.
- ✓ Recipiente de la muestra Una canasta de malla de alambre con abertura de 3,35 mm o más fina.

Figura 16. Canasta de malla



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

Figura 17. Recipiente



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

- ✓ Tanque de agua
- ✓ Tamiz N 4 abertura 4,75 mm

Figura 18. Tamiz N°4



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

• Agregado fino

- ✓ Balanza con capacidad de 1kg
- ✓ Picnómetro
- ✓ Molde forma tronco de cono metálico y pistón

Figura 18. Picnómetro y balanza



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

- ✓ Molde forma tronco de cono metálico y pistón.

Figura 12. Cono y pistón



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

3.1.6 Procedimiento.

- **Agregado grueso.**

1. Se retira el agua y luego se remueve el contenido de agua superficial del agregado, envolviéndolo en un paño absorbente hasta que todas las partículas visibles de agua sean removidas. Se secan las partículas más grandes individualmente (evitar la evaporación del agua de los poros).

Figura 20. Agregado grueso



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

Figura 21. Agregado grueso estado SSS



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

2. Se coloca el material en un recipiente y luego se pesa para determinar la masa, que estará en la condición saturada y superficialmente seca (SSS) (*valor B*).

Figura 22. Determinación de la masa al aire



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. Inmediatamente después se coloca la muestra de ensayo SSS en el recipiente (canasta de malla) y se determina su masa en el agua, colgando la canasta por medio de un alambre y un gancho a la balanza como se indica en la imagen, luego se agregan los contrapesos y se anota el valor (*valor C*).¹⁹

¹⁹ASTM C-127 Specific Gravity and absorption of Coarse Aggregate.

Figura 3. Determinación de la masa en el agua



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

4. Se seca la muestra hasta obtener una masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se deja enfriar y se determina su masa (*valor A*).

Figura 24. Muestra en el horno y Determinación de la masa seca



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

- **Agregado fino**

1. Se vacía el exceso de agua del recipiente evitando la pérdida de finos.
2. Se extiende la muestra sobre una superficie plana no absorbente y se revuelve con frecuencia para asegurar un secado homogéneo buscando la condición SSS (saturada superficialmente seca).

Figura 25. Muestra extendida y Secado de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. Sostener el cono sobre una superficie lisa no absorbente, como se indica en la figura 18, se coloca el agregado fino llenando hasta desbordar, luego apisonar con 25 golpes con el pistón cada golpe con una altura de 1 cm. Luego se retira el molde con cuidado teniendo en cuenta que si la humedad superficial está todavía presente el agregado conservará la forma del molde. Cuando el agregado fino se asienta levemente, ello indica que ha alcanzado la condición SSS.

Figura 26. Buscando la condición SSS de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Repetir el procedimiento anterior hasta encontrar la condición saturada superficialmente seca.
5. Se llena el picnómetro con $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ (*valor S*) de agregado en condición SSS, y se agrega agua hasta aproximadamente el 90 % de la capacidad. Se gira y agita el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire.
6. Se llena con agua el picnómetro hasta su capacidad calibrada y se determina el peso total del conjunto agregado + picnómetro + agua (*valor C*).²⁰

²⁰ ASTM C-128 Specific Gravity and absorption of fine Aggregate.

Figura 27. Picnómetro + agua + agregado grueso



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

7. Registrar el peso del picnómetro solo con agua hasta su capacidad calibrada (*valor B*).

Figura 48. Picnómetro + agua



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

8. Se seca la muestra hasta peso constante y se determina su masa (*valor A*)

Figura 59. Muestra en el horno



Figura 30. Determinación de la masa seca



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.1.7 Recomendaciones.

- Se puede utilizar otros medios para buscar la condición SSS como el uso de un secador o exponer la muestra al sol.
- El primer ensayo de humedad superficial (cono) debe hacerse con algo de humedad, de modo que el cono de arena no pierda la forma para garantizar que la condición SSS no sea haya obtenido antes.
- la canasta y la muestra deberán estar totalmente sumergidas y el alambre debe ser fino para que no afecten las pesadas.
- Remover todo el aire atrapado antes de determinar la masa, sacudiendo el recipiente mientras está sumergido.
- El proceso de eliminación de burbujas dura alrededor de 15 a 20 minutos.

3.1.8 Cálculos.

Tabla 14. Cálculos para los agregados²¹.

PROPIEDAD	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Densidad aparente	$Da = \frac{A}{B - C}$	$Da = \frac{A}{B + S - C}$

²¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Normas técnicas colombianas para el sector de la construcción. Primera parte. Método para determinar la absorción en los agregados gruesos. Bogotá: ICONTEC: 1995 (NTC 176).

PROPIEDAD	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Densidad aparente SSS (Saturada y Superficialmente Seca).	$D_{a\ SSS} = \frac{B}{B - C}$	$D_{a\ SSS} = \frac{s}{B + s - C}$
Densidad nominal.	$D_n = \frac{A}{A - C}$	$D_n = \frac{A}{B + A - C}$
% Absorción	$\% Abs = \frac{B - A}{A} * 100$	$\% Abs = \frac{s - A}{A} * 100$

3.1.9 Aplicaciones e Importancia. Los agregados también llamados áridos, son uno de los materiales de construcción más utilizados en la actualidad, por ello las propiedades físicas y mecánicas son un factor determinante para usarlos eficientemente, un ejemplo claro de los usos son los concretos hidráulicos, concreto asfálticos, construcción de filtros o drenes, pavimentos (bases y sub-bases granulares), vías de ferrocarril y materiales de relleno.

Los agregados juegan un papel importante en la economía, generalmente son materiales económicos, pero cuando no están ubicados cerca de los lugares de construcción, se requieren transportar lo cual puede generar costos muy altos. Debido a esto es indispensable que los agregados estén ubicados lo más cerca posible al lugar donde está la construcción y por ello se hacen los respectivos ensayos de laboratorio para corroborar que los agregados que estén disponibles sean útiles o no.

3.1.10 Cuestionario

- ¿Cuál densidad (nominal, aparente, aparente SSS) se utiliza para un diseño de mezcla de concreto y por qué?
- ¿Cuál es la importancia de la absorción de los agregados en el diseño de una mezcla de concreto?

3.2 PERMEABILIDAD DE SUELOS GRANULARES (I.N.V. E – 130 – 07)

3.2.1 Objetivo general. Comprender el procedimiento para determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares.

3.2.2 Objetivos específicos.

- Analizar el comportamiento de los materiales granulares al ser penetrados por un flujo de agua.
- Obtener información de un material acerca de sus condiciones hidráulicas e hidrológicas.

3.2.3 Fundamento teórico. La permeabilidad en los suelos es aquella propiedad que hace referencia a la facilidad con que un suelo permita fluir agua a través de él.

La permeabilidad en los suelos granulares depende de propiedades tanto del agua como del suelo las cuales se ven expresadas mediante la siguiente ecuación $K = \gamma_w \cdot n \cdot k$ Donde γ_w es el peso específico del agua, n es la viscosidad del agua, k es la permeabilidad absoluta en unidades de longitud al cuadrado.

Para medir el coeficiente de permeabilidad existen varios procedimientos que se clasifican en métodos directos y métodos indirectos que buscan otros fines y que de forma secundaria permiten estimar el valor de la constante de permeabilidad.²²

²² SUAREZ BADILLO, Eulalio, Rico Rodríguez, Alfonso. Mecánica de suelos tomo 1. México, pagina 35.

- Métodos directos:

Permeámetro de carga constante

Permeámetro de carga variable

Prueba directa de suelos en campo

- Métodos indirectos:

Calculo a partir de la curva granulométrica.

Calculo a partir de prueba de consolidación.

Calculo con la prueba horizontal de capilaridad.

3.2.4 Muestra a ensayar. Para este ensayo se requieren muestras de suelo granular donde el tamaño máximo de las partículas sea inferior a $\frac{3}{4}$ " , secado al aire que contenga menos del 10% de suelo que pase por el tamiz de 75 (No 200) y se escogerá una muestra representativa por el método del cuarteo.

3.2.5 Materiales y equipos.

Figura 31. Balanza



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

Figura 32. Permeámetro (piedras porosas)



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

Figura 33. Calibrador



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

Figura 34. Embudo con manguera



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

Figura 35. Pala pequeña



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 36. Probeta



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 37. Pisón



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 38. Cronometro



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.2.6 Procedimiento.

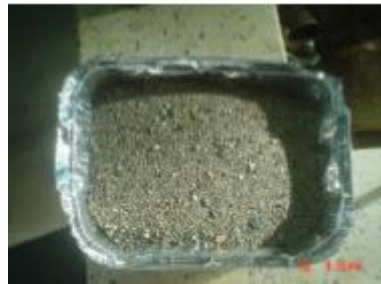
1. Realizar la respectiva granulometría de la muestra de suelo para asegurarse que cumpla con las especificaciones dadas por el INVIAS en el artículo 130-07 con lo cual se busca tamizar el suelo para asegurarse que el tamaño máximo sea superior al de $\frac{3}{4}$ de pulgada y además de eso que también se debe

tamizar con el tamiz #200 para quitarle por lo menos el 90% de los finos de la muestra.²³

Figura 39. Muestra de suelo secada al aire



Figura 40. Muestra que se va someter al ensayo



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Verificar las medidas del permeámetro

Figura 41. Verificar las medidas del permeámetro



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

²³ PEDROZA NIÑO, Orlando y VERA SARMIENTO Jorge, "Manual técnico para el desarrollo del laboratorio de caracterización de materiales I", Tesis pregrado; Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2008.

3. Tomar la medida del peso del permeámetro junto con las piedras porosas.

Figura 42. Tomar la medida del peso del permeámetro junto con las piedras porosas.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Retirar la mitad de las piedras y llenar en el permeámetro con la muestra suelo.

Figura 43. Retirar la mitad de las piedras y llenar en el permeámetro con la muestra suelo.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

5. Al introducir el suelo en el permeámetro se debe realizar por medio de 5 capas compactando cada capa con 25 golpes con el pistón.

Figura 44. 5 capas compactando cada capa con 25 golpes con el pistón.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

6. Una vez llenado el permeámetro con las 5 capas compactadas se deben colocar las piedras porosas sobre la muestra de suelo teniendo cuidado de rotarles de izquierda a derecha para nivelar la superficie y por último cerrar el permeámetro.

Figura 45. Colocar las piedras porosas sobre la muestra de suelo



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

7. Por medio de un embudo llenamos la manguera con agua verificando que se encuentre completamente llena de agua y sin burbujas y luego se conecta a la llave inferior del permeámetro.
8. Se cierra la válvula inferior del permeámetro hasta que la muestra se encuentre totalmente saturada.²⁴

²⁴ AASHTO T 215 permeability of granular soils (constant head)

Figura 46. Cierra la válvula inferior del permeámetro con la muestra saturada.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

9. tomar la medida entre el nivel máximo del agua en la manguera y el embudo y la válvula inferior del permeámetro.
10. Una vez se observe que la muestra se encuentre totalmente saturada se desconecta la manguera de la válvula inferior y se conecta a la válvula superior y ubica una probeta al frente de la válvula inferior la cual se abre y se mide el tiempo en que el agua llena 200ml

Nota: tomar 5 medidas y sacar el promedio.

3.2.7 Cálculos

Ecuación para calcular la permeabilidad (KT).

$$KT = \frac{Q * L}{A * h * t}$$

Q = volumen medido en el ensayo
L = Longitud de la muestra
A = Area transasversal
h = altura de la cabeza de agua
t = Tiempo

3.2.8 Recomendaciones.

- Garantizar que durante el proceso del ensayo exista un flujo constante de agua por la manguera para evitar errores a la hora de tomar los resultados.
- Realizar un tamizado preciso para evitar que en la muestra seleccionada se encuentre partículas inapropiadas.
- Colocar de forma cuidadosa las piedras porosas para evitar filtraciones al momento de realizar el ensayo.
- Verificar que antes del ensayo se encuentre el equipo de seguridad adecuado para evitar accidentes.

3.2.9 Aplicaciones e importancia. El ensayo de permeabilidad de carga constante tiene una gran importancia debido a que el suelo se encuentra generalmente expuesto a condiciones de nivel freático y es de gran interés para los ingenieros conocer el comportamiento del suelo bajo condiciones de saturación como sería el caso por ejemplo en la construcción de un talud puesto que si se conoce el nivel freático que se presenta se puede realizar el debido bombeo y desagüe y así evitar una posible falla.

3.2.10 Cuestionario.

- ¿Cómo se puede clasificar un suelo según su propiedad de permeabilidad?
- ¿Cuántos ensayos más se conocen para determinar la permeabilidad de un suelo?
- ¿Qué ecuaciones se manejan en granulometría para determinar la permeabilidad?

3.3 ANALISIS GRANULOMETRICO EN MATERIALES PARTICULADOS (INV 213-07, NTC 77).

3.3.1 Objetivo general. Determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas en material granular (agregados fino y grueso) por medio de la NTC 77 y INV 213-07.

3.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los porcentajes en peso que pasan en cada tamiz para representarlos dibujando la curva granulométrica.
- Calcular parámetros granulométricos como módulo de finura (agregado fino) y tamaño máximo nominal (agregado grueso) y determinar si estos son aptos para la elaboración de una mezcla de concreto.

3.3.3 Fundamento teórico. La granulometría es la característica física principal y fundamental de todo conjunto de partículas porque influye de forma muy importante en la resistencia mecánica del conjunto (esqueleto mineral).²⁵ Un análisis granulométrico consiste en hacer pasar los agregados por una serie de tamices con distinto tamaño en forma decreciente, determinando el porcentaje retenido y que pasa por cada tamiz con respecto a la muestra inicial. El tamizado puede ser de forma mecánica o manual cuando no hay gran cantidad de muestras.

Material fino: partículas de agregado que al ser tamizadas pasan a través del tamiz número 4.

Material grueso: partículas de agregado que al ser tamizadas quedan retenidas en el tamiz número 4.

²⁵ Padilla Rodríguez Alejandro. Materiales básicos. Barcelona Universidad Politécnica de Cataluña .2008

Módulo de finura: es un valor que indica que tan gruesas o finas son las partículas, se utiliza mucho en las arenas.

Tamaño Máximo (agregado gruesos): “Se define como la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad de la muestra, indica la dimensión de la partícula más grande que hay en la muestra”.

Tamaño Máximo Nominal (agregado gruesos): “Se define como la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquél cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. Indica el tamaño promedio de partículas más grandes que hay dentro de una masa de agregado”.

3.3.4 Muestra a ensayar. Material de agregado con contenido de finos y gruesos.

Figura 47. Muestra a ensayar.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

3.3.5 Materiales y Equipo

- ✓ Balanza con precisión de 0.1 gr y 0.5 gr para agregado finos y gruesos respectivamente.
- ✓ Tamices normalizados
- ✓ Tamizadora mecánica
- ✓ Horno

3.3.6 Procedimiento.

1. Seleccionar el grupo de tamices de tamaños adecuados, por medio de una inspección buscando cual es la partícula de agregado más grande para adecuarla a las aberturas de los tamices.
2. Se mezcla cuidadosamente el agregado que debe tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos. Luego se obtiene una muestra representativa por cuarteo teniendo en cuenta que la cantidad debe ser levemente superior a la mínima recomendada de acuerdo al tamaño máximo nominal de las partículas como se indica en la tabla.

Figura 48. Mezcla de agregado fino y grueso



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Tabla 15. Para agregados gruesos y mezclas y de agregados grueso y fino

Máximo tamaño nominal con aberturas cuadradas		Masa mínima de la muestra de ensayo
mm	(Pulg.)	kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(1/2)	2
19.0	(3/4)	5
25.0	(1)	10
37.5	(1 1/2)	15
50.0	(2)	20
63.0	(2 1/2)	35
75.0	(3)	60
90.0	(3 1/2)	100
100.0	(4)	150
125.0	(5)	300

Fuente: INV 213-07 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS.

Nota: Para agregado fino deberán tener una masa mínima levemente superior a 300 gr.

3. Se deposita en un recipiente y se lleva al horno hasta que tenga peso constante y se toma el peso seco de la muestra + recipiente 1, este último también se debe pesar individualmente para obtener el peso de la muestra seca.
4. Se separa la muestra en dos partes haciéndola pasar por el tamiz número 4, se coloca el retenido en un recipiente que son los gruesos y los pasantes que son los finos en otro.
5. Se pesa cada uno y se lava el material de ambos recipientes hasta observar que el agua utilizada salga limpia con el fin de eliminar las partículas pequeñas, el material fino se lava directamente en el tamiz número 200.

Figura 49. Lavado muestra gruesa



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 50. Lavado muestra fina



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

6. Se coloca las muestras lavadas al horno llevandolas a peso constante a una temperatura de 110°C . Cumplido el tiempo de secado 24 horas y una vez enfriada la muestra, se procede a pesar registrar el volumen de finos eliminado por el lavado (por diferencia con el peso inicial).²⁶

Figura 51. Secado de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 52. Muestra seca



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

7. Se encajan los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura de arriba hacia abajo siendo el numero 4 el ultimo y el mayor escogido por el tamaño maximo de las particulas, a continuacion se deposita el material del recipiente retenido del numero 4 (gruesos) en la parte superior del juego de tamices y se procede a hacer el tamizado de forma manual.

²⁶ INV 123-07 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.

Figura 53. Tamizado manual



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I.

8. Se realiza el mismo procedimiento para el agreado fino siendo el tamiz numero 200 el ultimo, la diferencia con el paso anterior es que el proceso de tamizado ahora sera mecanico durante un tiempo de 5 a 10 minutos tratando evitar excederse en tiempo y asi desgastar las particulas.²⁷

Figura 54. Tamizado mecánico



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

9. Se determina el peso de las muestras retenidas en cada tamiz, con una balanza que cumpla le requisito exigido de precisión de 0.1 gr agregado finos y para agregados gruesos precisión de 0.5 gr.

²⁷ GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Páginas 228.

Figura 55. Peso de cada muestra retenida



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.3.7 Recomendaciones

- Verificar que los tamices se encuentren limpios y libres de partículas retenidas entre la malla para no alterar los resultados.
- Al momento del realizar el tamizado manual tenga en cuenta de no perder partículas de agreado para no alterar los resultados.
- Se debe limitar la cantidad de material en un tamiz determinado, para que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del mismo.

3.3.8 Cálculos

1. Se calculan los porcentajes de material que pasan cada tamiz, los porcentajes totales de material retenido en los mismos con base en la masa total de la muestra seca.

- Porcentaje peso retenido en tamiz

$$\%RT = \frac{PRT}{M} * 100$$

Dónde:

PRT = peso retenido en cada tamiz (gr).

M = peso total de la muestra seca (gr).

- Porcentaje peso retenido acumulado. Consiste en la suma acumulativa de los porcentajes retenidos en cada tamiz.
 - Porcentajes que pasa. Consiste en restar a 100% el porcentaje retenido acumulado en tamiz.
2. Se calcula el módulo de finura (agregados finos), como la suma de los porcentajes acumulados en la serie normalizada de tamices desde el de 150 μm (N100) en adelante y divididos por 100.

$$\text{Módulo de finura} = \frac{\% \text{ retenido acumulados } 4, 8, 16, 30, 50 \text{ y } 100}{100}$$

3. Calcular el coeficiente de curvatura (Cc) y coeficiente de uniformidad (Cu), por medio de las siguientes relaciones.

$$Cu = \frac{D60}{D10} \quad Cc = \frac{D30^2}{D60 * D10}$$

Dónde:

D10 = tamaño del tamiz donde pasa el 10% del material

D30 = tamaño del tamiz donde pasa el 30% del material

D60 = tamaño del tamiz donde pasa el 60% del material

4. Graficar la curva granulométrica, siendo la abscisa el tamaño de las partículas en escala logarítmica y la ordenada el porcentaje que pasa en peso de cada tamiz en escala normal o natural (graficar los rangos permisibles para un mezcla de concreto).²⁸

²⁸ INV 213-07 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS.

3.3.9 Aplicaciones e Importancia. La granulometría en agregados y los parámetros como el módulo de finura y tamaño máximo nominal son factores útiles cuando se requiere al hacer un diseño de una mezcla de concreto hidráulico, ya que indican la cantidad cemento o pasta que se debe emplear para cada tipo de concreto (dosificaciones) además de otros factores como la separación mínima del acero de refuerzo (tamaño máximo nominal).

De acuerdo a la granulometría que se utilice los concretos tendrán una resistencia y una durabilidad además de otras propiedades es por eso que de acuerdo al tipo de concreto existen rangos granulométricos fijado en las normas que se deben seguir minuciosamente. No solo en los concretos sino también en la formulación mezclas densas en caliente MDC de pavimentos se requiere un rango granulométrico en ciertas proporciones por lo cual hace que un estudio de granulometría de agregados sea indispensable actualmente.

3.3.10 Cuestionario

- ¿Según la Norma Técnica Colombiana 174 los agregados finos están en el rango de tamaño para ser aptos en el diseño de una mezcla de concreto?
- ¿Según la Norma Técnica Colombiana 174 los agregados gruesos están en el rango de tamaño máximo nominal para ser aptos en el diseño de una mezcla de concreto?
- ¿Qué es un material bien gradado y mal gradado?
- ¿según el módulo de finura obtenido en los materiales finos que se puede concluir en cuanto al tamaño de partículas?

- ¿Cuál es tamaño máximo nominal del agregado ensayado?

3.4 PENETRACION DE MATERIALES ASFALTICOS (I.N.V.E - 706-07)

3.4.1 Objetivo general. Determinar la consistencia de los materiales asfálticos sólidos o semisólidos en los que el único o el principal componente es el asfalto.

3.4.2 Objetivos específicos

- Obtener información sobre la dureza y la consistencia relativa de los materiales asfálticos.
- Analizar cómo influyen las propiedades de los materiales asfálticos en la construcción y rehabilitación de vías.
- Establecer relaciones entre los resultados obtenidos en el laboratorio y las especificaciones dadas en el (INV-E-706-07).

3.4.3 Fundamento teórico. El ensayo de penetración determina la dureza y consistencia relativa de un material asfáltico, midiendo la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente en una muestra de asfalto en condiciones especificadas de temperatura, carga y tiempo. Se recomienda que la medida de la penetración se haga a 25°C, que la aguja este cargada con 100 gr y que la carga se aplique durante 5 segundos a menos que se indiquen otros parámetros para el ensayo.

La penetración determinada en estas condiciones se llama penetración normal. La unidad de penetración es la décima de milímetro.

Para caracterizar a los asfaltos es necesario conocer su consistencia a distintas temperaturas, puesto que son materiales termoplásticos que se licuan gradualmente al calentarlos. La consistencia es el término más usado para describir el grado de fluidez o plasticidad del asfalto a cualquier temperatura dada. Para poder comparar la consistencia de un cemento asfáltico con la de otro, es necesario fijar una temperatura de referencia.²⁹

3.4.4 Muestra a ensayar. Se debe tomar una muestra para el laboratorio separada mediante una espátula caliente que contenga unos 400 o 500 gr de material asfáltico que se colocara en un recipiente que se calienta cuidadosamente agitándolo para evitar sobrecalentamiento en algunas partes del material hasta que se alcance su fluidez para depositarlos en las probetas a ensayar.

3.4.5 Materiales y Equipos.

²⁹ Instituto Tecnológico de Costa Rica. Permeabilidad a Carga constante: http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/file/3547246/informe_6_[Citado 12 de mayo de 2014]

Figura 56 Materiales y Equipos



Muestra de Asfalto (Asfalto 80/100 para este caso específico)



Recipientes para colocación de la muestra a er



Estufa eléctrica



Termómetro



Vasija para Sumergir Muestras en Agua



Cronometro

Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 57. Penetrómetro



Penetrómetro

Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.4.6 Procedimiento

1. Tomar una muestra de más o menos 500 gr de asfalto como muestra representativa del ensayo, en con asfalto 80/100 o 60/70.

Figura 58. Muestra de más o menos 500 gr de asfalto



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Colocar la muestra sobre la estufa para calentarla a no más 90°C y teniendo cuidado de agitarla para garantizar una temperatura homogénea sobre la muestra.

Figura 59. Muestra sobre la estufa para calentarla



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. Dejar la muestra por aproximadamente 30 minutos y luego retirarla de la estufa y depositarla en la probeta teniendo cuidado de llenar hasta el borde superior de probeta.

Figura 60. Retirar la muestra de la estufa y depositarla en la probeta.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. una vez llenadas las probetas se dejan enfriar en un sitio seguro no sin antes taparlas con algún elemento bien sean conos invertidos para evitar que les caiga polvo; el proceso de enfriamiento puede durar entre 1 hora o 1 hora y media.

Figura 61. Proceso de enfriamiento



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

5. sumergirlas las probetas en agua durante un tiempo aproximado al que se dejaron enfriar en al paso anterior.

Figura 62. Sumergirlas las probetas en agua



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

6. calibrar el penetrómetro con los tornillos que se encuentran en parte frontal del penetrómetro verificando que la burbuja de nivel se ubique en el centro.

Figura 63. Sumergirlas las probetas en agua.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

7. luego de haber dejado completamente nivelado el penetrómetro se prosigue a dejar la aguja que indique la penetración en ceros.

Figura 64. Nivelado el penetrómetro.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

8. ubicar la probeta de material asfáltico sobre el penetrómetro y bajar cuidadosamente la aguja sobre la superficie de la muestra evitando que esta toca el asfalto.

Figura 65. Colocar la aguja sobre la superficie de la muestra.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

9. empezar a tomar medidas de penetración mediante el siguiente proceso: se deja caer la aguja verticalmente sobre la muestra mediante el seguro que tiene el penetrómetro dejando que la aguja perfora el material durante un tiempo aproximado de 5 segundos y esta es la medida que se toma.
10. Luego de cada penetración se debe realizar la debida limpieza de la aguja del penetrómetro con algún material solvente (gasolina) calibrar en ceros y repetir el proceso anterior hasta tener registros de tres ensayos.³⁰

Figura 66. Limpieza de la aguja.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Nota: el INVIAS especifica que deben usar masas constantes sobre la aguja de 50 y 100 gramos.

Tabla 16. Temperatura, carga y Tiempo para cada ensayo.

Temperatura °C (°F)	Carga g	Tiempo s
0 (32)	200	60
4 (39.2)	200	60
25 (77)	100	5
25 (77)	50	5
45 (113)	50	5
46.1 (115°)	50	5

Fuente: AASHTO T 49 Standard method of test for penetration of bituminous materials

³⁰ PEDROZA NIÑO, Orlando y VERA SARMIENTO Jorge, "Manual técnico para el desarrollo del laboratorio de caracterización de materiales I", Tesis pregrado; Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2008.

3.4.7 Recomendaciones

- Tener en cuenta que siempre se debe realizar este ensayo con el penetrometro debidamente calibrado y nivelado.
- Verificar que la muestra se encuentre limpia y libre de impurezas
- Las probetas dónde se va a depositar la muestra deben tener dimensiones establecidas por el INVIAS (55 mm de diámetro y 35mm de altura)

3.4.8 Aplicaciones e Importancia. El ensayo de penetración en materiales asfálticos tiene gran importancia y aplicación en el diseño de pavimentos flexible otorgándoles a los ingenieros un valor cuantitativo sobre la consistencia del material que se piensa utilizar en el proceso de impermeabilización de una carreta.

3.4.9 Cuestionario

- ¿Cómo se puede caracterizar el material ensayado en el laboratorio según las especificaciones del INVIAS?
- ¿Qué diferencia existe entre un asfalto 80/100 y un asfalto 60/70?
- ¿Según el procedimiento descrito por qué cree que se deba sumergir el material asfáltico en la vasija con agua?

3.5 METODO PARA DETERMINAR LOS TIEMPOS DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO (NTC -109, NTC-118)

3.5.1 Parte A. Consistencia normal del cemento hidráulico

3.5.1.1 Objetivo general: Conocer el procedimiento que se utiliza para determinar la consistencia normal del cemento hidráulico por medio de la aguja de Vicat.

3.5.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de agua con relación al valor estipulado de cemento para llegar a obtener una consistencia normal regida por las normas.
- Conocer la función del aparato de Vicat y aprender a manejarlo, para obtener datos confiables.
- Obtener mayor conocimiento sobre el fraguado y así entender su importancia en la preparación de mezclas de concreto.

3.5.1.3 Fundamento teórico: La Consistencia Normal Es la cantidad de agua necesaria para que la pasta de cemento alcance una fluidez óptima y una plasticidad ideal. Los valores típicos de la consistencia normal están entre 23% y 33%. Se utiliza principalmente para determinar el tiempo de fraguado, la estabilidad de volumen, el calor de hidratación y la resistencia mecánica. Es un factor que no es índice de calidad del cemento.

El Aparato de Vicat tiene la función de proporcionar la penetración lograda por una de sus agujas en cada una de las muestras utilizadas. Consiste en un soporte con un vástago móvil, uno de sus extremos se llama sondeo, tiene 10 mm de diámetro y 50 mm de longitud y el otro una aguja de 1 mm de diámetro y 50 mm de longitud el vástago es reversible y se ajusta a través de un tornillo, tiene un índice ajustable que se mueve sobre una escala graduada en milímetros, rígidamente unida al soporte. El molde en el cual se coloca la pasta debe ser de forma tronco-cónica y su base mayor debe reposar sobre una placa de vidrio, el molde debe ser de material no absorbente que resista física y químicamente el ataque de la pasta de cemento.³¹

³¹ ASTM C 187 Method of Test for Normal Consistency of Hydraulic Cement.

3.5.1.4 Materiales y Equipos

Figura 67. Aparato de Vicat: Molde y base de vidrio.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 68. Probeta graduada.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 69. Molde forma tronco-cónica



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 70. Mezcladora



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 71. Cronometro



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 72. Cemento Portland tipo I y Balanza.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.5.1.5 Procedimiento

1. Con la balanza se pesan 500 gr de cemento y se agregan a un recipiente metálico seco.

Figura 73. Determinación del Peso del cemento.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Coloque en una mezcladora el cemento y Luego se agrega la cantidad de agua necesaria y se enciende la mezcladora en velocidad uno (1) durante 30 segundos, Detenga la mezcladora por 15 segundos, En dicho lapso raspe e integre el resto de la pasta adherida a las paredes de la mezcladora, luego a velocidad media (2) durante un minuto.

Figura 74. Colocación del cemento en la mezcladora y Adición de agua en la mezcladora.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. Se detiene la mezcladora y con la ayuda del raspador se retira los excesos, se toma en las manos la mezcla de cemento pasando la masa de una mano a otra seis veces (procurando que la separación entre las manos sea de una seis pulgadas o hasta producir una masa de forma esférica, que pueda ser fácilmente colocada dentro del anillo Vicat con una mínima presión adicional.

Figura 75. Muestra de cemento mezclada



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Presione la bola con la palma de la mano dentro del anillo cónico por el lado de mayor diámetro hasta llenarlo en su totalidad. Quite el exceso de pasta con las manos y coloque el anillo limpio con el lado de mayor diámetro sobre la placa de vidrio.

Figura 76. Muestra de cemento en el anillo.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

5. Coloque el anillo con la pasta sobre la base del aparato de Vicat y proceda a colocar el émbolo terminal de la aguja hasta hacer contacto con la superficie de la muestra (no la comprima antes de realizar la práctica).

Figura 77. Muestra de cemento en el aparato de vicat



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

6. Tome una lectura inicial en la escala, y luego afloje el tornillo fijador de la aguja. Accione el cronómetro y tome una lectura final después de 30 segundos. La consistencia normal se obtiene cuando la aguja penetra 10 mm en la muestra después de 30 segundos.

Figura 78. Penetración en el aparato de vicat



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

7. Repita los pasos del 1) al 6), para distintos volúmenes de agua, hasta que estos sobrepasen el límite deseado (consistencia normal), es decir, hasta obtener una penetración de la aguja de Vicat, superior a los 10 mm, cada 30 segundos.³²

3.5.1.6 Cálculos

- La penetración en (mm) de la aguja de Vicat en la pasta de cemento se calcula así:

$$P = \text{lectura inicial} - \text{lectura final}$$

Dónde: P = penetración (mm)

³² Universidad Centroamericana, "José Simeón Cañas", Materiales de construcción : <http://www.uca.edu.sv/mecanicaestructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoCemento/Fraguado%20inicial%20y%20final%20del%20cemento.pdf>. [Citado 22 de mayo de 2014]

- Para el cálculo de los porcentajes de agua utilizados en cada una de las pruebas se utiliza la siguiente relación:

$$w\% = (ww / ws) * 100$$

Dónde: ws = peso de la muestra seca , Ww = peso del agua.

3.5.1.7 Recomendaciones

- Es importante comprender que, entre mayor sea el porcentaje de agua presente en la mezcla, menor será su consistencia, por ende mayor penetración.
- Tener en cuenta que, entre mayor sea la temperatura del ambiente, la penetración en la Prueba en el aparato de Vicat será menor, La práctica establece que la temperatura del medio debe ser de 23 a 27,5°C, ya que, de lo contrario pueden presentarse alteraciones en los resultados.
- En cada intento debe utilizarse cemento fresco, no debe remodelarse la pasta para un nuevo volumen de agua, y Estar pendiente de que se cumplan los tiempos establecidos, a la hora de utilizar la Mezcladora durante el proceso.
- Utilizar todo el equipo de seguridad necesario para evitar accidentes.

3.5.1.8 Aplicaciones e Importancia: Las propiedades del concreto, tales como la resistencia y la trabajabilidad son dependientes no solo de las condiciones del medio y de la calidad de los agregados, sino también de las proporciones de las mezclas, de este último factor, la proporción agua/cemento (a/c) es fundamental.

La importancia de este factor radica en que la cantidad de agua por peso de cemento es proporcional a la resistencia de la mezcla. Si no se conoce la cantidad justa para hidratar el cemento se podría perder propiedades fundamentales, que con llevan a la afectación directa de la calidad de un proyecto. Por lo tanto conocer

con precisión la relación a/c es fundamental a la hora de realizar el diseño de una mezcla.

3.5.1.9 Cuestionario: ¿Por qué es importante tener la consistencia normal del cemento?

¿En qué momento se sabe que el cemento tiene una consistencia normal?

Elaborar una gráfica en papel milimetrado, colocando los valores de penetración de la aguja de Vicat en las abscisas y los porcentajes de agua en las ordenadas.

¿De la gráfica tomar el valor del porcentaje de agua que corresponda a la cantidad de agua de consistencia normal?

PARTE B. TIEMPOS DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO

3.5.1.10 Objetivo general: Conocer el procedimiento que se utiliza para determinar los tiempos de fraguado del cemento hidráulico según las normas (NTC 109 y NTC 118).

3.5.1.11 Objetivos específicos

- Entender el procedimiento que se utiliza para determinar el tiempo de fraguado inicial y final del cemento hidráulico por medio de la aguja de Vicat.
- Comprender el procedimiento que se utiliza para determinar el tiempo de fraguado inicial y final en pastas de cemento por medio de las agujas de Gillmore.
- Determinar las funciones del aparato de Vicat y las agujas de Gillmore, aprender a manejarlos, para obtener datos confiables.

3.5.1.12 Fundamento teórico: El procedimiento que se utiliza para determinar el tiempo de fraguado inicial y final del cemento hidráulico depende de la composición química del cemento, la pasta adquiere rigidez; es conveniente distinguir entre el fraguado y el endurecimiento, pues este último se refiere a resistencia de una pasta fraguada. El tiempo que transcurre desde el tiempo que se agrega el agua, hasta que la pasta pierde viscosidad y eleva su temperatura se denomina "tiempo de fraguado inicial", e indica que la pasta está semidura y parcialmente hidratada. Posteriormente la pasta sigue endureciendo hasta que deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas, se vuelve rígida y llega al mínimo de temperatura; el tiempo transcurrido desde que se echa el agua hasta que llega al estado descrito anteriormente se denomina "tiempo de fraguado final", e indica que el cemento se encuentra aún más hidratado (no totalmente) y la pasta ya está dura. A partir de este momento empieza el proceso de endurecimiento y la pasta ya fraguada va adquiriendo resistencia.

La determinación de los tiempos de fraguado es arbitraria y da una idea del tiempo disponible para mezclar, transportar, colocar, vibrar y apisonar los concretos y morteros de una obra así como el tiempo necesario para transitar sobre ellos y el tiempo para empezar el curado.

La medida de los tiempos de fraguado se hace en el laboratorio siguiendo los métodos de la NTC 109 mediante las agujas de Guillmore³³ y la norma NTC 118 mediante el aparato de Vicat³⁴.

³³ASTM C 266 Method of test for time of setting of Hydraulic Cement by Grillmore Needles.

³⁴ASTM C 191 Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle.

3.5.1.13 Materiales y Equipos

Figura 79. Cemento portland tipo 1 (500 gr).



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 80. Aparato de Vicat y Molde con forma tronco-cónica



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 81. Aparato de Gillmore y Molde circular para la pasta de cemento.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 82. Mezcladora y Cronómetro.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 83. Espátula y Probeta.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 84. Balanza.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.5.1.14 Procedimiento

1. Pesar 500 gr cemento portland tipo 1 al igual que se tomó el porcentaje de agua obtenido, y se mezclaron debidamente para obtener la consistencia normal de la pasta como indican la NTC 110 y NTC 112, se hace lo mismo, independiente del método (agujas de Gillmore o Aparato Vicat).

Figura 85. Muestra con consistencia normal



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Como el tiempo de fraguado va a ser medido con el aparato de Vicat y de Gillmore se introduce la pasta en cada uno de los moldes para cada aparato, en el caso del aparato de Vicat la pasta se introduce por la parte mayor del molde hasta llenar el molde y se retiran los excesos con la espátula.

Figura 86. Muestra en los moldes, Vicat y Gillmore



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. Se coloca el molde en el aparato de Vicat y se ajusta para que la punta de la aguja este apenas en contacto con la pasta y se mira que en el medidor del aparato este en ceros, se debe tomar la hora en la que dio inicio el laboratorio.

Figura 87. Muestra en el aparato de vicat



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Dejar reposar el espécimen y la placa de vidrio por 30 minutos luego de moldeado sin ser alterado, se toma la medida inicial, Soltar el émbolo y dejar que la aguja se asiente por 30 segundos y registrar la lectura de penetración, Retirar la aguja y limpiarla, y tomar lecturas sucesivas a intervalos de 15 minutos hasta una penetración de 25 mm o menor sea obtenida. Mantener una distancia de al menos 5 mm con respecto a una penetración previa y al menos de 10 mm del borde del molde.

Figura 88. Muestra en el aparato de Vicat y Penetración aguja de vicat



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de **materiales I**

5. Continuar las penetraciones hasta determinar el tiempo transcurrido en el primer instante en que la aguja no haga una marca visible en la pasta endurecida. Éste tiempo será reportado como el tiempo de fraguado final.

6. Se coloca el molde en el aparato de Gillmore y se ajusta, se debe tomar la hora en la que dio inicio el laboratorio, se toma la primer medida, y cada 15 minutos las demás con una duración de 30 segundos.

Figura 89. Muestra en el aparato de Gillmore y Penetración agujas de Gillmore



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

7. El tiempo inicial es cuando la primera masa con la aguja más gruesa no deja marca en la pasta, y el tiempo final es cuando la segunda masa la más pesada con la aguja más fina no deja marca en la pasta.

Figura 90. Penetración agujas de Gillmore



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.5.1.15 Cálculos

AGUJAS DE VICAT

Primero interpolamos para hallar el tiempo de fraguado inicial para el aparato de Vicat, que según la NTC 118 tiene que ser a partir de 25 mm de penetración en la

pasta, y para determinar el tiempo de fraguado final es el tiempo donde la aguja no deja marca visible en la probeta q se ensaya.

AGUJAS DE GILLMORE

Para calcular el tiempo inicial de fraguado, tomamos la medida cuando la aguja pequeña ya no permite penetración en la muestra que se está ensayando, y al momento en que no entre la aguja gruesa, en la muestra de cemento se dice que se ha alcanzado el tiempo de fraguado final.

3.5.1.16 Recomendaciones

- Es muy importante tener en cuenta que Los resultados del tiempo de fraguado dependen de la temperatura ambiente, en un clima caliente fragua más rápidamente, mientras que en un clima frío el tiempo de fraguado es más lento.
- Para la mezcla, de los dos métodos debe realizarse de acuerdo a las normas establecidas para garantizar un buen ensayo de laboratorio la muestra tiene que tener una consistencia normal.
- Tener y usar los implementos de seguridad en todo momento para evitar accidentes.

3.5.1.17 Aplicaciones e Importancia: Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque la velocidad determina el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que conceda tiempo al transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido, los principales factores a tener en cuenta son temperatura/clima, relación agua-cemento (a/mc), contenido de cemento/adiciones, tipo de cemento, aditivos químicos, tiempo de adición de los aditivos, mezclado.

3.5.1.18 Cuestionario

- ¿Comparar el tiempo de fraguado que resulto en el ensayo, con el de tablas para el cemento Portland tipo 1?
- ¿Por qué es importante hacer este ensayo y conocer cómo funcionan los dos métodos?
- ¿Qué conclusiones puede sacar de los dos métodos, determinan el tiempo de fraguado del cemento?
- Graficar los resultados tiempo vs penetración para visualizar mejor los resultados.

3.6 PUNTO DE ABLANDAMIENTO DE MATERIALES BITUMINOSOS (APARATO ANILLO DE BOLA) I.N.V.E -712-07

3.6.1 Objetivo general. Determinar le punto de ablandamiento de productos bituminosos en el intervalo de 30° a 157° utilizando al aparato de anillo y bola sumergido en agua destilada (30° a 80°) glicerina USP (encima de 80° a 157°) o glicol etileno (30° a 110°).

3.6.2 Objetivos específicos.

- Realizar un análisis comparativo de un material bituminoso según la aplicación que se le quiera dar.
- Encontrar la capacidad de un material bituminoso para soportar altas temperaturas.

3.6.3 Fundamento teórico. En general para obras de ingeniería civil se requiere que los materiales a utilizar cumplan ciertos requisitos de calidad y tengan ciertas propiedades químicas y mecánicas; es por esto que se debe determinar las condiciones a las cuales los materiales pierden o cambian estas características, y para el asfalto que es un material bituminoso es preciso determinar a qué temperatura comienza a fluir y para esto se realiza este ensayo.

El propósito de este ensayo es encontrar el punto de ablandamiento de los materiales bituminosos (visco-elásticos) mediante el ensayo de anillo y bola, ya que este dato es necesario para saber hasta que temperatura el material puede o debe ser elevado para hacer su manejo más fácil, así como el recubrimiento de estos a los agregados granulares.

Los materiales bituminosos se caracterizan por sus propiedades visco elásticas por lo tanto no pueden cambiar de estado sólido a estado líquido a una temperatura determinada sino que gradualmente se tornan más blandos y menos viscosos cuando la temperatura se eleva por esta razón el punto de ablandamiento se debe determinar por medio de un método arbitrario fijo pero definido que produzca resultados reproducibles y comparables.³⁵

3.6.4 Muestra a Ensayar. Material bituminoso limpio para realizar el ensayo.

³⁵ AASHTO T 53-96 Softening point bitumen (ring-and-ball apparatus)

3.6.5 Materiales y Equipos

Figura 91. Anillos y bolas de acero inoxidable.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 92. Montaje, Soporte de anillos y Plato Base



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 93. Termómetro para Asfalto y Termómetro para agua.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 94. Líquido para baño (Agua) y Estufa.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.6.6 Procedimiento

1. Depositar la muestra sobre la estufa para calentarla hasta al alcanzar una temperatura de uno 110°C teniendo en cuenta que hay que agitarla constantemente para garantizar una temperatura homogénea.

Figura 95. Muestra sobre la estufa para ser calentada



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Agregar un agente aislante (grasa) al plato para facilitar la colocación de los anillos en donde se va a colocar la muestra de material bituminoso.

Figura 96. Agregar un agente aislante (grasa).



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. Verter el material bituminoso sobre los anillos que se pusieron sobre el plato para dejarlos enfriar durante unos 30 minutos.

Figura 97. Verter el material bituminoso sobre los anillos



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Una vez la muestra se halla dejado enfriar se retiran los exceso bien sea por medio de una espátula o cuchillo caliente.
5. Enseguida llenamos con agua hasta una altura de 105 mm el recipiente del montaje teniendo cuidado de que el agua se debe encontrar a una temperatura de 5°C.

Figura 98. Llenamos con agua hasta una altura de 105 mm el recipiente del montaje.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

6. Sumergir las bolas y los anillos en el agua y dejarlos ahí, durante unos 15 minutos para que todos los materiales tengan la misma temperatura.

Figura 99. Sumergir las bolas y los anillos en el agua



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

7. se empieza a calentar el montaje de forma pausada teniendo en cuenta que los primeros 3 minutos la variación de temperatura no debe pasar de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$.³⁶

Figura 100. Calentar el montaje de forma pausada



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

8. Se sigue con el procedimiento hasta que el producto bituminoso hace contacto con la placa metálica y se revisan las temperaturas de cada bola se hace la diferencia entre cada una y si la diferencia es mayor a 1°C se repite el ensayo.

Figura 101. Calentar el montaje de forma pausada



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

³⁶ ASTM D 39-95 Standard testmethod for softening point bitumen (ring-and ball apparatus)

3.6.7 Cálculos

ARO #1		ARO #2	
T° Ablandamiento =		T° Ablandamiento =	

3.6.8 Recomendaciones

- Importante asegurar que el agua en donde se va a introducir la muestra se encuentre a 5°C.
- Como parte de la seguridad de los estudiantes se recomienda llevar guantes industriales para evitar quemaduras a la hora de manipular las muestras.
- El INVIAS permite realizar este ensayo con fluidos con la glicerina y el glicol etileno.

3.6.9 Aplicaciones e Importancia. La realización de este ensayo es fundamental para tener claras las condiciones de temperatura bajo la cual un material bituminosos comienza a fluir y por lo tanto conocer el tipo de falla lo cual tiene muchas aplicaciones tanto en la industria como en el diseño de pavimentos flexibles; también tiene vital importancia conocer el comportamiento térmico de estos materiales en asfalto donde se necesite realizar juntas selladoras en muros.

3.6.10 Cuestionario. Elabore un procedimiento mediante el cual se pueda determinar el envejecimiento de una vía conociendo su punto de ablandamiento.

- ¿Qué importancia tiene conocer el punto de ablandamiento de un material bituminoso en el diseño de un pavimento flexible?
- ¿Qué factores pueden producir una diferencia de más de 1°C entre las dos bolas ensayadas?

3.7 DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES ASFALTICOS (INV E 720-07)

3.7.1 Objetivo general. Determinar la ductilidad de los materiales asfálticos de consistencia sólida y semisólida en el laboratorio según la norma (INV E 720-07).

3.7.2 Objetivos específicos

- Aprender a preparar la muestra a ensayar y las probetas, así como el procedimiento de ensayo y recomendaciones del laboratorio.
- Poner en funcionamiento el ductilometro, y conocer la forma correcta de usarlo para este ensayo.
- Conocer qué importancia tiene la propiedad de ductilidad en materiales asfálticos.

3.7.3 Fundamento teórico. Ductilidad es la propiedad que permite la deformación permanente antes de la fractura de un materia, cuando se somete a un esfuerzo. La ductilidad es la propiedad que tiene un material de deformarse visiblemente, estirarse sin romperse permitiendo obtener alambres o hilos, antes de llegar a la ruptura. Esto es, que el material puede ser estirado considerablemente antes de romperse. Se dice que un material no dúctil, se vuelve quebradizo, esto quiere decir que se quiebra o se rompe con poco o ningún esfuerzo o alargamiento.

La ductilidad es la distancia máxima en centímetros (cm) que se estira la muestra hasta el instante de la rotura.

El procedimiento consiste en someter una probeta del material asfáltico a un ensayo de tracción, en condiciones determinadas de velocidad y temperatura, en un baño de agua de igual densidad.

Normalmente, el ensayo se realiza con una velocidad de tracción de 50 ± 2.5 mm por minuto y la temperatura de $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ($77 \pm 1.0^\circ\text{F}$); aunque se puede realizar en otras condiciones de temperatura, debiendo concretarse en este caso la velocidad correspondiente.³⁷

3.7.4 Materiales y Equipos

Figura 102. Moldes para las probetas y Plato para el llenado de los moldes.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 103. Baño de agua para estabilizar la temperatura del agua, la cantidad mínima es de 10 litros.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

³⁷ASTM D113-07 Standard Test Method For Ductility of Bituminous Materials.

Figura 104. Ductilometro (tanque de agua y un mecanismo vibraciones)



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 105. Termómetro.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.7.5 Procedimiento

1. Se preparan las probetas, evitando la adherencia del material al plato y partes interiores del molde, cubriendo estas con una película de aceite³⁸.

Figura 106. Plato con la película de aceite y probeta en el plato engrasado



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

³⁸ Universidad Centroamericana, "José Simeón Cañas", Materiales de construcción : <http://www.uca.edu.sv/mecanicaestructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoCemento/Fraguado%20inicial%20y%20final%20del%20cemento.pdf>. [Citado 28 de mayo de 2014]

2. Se calienta el material asfáltico agitándolo para prevenir los sobrecalentamientos locales y hasta que esté lo suficientemente fluido para verterlo, y se procede al llenado de los moldes.

Figura 107. Llenado del molde con material asfáltico



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. El conjunto de la placa, molde y probeta se introduce de nuevo en el baño de agua, manteniéndolo a la temperatura de ensayo con una variación máxima de 0.1°C , durante un tiempo comprendido entre 85 y 95 minutos. Luego se retira la placa del molde, se quitan las piezas laterales y se da comienzo al ensayo.

Figura 108. Baño de agua a la muestra y colocación de la probeta en el ductilometro.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. La probeta se monta en el ductilómetro, introduciendo cada pareja de clavijas de los sistemas fijo y móvil en los correspondientes orificios de cada pinza, poniendo a continuación en marcha el mecanismo de arrastre del ensayo a la velocidad especificada, hasta que se produzca la rotura, midiéndose la distancia en cm que se hayan separado ambas pinzas hasta ese instante.

Figura 109. Muestra de asfalto en el ductilometro



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

5. En el ductilómetro, el material asfáltico entre las pinzas se va paulatinamente estirando hasta formar un hilo. Al irse estirando la probeta, deberá permanecer en todo momento sumergida en el agua del ductilómetro, sin aproximarse a la superficie o al fondo una distancia menor de 25mm.³⁹

Figura 110. Muestra estirándose en el ductilometro



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

6. La rotura se producirá en un punto en el que el hilo no tenga sección transversal.

³⁹ AASHTO T-51 Ductility of Bituminous Materials.

Figura 111. Rotura final de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.7.6 Cálculos

1. La distancia en cm que se han separado las pinzas desde su posición inicial hasta que se produce la rotura en un ensayo normal, es del valor de la ductilidad de una probeta.
2. Se ensayarán tres probetas por muestra, y el valor medio obtenido en un ensayo normal se expresará como el resultado de la ductilidad, especificando las condiciones de velocidad y temperatura a las que se haya realizado el ensayo.

3.7.7 Recomendaciones

- Si durante el ensayo, el material al estirarse tiene tendencia a subir hasta la superficie del agua o tocar la placa de fondo del ductilómetro, deberá ajustarse la densidad relativa del agua a la del material ensayado, añadiendo alcohol metílico o cloruro de sodio según el caso, hasta conseguir que el hilo quede lo más recto posible, sin elevarse ni descender.
- Es necesario cumplir con todos los parámetros de la prueba para que el resultado de la misma sea satisfactorio, Si no puede conseguirse que un ensayo se desarrolle en las condiciones normales, se informará que la ductilidad no se puede realizar en esas condiciones, o al ensayar la muestra no se estira como hijo sino que se rompe.

- Es de vital importancia el buen uso del ductilometro, de la preparación de las probetas y de la posterior falla de estas para obtener resultados dentro de los márgenes esperados.
- Es necesario que la muestra de ensayo sea tomada y almacenada de forma apropiada ya que este aspecto influye significativamente en los resultados finales de ensayo.

3.7.8 Aplicaciones e Importancia. La ductilidad es una característica de los materiales asfálticos importante en muchas aplicaciones. La presencia o ausencia de ductilidad, sin embargo, tiene usualmente mayor importancia que el grado de ductilidad existente. Los materiales asfálticos dúctiles tienen normalmente mejores propiedades aglomerantes que aquellos a los que les falta esta característica. Por otra parte, los asfálticos con una ductilidad muy elevada son usualmente más susceptibles a los cambios de temperatura. En algunas aplicaciones, como las mezclas para pavimentación, tienen gran importancia la ductilidad y el poder aglomerante, mientras en otras, como la inyección bajo losas de hormigón y en el relleno de grietas, la propiedad más esencial es una baja susceptibilidad a los cambios de temperatura.

3.7.9 Cuestionario

- ¿Cuál fue el valor obtenido de elongación durante el ensayo realizado?
- ¿Por qué es importante realizar este ensayo a los materiales asfálticos?
- ¿Qué campo de aplicación puede tener los materiales asfálticos con alta ductilidad y con baja ductilidad?
- ¿En qué rangos esta la elongación permitida, depende del tipo de asfalto?

3.8 LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG (INV E 125-07, INV E 126-07).

3.8.1 Objetivo general. Determinar los límites de consistencia o de Atterberg de un suelo por medio de la normas INV E 125-07 y INV E 126-07.

3.8.2 Objetivos específicos

- Determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.
- Clasificar el suelo por medio del sistema unificado de clasificación de suelos SUCS.

3.8.3 Fundamento teórico. La norma técnica colombiana define los límites de consistencia así:

Límite líquido: El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico.

Límite plástico: El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua en el cual el suelo permanece en estado plástico.

Índice de plasticidad: es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

3.8.4 Muestra a ensayar. Aproximadamente una masa de suelo que pese 100 gr que pase el tamiz número 40 (0.425 mm) completamente mezclada para límite líquido y 20 gr para límite plástico.

3.8.5 Materiales y Equipos

- ✓ Maquina o copa de Casagrande (LL) y Tamiz De 425 μm (No.40).

Figura 112. Cazuela de Casagrande



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 113. Tamiz n° 40



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

- ✓ Recipiente de porcelana y espátula.

Figura 114. Taza



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 115. Espatula



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

✓ Ranurador curvo (trapezoidal) y Calibrador respectivamente (LL)

Figura 116. Ranurador



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 117. Calibrador



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

✓ Recipientes.

Figura 118. Copas



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

- ✓ Horno y Balanza – De 100 g de capacidad con aproximación a 0.01 g.

Figura 119. Horno



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 120. Balanza



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

- ✓ Aparato de enrollamiento
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Superficie lisa para amasado (vidrio)

3.8.6 Procedimiento

- **Limite líquido.**
1. Se coloca la muestra de suelo en el recipiente de porcelana y se mezcla con 15 a 20 ml de agua destilada, amasándola y tajándola con una espátula en

forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml con una pipeta.⁴⁰

Figura 121. Amasado



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Cuando se logre conseguir una pasta homogénea de consistencia dura, se coloca una porción de alrededor 60 gr en la copa de Casagrande nivelándola con la espátula buscando que el punto de mayor altura sea 10 mm (medir con el calibrador).

Figura 122. Masa en la copa



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 123. Buscando la altura



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

⁴⁰ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS I.N.V. E – 125 – 07

3. Dividir el suelo en la cazuela de Casagrande con una firme pasada del ranurador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia como se indica en la figura.

Figura 124. Pasando el ranurador



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 125. Ranura limpia.



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Se hace girar la manija de la casuela de casagrade a razon de 2 golpes por segundo contando el numero de golpes necesarios para hacer cerrar las mitades de pasta de suelo en una distacia de aproximadamente 13 mm.

Figura 126. Buscando la distancia (13 mm)



Fuente: http://mecanicadesuelosensayos.blogspot.com/2010_11_01_archive.html

5. Se saca una tajada de suelo como se indica en la figura y se coloca en un recipiente adecuado se pesa y se lleva al horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante para calcular su humedad. Se repite el procedimiento 3 veces mas con el resto de la muestra.

Figura 127. Cálculos de la humedad



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

6. Se limpian los instrumentos y se repite el procedimiento 2 veces mas con la muestra de suelo sobrante cada vez aumentando el contenido de agua para aumentar el estado de fluidez.

Nota: Los golpes deben estar ente 15 y 35, de lo contrario el esato no sera valido.

3.8.7 Recomendaciones

- Evitar atrapar burbujas de aire cuando se amase la muestra de suelo
- mientras se usa el aparato de Casagrande tapar la muestra del recipiente de porcelana para evitar perder humedad.
- Algunos suelos tienden a deslizarse en lugar de fluir sobre la superficie de la cazuela cuando esto pase se mezcla con agua y si pasa lo mismo el ensayo no es aplicable.

- **Limite plástico.**

1. Se toman 20 gr de material que pase el tamiz número 40, se mezcla y amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de unos 6 g de dicha esfera como muestra en la figura para el ensayo.⁴¹

Figura 128. Amasado



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Se toma una porción de alrededor de 2.0 gr de pasta de suelo y se forma una masa elipsoidal, luego se hace rodar en la mano y una superficie plana con el papel absorbente formando una tira delgada de 3mm, cuando el diámetro del rollo llegue a 3 mm se divide en 6 trozos. Se juntan los trozos repitiendo el procedimiento una y otra vez hasta que la masa de suelo empiece a ponerse dura.

Figura 129. Buscando el límite plástico



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

⁴¹ NORMA TECNICA COLOMBIANA LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS I.N.V. E – 126 – 07

3. En el momento que se parta la tira de ± 3 mm de espesor la muestra alcanza su límite plástico.
4. Una vez se parta la muestra se coloca en un recipiente adecuado se pesa y se lleva al horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ (aproximadamente 30-40 min) hasta masa constante para calcular su humedad .

Figura 130. Cálculos de humedad



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.8.8 Recomendaciones

- puede utilizarse la misma muestra de suelo que se usó en el límite líquido, solo que teniendo en cuenta la presencia de humedad apta para formar la bola de 6 gr.
- Tener cuidado de no sobrepasar los 3 mm para eso medir constantemente con el calibrador.

3.8.9 Cálculos

- **Límite líquido:**

1. Numero de golpes y contenido de humedad.

$$\text{contenido de humedad} = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{masa de suelo seco}}$$

2. Se dibuja en un gráfico semilogarítmico, con el contenido de humedad como abscisa sobre la escala aritmética y el número de golpes como ordenada sobre la escala logarítmica, este gráfico se llama curva de flujo.
3. Límite Líquido será igual al contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes y se aproxima este valor al número entero más cercano.

- **Límite plástico**

Se calcula el Límite Plástico, expresado como el contenido de agua en porcentaje de la masa de suelo seca al horno:

$$L.P = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Masa de suelo seco}}$$

3.8.10 Aplicaciones e Importancia. Los límites de consistencia son muy útiles a la hora de clasificar un suelo por ejemplo al utilizar la carta de plasticidad (sistema unificado) y poder verificar la clase de suelo, para conocer sus propiedades y así poderlo usar en diferentes aplicaciones. Además que todos los sistemas (AASHTO, SUCS, SBS) utilizan los límites de consistencia para su respectiva clasificación.

Existen otras aplicaciones más específicas y empíricas que consisten en una infinidad de correlaciones desarrolladas por varios autores (Skempton, Terzaghi, Peck y otros) que permiten conocer otras propiedades particulares de los suelos finos como la compresibilidad (índice de compresibilidad), permeabilidad entre otros.⁴²

⁴² Tesis de Grado. Análisis y Utilidad de los límites de consistencia:
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7453/Capitulo3.pdf> [Citado 30 mayo 2014]

3.8.11 Cuestionario

- ¿Cuál es la clasificación para el suelo ensayado según el sistema unificado de clasificación de suelos?
- ¿De acuerdo a los resultados de laboratorio y la clasificación del suelo que se puede concluir en cuanto a las características de la muestra ensayada?

3.9 ENSAYO DE RESISTENCIA Y COMPRESION DE CILINDROS NORMALES DE HORMIGON (I.N.V. E – 410 – 07, NTC 673).

3.9.1 Objetivo general. Determinar la resistencia a la compresión en un cilindro de hormigón al aplicarle una carga axial por medio de la norma NTC 673 y la I.N.V. E – 410.

3.9.2 Objetivos específicos

- Construir la gráfica esfuerzo deformación y determinar la resistencia máxima a la compresión de un cilindro de hormigón ($f'c$).
- Calcular el módulo de elasticidad de la muestra de concreto.

3.9.3 Fundamento teórico. El concreto es uno de los materiales compuestos que tiene más uso en la construcción por ello el estudio de las propiedades físico-mecánicas es importante, unas de la propiedades que más identifica al hormigón es su resistencia a la compresión porque es en la que mejor desempeño tiene, el método descrito a continuación consiste en la aplicación de una carga axial a una velocidad constante hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la máxima carga alcanzada durante el ensayo entre el área de la sección transversal del espécimen.

3.9.4 Muestra a ensayar. Un cilindro de hormigón que tenga diámetro de 150 mm uniforme en toda su longitud con una altura de 300 mm \pm 6mm preparado de acuerdo la norma I.N.V. E – 402 – 07 elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de compresión y flexión⁴³

Figura 131. Probeta a ensayar



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.9.5 Materiales y Equipos.

Figura 132. Máquina de compresión de cilindros de hormigón



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

⁴³ NORMA TECNICA COLOMBIANA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS I.N.V. E – 125 – 07.

Figura 133. Deformimetro



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 134. Placas de apoyo



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.9.6 Procedimiento

1. El ensayo debe hacerse una vez la muestra sea removida del lugar de curado y debe mantenerse en condición húmeda hasta que se realice la prueba.
2. Se coloca la placa de apoyo inferior sobre la máquina alineándola con el eje de la placa superior (con rotula) y se limpian.
3. Se coloca el cilindro de concreto sobre la placa de apoyo inferior y se alinea cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión de la placa superior, luego se asegura el cilindro rotando la placa con rotula superior.⁴⁴

⁴⁴ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS I.N.V. E – 126 – 07.

Figura 135. Colocación del cilindro



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Como se desea construir la grafica esfuerzo deformacion, se ubica un deformimetro alrededor del cilindro y se asegura las tuercas de la parte inferior y superior del deformimetro de tal forma que quede fijo al cilindro de concreto.

Figura 136. Ubicación del deformimetro



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

5. Se aplica la carga a una velocidad constante a razon de 0.25 ± 0.05 MPa/s. Se anota cada 2 o 3 toneladas la deformacion obtenidad por el deformimetro con la respectiva carga hasta que falle el cilindro de hormigon, y se toma nota de la carga y forma en que falla del especimen de acuerdo ala figura.

Figura 137. Compresión del cilindro



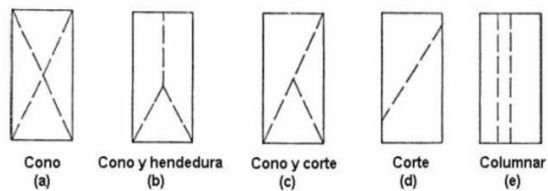
Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 138. Cilindro fallado



Fuente: Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 139. Esquemas de los tipos de falla



Fuente. Norma NTC 673

3.9.7 Recomendaciones

- Antes de ensayar el espécimen se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.
- si no se ajusta la falla de espécimen a las de la figura 2 se dibuja la falla con la descripción.

3.9.8 Calculos

1. Area efectiva

$$A = \pi r^2$$

2. Resistencia a la compresion

$$\sigma = \frac{P \text{ ultima}}{A} = \frac{P \text{ ultima}}{\pi r^2}$$

Donde:

P ultima: carga en que falla en concreto

A=area efectiva del especimen

3. Se dibuja en un gráfico con la deformación unitaria como abscisa y el esfuerzo a compresión como ordenada, este grafico se llama curva de esfuerzo deformación.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

4. Para obtener el Modulo de elasticidad, Se halla la pendiente en la parte recta de la curva de la gráfica de esfuerzo deformación.

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

$\sigma_2 = \text{Esfuerzo final}$
 $\sigma_1 = \text{Esfuerzo inicial}$
 $\varepsilon_2 = \text{Deformaciòn final}$
 $\varepsilon_1 = \text{Deformaciòn inicial}$

3.9.9 Aplicaciones e Importancia. La resistencia a compresión es la característica principal del concreto, el ensayo de resistencia y compresión se usa para corroborar que el concreto usado en obra o en los proyectos tenga la resistencia para la cual fueron diseñados o formulados, principalmente con el fin de hacer un control de calidad de los elementos que están en construcción que generalmente alcanzan su resistencia a los 28 días, es por ello que no deben cometerse errores durante los ensayos para que las muestras ensayadas sean representativas en términos de resistencia de los elementos que fueron contruidos.⁴⁵

3.9.10 Cuestionario

- ¿Porque la alineación incorrecta de los cilindros de hormigón en la máquina de ensayo puede afectar tanto el resultado?
- ¿Describa porque se puedo producir el tipo de falla en el cilindro de hormigón, verificar con la norma?
- Calcular el módulo de elasticidad con la curva esfuerzo vs deformación del concreto y en ella definir cuál es el rango elástico y el rango inelástico.

3.10 ENSAYO DE TRACCION PARA PRODUCTOS DE ACERO, Y MODULO DE RIGIDEZ (ENSAYO #2 NTC- ACERO DE REFUERZO).

3.10.1 Objetivo general. Determinar el comportamiento mecánico en los productos de acero, al ser sometidos a un esfuerzo de tensión.

⁴⁵ EL CONCRETO EN LA OBRA. Problemas, Soluciones y Causas: <http://www.revistacyt.com.mx/images/problemas/2008/pdf/NOVIEMBRE.pdf> [Citado 28 mayo 2014]

3.10.2 Objetivos específicos

- Determinar la gráfica esfuerzo-deformación y los puntos más importantes que se relacionan con las propiedades mecánicas de los materiales, Reconocer y diferenciar la zona elástica y zona plástica de los productos de acero.
- Hallar las principales propiedades mecánicas tales como: módulo de elasticidad, resistencia máxima a la tensión, porcentaje de elongación a la fractura y el porcentaje de reducción en el área de fractura.
- Observar y reconocer las posibles diferencias que presentan las muestras a ensayar en cuanto a ductilidad y fragilidad a la tolerancia a la deformación.
- Obtener experiencia en la identificación y manipulación de equipos de laboratorio, deformímetro, extensómetro y la máquina universal de ensayo.

3.10.3 Fundamento teórico. En este laboratorio analizaremos el comportamiento del acero al ser sometido a un esfuerzo de tensión uniaxial. El ensayo se realiza en una Máquina Universal De Ensayos y la operación consiste en someter una probeta a una carga uniaxial gradualmente creciente (es decir, estática) hasta que ocurra la falla.

Elasticidad: es la propiedad de un material en virtud de la cual las deformaciones causadas por la aplicación de una fuerza desaparecen cuando cesa la acción de la fuerza. "un cuerpo completamente elástico se concibe como uno de los que recobra completamente su forma y dimensiones originales al retirarse la carga". ej: caso de un resorte o hule al cual le aplicamos una fuerza.

Plasticidad: es aquella propiedad que permite al material soportar una deformación permanente sin fracturarse. Todo cuerpo al soportar una fuerza aplicada trata de deformarse en el sentido de aplicación de la fuerza. En el caso del ensayo de tracción, la fuerza se aplica en dirección del eje de ella y por eso se denomina axial, la probeta se alargara en dirección de su longitud y se encogerá

máximo, R , se le denomina tensión de rotura o límite de rotura. A partir de este punto a la probeta se le considera roto, aunque no esté aun físicamente rota.

Zona de estricción (RS): aunque se mantenga constante o baje la tensión aplicada, el material sigue deformándose hasta producirse la rotura física. Se aprecia una acusada reducción de la sección de la probeta, momento a partir del cual las deformaciones continuarán hasta la rotura de la probeta. (En la realidad las tensiones no disminuyen hasta la rotura, sino que el cociente de la fuerza aplicada (creciente) entre la sección inicial aumenta, pero este efecto no se tiene en cuenta en el diagrama).⁴⁶

3.10.4 Muestra a ensayar. Para este ensayo se usaran dos probetas con características diferentes para poder comparar y diferenciar un material dúctil de un material frágil, Antes de comenzar a realizar los ensayos de tracción se deben tomar las respectivas medidas de las probetas.

Es muy importante ser bastante cuidadosos en la toma de estas medidas se debe implementar la correcta utilización del Calibrador "pie de rey" ya que después de someter las probetas a los ensayos de tracción por medio de la maquina universal, se van a comparar las medidas iniciales con las finales, tanto la longitud de la probeta como el diámetro de la misma.

Figura 141. Probetas y Medición de las probetas



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

⁴⁶ ASTM A 310 Methods and Definitions for chemical testing of Steel products

3.10.5 Materiales y Equipos

Figura 142. Calibrador y Maquina Universal de Ensayo



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 143. Extensómetro y Deformímetro



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.10.6 Procedimiento

- 1) Hacer una marca en la probeta al inicio y al final, para poder medir posteriormente el alargamiento máximo experimentado.

Figura 144. Marca la probeta al inicio y al final



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

- 2) Colocar la probeta en la máquina de ensayo, antes de colocarlas, primero ponemos dos mordazas para tener un adecuada aplicación de cargas, una vez hecho introducimos la probeta entre las dos mordazas, Las mordazas se sujeción deben mantener firme a la muestra durante el ensayo, mientras se aplica la carga, impidiendo el deslizamiento.

Figura 145. Colocar mordazas a la probeta.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

- 3) Seleccionar la velocidad de ensayo de acuerdo con la norma ASTM, La velocidad del ensayo no debe ser superior que aquella de la cual las lecturas de carga y otras que puedan tomarse, permitan una medición un grado de exactitud adecuado, Aplique una pequeña precarga a la probeta hasta que el movimiento de la aguja en el manómetro sea inminente, Gradúe el indicador Deformímetro y Extensómetro en "cero".
- 4) Aplique carga de una manera continua y lenta y vaya tomando lecturas, las máquinas están conectadas a un ordenador que registra el desplazamiento y la carga leída.

Figura 146. Aplicar la carga de una manera continua y lenta



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

- 5) Una vez que se llega alcanzar la carga máxima en la probeta, que hace que esta falle y sufra una ruptura, ya sea para la probeta dúctil o frágil en este caso acero que se muestra en la parte de arriba de la imagen y aleaciones respectivamente, se retiran las partes de la probeta ensayada, y se mide el diámetro de la sección de rotura así como la nueva longitud entre los puntos de calibración para calcular el porcentaje de elongación.⁴⁷

Figura 147. Probeta dúctil o frágil



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

- 6) Coloque una nueva probeta en la máquina y repita los pasos anteriores.

⁴⁷ COPART R 2. Ensayo de Tracción para Acero
ISO R 89 Tensile testing of Steel wire

3.11 CÁLCULOS

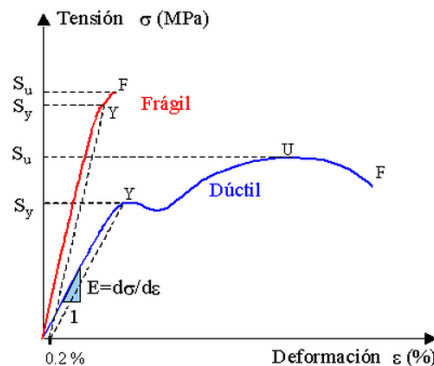
Módulo de Elasticidad: En la primera parte del ensayo, el metal se deforma elásticamente, es decir, si se eliminara la carga el metal volvería a su longitud inicial. Usualmente los metales y las aleaciones muestran una relación lineal entre la tensión y la deformación en la región elástica.

$$E = \frac{\partial (\text{esfuerzo})}{\varepsilon (\text{deformacion})} \quad (\text{Mpa})$$

Límite elástico: Nos indica la tensión en la cual el material sufre una deformación plástica. Debido que en el diagrama no se muestra cuando el material cambia de deformación elástica a deformación plástica, se elige el límite elástico cuando se produce un 0.2% de deformación plástica. (Límite de fluencia).

Resistencia máxima a la tensión: Es la tensión máxima alcanzada en la curva de tensión-deformación, se determina dibujando una línea horizontal desde el punto máximo de la curva tensión-deformación hasta el eje de tensiones.

Figura 148. Diagrama Tensión Vs Deformación para materiales dúctiles y frágiles.



Fuente: DIAGRAMA ESFUERZO DEFORMACIÓN Cualquier fuerza externa que se aplique <http://sgarcia81.wordpress.com/2013/05/28/diagrama-esfuerzo-deformacioncualquier-fuerza-externa-que-se-aplique> [Citado 24 de junio 2014]

Porcentaje de elongación: Comúnmente se expresa la ductilidad de los metales como porcentaje de elongación y se calcula con la siguiente formula.

$$\% \text{ elongacion} = \frac{\text{longitud final} - \text{longitud inicial}}{\text{longitud inicial}} * 100\%$$

Porcentaje de reducción en el área de la fractura La Ductilidad también se expresa con en porcentaje de reducción de área.

$$\text{Area de Fractura} = \frac{\text{longitud final} - \text{longitud inicial}}{\text{longitud inicial}} * 100\%$$

3.11.1 Recomendaciones

- Se recomienda tomar precauciones durante la realización del ensayo, ya que las cargas utilizadas son relativamente altas con respecto a los materiales de ensayo.
- Es recomendable que la probeta esté en debidas condiciones (bien pulida, limpia, sin óxidos), además que la probeta este bien asegurada a las mordazas para evitar accidentes.
- Es recomendable también, tener una base teórica antes de realizar el ensayo para tener en cuenta los detalles que debemos observar y los datos que debemos apuntar.
- Se puede graduar la velocidad Cuando en la norma particular del producto no se indique la velocidad de ensayo, es recomendable usar, una de las que se indican a continuación: Periodo o intervalo elástico, usar una velocidad igual o inferior al 5% de la longitud entre marcas por minuto (0.05% Lo/min) o un aumento de tensión de 10 N/mm².min. Periodo o intervalo plástico, usar una velocidad igual o inferior al 40% de la longitud entre marcas por minuto (0.40 Lo/min). Mantener constante la velocidad en ambas zonas y pasar de una

velocidad a la otra en forma progresiva, evitando cambios bruscos, ya que se puede romper la probeta y los resultados obtenidos en el laboratorio no serían los esperados.

3.11.2 Aplicación e importancia. El ensayo de tracción en ingeniería es ampliamente utilizado, pues suministra información sobre la resistencia de los materiales utilizados en el diseño y también para verificación de especificaciones de aceptación. Todos los materiales metálicos tienen una combinación de comportamiento elástico y plástico en mayor o menor proporción, Estos perfiles se encuentran en la mayor parte de las estructuras, como ser: Puentes, Armaduras de Cubiertas, Torres, Tirantes, Sistemas de Arrostramiento.

3.11.3 Cuestionario

- ¿Qué probeta es más frágil y cuál más dúctil? ¿Influye la temperatura en los resultados de las pruebas a tracción?
- ¿Influye la velocidad de aplicación de la carga en los ensayos? Explique
- ¿Qué Clases de fracturas en materiales metálicos sometidos a tracción existen?
- Construya la gráfica esfuerzo contra deformación, previamente pasando las unidades leídas del equipo (load en kg) a unidades de esfuerzo y el desplazamiento (stroke en milímetros) dividiendo entre la longitud inicial para obtener unidades adimensionales.

3.12 ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA DE CILINDROS NORMALES DE HORMIGON (NTC -722).

3.12.1 Objetivo general

- Encontrar la resistencia a tracción y cortante de cilindros de concreto tamaños nominales (diámetro de 150 mm y longitud de 300mm).

3.12.2 Objetivos específicos.

- Comprender la importancia de la resistencia a tracción del concreto a la hora de realizar diseños estructurales como diseños de pavimentos rígidos.
- Encontrar el valor de la carga que produce la falla por tracción indirecta en una probeta de concreto.

3.12.3 Fundamento teórico. La resistencia a la tracción del concreto es una forma de comportamiento de gran interés para el diseño y control de calidad en todo tipo de obras y en especial las estructuras hidráulicas y de pavimentación. Sin embargo en razón de que los métodos de ensayo a la tracción aparecen tardíamente, en la década de los cincuenta, la resistencia a la comprensión mantiene su hegemonía como indicador de la calidad, principalmente por el largo tiempo de aplicación que ha permitido acumular valiosa experiencia.

Inicialmente la determinación de la resistencia a la tracción del concreto se efectuó por ensayos de flexo tracción. Posteriormente, se han desarrollado dos métodos de prueba conocidos como ensayos de tracción directa por hendimiento, también denominado de comprensión diametral.

3.12.4 Muestra a ensayar. Para el ensayo de tracción indirecta se utiliza una probeta cilíndrica de concreto preferiblemente cuando esta ya haya completado su tiempo de fraguado (28 días) si no se debe dejar constancia de cuanto tiempo de fraguado llevaba teniendo en cuenta que el tiempo no debe ser menor a los 14 días la probeta cilíndrica debe tener dimensiones aproximadas entre 150mm de diámetro y 300 milímetros de altura.

3.12.5 Materiales y Equipos.

Figura 149. Materiales y Equipos.



Probeta de ensayo



Maquina de ensayo



Listones de Apoyo en Madera

Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.12.6 Procedimiento.

1. Acomodar los listones de madera a lo largo del centro de la placa inferior de la máquina de ensayo y se pone el cilindro sobre el listón, luego se pone el otro listón sobre el cilindro teniendo cuidado que se encuentren bien alineados.

Figura 150. Acomodar los listones de madera a lo largo del centro de la placa inferior de la máquina de ensayo



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Una vez ubicada la probeta de forma alineada sobre la maquina se debe ajustar manualmente la máquina para que haga contacto con la parte superior del cilindro, para luego encenderla y empezar a aplicar la fuerza.

Figura 151. Ajustar la máquina, contacto con la parte superior del cilindro, para luego encenderla y empezar a aplicar la fuerza.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. Calibrar la máquina y encenderla para que esta empiece a aplicar carga de manera lenta y constante hasta que se presente la falla en la probeta y es ahí en donde se toma el dato de carga con la que fallo el cilindro, se debe observar el tipo de falla que se produjo para los cálculos que se realizaran más adelante.⁴⁸

⁴⁸ NTC -722 ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA DE CILINDROS NORMALES DE HORMIGON

Figura 152 Calibrar la máquina, ensayar la probeta y observar el tipo de falla que se produjo.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.12.7 Cálculos. El esfuerzo de tracción indirecta sobre la probeta la podemos calcular mediante la ecuación.

$$T = \frac{2 * P}{L * d}$$

T = Esfuerzo de traccion indirecta
P = Carga con la cual probeta falla deca NEWTON
L = Longitud del cilindro cm
d = Diametro del cilindor [cm]

3.12.8 Recomendaciones.

- Verificar que los listones de madera sean un poco más largos que las probetas para facilitar la colocación de las probetas.
- Consultar la norma NTC -1377 para elaborar la dosificación del concreto que se va a ensayar.
- Tener en cuenta que una vez terminada la etapa de fraguado en la probeta al ensayar el cilindro se debe procurar que el cilindro se encuentre en forma húmeda.

- A la hora de someter la probeta a Las cargas traccionales en la maquina se debe tomar las respectivas normas de seguridad para evitar posibles accidentes.⁴⁹

3.12.9 Aplicaciones e importancia. El ensayo de tracción tiene gran importancia en la ingeniera civil ya que otorga una propiedad muy importante acerca del comportamiento mecánico del concreto, También tiene aplicación en las estructuras de concreto que hallan fallado y que no se tenga la certeza de que ocasiono la falla pues por medio de este ensayo al observar las líneas de falla del material y compáralas con las de la estructura se le podrá realizar a esta, las debidas reparaciones.

3.12.10 Cuestionario

- ¿Qué importancia tiene la colocación de listones de madera en la probeta de concreto?
- ¿Qué aplicación se le puede dar al concreto utilizado en el ensayo?
- ¿Según NSR-10 cuál sería el valor del $f'c$ para el concreto ensayado?

3.13 DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO (METODO DEL CORTE DIRECTO) (INV E-154-07)

3.13.1 Objetivo general. Determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga.

⁴⁹ Resistencia a la tracción. Laboratorio : <http://civilgeeks.com/2011/12/10/la-resistencia-a-la-traccin-del-concreto/> [Citado 1 Junio 2014].

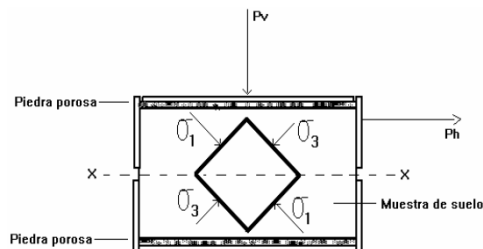
3.13.2 Objetivos específicos

- Conocer la cohesión (c) de la muestra de suelo y el Angulo de fricción (ϕ) y saber de qué dependen estos valores, para interpretar mejor los resultados.
- Determinar los esfuerzos normal y de corte, para la muestra de suelo a ensayar.
- Aprender a manejar la máquina de corte directo, como tomar los datos, y saber de qué se compone.

3.13.3 Fundamento teórico.

CORTE DIRECTO: El ensayo de corte directo consiste en hacer deslizar una porción de suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplica una carga normal al plano del movimiento.

Figura 153. Diagrama de Corte directo

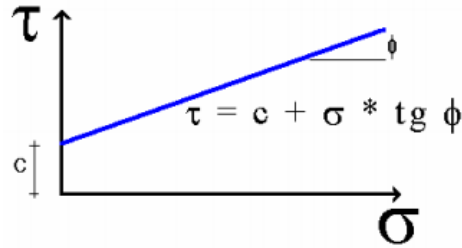


Fuente:http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/cortedirecto.pdf

Los ensayos de corte directo en laboratorio se pueden clasificar en tres tipos según exista drenaje y/o consolidación de la muestra, por lo tanto los valores de cohesión c y Angulo de fricción ϕ dependen esencialmente de la velocidad del ensayo y de la permeabilidad del suelo.⁵⁰

⁵⁰ AASHTO T 236-03 Standard Method of Test for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

Figura 154. Diagrama Esfuerzo corte Vs Esfuerzo deformación



Fuente:http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/cortedirecto.pdf

Ensayo no consolidado no drenado (UU). Es un ensayo rápido, donde el corte se inicia antes de consolidar la muestra bajo la carga normal (P_v); si el suelo es cohesivo y saturado, se desarrollará exceso de presión de poros. Generalmente la recta intrínseca en el diagrama de τ contra σ es horizontal, donde $\tau = C_u$. No se permite el drenaje de la muestra en todo el ensayo.

Ensayo consolidado no drenado (CU). En este ensayo se permite que la muestra drene ó se consolide durante la aplicación de la carga vertical, de modo que en el momento de aplicar el esfuerzo de corte las presiones intersticiales sean nulas, pero no durante la aplicación del esfuerzo cortante. La tensión de corte es rápida para que la presión de poros no pueda disiparse en el transcurso del ensayo. Estos ensayos no se usan en suelos permeables y es necesario medir el movimiento vertical durante la consolidación (drenaje) para saber cuándo se ha producido por completo.

Ensayo consolidado drenado (CD). La velocidad de corte es lenta, se permite el drenaje de la muestra durante todo el ensayo siendo las presiones intersticiales nulas durante la aplicación del esfuerzo cortante ($\mu=0$), esto implica que: $\sigma = \sigma'$, $c = c'$, $\phi = \phi'$.

Por otro lado, según la forma en que se aplica el esfuerzo horizontal, los ensayos de corte se pueden clasificar en dos tipos.

Ensayos de tensión controlada. Se aplica el esfuerzo horizontal, se miden las deformaciones hasta llegar hasta la estabilización, luego se aumenta la fuerza horizontal y así sucesivamente, hasta que llega el momento en que las deformaciones no se estabilizan, lo que nos indica que hemos sobrepasado la carga de rotura.

Ensayos de deformación controlada. La mitad móvil de la caja se desplaza a una velocidad determinada; los esfuerzos horizontales se van midiendo con un anillo dinamométrico conectado en serie con la fuerza horizontal⁵¹.

3.13.4 Materiales y equipos

Figura 155. Muestra de suelo (inalterada)



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 156. Máquina de corte directo y Cajas de corte, con sus piedras porosas.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

⁵¹ ASTM D 3080.98 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils under Consolidated Drained Conditions, Designation.

Figura 157. Caucho (separación de muestras) y Pesas



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 158. Medidor de carga y desplazamiento



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 159. Balanza y Anillos de acero (toma de muestras)



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 160. Segueta



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.13.5 Muestra a ensayar

1. Se usa una muestra inalterada, debe ser suficientemente grande para proveer un mínimo de tres muestras idénticas, se le coloca parafina de tal manera que la pérdida de humedad sea insignificante.

Figura 161. Muestra de suelo con parafina



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Con ayuda de la segueta se cortan tres muestras de suelo con un diámetro o un ancho mínimo de 50 mm (2") según la muestra.

Figura 162. Corte con la segueta la muestra y Muestras de suelo cortadas



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. Se toma los anillos de acero y se introducen en las 3 muestras, La relación mínima diámetro/espesor, según la muestra, debe ser 2:1, Luego se retira los anillos de la muestra total evitando alteraciones, la muestra que contiene los anillos será la muestra de suelo para en ensayo.

Figura 163. Anillos se introducen a la muestra y Retiro del material sobrante



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Tomar el peso de la muestra con el anillo de acero, con esto al final del ensayo se puede determinar el contenido de humedad, colocando la muestra de suelo en el horno y conociendo el peso seco.

Figura 164. Peso de los anillos con suelo



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.13.6 Procedimiento

5. Se introduce la muestra de ensayo con ayuda del caucho para que la presión sea uniforme, con sumo cuidado de no alterar la muestra.

Figura 165. Anillos en la caja de corte con el caucho



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

6. Se ensambla la caja de corte con colocando las piedras porosas, el papel filtro, los marcos alineados y se bloquea.

Figura 166. Caja de corte preparada



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

7. Se conecta el dispositivo de carga y se ajusta el dial para medir tanto la deformación durante el corte, como el cambio del espesor de la muestra y luego se determina el espesor inicial.

Figura 167. Máquina de corte preparada para el ensayo



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

8. Se debe permitir una consolidación inicial de la muestra bajo una fuerza normal adecuada. Después de aplicar la fuerza normal predeterminada, se llena el depósito de agua hasta un nivel por encima de la muestra, permitiendo el drenaje y una nueva consolidación de la misma. El nivel del agua se debe mantener durante la consolidación y en las fases siguientes de corte de tal manera que la muestra esté saturada en todo momento.

Figura 168. Proceso del corte directo a la muestra



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

9. Durante el proceso de la consolidación deben registrarse las lecturas de deformación normal, en tiempos apropiados, antes de aplicar un nuevo incremento de la fuerza. Cada incremento de la fuerza normal debe durar hasta que se complete la consolidación primaria. El incremento final debe completar la fuerza normal especificada.
10. Se representan gráficamente las lecturas de la deformación normal contra la carga al corte aplicada, Corte de la muestra. Luego de terminada la consolidación se deben soltar los marcos separándolos aproximadamente 0.25 mm (0.01"), para permitir el corte de la muestra⁵².

⁵² Reglamento Laboratorio Mecánica de suelos. UCV :
http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/laboratorio.htm#manual
upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3334/13/34065-13.pdf [Citado 12 Junio 2014]

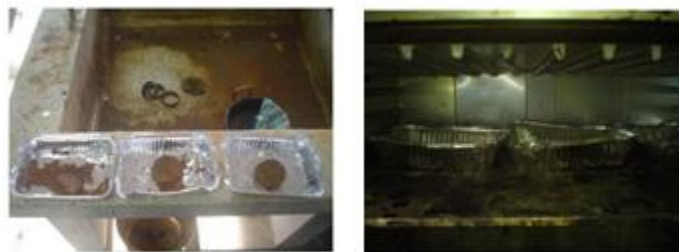
Figura 169. Detalle de la muestra de suelo fallada



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

11. Se debe aplicar la fuerza de corte lentamente para permitir la disipación completa del exceso de presión de poros.
12. La prueba termina en el momento que la aguja del medidor de carga empiece a marcar resultados muy parecidos, o cuando se empieza a observar que la aguja se empieza a devolver, y por último se retira la muestra de la máquina.
13. Terminado el ensayo, se remueve la muestra completa de la caja de corte, se seca en la estufa y se determina el peso seco de la muestra, Este procedimiento se realiza tres veces con distintos pesos (8 kg, 16 kg y 32 kg) que ejercen la fuerza vertical.

Figura 170. Muestras de suelo falladas y Muestras de suelo en el Horno



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.13.7 Cálculos

- ✓ Para calcular el Esfuerzo cortante sobre el espécimen se utiliza la siguiente formula:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

τ = Esfuerzo cortante (kPa)

F = Fuerza cortante (KN)

A =Area corregida (m²)

- ✓ Esfuerzo normal sobre el espécimen :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

σ =Esfuerzo normal (kPa)

F =carga normal sobre el espécimen (kN)

A =Area corregida (m²)

- ✓ Velocidad de desplazamiento:

$$v = \frac{\delta}{te}$$

V = velocidad de desplazamiento (mm/min)

δ =Desplazamiento lateral relativo (mm)

te = tiempo transcurrido en ensayo (min)

3.13.8 Recomendaciones

- El propósito de efectuar ensayos de corte en el laboratorio es reproducir las situaciones del terreno, pero como las condiciones (in situ) controlen las condiciones de fatiga y deformación.
- La velocidad del ensayo debe ser la estipulada, ya que si es muy rápida en ensayos drenados, la presión de poros no es capaz de disiparse.
- Es fundamental que en ensayos consolidados, se debe hacer las lecturas de los comparadores (diales) y de las fuerzas tangenciales aplicadas con especial cuidado, al igual que el trazado de las curvas.

3.13.9 Aplicaciones e Importancia. La evaluación de la resistencia al esfuerzo normal y cortante del suelo, permite cuantificar parámetros necesarios para solucionar problemas relacionados con la resistencia del terreno, que nos permite analizar problemas de la estabilidad de suelos tales como: el estudio de estabilidad de taludes para carreteras, la determinación de la capacidad de soporte en cimentaciones, la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras.

3.13.10 Cuestionario

- Este ensayo aplica a todos los tipos de suelos? Explique.
- ¿Cuándo recomendarían la ejecución de este ensayo, Para qué tipo de casos?
- Explique qué es el ensayo de Corte Simple. Establezca diferencias y realice un análisis comparativo entre los dos tipos de ensayos de corte.
- Analizar los parámetros del suelo (humedad, densidad, forma de las partículas, historia de esfuerzos, etc) y evaluar cómo influyen en la resistencia al corte.

3.14 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN AGREGADO FINO PARA CONCRETO NTC 127

3.14.1 Objetivo General. Determinar la presencia de material orgánico perjudicial presentes en el agregado fino usados en morteros y concreto.

3.14.2 Fundamento teórico. La finalidad de este ensayo es determinar si existen impurezas para lo cual se usa un reactivo de solución de hidróxido de sodio, cuando una muestra sometida a este ensayo produce un color más oscuro que una solución de color estandarizada indica que tiene valores altos y presencia de materia orgánica.⁵³

3.14.3 Muestra a ensayar. Material fino que pase el tamiz N° 4 (arena), la muestra de ensayo debe tener una masa de aproximadamente 450 g y se debe tomar por cuarteo de una muestra más grande.

3.14.4 Materiales y Equipos

- ✓ Botellas de vidrio
- ✓ Vidrio de color estándar
- ✓ Reactivo de solución de hidróxido de sodio

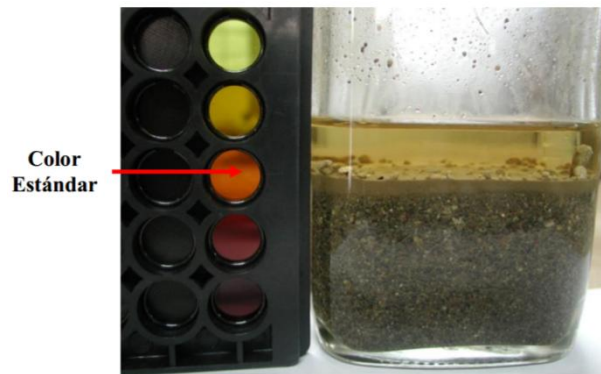
3.14.5 Procedimiento

1. Se llena la botella de vidrio hasta el nivel de 130 ml con la muestra de agregado fino que se va a ensayar.
2. Se disuelven 3 partes por peso de hidróxido de sodio (NaOH) en 97 partes de agua.

⁵³ JOSEPH J. WADDELL, JOSEPH A. DOBROWSKI, Manual de la construcción con concreto I, Mc Graw Hill, 3a edición, 1997.

3. Se añade la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen de agregado fino y de líquido, indicado después de agitación, sea de 200 ml aproximadamente.
4. Se tapona la botella, se agita vigorosamente y luego se deja en reposo por 24 h.
5. se compara el color del líquido que sobrenada, de la muestra de ensayo con el de la placa de vidrio, y se registra el número del color que más se asemeje.⁵⁴

Figura 171. Comparación de colores



Fuente. Laboratorio de materiales de construcción Universidad Centroamericana

3.14.6 Interpretación de resultados. Si el color del líquido sobrenadante es más oscuro que el de la solución de color del vidrio de color estándar de la placa orgánica No. 3 (Color Gardner estándar No. 11), se debe considerar que el agregado fino sometido a ensayo, posiblemente contiene compuestos orgánicos perjudiciales, entonces se deben realizar otros ensayos antes de aprobar la arena para su uso en el concreto.⁵⁵

⁵⁴UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA “José Simeón Cañas”, Laboratorio Materiales de Construcción, Impurezas Orgánicas en Arenas <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/IMPUREZAS.pdf> [Citado 20 Junio 2014]

⁵⁵ ASTM C 87-03, Standard Test Method for effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar, vol. 04.02, edition 2003, American Standards of Testing of Materials.

3.14.7 Aplicaciones e Importancia. La presencia de contenido orgánico puede ser muy perjudicial para una mezcla de concreto o de un mortero ya que afecta la hidratación cambiando así las proporciones de diseño y como consecuencia alterando la resistencia de concreto hidráulico o mortero, si los resultados de esta prueba indican que los agregados están contaminados se deben hacer otras pruebas⁵⁶

3.14.8 Cuestionario

- ¿Según la NTC 174 especificaciones de los agregados para el concreto, cuando se puede aceptar un color más oscuro que el color estándar como resultado de este ensayo?
- ¿Qué otras pruebas o ensayos se deben hacer si los resultados del ensayo indican que las muestras tienen contenido de materia orgánica?

3.15 RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES. (INV E-218-07)

3.15.1 Objetivo general. Determinar un método de ensayo para la abrasión o desgaste de los agregados gruesos empleados en el diseño de mezclas, por medio de la máquina de los ángeles.

3.15.2 Objetivos específicos

- Determinar la resistencia al desgaste de las muestras en estudio natural y triturado, empleando la citada maquina con una carga abrasiva.

ASTM C 40-99, Standard Practice for Sampling Aggregates, vol. 04.02, edition 2003, American Standards of Testing of Materials.⁵⁶

- Calcular el porcentaje de desgaste de la muestra de suelo de tamaños menores a 1 ½ y suelos gruesos de tamaños mayores de ¾ por medio de la maquina los Ángeles.
- Conocer el uso, manejo y funcionamiento de la máquina de Los Ángeles.

3.15.3 Fundamento Teórico. El Ensayo de Desgaste empleando la Máquina de los Ángeles, mide básicamente la resistencia de los puntos de contacto de un agregado al desgaste y/o a la abrasión. La resistencia a la abrasión, desgaste, o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual los agregados que se utilizan deben estar duros. Para determinar la dureza se utiliza un método indirecto. Dicho método más conocido como el de la Máquina de los Ángeles, consiste básicamente en colocar una cantidad especificada de agregado dentro de un tambor cilíndrico de acero que está montado horizontalmente. Se añade una carga de bolas de acero y se le aplica un número determinado de revoluciones. El choque entre el agregado y las bolas da por resultado la abrasión y los efectos se miden por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material desgastado expresándolo como porcentaje inicial.

La carga abrasiva consistirá en esferas de acero, de un diámetro aproximado de 46.8 mm (1 27/32”) y una masa comprendida entre 390 g y 445 g. La carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo, A, B, C o D, ⁵⁷de acuerdo con la Tabla 17.

⁵⁷

ASTM C 131 – 01 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small – Size coarse Aggregate by Abrasion and impact in the Los Angeles Machine.

Tabla 17. Carga abrasiva

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Masa Total g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: I.N.V.E – 218 -07

3.15.4 Muestra a Ensayar. Para el ensayo se usa la gradación más parecida al agregado que se va a usar en la obra. Se separa la muestra en las fracciones indicadas en la tabla, de acuerdo con la granulometría elegida se toma la cantidad de cada una de ellas, hasta obtener el requerimiento para el tamaño de la muestra total.

Tabla 18. Granulometría de la muestra del agregado.

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Masa de la muestra para ensayo (g) Granulometrías			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37.5	(1½")	25.0	(1")	1250 ± 25	...	...	...
25.0	(1")	19.0	(¾")	1250 ± 25	...	...	...
19.0	(¾")	12.5	(½")	1250 ± 10	2500 ± 10	...	...
12.5	(½")	9.5	(3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	...	...
9.5	(3/8")	6.3	(¼")	...	...	2500 ± 10	...
6.3	(¼")	4.75	(No.4)	...	...	2500 ± 10	...
4.75	(No.4)	2.36	(No.8)	...	...	...	5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: I.N.V.E – 218 -07

3.15.5 Materiales y Equipos

Figura 172. Balanza



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 173. Horno



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 174. Tamices (serie gruesa)



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 175. (Esferas de acero)



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 176. Máquina de los ángeles



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.15.6 Procedimiento.

1. Primero se tamiza la muestra separando las distintas fracciones de agregado por tamaño, se lavan separadamente las fracciones y luego se introducen al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

Figura 177. Proceso de tamizado



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

2. Una vez secado el material, se utiliza las tablas de gradación de la norma que más se ajuste al material a ensayar, se toman las fracciones indicadas en la tabla hasta completar y registrar la masa total de la muestra y se mezclan.

Figura 178. Fracción a ensayar



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3. Se elige la carga abrasiva que va a girar con la muestra de agregado en la máquina de los ángeles esto se hace por medio de la tabla1 según la granulometría anterior, se utiliza una carga abrasiva de 12 esferas, que corresponde a la Gradación A.

Figura 179. Carga abrasiva



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

4. Luego de comprobar que el tambor este limpio, la muestra y la carga abrasiva correspondiente se colocan en la máquina de Los Ángeles y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/minuto (30 y 33 r.p.m.) hasta completar 500 revoluciones (15 minutos). La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante.

Figura 180. Máquina de los Ángeles



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

5. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, empleando un tamiz de abertura mayor al de 1.70 mm (No.12). La fracción fina que pasa, se tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No.12).

Figura 181. Descargue del material



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

6. El material más grueso que la abertura del tamiz de 1.70 mm (No.12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura comprendida entre $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$), hasta masa constante, y se determina la masa con precisión de 1 gr.

Figura 182. Descargue del material



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.15.7 Cálculos. El resultado del ensayo es la diferencia entre la masa original y la masa final de la muestra ensayada, expresada como tanto por ciento de la masa original.

El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles, el cual se calcula así:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{Pa - Pb}{Pa} * 100$$

Dónde:

Pa= masa de la muestra seca antes del ensayo.

Pb = masa de la muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No.12).

3.15.8 Recomendaciones

- Realizar el lavado de muestra de manera que se obtenga agua cristalina, pues si no se realiza de manera adecuada, el ensayo puede tener resultados erróneos.
- Elegir la adecuada gradación que se usará, teniendo en cuenta el Tamaño Máximo Nominal, que se obtendrá del Análisis Granulométrico. Realizar el

tamizado de manera que no haya retención de partículas en las mallas, y que esté realizado lo mejor posible, para evitar errores.

- Tratar de evitar la pérdida de muestra fina en la Máquina de Los Ángeles, pues esto podría representar un error importante si es en bastante cantidad.

3.15.9 Aplicaciones e Importancia. La revisión de la calidad de los agregados en un pavimento es de vital importancia. Los agregados representan gran porcentaje en el pavimento, y una característica importante del agregado es la resistencia al desgaste por trituración, un índice superior a 50 por ciento indica la mala calidad y escasa resistencia al desgaste de un árido, lo que hace inservible para su uso en carreteras. En cambio, un valor inferior a 20 da idea de la excelente calidad y bajo desgaste del árido, pudiendo emplearse en firmes, especialmente en la capa de rodadura.

3.15.10 Cuestionario

- ¿Qué ventajas y desventajas podemos encontrar a la hora de realizar este ensayo?
- ¿Cuál fue el % de desgaste que se obtuvo, y según esto para que puede ser empleado este agregado?
- ¿En que puede incidir si se coloca más, o menos carga abrasiva o si se aumenta o disminuye el número de revoluciones en la máquina de los ángeles?

3.16 EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS (I.N.V.E - 133-07)

3.16.1 Objetivo general

- Determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en suelos o agregados finos.

3.16.2 objetivos específicos.

- Identificar las distintas aplicaciones que puede tener este ensayo a la hora de trazar una sub-base.
- Establecer un procedimiento rápido para realizar este ensayo en campo a partir de muestras inalteradas.

3.16.3 Fundamento Teórico. Las partículas de agregado, con un recubrimiento de arcilla pueden disminuir la adherencia con la pasta de cemento.

Los materiales semejantes a la arcilla, ya sea que se encuentren como recubrimiento de los agregados o estén dispersos como en las rocas de piedra caliza arcillosa, son objetables ya que entonces el volumen de la roca responde a los cambios en el contenido de humedad. La contracción y el hinchamiento de estas sustancias causaran agrietamiento perjudicial en el hormigón.

Es por eso que para realizar cualquier diseño de material compuesto en el que se pretenda usar arena como uno de sus materiales principales se necesita saber con cuanta arena se cuenta verdaderamente y así darle una mayor seguridad a nuestro proyecto.⁵⁸

⁵⁸ BECERRA RAMIREZ, Diana, "Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización II", Tesis pregrado; Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2009.

3.16.4 Muestra a ensayar. La muestra para este ensayo tiene que tener un peso de 1500gr que pase por el tamiz #4 (4.75mm). el cual se va a humedecer para evitar perdida de material fino de tal forma que se forme una masa que al apretarla con la mano y soltarla no pierda su forma.

Figura 183. Muestra de suelo



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.16.5 Materiales y Equipos.

Figura 184. Cilindro graduado y tubo irrigador



Cilindro Graduado (En pulgadas)



Tubo Irrigador

Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 185. Horno y cronometro



Horno



Cronometro

Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 186. Ensamble de pies y tamiz N°4



Ensamble de Pie



Tamiz No. 4

Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 187. Embudo y balanza



Embudo



Balanza (Capacidad 15 Kg)

Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.16.6 Procedimiento

1. Se vierte sobre la probeta 103 ml de material floculante (cuando no se encuentre disponible esta sustancia se puede realizar con agua) luego se deposita con ayuda de un embudo 85 cm³ o (100 gr). de suelo preparado con la palma de la mano para sacarle los vacíos y que se empape totalmente la muestra por un último se deja reposar por aproximadamente 10 minutos.

Figura 188. Probeta con la muestra de suelo



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

2. Se tapa la muestra bien sea con un tapón con la mano para invertirla separando cualquier tipo de material que se encuentre adherido al fondo luego se sacude de forma horizontal (la sacudida tiene una duración de 90 ciclos en 30 segundos).

Figura 189. Sacudido de la probeta con la muestra de suelo



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3. Terminado el proceso de agitado horizontal se coloca la muestra de forma vertical sobre la superficie de trabajo en donde se introduce con cuidado un tubo irrigador el cual sirve para limpiar las paredes de la probeta de material.
Nota: tener cuidado de que el tubo irrigador atraviese totalmente la probeta para retirar también las partículas adheridas a la parte inferior de la probeta.⁵⁹

Figura 190. Limpiado de impurezas

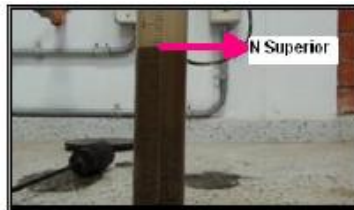


Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

⁵⁹ UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA “José Simeón Cañas”, Laboratorio Materiales de Construcción, Equivalente de Arena <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/IMPUREZAS.pdf> [Citado 20 Junio 2014]

- Retiramos el tubo irrigador cuando el líquido alcance una altura de 38 cm por encima del nivel anterior levantamos el tubo irrigador despacio sin que deje fluir solución de tal manera que se mantenga el nivel y se retira para finalmente dejar reposar la muestra por unos 20 minutos y tomamos la diferencias de altura.

Figura 191. Reposado de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

- Una vez tomada la lectura anterior introducimos en la probeta el ensamble de pie y lo bajamos hasta que llegue sobre la arena, con mucho cuidado de no golpear las paredes de la probeta, cuando el ensamble toque la arena tomamos la medida que indique esta será la lectura de arena.

Nota: el periodo de ensamble debe durar menos de 30 minutos de lo contrario se repetirá el ensayo.

Figura 192. Colocación del ensamble de pie



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.16.7 Cálculos.

El equivalente de arena se calcula mediante la ecuación:

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} * 100$$

Nota: el resultado se debe aproximar al múltiplo superior.

3.16.8 Recomendaciones.

- Tomar las medidas desde una posición totalmente vertical para que no se produzcan posibles errores en el cálculo del equivalente de arena.
- En el caso de que no se tenga mucha seguridad de las alturas registradas estén del todo bien el ensayo se puede realizar con azul de metileno para más precisión en la medida.
- Verificar que durante el proceso de agitación de la muestra se esta debe permanecer lo más horizontal que se pueda.

3.16.9 Aplicaciones e Importancia. Este ensayo tiene gran cantidad de aplicaciones tanto en el diseño de dosificaciones de concreto como en el diseño de pavimentos rígidos ya que se debe conocer bien el porcentaje de material arcilloso con que se encuentra la arena ya que se ha demostrado con el tiempo que arenas con un porcentaje alto de material arcilloso tienden a disminuir la resistencia del concreto.

3.16.10 Cuestionario.

- ¿En que varían los resultados de este ensayo utilizando agua o azul de metileno?

- ¿Qué porcentajes de equivalente arena son admisibles en la dosificación de un concreto?
- ¿Por qué se debe dejar un tiempo aproximado de 30 minutos para la sedimentación de la arena?

3.17 SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO (I.N.V.E -220-07)

3.17.1 Objetivo general. Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas en sulfato de sodio o de magnesio.

3.17.2 Objetivos específicos

- Obtener información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de ser sometidos a la acción de los agentes atmosféricos sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear.
- Clasificar los distintos tipos de desintegración química que se pueden presentar en los agregados como desintegración en lascas en escamas etc.

3.17.3 Fundamento Teórico. Este método es un procedimiento para hacer un estimativo preliminar de la sanidad de los agregados a ser usados en concretos y otros propósitos. Los valores obtenidos pueden ser comparados con especificaciones que se han diseñado para indicar la posibilidad de usar el agregado propuesto. Dado que la precisión de este método es baja, el rechazo de los agregados que no cumplan las especificaciones pertinentes, no puede darse sin confirmar con los resultados de otros ensayos mejor relacionados con el uso que se le va a dar al material.

Los valores de porcentaje de pérdidas admisibles resultantes de aplicar este método, generalmente difieren para agregados finos y agregados gruesos. Los resultados del ensayo son, generalmente, más severos cuando se utilizan sulfato de magnesio, por lo tanto, los porcentajes de pérdida permitidos cuando se usan sulfatos de magnesio son normalmente mayores que los permitidos cuando se usa sulfato de sodio.

3.17.4 Muestra a ensayar.

Figura 193. Agregados a ensayar



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

- **Agregado fino**

Porción que pasa por el tamiz de 9.5 mm (3/8"). La muestra tendrá el peso suficiente para poder obtener 100 gr. de cada una de la fracciones que se indican en la tabla N°1, que estén presentes en la muestra en cantidad mayor del 5%.

Tabla 19. Fracciones por tamiz

FRACCIONES	
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (No.4)
4.75 mm (No.4)	2.36 mm (No.8)
2.36 mm (No.8)	1.18 mm (No.16)
1.18 mm (No.16)	600 µm (No.30)
600 µm (No.30)	300 µm (No.50)

Fuente: Norma INVIAS 220-07

- **Agregado grueso**

Porción de material del que se han eliminado todas las fracciones que pasan por el tamiz de 4.75 mm (Nº4). Estos tamaños eliminados se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el agregado fino. La muestra debe tener, como mínimo, el peso suficiente para obtener las cantidades indicadas en la tabla Nº 2, que estén presentes en cantidad del 5% como mínimo.

Tabla 20. Fracciones de masa por tamiz

Tamices mm (pulgadas)		Masa g.
<i>Material de 37.5 mm a 63 mm (1 1/2" a 2 1/2")</i>		5000 ± 300
Compuesto de:		
material de 37.5 mm a 50 mm	(1 1/2" a 2")	2000 ± 200
material de 50 mm a 63 mm	(2" a 2 1/2")	3000 ± 300
<i>Material de 19.0 mm a 37.5 mm (3/4" a 1 1/2")</i>		1500 ± 50
Compuesto de:		
material de 19.0 mm a 25.0 mm	(3/4" a 1")	500 ± 30
material de 25.0 mm a 37.5 mm	(1" a 1 1/2")	1000 ± 50
<i>Material de 9.5 mm a 19.0 mm (3/8" a 3/4")</i>		1000 ± 10
Compuesto de:		
material de 9.5 mm a 12.5 mm	(3/8" a 1/2")	330 ± 5
material de 12.5 mm a 19.0 mm	(1/2" a 3/4")	670 ± 10
<i>Material de 4.75 mm a 9.5 mm (No.4 a 3/8")</i>		300 ± 5

Fuente: Norma INVIAS 220-07

3.17.5 Materiales y Equipos:

Figura 194. Tamiz Nº4 y triturado



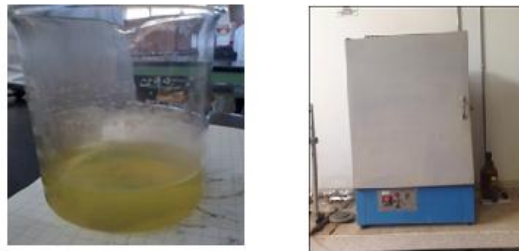
Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 195. Termómetro y balanza de precisión



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 196. Solución de sulfatos y horno de precisión



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.17.6 Procedimiento.

- **Agregaos finos**

1. Se Lava bien la muestra del agregado fino sobre un tamiz de 3 (Nº 50), y llevar al horno a una temperatura de 110 ± 5 °c para secarlo hasta peso constante. Obtener las muestras de material fino mediante tamizado previo; de tal forma que se consiga un mínimo de 100 gr de cada una de las fracciones que se mencionan en tabla N°1.

- **Agregado grueso**

2. La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta peso constante, a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$. De igual forma para las muestras de material grueso, hasta obtener los rangos de peso aproximado en la tabla. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm ($3/4''$), registrar el N° de partículas inicial de cada fracción y al final del ensayo para realizar el análisis correspondiente.

Figura 197. Peso del triturado con la balanza de precisión



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

3. Preparar la solución de sulfatos bien sean de sulfato de sodio o de magnesio para que la muestra de agregados en este caso agregado grueso sea sumergida en esta solución de solución por medio de unas bolsas especiales donde permanecerá por un tiempo estimado entre 16 horas y 18 horas a una temperatura entre 20.3° y 21.9° .

Figura 198. Bolsas impermeables



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Nota: se debe cubrir el recipiente donde se va a depositar la muestra para evitar la contaminación de la solución y las muestras con sustancias extrañas.

4. Después del periodo de 16 o 18 horas de haber sumergido la muestra en la solución de sulfatos se retira la muestra de la solución y se deja escurrir durante unos 15 minutos aproximadamente y se introduce en el horno cuya temperatura se debió haber ajustado a unos 110°C la muestra debe permanecer en el horno hasta que se obtenga una masa constante realizando chequeos en intervalos de 2 a 4 horas.

Figura 199. Secado de la muestra.



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

5. se repite el procedimiento de inmersión y secado de las muestras el número de veces que sea especificado con anterioridad teniendo cuidado de no interrumpir los ciclos asegurando la continuidad del procedimiento pero si por alguna razón se deben interrumpir los ciclos la muestra se debe dejar en el horno a una temperatura aproximada de 110°C.

Figura 200. Bolsas impermeables



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

6. Examen Cuantitativo: Después de terminado el último ciclo, y que la muestra se ha enfriado, se realiza un lavado minucioso para que quede exenta de sulfato de sodio o de magnesio, se deja secar y luego se pesa, Se tamiza según el tamaño de las partículas como se indica a continuación, y el tamizado se realiza manual , por último se determina la masa del material retenido en cada tamiz :

Tabla 21. Tamaño del agregado y tamiz a utilizar

Tamaño del Agregado		Tamiz Empleado para determinar la perdida
63 mm - 37.5 mm	(2 1/2" – 1 1/2")	31.5 mm (1 1/4")
37.5 mm - 19.0 mm	(1 1/2" – 3/4")	16.0 mm (5/8")
19.0 mm - 9.5 mm	(3/4" – 3/8")	8.0 mm (5/16")
9.5 mm - 4.75 mm	(3/8" - No.4)	4.00 mm (No.5)

Fuente: Norma INVIAS 220-07

7. Examen cualitativo: El examen cualitativo consta de dos partes, la observación del efecto que produce la acción del sulfato de sodio o de magnesio y la naturaleza de esta acción, y el recuento del número de partícula afectadas.
8. se separan las partículas de cada muestra de ensayo en los grupo de acuerdo con el efecto que produce la acción del sulfato de sodio o magnesio, en Desintegración, res quebramiento, desmenuzamiento, agrietamiento, formación de lajas, descascara miento etc. Aunque solo se requiere las partículas con tamaño mayor de 19.0 mm (3/4").

3.17.7 Cálculos. Se debe calcular el porcentaje de partículas erosionadas según el tipo de agresión química que presenten mediante las siguientes ecuaciones.

$$\% \text{ partículas partidas} = \frac{N^{\circ} \text{ De partículas partidas}}{N^{\circ} \text{ Total de partículas.}} * 100$$

$$\% \text{ partículas escamosas} = \frac{N^\circ \text{ De partículas escamosas}}{N^\circ \text{ Total de partículas.}} * 100$$

$$\% \text{ partículas desintegradas} = \frac{N^\circ \text{ De partículas desintegradas}}{N^\circ \text{ Total de partículas.}} * 100$$

$$\% \text{ partículas lascas} = \frac{N^\circ \text{ De partículas lascas}}{N^\circ \text{ Total de partículas.}} * 100$$

3.17.8 Recomendaciones.

- Debido a que este ensayo se realiza con sustancias químicas se deben tomar recomendaciones por un experto a la hora de manipular las soluciones.
- Si se realiza el ensayo con dos tipos de sulfato ya sean magnesio o sodio se debe verificar que las pérdidas del sulfato de magnesio sean mayores a la del sulfato de sodio y las muestras térmicas se deben realizar con un termómetro de precisión de 0.1°C

3.17.9 Aplicaciones e Importancia. A la hora de diseñar y construir una vía o una estructura, un factor importante es la caracterización de los materiales cuando son sometidos a la intemperie.

Es necesario obtener información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climatológicas de la obra. Aunque mediante este laboratorio los resultados que se obtienen varían según la sal que se emplee y hay que tener cuidado al fijar los límites en las especificaciones en que se incluya este ensayo.

3.17.10 Cuestionario

- ¿Qué porcentajes de pérdidas son los admisibles para bases y subbases?
- ¿Por qué se presentan mayores pérdidas de material al hacer el ensayo con sulfato de magnesio que con sulfato de sodio?
- ¿Para qué zonas geográficas considera que deben realizarse este ensayo?

3.18 INDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS (INV E -230-07)

3.18.1 Objetivo general. Determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

3.18.2 Objetivos específicos.

- Entender la importancia que tiene esta norma (INV E -230-07) y este ensayo para la construcción de carreteras.
- Aprender a utilizar las plantillas de alargamiento y aplanamiento para obtener resultados confiables.
- Interpretar los resultados finales arrojados en el cálculo del índice de alargamiento e índice de aplanamiento.

3.18.3 Fundamento Teórico. El ensayo de índice de alargamiento y aplanamiento tienen el fin de separar las partículas largas y planas a través de cribas o ranuras que permitan su separación e identificación de dichos agregados; estas partículas, cumplen con una dimensión última menor que 0.6 veces su dimensión promedio y aquellas que son mayores 1.8 veces su dimensión promedio.

El porcentaje por peso de las partículas planas y alargadas se le designa con el nombre de índice de aplanamiento e índice de alargamiento.

ÍNDICE DE ALARGAMIENTO: Se define como índice de alargamiento de una fracción de agregado, el porcentaje en peso de las partículas que la forman cuya dimensión máxima (longitud) es superior a $9/5$ de la dimensión media de la fracción.

$d_{\text{máxima}} > 9/5 d_{\text{promedio}}$

ÍNDICE DE APLANAMIENTO. Se define como índice de aplanamiento de una fracción de agregado, el porcentaje en peso de las partículas que la forman cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a $3/5$ de la dimensión media de la fracción.

$d_{\text{mínima}} < 3/5 d_{\text{promedio}}$.

Los índices de aplanamiento e índice de alargamiento sirven como estimativo en cierto modo de la calidad de un agregado. Las partículas planas y alargadas son problemáticas debido a su poca durabilidad y a que dificultan la labor de compactación de un agregado en obra.

Además, el ensayo de laboratorio nos proporciona la información requerida para evaluar si contamos con los agregados adecuados para hacer un óptimo diseño de mezcla; incluso nos permite corroborar y asimilar mejor los conceptos vistos teóricamente.⁶⁰

⁶⁰ ASTM D4791 – 05e1 Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate.

Tabla 22. Masa mínima de muestra de ensayo (Según granulometría)

Máximo Tamaño Nominal con aberturas cuadradas		Masa mínima de la muestra de ensayo
mm	(Pulg)	kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(½)	2
19.0	(3/4)	5
25.0	(1)	10
38.0	(1½)	15
50.0	(2)	20
63.0	(2½)	35

Fuente: Norma INVIAS 230-07

Tabla 23. Dimensiones de los calibradores para espesor y longitud

TAMICES				Dimensiones del calibrador, (mm)	
D _i , tamiz que pasa		d _i , tamiz que retiene		Aplanamiento (Abertura de la ranura) ⁽¹⁾	Alargamiento (Separación de las barras) ⁽²⁾
mm	(pulg)	mm	(pulg)		
63	(2½")	50	(2")	33.9	--
50	(2")	37.5	(1½")	26.3	78.8
37.5	(1½")	25	(1")	18.8	56.3
25	(1")	19	(¾")	13.2	39.6
19	(¾")	12.5	(½")	9.5	28.4
12.5	(½")	9.5	(¾")	6.6	19.8
9.5	(¾")	6.3	(¼")	4.7	14.2

Fuente: Norma INVIAS 230-07

3.18.4 Muestra a ensayar.

- Del material recibido en el laboratorio, se separa por cuarteo una muestra representativa, con cantidad suficiente para la realizar el ensayo según la tabla 1, se seca la muestra hasta masa constante, se pesa y se registra la masa Mo.

3.18.5 Materiales y Equipos

Figura 201. Calibrador de longitudes y Calibrador de espesores.



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 202. Taras y Tamices (Serie gruesa)



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 203. Balanza



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.18.6 Procedimiento.

Figura 204. Tamizado de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

1. Luego de separada la muestra para el ensayo se procede a determinar su análisis granulométrico, de acuerdo con la norma INV E-213, usando los tamices indicados en la Tabla 1. Se pesan las partículas retenidas en el tamiz de 63 mm y las que pase el tamiz de 6.3 mm y se rechazan.
 2. Se pesa la cantidad de material retenido de las diferentes fracciones, sus masas se registran como (R_i) y se conservan separadas.
- INDICE DE APLANAMIENTO
3. Se toma cada recipiente con los resultados de la granulometría, con la ayuda del calibrador de longitudes se observa la abertura que corresponda para cada recipiente según la tabla 2, y se adecua en el calibrador de espesores para cada caso.⁶¹

⁶¹ ASTM D4791 – 05e1 Standard Test Method for Flat Particles. Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate.

Figura 205. Calibración de espesores



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

4. Se pasan las partículas por la abertura correspondiente en el calibrador de espesores, las partículas que no pasan se catalogan como partículas gruesas esto se hace sin poner fuerza al pasar la partícula, lo debe hacer libremente, las partículas que no pasan por la ranura del calibrador se desechan. Las partículas planas ósea las que pasaron por la ranura del calibrador se pesan nuevamente.

Figura 206. Clasificación de partículas



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

INDICE DE ALARGAMIENTO

5. Para hallar el índice de alargamiento, se toma el calibrador de longitudes y según la tabla 2. Se mide que ranura corresponde para cada muestra en el calibrador de espesores.

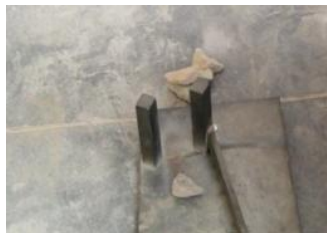
Figura 207. Adecuación de espesores



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

6. De igual manera se hace pasar las partículas en forma horizontal, por la parte más larga de estas, por la ranura de las barras del calibrador, las partículas que pasan por las barras de calibrador en este caso se rechazan y se tiene en cuenta las partículas retenidas, ósea las partículas largas, a estas se les toma el peso para cada tamaño.

Figura 208. Clasificación de partículas



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.18.7 Cálculos.

1. Se registran las masa (R_i) de las diferentes fracciones d_i/D_i , se calcula la suma y se anota como M_1 .
2. Los resultados de las masas de las partículas planas o largas, según el índice que se quiere determinar, de cada fracción (m_i) se anotan
3. Se calcula la suma de las masas (m_i) de las partículas planas o largas de las fracciones d_i/D_i , según el índice que se desee determinar, y se anota como M_2 .

4. El índice de aplanamiento global o alargamiento global, IA ó IL respectivamente, según el que se desee determinar, se calcula:

$$IA \text{ o } IL = \frac{M2}{M1} * 100$$

Dónde:

M1 = es la suma de las masas de las fracciones di/Di, en gr, y

M2 = es la suma de las masas de las partículas planas o largas, según el índice que se desee calcular, de las fracciones di/Di, en gr.

- El índice de aplanamiento o de alargamiento de cada fracción di/Di, IAi ó ILi. Se calculara cuando sea necesario, como sigue:

$$IAi \text{ o } ILi = \frac{mi}{Ri} * 100$$

Dónde:

Ri = es la masa de la fracción di/Di, en gr, y

mi = es la masa de las partículas planas o largas, según el índice que se desee calcular, de la fracción di/Di, en gr.

3.18.8 Recomendaciones

- Debido a que en el desarrollo de este laboratorio se hace uso de implementos como calibradores (para aplanamiento y alargamiento) se debe tener cuidado a la hora de tomar las medidas, y de pasar las partículas sin poner fuerza, se debe hacer libremente.
- Como se está trabajando con una muestra anteriormente lavada y tamizada, y de la cual se tiene previamente su granulometría es importante manipularla con

especial cuidado para no perder partículas, ya que ello generaría un grave error que haría el análisis del material seleccionado sea incorrecto.

- Tener y usar los implementos de seguridad en todo momento para evitar accidentes.

3.18.9 Aplicaciones e Importancia. Los agregados empleados en la construcción y diseño de carreteras, deben cumplir con unas especificaciones y ensayos que garanticen su durabilidad y comportamiento, con el fin de saber qué porcentaje de agregados pueden ser utilizados como los componentes de la estructura de una vía; ensayos como el de porcentaje de caras fracturadas e índice de aplanamiento o alargamiento que son utilizados para sub-base, base, y en afirmado para la construcción de una vía.

Con el ensayo de alargamiento y aplanamiento podremos determinar también cómo se comportaran las partículas dentro del concreto, entre más variada sea sus formas mejor se acomodaran dentro de la mezcla brindándonos una mejor cohesión y por consiguiente mejor resistencia.

3.18.10 Cuestionario.

- ¿Qué significado tienen los Índices de Alargamiento y Aplanamiento?
- Según los resultados de su práctica, ¿qué recomendación y/o conclusión hace en cuanto al material?
- ¿Investigar qué otros métodos hay para medir los índices de alargamiento y aplanamiento?

3.19 PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS (INV E-227-07)

3.195.1 Objetivo general. Determinar el porcentaje, en masa o por conteo de una muestra de agregado grueso compuesta por partículas fracturadas que cumplen con los requisitos específicos.

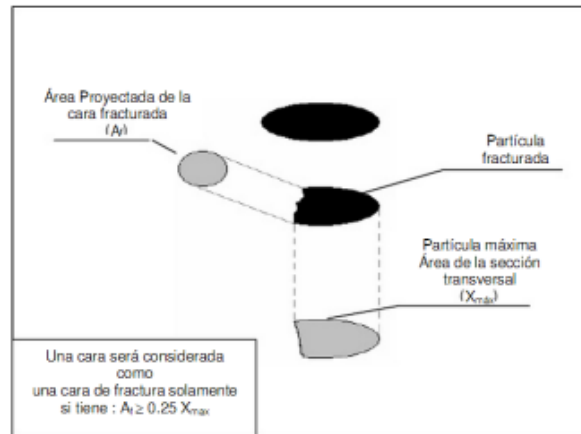
3.19.2 Objetivos específicos.

- Reconocer las diferentes características de los Agregados Pétreos por medio del método de ensayo descrito en la norma (INV E-227-07).
- Inspeccionar manualmente las partículas con caras fracturadas.

3.19.3 Fundamento Teórico. El ensayo de caras fracturadas es una práctica visual que depende de la capacidad y criterio del laboratorista e incluso del residente de obra o de quien recibe el material en campo, además deseamos saber si se puede aumentar la resistencia al corte por el incremento de fricción entre partículas que este agregado ofrece. Este ensayo es de gran utilidad ya que por medio del mismo podemos controlar el material y la calidad de fracturación, analizando la muestra como lo indica la norma I.N.V.E-227-07.

Caras Fracturadas: Una cara angular, lisa o superficie fracturada de una partícula de agregado formada por trituración, otros medios artificiales o por la naturaleza. Para este ensayo según los requerimientos de la norma una cara será considerada “cara fracturada” solamente si esta tiene un área mínima proyectada tan grande como un cuarto o 25% de la máxima área proyectada (máxima área de la sección transversal) de la partícula y la cara tiene aristas bien definidas; esto excluye las pequeñas irregularidades.

Figura 209. Esquema de una partícula fracturada con una cara fracturada



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Agregado de Cara Dudosa: Es aquel que resulta de difícil identificación a primera vista.

Partícula Fracturada: Una partícula de agregado es fracturada si tiene el número mínimo de caras fracturadas especificadas (usualmente uno o dos).

3.19.4 Muestra a Ensayar

- ✓ La muestra para ensayo deberá ser representativa de la granulometría promedio del agregado, y se obtendrá mediante un cuidadoso cuarteo del total de la muestra recibida.
- ✓ Sepárese por tamizado la fracción de la muestra comprendida entre los tamaños 37.5 mm y 9.5 mm (1½" y 3/8), y se debe descartar el resto.
- ✓ El peso total de la muestra dependerá del tamaño del agregado así:

Tabla 24. Fracciones de masa por tamiz

Tamaño Máximo Nominal Abertura, mm (pulgadas)		Masa mínima de la muestra, g (lb aprox.)
9.50	(3/8)	200 (0.5)
12.5	(1/2)	500 (1.0)
19.0	(3/4)	1500 (3.0)
25.0	(1)	3000 (6.5)
37.5	(1 1/2)	7500 (16.5)
50.0	(2)	15000 (33.0)
63.0	(2 1/2)	30000 (66.0)
75.0	(3)	60000 (132.0)
90.0	(3 1/2)	90000 (198.0)

Fuente: INV E-227-07

3.19.5 Materiales y Equipos

Figura 210. Balanza y Tamices (1½", 1", 3/4", 1/2" y 3/8").



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 211. Taras (3)



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.19.6 Procedimiento.

1. Se lava el material sobre el tamiz designado para la determinación de las partículas fracturadas, con el fin de remover cualquier residuo de material fino y se seca a masa constante. Se debe determinar la masa de la muestra.

2. Extender la muestra seca sobre una superficie plana, limpia y lo suficientemente grande como para permitir una inspección. Para verificar si la partícula alcanza o cumple el criterio de fractura, sostener el agregado de tal manera que la cara sea vista directamente. Si la cara constituye al menos $\frac{1}{4}$ de la máxima sección transversal, considerarla como cara fracturada.⁶²
3. Usando la espátula separar en tres categorías.1.Partículas fracturadas dependiendo si la partícula tiene el número requerido de caras fracturadas; Partículas que no reúnen el criterio especificado; y 3.-Partículas cuestionables.

Figura 212. Inspección de las muestras



Fuente:<http://es.scribd.com/doc/149623873/Determinacion-de-CarasFracturadas-final>

NOTA: Si el número requerido de caras fracturadas no se consigue en las especificaciones, la determinación será hecha sobre la base de un mínimo de una cara fracturada. Determinar el porcentaje en peso de cada una de las categorías. Si sobre cualquiera de los porcentajes más del 15% del total es cuestionable, repita la evaluación hasta que no más del 15% se repita en esta categoría.

⁶²ASTM D 5821 Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate

Figura 213. Determinación del porcentaje en peso de las muestras



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

4. Se determina la masa o se cuenta el número de partículas clasificadas en la categoría de fracturadas, la masa o el conteo de partículas clasificadas en la categoría de dudosas y la masa o el conteo de partículas que no cumplen el criterio de fracturadas. Se debe usar la masa para calcular el porcentaje de partículas fracturadas a no ser que se especifique calcular el porcentaje con base en el conteo.

3.19.7 Cálculos. Se debe reportar el porcentaje en masa ó el porcentaje obtenido por conteo, con el número especificado de caras fracturadas, con una aproximación del 1% de acuerdo con lo siguiente:

$$P = \frac{F + \frac{Q}{2}}{F + Q + N} * 100$$

Dónde:

P = porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas,

F = masa o número de partículas fracturadas con al menos el número de caras fracturadas especificado.

Q = masa o número de partículas en la categoría de cuestionable o frontera, y

N = masa o número de partículas en la categoría de no fracturadas o que no cumplen el criterio de partículas fracturadas

3.19.8 Recomendaciones

- Tener cuidado a la hora de clasificar un material si tiene o no caras fracturadas, ya que en algunas de éstas no se presenta a simple vista este fenómeno, depende de la experiencia de la persona a cargo y de buen sentido de visión.
- Se recomienda que la prueba se realice en un lugar cerrado y amplio, contar con todo el equipo perfectamente limpio y funcional.
- Se recomienda que las balanzas estén debidamente calibradas y estén colocadas en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.

3.19.9 Aplicaciones e Importancia. Algunas especificaciones contienen requisitos relacionados a un porcentaje de partículas fracturadas en agregados gruesos. Uno de los propósitos de este requisito es incrementar la resistencia al corte incrementando la fricción entre partículas en mezclas de agregado ligadas o no ligadas. Otro propósito es dar estabilidad a los agregados usados en tratamiento superficiales y proporcionar mayor fricción y textura para agregados usados en capas superficiales de pavimento y concreto hidráulico. Este método proporciona un procedimiento estandarizado para determinar la aceptabilidad de los agregados gruesos con respecto a esos requisitos.

La forma de la partícula de los agregados puede afectar la trabajabilidad durante su colocación así como la cantidad de fuerza necesaria para compactarla a la densidad requerida y la resistencia de la estructura del pavimento durante su vida de servicio. Las partículas irregulares y angulares resisten el desplazamiento (movimiento) en el pavimento, debido a que se entrelazan al ser compactada. El mejor entrelazamiento se da generalmente, con partículas de bordes puntiagudos y de forma cubica, producida casi siempre por trituración.

3.19.10 Cuestionario

- Según los resultados de su práctica, ¿qué recomendación y/o conclusión hace en cuanto al material?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas que se encuentran en el ensayo?
- Según los resultados de su práctica, cuál sería el campo de aplicación para este material?

3.20 EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS POR EL MÉTODO DE 10% DE FINOS (I.N.V. E – 224 – 07)

3.20.1 Objetivo general. Evaluar la resistencia mecánica de un agregado grueso a la trituración al ser sometido a esfuerzo de compresión, determinando la carga necesario para producir en el agregado grueso, un 10% de finos.

3.20.2 Fundamento Teórico. Este método busca evaluar la resistencia mecánica de un agregado, tomando como parámetro de referencia la carga de compresión necesaria que se debe aplicar al material para que se produzca un 10% de finos producto de la acción mecánica. Este método busca complementar otros ensayos como el de la máquina de los ángeles sirviendo como referencia para de la resistencia del agregado para ser usado principalmente en pavimentos (MDC).

3.20.3 Muestra ensayar. Agregado tamizado por las mallas de 12.7 mm (1/2") y 9.5 mm (3/8"), se utilizará exclusivamente el material comprendido entre estos dos tamaños.

3.20.4 Materiales y equipos

- ✓ Recipiente cilíndrico
- ✓ Un cilindro de ensayo

- ✓ Plato de base y pala
- ✓ Pistón y varilla para compactar
- ✓ Balanza y Tamices 3/8", 1/2" y N° 8
- ✓ Bandeja – Una bandeja metálica de 70 cm x 50 cm x 5 cm.

Dispositivo para aplicar esfuerzos de compresión con la capacidad de aplicar cargas de 50 Ton.⁶³

Figura 214. Recipiente cilíndrico de ensayo



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.20.5 Procedimiento

1. El recipiente cilíndrico se llena con el material seleccionado en tres capas sucesivas de una misma altura, aplicándose en cada capa 25 golpes con la varilla. El exceso de material se quitará enrasando con la varilla la muestra, en el recipiente cilíndrico.

⁶³DNER- ME 096-98
BS 812 Parte 110-1990

Figura 215. Deposición y compactación de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

2. Se determina la masa del agregado, que contiene el recipiente cilíndrico (ma).

Figura 216. Deposición y compactación de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3. La muestra alojada en el recipiente cilíndrico se deberá pasar al cilindro del ensayo el cual deberá estar adecuadamente ajustado en el plato base, la muestra nuevamente se deberá ser compactada como se indica en el paso anterior.

Figura 217. Deposición de la muestra en el cilindro de ensayo



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

4. Se procederá a introducir el pistón de carga para aplicar la compresión al agregado en el cilindro de ensayo, nivelando la superficie del material con este mismo. ⁶⁴

Figura 218. Compresión de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

5. El conjunto, cilindro de ensayo y pistón de carga, se coloca en la prensa en su plato inferior y se centra adecuadamente.

Figura 219. Adecuación de la muestra



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

⁶⁴UNIVERSIDAD FRANSINCO DE PAULA SANTANDER. Agregados Pétreos. Exposición: <http://prezi.com/o4oauzvem45t/copy-of-agregados-petres/> [Citado 15 junio 2014]

6. Se aplicará la carga necesaria de compresión para que el pistón de carga alcance una penetración en el cilindro del ensayo. La penetración deberá ser escogida previamente de acuerdo a la naturaleza de la muestra ensayada, siguiendo los criterios de la Tabla 1.

Tabla 25. Penetración del pistón de carga de acuerdo a la naturaleza de la muestra

Naturaleza del material	Penetración
Agregados constituidos de partículas redondeadas o sub-redondeadas.	15 mm
Agregados constituidos de partículas angulares.	20 mm
Agregados ligeros, que presenten vacíos en su interior.	24 mm

Fuente: I.N.V. E 224 – 07

7. Al alcanzar la penetración seleccionada, se anota el valor de la carga aplicada en Newton (x_1) y se procede a sacar el material del cilindro de ensayo.
8. Todo el material obtenido del cilindro de ensayo se pasará por el tamiz de 2.36 mm (No 8) y se determina la masa del material retenido (m_r).

Figura 220. Material retenido en el tamiz N°8



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

3.20.6 Cálculos. El porcentaje de finos producidos ($f_1\%$), por la acción de la carga x_1 , se determinará con la siguiente expresión.

$$f_1 \% = \frac{m_a - m_r}{m_a} \times 100$$

La carga necesaria para producir un 10% de finos (C10) en el agregado ensayado, expresada en Newton está dada por la siguiente expresión.

$$c_{10} = \frac{14 x_1}{(f_1 \% + 4)}$$

3.20.7 Recomendaciones

- Se recomienda que el ensayo se realice con concentración pues toca contar cada uno de los golpes y esto puede variar los resultados.
- Se recomienda que la maquina universal estén debidamente calibrada y esté colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.

3.20.8 Aplicaciones e Importancia. Con este método se determina la resistencia a la compresión de los agregados gruesos, determinando la carga máxima, para una penetración de 20 mm y que produzca un 10% de material más fino que 2.36 mm (tamiz N°8), Con los resultados de esta prueba se puede elegir para que se va utilizar el material, si tiene buen comportamiento se podrá usar como capa de rodadura en firmes, ya que este ensayo nos proporciona información importante sobre la resistencia mecánica de los agregados.

3.20.9 Cuestionario

- ¿Qué se hace cuando no cumple el agregado con el 10% de finos?

- ¿A que otros materiales utilizados en construcción se le puede aplicar este ensayo?
- ¿Comparé los resultados de la muestra ensaya en el laboratorio con las especificaciones, que vida útil tiene?

3.21 RELACIONES DE HUMEDAD - MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION METODO A) (INVIAS E- 142-07)

3.21.1 Objetivo general. Determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18”).

3.21 7.2 Objetivos específicos.

- Calcular el porcentaje de humedad óptimo con el que un suelo granular alcanza su peso específico máximo, sabiendo así en que momento y bajo qué condiciones mejora sus propiedades mecánicas.
- Conocer los procedimientos aplicados en campo para que un suelo alcance las propiedades mecánicas que se necesitan para servir como base o sub-base en el diseño de pavimentos.

3.21.3 Fundamento Teórico. Es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, condición que optimiza el inicio de la obra con relación al costo y el desarrollo estructural e hidráulico.

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Normal", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos está en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado.

La compactación de suelos es el proceso artificial por el cual las partículas de suelo son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras mediante una reducción del índice de vacíos empleando medios mecánicos lo cual se traduce en un mejoramiento de sus propiedades ingenieriles.⁶⁵

3.21.4 Muestra a ensayar. Para este ensayo se necesita una muestra de suelo de aproximadamente 5000gr que pasen por a el tamiz N° 4 (4.75mm).

3.21.5 Materiales y Equipos.

Figura 221. Balanza capacidad 15 Kg y Horno



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

⁶⁵ AASHTO T 180-1 Standard method of test for moisture- density relations if soils using 4.54kg rammer (18- in) drop

Figura 222. Tamiz N°4 y moldes



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

Figura 223. Tamiz N°4 y moldes



Taras



Probeta Graduada

Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

3.21.6 Procedimiento.

1. Se debe seleccionar el tipo de muestra según el método que se vaya a realizar según la siguiente tabla.

Tabla 26. Tipo de Muestra según el Método que se seleccione.

Método	Diámetro Molde (mm)	Muestra pasa tamiz No.	Peso Muestra(antes del tamizado) (gr)	No. Golpes por capa
A	101,6	4	3000	25
B	152,4	4	7000	56
C	101,6	3/4	5000	25
D	152,4	3/4	11000	56

Fuente: INVIAS E 142-07

2. Una vez seleccionado el método y la muestra esta se humedece en un 4% del peso total de la muestra y se mezcla con una espátula hasta que la muestra presente un color uniforme.

Figura 224. Peso de la Muestra y se vacía en un molde.



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

3. Luego de preparada la muestra se vacía dentro de un molde en 5 capas de la misma cantidad y cada capa se compacta con 25 golpes. (el número de capas y golpes se escoge de acuerdo a la tabla mostrada en el paso 1 del procedimiento).

Figura 225. Peso de la Muestra y vaciado en un molde.



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

4. Después de haberse llenado el molde con toda la muestra se debe retirar el excedente con una regla metálica para que así la muestra conserve el mismo tamaño que el molde y lo pesamos en la balanza.⁶⁶

⁶⁶ ASTM D 698 -00 Standard test method for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort (12.400 ft-lb/ft³) (600 KN -m/m³)).

Figura 226. Retiro de excedente y Pesa el molde con la muestra



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

5. Se deben tomar muestras de las caras superior e inferior del suelo compactado y lo ubicamos en las taras y lo inmediatamente para luego secarla en el horno por un tiempo mínimo de 12 horas o hasta obtener una masa constante. (la muestra utilizada para calcular la humedad no debe tener una masa menor a 30 gr).

Figura 227. Ubicamos el material en una tara para secarla en el horno.



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II

6. Retiramos la muestra del molde y se repite el mismo procedimiento, pero variando el contenido de agua hasta que la masa unitaria húmeda no presente cambios de la misma forma se realiza con los otros métodos.⁶⁷

⁶⁷ Universidad Nacional Emilio Valdizan. Asentamientos y consolidación en suelos: <http://es.scribd.com/doc/225722604/Trabajo-de-Proctor-Modif> [Citado 13 julio de 2014.]

3.21.7 Cálculos.

La humedad se puede calcular mediante la siguiente ecuación.

$$w = \frac{A - B}{B - C} * 100$$

A = Peso de la tara mas suelo humedo.
B = Peso de la tara mas suelo seco .
C = Peso de la tara.

La masa unitaria del suelo compactado se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\delta d = \frac{\delta h}{w+100} * 100$$

δd = masa unitaria seca
 δh = masa unitaria humeda
w = porcentaje de humedad de la muestra

3.21.8 Recomendaciones.

- Verificar que el número de golpes sea exacto para no presentar errores en el cálculo de la densidad o preferiblemente realizar el ensayo con ayuda de la máquina de compactación.
- Tener en cuenta que en el laboratorio generalmente se utilizan los métodos A Y B
- Realizar este ensayo verificando que la energía suministrada en cada golpe en caso que el martillo sea de operación manual.

3.21.9 Aplicaciones e Importancia. El ensayo de compactación modificado tiene gran importancia en la ingeniería puesto que a través de él es posible determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, condición que optimiza el inicio de la obra con relación al costo y el desarrollo estructural e hidráulico.

En la cotidianidad, la compactación se realiza sobre materiales que serán utilizados para relleno en la construcción de terraplenes, pero también puede ser empleado el material in situ en proyectos de mejoramiento del terreno.

3.21.10 Cuestionario

- ¿Qué relación tiene el ensayo de compactación modificado con el ensayo triaxial dinámico?
- ¿Qué relación tiene el ensayo de compactación modificado con el ensayo de C.B.R?
- ¿Qué es el módulo resiliente?

3.22 DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO (METODO DEL CONO DE ARENA) (INV-E-106-07)

3.22.1 Objetivo general. Determinar las densidades y el contenido de humedad del suelo en el campo (in- situ) mediante el método del cono de arena.

3.22.2 Objetivos específicos

- Conocer el funcionamiento correcto del equipo para realizar el ensayo del método del cono de arena.
- Establecer a que suelo se le puede realizar este ensayo, para obtener resultados confiables, y determinar otros métodos para realizar este tipo de ensayo.
- Calcular el porcentaje de compactación de una muestra de suelo en campo.

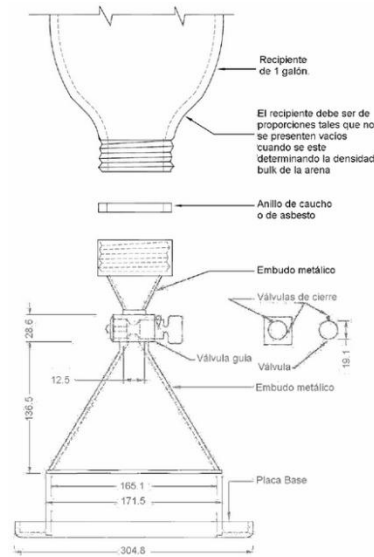
3.22.3 Fundamento teórico. La compactación se define como el proceso mecánico mediante el cual se disminuye la cantidad de huecos en una masa de suelo, obligando a sus partículas a un contacto más íntimo entre sí, es decir, a un aumento de la densidad de un material determinado. Las variables determinantes de la compactación que se pueda lograr en un determinado material, son la humedad que posee el suelo y el nivel de energía en la compactación.

El principal objetivo de la compactación es mejorar las propiedades ingenieriles del material, tales como, Aumentar la resistencia al corte y, por consiguiente, mejorar la estabilidad de terraplenes y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos, Disminuir la compresibilidad y, por consiguiente, reducir los asentamientos, Disminuir la relación de vacíos y reducir la permeabilidad.

Entre los métodos utilizados, se encuentran el método del cono de arena, el balón de caucho e instrumentos nucleares entre otros. Tanto el método del cono de arena como el del balón de caucho, son aplicables en suelos cuyos tamaños de partículas sean menores a 50 mm (2"). y utilizan los mismos principios, o sea, obtener el peso del suelo húmedo, de una pequeña perforación hecha sobre la superficie del terreno y generalmente del espesor de la capa compactada.

Aparato del método cono de arena.

Figura 228. Aparato del método cono de arena.



Fuente: INVE 106-07

El aparato del cono de arena consta de lo siguiente: Un frasco U otro recipiente que se puede instalar para contener arena, con una capacidad de volumen superior al necesario para llenar el hueco de ensayo puede ser de aproximadamente 4 Litros (1 galón). Un dispositivo ajustable que consiste en una válvula cilíndrica con un orificio de 13 mm ($\frac{1}{2}$ ") de diámetro, instalada en los extremos de los conos o embudos metálicos. En el extremo superior un pequeño embudo que continúa hasta la tapa de frasco, de tamaño normal y en el otro extremo un embudo mayor. Las paredes del cono grande formarán un ángulo de aproximadamente de 60° con la base, para que se llene con arena en forma uniforme. Una placa de base, Un plato o placa de metal con un orificio central con una pestaña moldeada o maquinada, para recibir el embudo grande (cono). La placa será plana en el fondo y tendrá suficiente espesor o rigidez para que sea firme. Se pueden usar platos con bordes levantados, lomos u otros refuerzos de aproximadamente 10 a 13mm ($\frac{3}{8}$ " a $\frac{1}{2}$ ") de altura.⁶⁸

⁶⁸ AAHTO T 191-02 Standard Method of test for Density of soil in- Place by the Sand- Cone Method.

3.22.4 Materiales y Equipos

Figura 229. Un frasco para contener arena y Embudo o cono metálico con válvula



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 230. Placa de base metálica con un orificio



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 231. Arena de Ottawa con densidad conocida



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 232. Balanza y Horno



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 233. Cuchara y Martillo o porra



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 234. Bolsas herméticas y Espátula



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 235. Flexómetro



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.22.5 Muestra a Ensayar. La muestra utilizada en este ensayo es de tipo balasto de relleno comúnmente encontrada en canteras y generalmente utilizada como material de relleno, y su procedencia está ubicada en la parte de atrás de laboratorio de caracterización de materiales de la universidad Industrial de Santander.

La Arena estandarizada, la cual deberá ser lavada y secada en horno hasta masa constante. Generalmente se utiliza arena de Ottawa, que corresponde a un material que pasa por la malla N° 20 ASTM (0,85 mm.) y queda retenida en la malla N° 30 ASTM (0,60 mm.).

3.22.6 Procedimiento

1. Antes de iniciar el ensayo, se debe calibrar el equipo para esto, pesar el aparato del cono de arena, Se llena el aparato con la arena acondicionada para la cual se ha determinado la densidad y la constante del cono, Se determina la masa total.
2. colocar el cono de arena en la base metálica y abrir la válvula con el fin de conocer el peso retenido en el cono de arena, se vuelve a pesar el aparato con la arena y por medio de la diferencia de pesos se puede obtener este dato.
3. Preparar la superficie del sitio de ensayo para que forme un plano nivelado, Se puede usar la placa de base como herramienta para nivelar la superficie. Se coloca la placa de base sobre la superficie plana, y se verifica que este en contacto con la superficie del suelo.

Figura 236. Nivelar la superficie.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Con el cincel y el martillo Excavar un agujero de 10cm de profundidad teniendo como base el hueco de la placa metálica, se tiene cuidado de no alterar o deformar el suelo que esta alrededor del hueco.

Figura 237. Excavar un agujero de 10cm de profundidad.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

5. Se recoge todo el material extraído del hueco con la cuchara y se coloca en una bolsa hermética con el fin de proteger el material contra la pérdida de humedad, hasta que se determine la masa y se obtenga una muestra para determinar la humedad.

Figura 238. Recoger todo el material extraído del hueco con la cuchara



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

6. Limpiar el orificio de la placa de base metálica, invertir el aparato del cono de arena y colocar el embudo encima del orificio de la placa metálica, se abre la válvula de paso y se deja que la arena llene todo el hueco, el embudo y la placa base.

Figura 239. Invertir el aparato del cono de arena y colocar el embudo encima del orificio de la placa metálica.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

7. Cerrar la válvula, y retirar el aparato, se recoge la arena calibrada para futuros ensayos, teniendo cuidado de no se mezcle con el suelo.

Figura 240. Se recoge la arena calibrada



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

8. En el laboratorio se determina la masa del aparato con la arena restante, para así poder calcular la masa de la arena utilizada, además se pesa la muestra de suelo que se recogió en la bolsa hermética.

Figura 241. Determinar la masa



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

9. la muestra de suelo se vierte en un recipiente, se mezcla y se saca una muestra en una tara para colocarla en el horno y poder determinar su contenido de humedad y su peso seco respectivo.⁶⁹

⁶⁹ Determinación de la densidad in situ, Laboratorio de geotecnia, Escuela de ingeniería en construcción, Universidad católica de Valparaíso. Disponible en internet: <http://icc.ucv.cl/laboratorio/dinsitu/dinsitu.html>. [Consultado 26 de mayo, 2014].

Figura 242. Colocarla en el horno la tara con la muestra de suelo.



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.22.7 Cálculos.

- Los cálculos indicados son para la masa en gramos y los volúmenes en centímetros cúbicos. Se calcula el volumen del hueco de ensayo, de la siguiente manera:

$$V = \frac{M1 - M2}{\delta1}$$

V = volumen del hueco de ensayo, en cm³.

M1 = masa de la arena que se utilizó para llenar el hueco+ embudo + la placa de base, (gr).

M2 = masa de la arena que se utilizó para llenar conjunto embudo + placa de base, (gr).

$\delta1$ = densidad de la arena, gr/cm³.

- Se calcula la masa seca del material removido del hueco de ensayo, de la siguiente manera:

$$M4 = \frac{100 * M3}{W + 100}$$

M4 = masa seca del material removido del hueco de ensayo, en gr.

M3 = masa húmeda del material removido del hueco de ensayo, gr.

w = contenido de humedad del material removido del hueco de ensayo, en %.

- Se calcula la densidad seca y húmeda del material en el terreno de ensayo, de la siguiente forma:

$$\delta m = \frac{M3}{V}$$

$$\delta d = \frac{M4}{V}$$

δm = densidad húmeda del material de ensayo, o su masa unitaria húmeda, g/cm³.

δd = densidad seca del material de ensayo, o su masa unitaria seca, g/cm³.⁷⁰

3.22.8 Recomendaciones.

- Inspeccionar el aparato de cono para verificar que no tenga daños, que la válvula gire libremente y que el plato de base este bien apoyado.
- Una gran limitante para dicho ensayo es el contenido de roca o material grueso superior a 38 mm (1 ½") en la muestra de suelo y por ello es recomendable tener cuidado con la muestra de suelo extraída.
- Es necesario que la arena del equipo tenga una densidad y una gradación, uniforme para evitar la segregación durante la manipulación y uso, No se recomienda reutilizar la arena del equipo y en caso de hacerlo limpiarla de impurezas y volver a tamizar.

⁷⁰ ASTM D 1556-00 Density & Unit Weight of Soil in Place by the Sand Cone Method.

- En el momento del ensayo en terreno se recomienda evitar cualquier tipo de vibración en el área circundante, ya que esto puede provocar un exceso de arena el agujero, puesto que esta no caería libremente sino inducida.

3.22.9 Aplicaciones e Importancia. La Compactación de un suelo es de gran importancia ya que lo que se busca es el mejoramiento de las propiedades de ingeniería de la masa de suelos, con la finalidad de obtener suelos estructurados, que posea y mantengan un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.

Aumenta la capacidad para soportar cargas, Impide el hundimiento del suelo, Reduce el escurrimiento del agua, Reduce el esponjamiento y la contracción del suelo, Impide los daños de las heladas, y todo estas ventajas se pueden aplicar en caminos, terraplenes, presas, que requieran de un control de calidad.

3.22.10 Cuestionario

- ¿De qué se trata el ensayo, y cuál es su importancia?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de realizar este ensayo?
- ¿Investigue que otros métodos hay para hallar la densidad y el contenido de humedad en campo y compárelo con el visto en clase?

3.23 RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR DE LABORATORIO I.N.V.E – 148 – 07).

3.23.1 Objetivo general. Determinar el valor de la relación de soporte de california (CBR) para materiales de subrasante, base y subbase granular por medio de las normas I.N.V.E 148 – 07 y establecer si son aptos para su uso en un pavimento.

3.23.2 Fundamento teórico. El objetivo de este ensayo es poder calcular un índice de resistencia de los suelos y agregados compactados de laboratorio denominado relación de soporte de California, que es muy conocido por sus siglas en inglés, como CBR (California Bearing Ratio) método desarrollado por la división de carreteras de California (EE.UU.).

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada, El % CBR, se obtiene como la relación de la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada de un suelo compactado, con respecto a la fuerza unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estandarizada⁷¹.

$$\% CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100$$

3.23.3 Muestra a Ensayar. Se toman 3 muestras de 7000 g de suelo pulverizado que pase sobre el tamiz de 19 mm (N°3/4) descartando el material retenido. Con su respectivo contenido óptimo de humedad y densidad seca máxima obtenido por medio del ensayo de proctor modificado el cual se debe realizar previamente a este ensayo.

⁷¹ Universidad Nacional de Colombia Clasificación y caracterización de suelos tropicales en un talud de la autopista Medellín Bogotá en el tramo de vía entre Marinilla y Santuario [en línea] <www.bdigital.unal.edu.co/5495/58/71737500.2011_19.pdf>

Figura 243. Muestra a ensayar suelo pulverizado



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

3.23.4 Materiales e Instrumentos.

Figura 244. Maquina de penetracion



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

Figura 245. Aparato medidor de expansion



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

Figura 246. Molde y placa de sobrecarga



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

Figura 247. Disco espaciador



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

Figura 248. Papel filtro



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

Figura 249. Martillo de compactación



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

Figura 250. Balanza con capacidad de 15 kg



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

Figura 251. Tamices



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

Figura 252. Tanque



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

Figura 253. Horno



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

3.23.5 Procedimiento

COMPACTACIÓN

1. Se ajusta el molde a la placa de base, se une el collar de extensión y se pesa. A continuación se inserta el disco espaciador dentro del molde y se coloca un papel filtro grueso encima del disco.

Figura 254. Peso del molde y placa base



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

2. Se mezcla los 7000 g de muestra con suficiente agua para obtener el contenido de humedad óptimo.⁷²

⁷² ASTM 1883-99 STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF LABORATORY COMPACTED SOILS.

Figura 255. Mezclado de la muestra



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

3. Se compacta la primera de las tres porciones de la muestra, en tres capas iguales y el martillo apropiado si la densidad máxima fue determinada por el ensayo proctor estándar o cinco capas iguales si la densidad máxima fue determinada por el ensayo de proctor modificado, para obtener una profundidad total compactada de más o menos 125 mm.

Figura 256. Compactacion de la muestra (con 56 golpes)



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

4. Se compactan 3 especímenes para que sus densidades vallan del 95% o más baja al 100% con 56, 25 y 10 golpes respectivamente.

5. Se determina el contenido de humedad del material que está siendo compactado, al comienzo y a la terminación de este procedimiento.

6. Finalizada la compactación, se retira el collarín y se enrasa el suelo al nivel del borde del molde. Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel de filtro entre el molde y la base. Se determina la masa del molde con el espécimen compactado.

7. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago y sobre ésta los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de pavimento que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2.27 kg (5.0 lb) correspondientes a una pesa. En ningún caso la sobrecarga total será menor de 4.54 kg. (10lb).

Figura 257. Colocación de los pesos



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

Figura 258. Placa perforada con vástago



Fuente: Materiales para construcción. Equipos para suelos: www.elvec.com.mx/pages/suelos.html [Citado 12 junio 2014].

Inmersión de la muestra

8. Se toma la primera lectura para medir la expansión colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del deformímetro con el de la placa perforada y se anota su lectura y fecha. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga dejando acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra.

Figura 259. Lectura inicial del deformímetro y Inmersión de la muestra



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

7. Cuando la muestra cumpla 96 horas (4 días), de inmersión suficiente, tiempo para la saturación de esta, se toma lectura del deformímetro para medir el hinchamiento, este periodo de saturación puede ser inferior a los 4 días pero nunca de 24 horas, si se tratan de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente, y para suelos arcillosos el tiempo puede ser mayor de 4 días.

Figura 260. Lectura final del deformímetro



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

8. Cada vez que se retira el trípode se marca la posición, con esto se calcula la expansión como un porcentaje de la altura inicial del espécimen.⁷³
9. Se saca la muestra y se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal. Se retiran las sobrecargas y la placa perforada, inmediatamente después se pesa y se procede al ensayo de penetración.

Ensayo de la resistencia a la penetración

10. Se coloca sobre el espécimen las mismas sobrecargas que tuvo durante el período de inmersión.

⁷³ ASHTO T 193-99 (2003) Standard Method of Test for the California Bearing Ratio.

11. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 44 N (10 lb) para que el pistón asiente. Seguidamente, se sitúan en cero los diales medidores, el del dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración.
12. Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto.

Figura 261. Prensa



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II

13. Si la prensa es manual se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Tabla 27. Profundidad para la Penetración.

PENETRACION	
Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.05
1.91	0.075
2.54	0.1
3.18	0.125
3.81	0.15
5.08	0.2
7.62	0.3
10.16	0.4 *
12.7	0.5 *

*Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Fuente: I.N.V.E 148 – 07

14. Finalmente, se desmonta el molde y se toma de los 25 mm superiores, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

3.23.6 Recomendaciones

- Cualquier hueco producido al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

3.23.7 Cálculos

Humedad de Compactación. La masa de agua en gramos que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada.

$$W_{w \text{ a añadir}} = \left(\frac{Wh}{1 + \frac{W_o}{100}} \right) \times \left(\frac{W_p - W_o}{100} \right)$$

Dónde:

W_w = masa de agua a añadir (g).

W_o = % de humedad inicial.

W_p = % de humedad prefijada.

Wh = masa húmeda de la porción de suelo.

Densidad o Masa Unitaria:

Antes de ser sumergida y luego de ser sumergida

$$\rho_i = \frac{W_1 - W_m}{V_m} \quad \rho_f = \frac{W_2 - W_m}{V_m}$$

Dónde:

$W1$ = peso del molde más el suelo compactado (g).

Wm = peso del molde (g).

Vm = capacidad volumétrica del molde (cm³).

$W2$ = peso del molde y el suelo compactado y saturado (g).

Expansión de la muestra

$$E = \frac{L2 - L1}{116.4} * 100$$

Dónde:

$L1$ = Lectura inicial en mm.

$L2$ = Lectura final en mm.

$L2 - L1$ = Cambio de altura del espécimen durante la inmersión, mm

116.43 mm: Altura inicial de la muestra en el molde.

Calculo del CBR

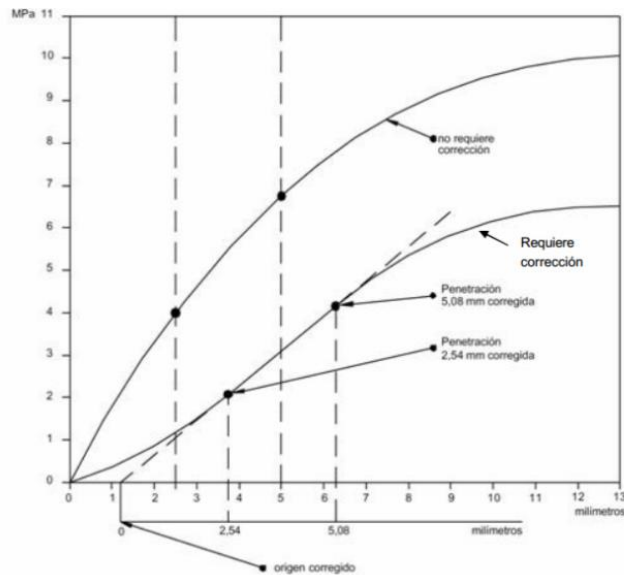
$$\% CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron}} * 100$$

Tabla 28. Características de la muestra patron

Penetracion		Presion		
mm	Pulgadas	Mpa	Kg / cm ²	lb/plg ²
2.54	0.1	6.9	70.31	1
5.08	0.2	10.35	105.46	1.5

Fuente: I.N.V.E 148 – 07

Figura 262. Curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas),



Fuente: I.N.V.E 148 – 07

Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman de la curva los valores de presión correspondientes a 2.54 y 5.08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente a la curva en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto, (0 corregido), el cual se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.

Cuando el CBR de 0.2" es mayor es mayor se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, se usa el CBR de 0.2".

3.23.8 Aplicaciones e Importancia. Este método de prueba se emplea para evaluar la resistencia potencial de materiales de subrasante, subbase y base, incluyendo materiales reciclados para empleo en pavimentos de carreteras y pistas de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma parte integral de varios métodos de diseño de pavimentos flexibles.

3.23.9 Cuestionario

- ¿Según las especificaciones del instituto nacional de vías el material ensayo en laboratorio para que tipo de capa se puede utilizar en un pavimento flexible?
- ¿Qué calidad tiene el material ensayado en laboratorio de acuerdo a los resultados del ensayo practicado?

3.24 RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (INV E- 748 -07)

3.24.1 Objetivo general. Determinación de la resistencia a la deformación plástica de especímenes cilíndricos de mezclas asfálticas para pavimentación, empleando el aparato Marshall.

3.24.2 Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje óptimo de asfalto para realizar una mezcla con materiales granulares para la realización de briquetas.
- Calcular los diferentes porcentajes de vacíos y las gravedades específicas de las briquetas realizadas.
- Reconocer correctamente el aparato Marshall y el procedimiento a seguir para que no hayan errores posibles durante el ensayo.

3.24.3 Fundamento Teórico. Los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, esta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Solo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de puede comprobar la eficacia para proporcionar una buena adhesividad.

Se denomina agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75mm (No.4); agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 μ m (No.4 y No.200) y llenante mineral la que pase el tamiz de 75 μ m (No.200). El agregado grueso debe proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Está exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto. El agregado fino está constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última dentro del conjunto se encuentra definida en la respectiva especificación. Los granos del agregado fino deben ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material debe estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto.

El cemento asfáltico a emplear en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será seleccionado en función de las características climáticas de la región y las condiciones de operación de la vía. El agregado mineral que se utiliza para la realización de las briquetas es poroso, y puede absorber agua y asfalto a un grado variable. Además, el cociente de absorción entre el agua y el asfalto varía con cada agregado. Los tres métodos para medir la gravedad específica del agregado toman estas variaciones en consideración. Estos métodos son, la gravedad específica neta, la aparente, y la efectiva:

GRAVEDAD ESPECÍFICA NETA, G_{sb} : Proporción de la masa al aire de una unidad de volumen de un material permeable (incluyendo vacíos permeables e impermeables del material) a una temperatura indicada, con respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al de agua destilada a una temperatura Indicada.

GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE G_{sa} : Proporción de la masa en aire de una unidad de volumen de un material impermeable a una temperatura indicada, con respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al de agua destilada a una temperatura indicada.

GRAVEDAD ESPECÍFICA EFECTIVA, G_{se} : Proporción de la masa en aire de una unidad de volumen de un material permeable (excluyendo vacíos permeables de asfalto) a una temperatura indicada, con respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al de agua destilada a una temperatura indicada.

VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL, VMA: Volumen de espacio vacío intergranular entre las partículas del agregado de una mezcla asfáltica compactada, que incluye los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo, expresado como un porcentaje del volumen total de la muestra.

CONTENIDO DE ASFALTO EFECTIVO, P_{be} : Contenido de asfalto total de una mezcla asfáltica, menos la proporción de asfalto absorbido en las partículas del agregado.

VACÍOS DE AIRE, V_a : Volumen total de una pequeña bolsa de aire entre las Partículas cubiertas del agregado en una mezcla de pavimento compactado, expresado como el porcentaje del volumen neto de la mezcla del pavimento compactado.

VACÍOS LLENADOS CON ASFALTO, VFA: Porción del porcentaje del volumen de espacio vacío intergranular entre las partículas del agregado, que es ocupado por el asfalto efectivo. Se expresa como la porción de $(VAM - V_a)$ entre VAM.

3.24.4 Materiales y equipos

Figura 263. Dispositivo para moldear y Gato Hidráulico



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 264. Martillo de Compactación y Pedestal de Compactación



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 265. Sujetador para el Molde y Estufa



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 266. Material Aislante y Asfalto



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 267. Olla y Termómetro



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 268. Tamices (Agregado Fino) y Mordazas



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 269. Balanza y Horno



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

Figura 270. Agregado y Prensa



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

3.24.5 Procedimiento

GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS.

1. Se realizó el tamizaje de los agregados pétreos a través de la serie $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, No. 4, No. 10, No. 40, No. 80, No. 200; se consignaron las fracciones suficientes de cada intervalo que cumplan con la franja media de las especificaciones para MDC-1 mezclas asfálticas en caliente artículo 450 de la norma INVIAS.⁷⁴

Figura 271. Tamizaje de los agregados pétreos.



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

2. Se almacena los agregados ya tamizados para la realización de 3 briquetas por grupo (por % de asfalto) para un total de 1200 gramos de muestra.

⁷⁴ AASHTO T 245 – 97 (2004) Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus.

Tabla 29. Tamices con el porcentaje que pasa.

Tamiz		Porcentaje que pasa	
Normal	Alterno	MDC-1	MDC-2
25.0 mm	1"	100	-
19.0 mm	3/4"	80-100	100
12.5 mm	1/2"	67-85	80-100
9.5 mm	3/8"	60-77	70-88
4.75 mm	No. 4	43-54	51-68
2.00 mm	No. 10	29-45	38-52
425 µm	No. 40	14-25	17-28
180 µm	No. 80	8-17	8-17
74 µm	No. 200	4-8	4-8

Fuente: INV E- 748 -07

FABRICACIÓN DE LAS BRIQUETAS MARSHALL.

3. Se prepara 3 briquetas para cada contenido de asfalto.
4. Se mezclaron las diferentes fracciones previamente dosificadas para completar una cantidad total de 100 - %ASIGNADO en peso de los 1200 gramos presupuestados para cada una de las briquetas.

Figura 272. Mezclar las diferentes fracciones previamente dosificadas.



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

5. Se calentó el cemento asfáltico hasta una temperatura entre 145 °C y 150°C, en la estufa eléctrica procurando hacerlo de forma gradual para evitar sobrecalentamientos locales y controlando con un termómetro para evitar el proceso de envejecimiento y oxidación.

- Igualmente en la estufa eléctrica se calentaron los agregados hasta una temperatura entre 150 °C y 160 °C, teniendo cuidado de no permitir pérdidas y se revolvió uniformemente para garantizar el calentamiento homogéneo de las partículas, cuando la tonalidad de los agregados se tornó un poco más oscura era un indicativo del punto óptimo de temperatura para la mezcla; de cualquier forma la temperatura se monitoreó continuamente con el termómetro de reloj.

Figura 273. Calentar los agregados y se revolver para el calentamiento homogéneo de las partículas.



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

- Mientras se hizo el calentamiento de los agregados, el asfalto se calentó, el molde y el pisón del martillo de compactación a una temperatura similar, para cuando la mezcla de ellos estuviera lista para su compactación.

Figura 274. Se calentó el asfalto, el molde y el pisón del martillo de compactación a una temperatura similar



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

- Cuando los agregados y el asfalto estuvieron a la temperatura recomendada para la fabricación de la mezcla, se hizo el vertimiento del asfalto a los agregados hasta completar la cantidad indicada, y de manera seguida se

realizó el mezclado enérgico de los agregados con el asfalto ayudándose de una varilla y contando con los implementos de seguridad adecuados para el caso, como son los guantes.

9. La mezcla se llevó a cabo hasta que se obtuvo un color homogéneo. Momentos previos a la adición de la mezcla en el molde, este se lubricó con aceite tipo pesado para facilitar las acciones posteriores de retiro de la briqueta.
10. Se armó el molde colocándolo sobre su base, con el filtro y su collarín. Se adicionó la mezcla al molde de compactación procurando que no hubiera pérdidas de material.

Figura 275. Se armó el molde, Se adicionó la mezcla al molde de compactación



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

11. Se compactó la mezcla con 75 golpes por cada lado. Al finalizar la compactación, se retiró el collarín, el filtro y se dejó enfriar a temperatura ambiente, y reposar durante 24 horas.

Figura 276. Compactación de la muestra y reposo (24 horas)



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

ENSAYO DE DENSIDAD.

El ensayo de densidad consiste en determinar el peso específico bulk de cada una de las briquetas compactadas, para luego promediar y obtener un punto por cada uno de los porcentajes de contenido de cemento.

12. Se registró 3 lecturas tanto del diámetro, como de altura de cada una de las tres briquetas con un calibrador.

13. Se registró el peso de la briqueita en el aire, mediante la balanza mecánica.

Figura 277. Peso de la briqueita



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

14. Se procedió a derretir suficiente parafina como para que la mayor parte de la superficie de la briqueita quede recubierta al sumergirla.

15. Una vez la parafina estuviera derretida, se sumergieron las briquetas parcialmente hasta recubrirlas con la parafina y darles una condición Impermeable.

Figura 278. Sumergir las briquetas en agua



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

16. Se registrar el peso de la briqueta parafinada. Se realizó el montaje del lastre para registrar el peso de la briqueta parafinada sumergida en el agua, es decir, su peso aparente en el agua.
17. Una vez registrados los pesos necesarios, para calcular el peso específico bulk, se procedió a secar las briquetas y a hacer el raspado de la parafina con ayuda de una espátula teniendo cuidado de no alterar las condiciones de las briquetas.

ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO.

Se realiza el siguiente procedimiento de falla en la Prensa Marshall para determinar su Estabilidad.(Resistencia a la carga), y Flujo (deformación).

18. Con las 3 briquetas realizadas para el ensayo, y una vez retirada la parafina.
19. Se introdujo previamente las briquetas al Baño María a la temperatura media máxima de servicio en verano ($60\text{ }^{\circ}\text{C}$), lo cual lleva un tiempo de 30 a 40 minutos aproximadamente.

Figura 279. Baño maría para las briquetas



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

20. Se limpiaron las mordazas de la prensa y lubricantes con aceite.
21. Una vez se alcanza la temperatura especificada, se saca una por una las briquetas del Baño María (a medida que se fallaron); se coloca en la mordaza

inferior de tal forma que se acomodaran lo mejor posible y enseguida se ajustó la mordaza superior.⁷⁵

Figura 280. Se coloca en la mordaza inferior y enseguida se ajustó la mordaza superior.



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.

22. Teniendo el montaje de las mordazas con la muestra en la Prensa Marshall, se ubicaron los diales de carga y deformación en su lugar y en ceros; para proceder así a la aplicación de la precarga y luego carga a una velocidad de 2pulg/min hasta que se presente la falla de la briqueta, registrando en este momento la lectura de máxima carga (Estabilidad, Lb.) y su correspondiente deformación (Flujo, 1/100”).

Figura 281. Muestra en la Prensa Marshall, se observa se deformación



Fuente: trabajo de grado. Apoyo audio visual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de Materiales II.⁷⁶

⁷⁵ ASTM D1559 – 89 Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus (Withdrawn 1998).

⁷⁶ NLT 159 Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas. Aparato Marshall.

3.24.6 Cálculos. Se determina el porcentaje de ligante asfáltico y de agregado respecto al peso total de la mezcla, (INV E- 731 o INV E-730). Se anotan los valores P_b y P_s respectivamente.

Se separa el agregado grueso (retenido en el tamiz 4.75mm) y el agregado fino se separa la fracción (pasa tamiz 75m). Se calcula el porcentaje de cada fracción respecto al peso total del agregado y se reporta como P_1 , P_2 Y P_3 respectivamente.

Se determina la gravedad específica del ligante asfáltico (norma INV E 707); del agregado grueso (norma INV E- 223); del agregado fino (norma INV E- 222) y de la llenante mineral (norma INV E- 128). Se anota como G_b, G_1, G_2 , y G_3 , respectivamente.

Se calcula la gravedad específica bulk, G_{sb} , asfáltico y de agregado combinado recuperado de la MAC, con la siguiente expresión:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3}}$$

Se determina la gravedad específica máxima teórica de la MAC compactada, previa disgregación del espécimen (norma INV E-735), y se reporta como G_{mm} .

Se determina la gravedad específica bulk del espécimen de MAC compactado (norma INV E – 733) y se reporta Como G_{mb} .

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

Se calcula el asfalto absorbido P_{ba} . Como porcentaje del peso de agregado, con la siguiente expresión:

$$P_{ba} = \frac{G_b (G_{se} - G_{sb})}{G_{sb} * G_{se}} * 100$$

Se calcula el contenido de asfalto efectivo P_{be} , como porcentaje del peso de la MAC, con la siguiente expresión:

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

Se calcula el porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado mineral (VAM) con la siguiente expresión:

$$VAM = 100 - \frac{G_{mb} * P_s}{G_{sb}}$$

P_s = es el porcentaje de agregado respecto al peso total de la mezcla.

Se calcula el porcentaje de vacíos de aire, V_a , en la MAC compactada, con la siguiente expresión:

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

S

e calcula el porcentaje de vacíos llenos de ligante asfáltico (VFA) como una porción de los vacíos en el agregado mineral, con la siguiente expresión:

$$VFA = \frac{VAM - V_a}{VAM} * 100$$

Se calcula la relación de polvo, relación entre el llenante y el asfalto efectivo con la siguiente expresión:

$$R.P. = \frac{P_{0.075}}{P_{be}}$$

P_{0.075}= porcentaje del agregado que pasa por el tamiz 0.075mm (N. 200).

3.24.7 Recomendaciones

- Se debe realizar una buena granulometría, por medio de elementos del laboratorio como lo son los tamices, para así conocer la clasificación de su tamaño, y luego proceder a estudios más específicos.
- Cuando la mezcla no cumple con los criterios de diseño en cualquier contenido de asfalto seleccionado, es necesario modificarlo o rediseñar la mezcla cambiando la graduación de los agregados ajustando los porcentajes utilizados.
- Calibrar la prensa Marshall y tener cuidado con su manejo, también cuando se anotan los valores para que los cálculos y los resultados se den de la mejor manera esperada.
- Usar todos los implementos de seguridad para evitar accidentes en el laboratorio.

3.24.8 Aplicaciones e Importancia. El laboratorio Marshall realizado para el diseño de mezclas asfálticas deja ver la importancia de lograr propiedades volumétricas adecuadas en la carpeta asfáltica terminada, ya que de esto depende en gran medida el desempeño de la superficie de rodamiento en su vida de servicio. De ahí, la trascendencia de simular de manera adecuada en el laboratorio la densificación que ocurre en campo, bajo la acción vehicular y de esta forma llegar a fórmulas de trabajo que permitan dosificar mezclas que exhiban un mejor comportamiento en condiciones específicas de tránsito y clima.

3.24.9 Cuestionario

- ¿Cuál fue la lectura de máxima carga y su correspondiente deformación registrando en el momento de falla de las briquetas ensayadas?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de realizar este ensayo, explique?
- ¿En qué se puede ver afectado el ensayo si se tiene un alto, o bajo porcentaje de vacíos en la mezcla utilizada, compararlo con las especificaciones del INVÍAS?

3.25 DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR EL MÉTODO INSTITUTO DE CONCRETO AMERICANO (ACI 211).

3.25.1 Objetivo general. Diseñar una mezcla de concreto estableciendo las proporciones y combinaciones óptimas de materiales establecidas por el método del instituto de concreto americano (ACI 211)⁷⁷.

La ensayo mínimos que se le deben hacer a los materiales para la elaboración del concreto son:

- Método para determinar la densidad y absorción de los agregados gruesos 176.
- Tamizado de materiales granulados NTC 77.
- Método para determinar la masa unitaria de los agregados NTC 92.
- Método para determinar el peso específico y absorción de los agregados finos NTC 237,

El método empírico descrito a continuación fue elaborado por el instituto de concreto americano ACI es uno de los más utilizados para el diseño de mezclas

⁷⁷201, American Concrete Institute Committee. Guide to durable concrete. Farmington: ACI,2001 pág. 53. ACI 01. 2R-08.

de concreto y se puede descomponer principalmente en los pasos dado a continuación.

3.25.2 Fundamento teórico. El concreto es un material compuesto por cemento arena agua agregados gruesos y finos y en algunos casos por aditivos, también es el material más usado en construcción por su fácil manejo y adquisición.

Generalmente las proporciones de los materiales que lo componen vienen de la siguiente manera: aditivos (0.1 – 0.2%), aire (1-3%), cemento (7-15%), agua (15-22%), agregados (60 -75%).

3.25.2 Materiales y herramientas para la mezcla.

Figura 282. Materiales usados en el diseño de la mezcla (Cemento, Agregados, Agua).



3.25.3 Procedimiento

Diseño de mezcla.

1. Selección del asentamiento

Para elegir el asentamiento se debe tener en cuenta el tipo de obra o elemento que se desee construir y las condiciones de vibración, estos 2 factores nos indican la manejabilidad del concreto, en la siguiente figura se debe escoger el asentamiento de acuerdo al tipo de manejabilidad y uso deseado.

Tabla 30. Selección del asentamiento.

Consistencia	Asentamiento cm	Tipo de estructura y condiciones de colocación
Muy seca	0-2	Pilotes o vigas prefabricadas de alta resistencia, con vibradores de formaletas
Seca	2-3.5	Pavimentos con maquina terminadora vibratoria
Semi-seca	3.5-5	Pavimentos con vibradores normales, fundaciones en concreto simple, construcciones en masas voluminosas, losas medianamente reforzadas con vibración
Media	5.0-10	Pavimentos compactados a mano, losas medianamente reforzadas con mediana compactación, columnas ,vigas , fundaciones y muros reforzados con vibración
Húmeda	10.15	Revestimiento de túneles, secciones con demasiado refuerzo, trabajos donde la colocación sea difícil, normalmente no es apropiado compactarlo con demasiada vibración

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)

2. Tamaño máximo del agregado.

El tamaño máximo del agregado (NTC 77) está directamente relacionado y debe ser acorde con el elemento que se desee construir, aunque el constructor debe especificar el tamaño máximo ya que cada estructura es única y particular, en general se deben seguir las siguientes recomendaciones

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado
- 1/3 de la altura de la losa.
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o varillas.

3. Estimación del contenido de agua y el porcentaje de aire atrapado.

De acuerdo a las tablas N°1 y 2 se puede hacer una estimación de la cantidad de agua requerida para un volumen unitario de concreto que está en función de los tamaños máximos nominales del agregado, la cantidad de agua puede ser influenciada por otros factores (textura de la partículas) por ello la cantidad de agua puede ser mayor o menor.

Tabla 31. Valores aproximados de agua en Kg y contenido de aire por m3 de concreto para diferentes asentamientos

Asentamiento (cm)	Tamaño máximo del agregado en milímetros							
	10 mm (3/8")	13 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1 ½")	50 mm (2")	75 mm (3")	150 mm (6")
Concreto sin aire incorporado								
3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 a 10	225	215	200	195	175	170	180	140
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	-
% de aire atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Asentamiento (cm)	Tamaño máximo del agregado en milímetros								
	10 mm (3/8")	13 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1 ½")	50 mm (2")	75 mm (3")	150 mm (6")	
Concreto con aire incorporado									
3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120	
8 a 10	200	190	180	175	165	155	150	135	
15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	-	
% de aire atrapado en función del grado de exposición	Exposición suave	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1*
	Exposición moderada	6	5,5	5	4,5	4	4	3,5	3*
	Exposición severa	7,5	7	6	6	5	5	4,5	4*

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)

4. Resistencia de diseño

Como existen muchos parámetros para elaborar un concreto que cumpla exactamente con la resistencia de diseño $f'c$, la dosificación debe hacerse de tal forma que la resistencia sea mayor a la resistencia de diseño $f'c$ (dada por el calculista) la cual se llamara $f'cr$.

El método ACI describe los pasos para calcular $f'c$ en base a datos estadísticos donde se usen materiales y condiciones similares, como no se poseen datos estadísticos una forma opcional de calcular $f'c$ es por de medio de las siguientes relaciones.

$$f'cr = f'c + 70 \quad \text{si } f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'cr = f'c + 85 \quad \text{si } 210 < f'c < 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'cr = f'c + 100 \quad \text{si } f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$$

5. Selección de la relación agua cemento

Para elegir la relación agua cemento se debe tener en cuenta dos criterios o factores importantes que son la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto. La relación a usar será la menor la relación (a/c) de los 2 criterios.

Criterio de resistencia

Tabla 32. Relación agua cemento y resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días		Relación agua/cemento de diseño en peso	
		Concreto sin aire incorporado	Concreto con aires incorporado
PSI	kg/cm ²		
6000	420	0,41	-
5000	350	0,48	0,4
4000	280	0,57	0,48
3000	210	0,68	0,59
2000	140	0,82	0,74

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)

Nota: se permite la interpolación lineal para hallar otras relaciones a/c de distintas resistencias de concreto

Criterio de durabilidad

Máxima relación agua/cemento para concretos sometida a condiciones especiales

Condición de exposición	Máxima relación agua/cemento
Concreto de baja permeabilidad	
a) Expuesto a agua dulce	0,5
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres	0,45
c) Expuesto a acción de agua cloacales (*)	0,45
Concreto expuesto a proceso de congelación y deshielo en condición húmeda	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas	0,45
b) Otros elementos	0,5
Protección contra la corrosión de concreto expuesto al agua de mar, aguas salobres neblina o rocío de esta agua	0,4
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0,45

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)

Calculo del contenido de cemento

$$C = \frac{A}{a/c}$$

6. Estimación del contenido del agregado grueso y fino

El peso del agregado grueso para 1 m³ se puede calcular con la siguiente expresión dada por el método ACI donde b/b_0 es el volumen de agregado grueso

seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finura del agregado fino (b/b_0 se hallar con la tabla 2).

$$\text{Peso seco del A. grueso } \frac{kg}{m^3} = \text{peso unitario compactado del A. grueso} * \frac{b}{b_0}$$

Y el volumen se puede calcular con la siguiente expresión

$$\text{Vol. agregado grueso } m^3 = \frac{\text{Peso seco de A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

$$\text{Vol. agregado fino } m^3$$

$$= 1 - (\text{vol agua} + \text{vol aire} + \text{vol cemento} + \text{vol A. grueso})$$

$$\text{Peso agregado fino } \frac{Kg}{m^3} = \text{Vol agregado fino} * \text{Peso específico del agregado fino}$$

Tamaño máximo del agregado grueso		Volumen de A. Grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto ,para diferentes módulos de finura del agregado fino			
		Módulo de finura del agregado fino			
mm	pulgadas	2.4	2.6	2.8	3
10	3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
20	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)

Como las cantidades halladas anteriormente son para un volumen unitario de concreto se multiplican por el volumen deseado, si se desea elaborar una sola probeta se multiplica por el volumen del molde.

3.25.3 Materiales y Equipos para las probetas.

Figura 283. Grasa Molde para la mezcla



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 284. Materiales



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 285. Balanza y Probeta



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 286. Recipiente para mezcla



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 287. Palustre



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Figura 288. Cono abrams y sus elementos y Varilla compactadora



Fuente. Trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.25.4 Elaboración de la mezcla. De la dosificación obtenida por el método ACI 211 se obtiene las cantidades de agregado fino, grueso, agua y cemento para 1 m³ de concreto como se desea elaborar la cantidad de concreto suficiente para hacer la prueba de asentamiento, las cantidades unitarias material se multiplican por el volumen del cono de abrams (Dimensiones del tronco de cono 203 mm

base mayor, 102 mm base mayor y 305 mm de altura, se recomienda redondear este volumen un 5%).

1. Se pesan las cantidades y se hallan los volúmenes de material requerido

Figura 289. Peso de los materiales



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Se coloca el agregado fino en el recipiente de mezclado se hace un hoyo para depositar el cemento y se mezcla hasta que quede lo más homogénea posible, se recomienda hacer 2 conos con el material y mezclarlos dejando caer y rodar las partículas despacio desde la una altura no muy grande.

Figura 290. Paso 1 proceso de mezclado y Paso 2 proceso de mezclado A. fino



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3. Con la mezcla que se obtiene el paso anterior de igual manera se repite el procedimiento para mezclar el agregado grueso.

Figura 291. Paso 2 proceso de mezclado A. grueso



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

4. Se procede a agregar el agua calculada en el diseño lentamente hasta que la mezcla quede completamente homogénea.

Figura 292. Paso 3 adición de agua y Paso 4 proceso de mezclado



Fuente: trabajo de grado. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

Una vez terminado el proceso de mezclado se procede a hacer la prueba de asentamiento (NTC 396)

1. Se humedece el molde o cono de Abrams por dentro, y se procede a sujetar el molde firmemente con los pies y se llena en 3 capas con la muestra de concreto, cada una correspondiendo a $1/3$ del volumen del molde (las alturas son 65 mm 155 mm y la tercera la altura total del molde).
2. Cada capa debe ser compactada con 25 golpes de la varilla, la primera capa se debe inclinar la varilla y compactar en forma de espiral, las capas siguientes se compactan de manera que la varilla penetre ligeramente en la capa anterior.

3. Se enrrasa el molde con la varilla compactadora, a continuación se retira el molde levantandolo lentamente en un periodo de 5 segundos.
4. Se mide el asentamiento como altura que hay en la parte superior del molde y el centro de la muestra como se indica en la figura.

Figura 293. Verificación del asentamiento.



En caso de que el asentamiento no cumpla se debe realizar una optimización en la granulometría de los agregados y estimar de nuevo el contenido de los mismos.

3.25.5 Cálculos

Calculo del contenido de cemento

$$C = \frac{A}{a/c}$$

Estimación del contenido del agregado grueso.

El peso del agregado grueso para 1 m³ se puede calcular con la siguiente expresión dada por el método ACI donde b/b_0 es el volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finura del agregado fino (b/b_0 se hallar con la tabla 2).

$$\text{Peso seco del A. grueso } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \text{peso unitario compactado del A. grueso} * \frac{b}{b_0}$$

Y el volumen se puede calcular con la siguiente expresión

$$\text{Vol. agregado grueso } \text{m}^3 = \frac{\text{Peso seco de A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

$$\text{Vol. agregado fino } \text{m}^3$$

$$= 1 - (\text{vol agua} + \text{vol aire} + \text{vol cemento} + \text{vol A. grueso})$$

$$\text{Peso agregado fino } \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$= \text{Vol agregado fino} * \text{Peso específico del agregado fino}$$

3.25.6 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar realizar un buen batido de la mezcla para evitar la concentración de materiales en partes determinadas de las probetas y realizar el debido vibrado a la hora de depositarlo en las formaletas para evitar vacíos en la muestra.
- Durante el diseño y preparación de la mezcla se recomienda seguir paso a paso el método recomendado por el American Concrete Institute A.C.I 211, para evitar errores a la hora de ensayar las probetas de concreto.

3.25.7 Aplicaciones e Importancia. Es de vital importancia para un ingeniero saber como realizar una buena dosificación del concreto como también tener conocimientos en el proceso de elaboración de la misma sobre todo al hora de realizar trabajos de campo donde estos conceptos son de vital importancia en el momento de tomar decisiones sobre algún proyecto de ingeniería civil.

3.25.8 Cuestionario

- ¿Cuál es el principal aspecto de importancia que tiene el tamaño máximo de los agregados gruesos en un concreto, y porque?
- ¿Qué otros métodos de diseño de mezcla de concreto existen?

3.26 CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS (I.N.V. E – 151 – 07)

3.26.1 Objetivo general. Determinar la velocidad y la magnitud de los asentamientos de muestras de suelos cuando se confinan lateralmente y se drenan axialmente mientras se someten a incrementos controlados de esfuerzo vertical.

3.26.2 Objetivos específicos

- Calcular la disminución de volumen y velocidad de un suelo cohesivo al someterse a una carga controlada.
- Describir la importancia y aplicaciones de la consolidación en el campo de la ingeniería civil.

3.26.3 Fundamento teórico. Cuando un suelo cohesivo saturado es sometido a un incremento de carga, se generan unos esfuerzos que inicialmente son soportados por el suelo y el agua de los poros, al pasar el tiempo el agua se drena y sale de los poros debido a la carga generando así una disminución de volumen produciendo asentamientos en el terreno, es importante resaltar que estos asentamientos se producen con el tiempo y que son particulares de los suelos cohesivos, para otros tipos de suelos como los friccionantes o granulares los asentamientos son inmediatos cuando se someten a cargas y mucho menores con el tiempo.

El ensayo de consolidación requiere que una muestra del suelo sea restringida lateralmente y que se cargue axialmente con incrementos constantes de carga, aplicados hasta que todo exceso de la presión de agua en los poros se disipe, para cada incremento. Durante el proceso de compresión se efectuarán medidas de la disminución del espesor de la muestra, datos que se usarán para calcular los parámetros que describen la relación entre el esfuerzo efectivo y la relación de vacíos o deformación, así como la rata a la cual pueda ocurrir ésta⁷⁸.

Figura 294. Consecuencias de la aplicación de cargas



Fuente: Universidad Nacional Emilio valdizan. Asentamiento y consolidación en suelos: <http://es.scribd.com/doc/74659636/consolidacion-de-suelos> [Citado 25 junio del 2014]

3.26.4 Muestra a ensayar. Una muestra de suelo inalterada libre de materiales orgánicos.

3.26.5 Materiales y Equipos. Máquina de Ensayo (edómetro o consolidómetro)

⁷⁸ AASHTO T 216 0 – 03 01 Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of soils

Figura 295. Consolidometro Caja de consolidación



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

Figura 296. Dispositivo de carga y extensómetro



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

Figura 297. Cronometro y piedras porosas



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

Figura 298. Horno y balanza



Fuente. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

3.26.6 Procedimiento.

Obtención de la muestra inalterada.

1. Se selecciona un sitio y se realiza una pequeña excavación hasta no encontrar materia orgánica (raíces) para tomar una muestra inalterada representativa del terreno enterrando un tubo de PVC de al menos 4 pulgadas, luego de retirarlo se sella por ambos lados con parafina para no perder las condiciones de humedad.

Figura 299. Excavación y Muestra inalterada



Fuente. Manual técnico para el desarrollo de caracterización de materiales I

2. Se corta con una cizalla o segueta un trozo del tubo de la parte del medio, teniendo en cuenta que su altura debe ser mayor que la del anillo de consolidación.

Figura 300. Muestra inalterada



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

3. Se procede a insertar el anillo cortante en el bloque de PVC, teniendo en cuenta de no alterar la muestra (comprimiéndola) se retira el anillo cortante y luego se enrasan las caras cuidadosamente (se puede utilizar un hilo) después se llenan los vacíos generados en el enrase con el mismo material.⁷⁹

Figura 301. Tallado de la muestra y Anillo cortante con muestra



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

4. Se saca la muestra del anillo y se determina su altura inicial y diámetro con el calibrador.

Figura 302. Dimensiones de la muestra



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

5. Se determina el peso del anillo de consolidación, (distinto del anillo cortante extractor). Se pasa la muestra al anillo de consolidación y se pesa el conjunto.
6. Con el material sobrante del enrase se determina la humedad de la muestra.
7. Se humedecen las piedras porosas y si se usan filtros de papel se deberán humedecer igualmente.

⁷⁹ ASTM D 2435 – 90 Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of soils Using Incremental Loading.

8. Se ensambla la caja de consolidación colocando la muestra entre el papel filtro y las piedras porosas saturadas.

Figura 303. Ensamblaje de la caja consolidación



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

9. Se coloca la caja de consolidación en el dispositivo de carga, se ajusta el consolidómetro al aparato de carga y el deformímetro luego se procede a aplicar una carga de 5 kPa (0.05 kg/cm^2) o de 100 lb/pie^2 para suelos firmes y la mitad para suelos blandos. Sin retirar esta carga, se lleva a cero el dial de deformación.

Figura 304. Dispositivo de carga



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

10. Se colocan cargas sobre el consolidómetro para obtener presiones de aproximadamente 0.125 , 0.25 , 0.5 , 1.0 , 2.0 , 4.0 y 8 kg/cm^2 . En cada una de estas presiones se anota la lectura del dial con intervalos de aproximadamente 0.1 , 0.25 , 0.5 , 1 , 2 , 4 , 8 , 15 y 30 minutos, 1 , 2 , 4 , 8 , 16 y 24 horas, cada presión se mantiene por 24 horas y luego se repite el procedimiento de toma de lecturas para la siguiente carga.

Figura 305. Sobrecarga



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

11. Finalmente se descarga la muestra ensayada, mediante reducciones de carga en orden inverso hasta llegar a la primera carga aplicada, luego se retira el consolidómetro y se extrae la muestra con el anillo, se pesa y se coloca a horno durante 24 horas para determinar el peso seco y humedad final.

3.26.7 Cálculos

- Contenidos de humedad antes y después de ser cargada la muestra.

$$W_0 = \frac{Ma - Mb - Mc}{Mb} * 100 \qquad Wf = \frac{Md - Mb}{Mb} * 100$$

Ma = peso del anillo consolidación + probeta de ensayo

Mb = peso de la probeta seca al horno.

Mc = peso del anillo

W_0 = humedad inicial

Md = peso de la muestra húmeda después del ensayo

Wf = humedad final

- Altura de sólidos

$$H_s = (H_0 - \Delta H) - \frac{Md - Mb}{A}$$

ΔH = asentamiento total de la muestra al finalizar el ensayo

A= area de la muestra sin anillo

Nota: la norma describe un metodo para calcular H_s para el cual se necesita la gravedad especifica.

- Relacion de vacios inicial

$$e = \frac{H^0 - H_s}{H_s}$$

- Relacion de vacios para cada incremento de carga

$$e = \frac{H_f - H_s}{H_s}$$

H_f =altura final de la muestra para cada incremento de carga

H_0 =altura inicial de la muestra medida con el calibrador

- Grado de saturacion inicial

$$S_0 = \frac{M_a - M_b - M_c}{H_0 - H_s * A} * 100$$

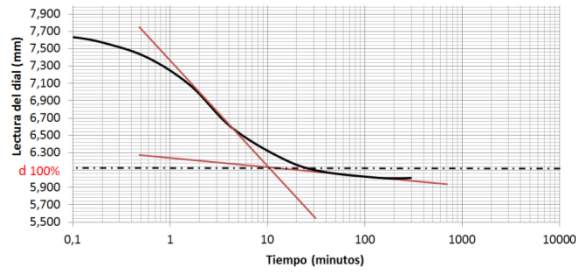
Calculo del coeficiente de consolidacion metodo de casagrande

Se grafica la curva asentamiento contra el logaritmo del tiempo (en minutos) para cada incremento de carga y para los decrementos de rebote.

En la parte media y al final de la curva se trazan tangentes donde la intersección proyectada en la ordenada corresponderá al 100% de consolidación primaria llamado d_{100} y en la abscisa al tiempo de 100% de consolidación llamado T_{100} .

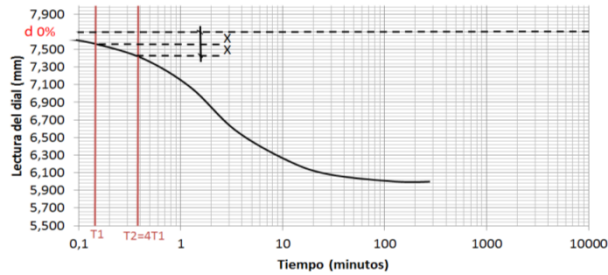
La consolidación que ocurra después del 100 % de la consolidación primaria se define como consolidación secundaria.

Figura 306. Paso 1 metodo de casagrande



La deformación que representa el 0 % de la consolidación primaria o el origen corregido d_0 se obtiene seleccionando en la cercanía de 0.1', un tiempo T_1 y uno $T_2 = 4 \cdot T_1$. Desde T_1 a T_2 se mide la ordenada y este valor se fija verticalmente sobre T_1 .

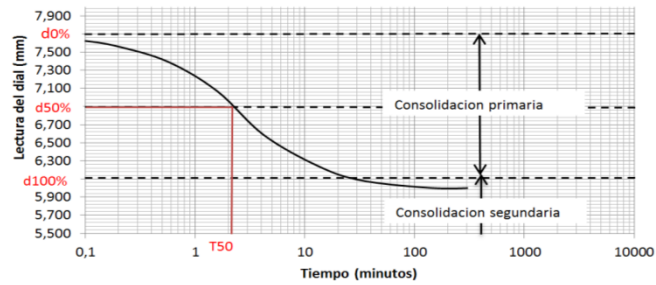
Figura 307. Paso 2 metodo de casagrande



El asentamiento correspondiente al 50 % de la consolidación primaria para cada incremento de carga, se calcula como el promedio del d_0 y d_{100} y el tiempo correspondiente se puede hallar graficamente.

$$d_{50} = \frac{d_0 + d_{100}}{2}$$

Figura 308. Paso 3 metodo de casagrande



Para cada incremento de carga en el cual se obtuvieron lecturas de tiempo asentamiento, se calcula el coeficiente de consolidación C_v así:

$$C_v = \frac{0.05H^2}{T_{50}}$$

donde:

H = altura de la muestra en metros (pies) para una muestra con drenaje doble al 50 % de consolidación,

T_{50} = tiempo para el 50 % de consolidación en años

C_v = coeficiente de Consolidación en $m^2/año$ ($pies^2/año$).

Método de Casagrande para hallar la presión de pre consolidación

Se dibuja la curva de relación de vacíos contra el logaritmo de la carga y se indica en ésta la carga de preconsolidación obtenida mediante el procedimiento gráfico y también el índice de compresión C_c . o pendiente de la parte recta de la curva.

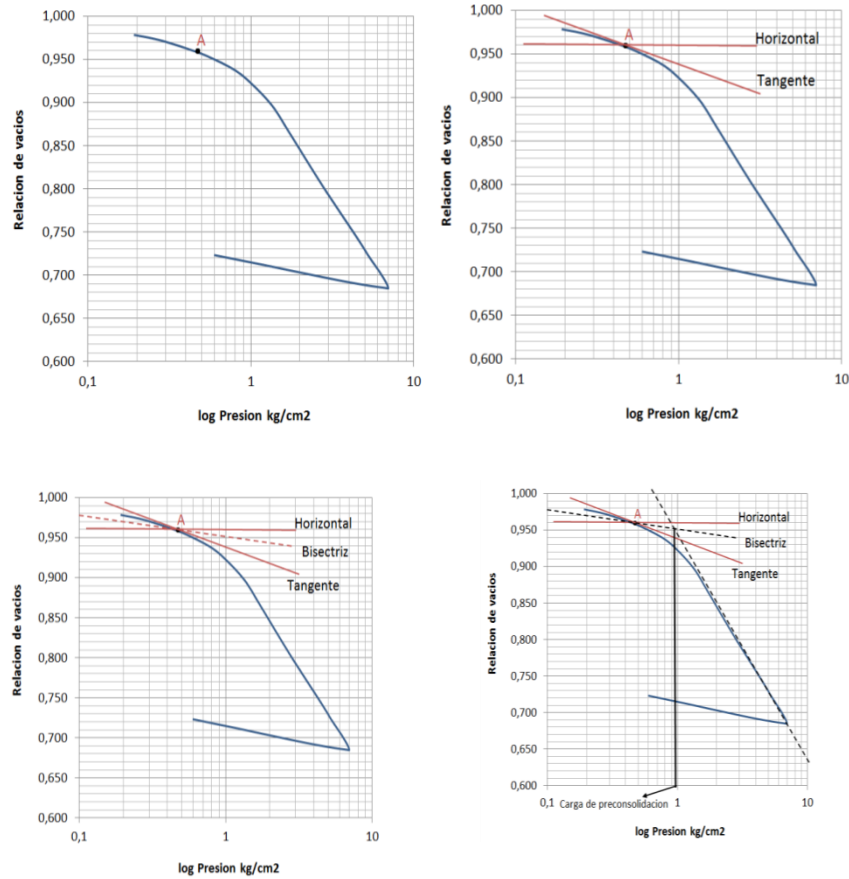
Paso 1 se identifica el punto de mayor curvatura en la curva el cual se llamara A.

Paso 2 se traza una tangente a la curva en A y una horizontal.

Paso 3 se traza una bisectriz en estas dos rectas. Paso 4 Después se prolonga una recta en parte de máxima pendiente de la curva y donde se encuentre con la bisectriz será la

carga de preconsolidación

Figura 309. Pasos para hallar la presión de preconsolidación



3.26.8 Recomendación

- Tener en cuenta que para incremento de carga se debe realizar un grafico de deformacion vs log tiempo y hallar un coeficiente de consolidacion.
- Tener en cuenta que se realiza un solo grafico de relacion de vacios Vs log carga. Para ello se calcula la relacion de vacios al inicio y final de cada aplicación de carga.

3.26.9 Aplicaciones e importancia. La compresibilidad de los suelos determinada mediante esta norma, es una de las propiedades más útiles que pueden obtenerse a partir de ensayos de laboratorio. Los datos que resultan del ensayo de consolidación pueden usarse para hacer un estimativo tanto de la

velocidad, como de la magnitud del asentamiento diferencial y/o total, de una estructura o de un relleno. Estas apreciaciones suelen tener una importancia decisiva para elegir el tipo de fundación (cimentaciones zapatas pilotes. etc) y evaluar su conveniencia.

Los resultados obtenidos pueden ser grandemente afectados por la pérdida de las características originales de la muestra, un extremo cuidado es requerido en la selección y preparación de la muestra para minimizar los daños que se le pueden ocasionar a esta.

Se deben tener en cuenta las condiciones de saturación de la muestra ya que influyen en los resultados y deben ser interpretados con una teoría diferente a la convencional de la consolidación de Terzagui en el caso que los especímenes de ensayo no se encuentren totalmente saturados.⁸⁰

3.26.10 Cuestionario

- ¿por qué razón se humedecen las piedras porosas para realizar el ensayo y en qué casos no se humedecen?
- ¿Suponga que la tensión vertical efectiva (donde se obtuvo la muestra) es mucho menor que la tensión de preconsolidación, en este caso se trata de una arcilla normalmente consolidada o preconsolidada?

⁸⁰ Instituto nacional de vías. Norma consolidación unidimensional en los suelos INV E 151-07

3.24 DETERMINACIÓN DE LAS LEYES DE FATIGA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EN CALIENTE SOMETIDAS A FLEXIÓN DINÁMICA (I.N.V. E – 784 – 07)

3.24.1 Objetivo general. Determinar las leyes de fatiga y energía de muestras de mezclas asfálticas en caliente, compactadas en laboratorio, sometidas a flexión dinámica hasta llevarlas a la falla.

3.24.2 Objetivos específicos

- Determinar rangos de especificación para el desempeño por fatiga de mezclas asfálticas de tipo denso.
- Observar el efecto, sobre la resistencia a fatiga de mezclas asfálticas en caliente, de los siguientes factores, Grado de desempeño del ligante asfáltico y Módulo resiliente dinámico de la mezcla asfáltica.

3.24.3 Fundamento Teórico. La Resistencia a la fatiga de la mezcla asfáltica en caliente es de suma importancia, en cuanto a la vida útil de esta, pues uno de las principales modos de falla de los pavimentos asfálticos es el agrietamiento debido a la fatiga, o también conocido como agrietamiento por fatiga. Por lo tanto, esta propiedad en las mezclas asfálticas es de gran utilidad en la predicción de la vida del pavimento.

El agrietamiento por fatiga, originado en la estructura de la mezcla asfáltica, ha sido reconocido como una de las formas de falla más costosas de corregir durante el proceso de rehabilitación de la estructura del pavimento. Si la falla se extiende ampliamente, la rehabilitación podría llevar a remover totalmente la capa asfáltica. La falla por fatiga ocurre cuando las cargas repetidas de los vehículos generan esfuerzos de tensión de suficiente magnitud para iniciar el agrietamiento que, eventualmente, se propaga hasta la superficie. Algunos factores que contribuyen a esta forma de falla son una inadecuada estructura del pavimento, materiales

de baja calidad en las capas inferiores o una mezcla asfáltica con propiedades inadecuadas.

Elementos que afectan la vida de fatiga de la mezcla asfáltica:

Ligante asfáltico: Incrementos en el contenido de ligante asfáltico, determinan incrementos en la película de ligante que recubre las partículas de agregado y un incremento en la proporción de asfalto en la sección normal a la dirección de los esfuerzos a tensión. Dado que los esfuerzos a flexo-tracción se concentran en el ligante asfáltico (ya que las partículas de agregado son mucho más rígidas), películas más gruesas significan menores esfuerzos al ligante.

Contenido de vacíos : Un contenido de vacíos de aire bajo tiene al menos dos efectos que contribuyen a una mayor vida a fatiga. Primero, puesto que el aire transmite poco o ningún esfuerzo, si se reemplaza por ligante asfáltico o agregado, se reduce el nivel de esfuerzo en dichos componentes. Segundo, un contenido de vacíos de aire bajo genera una estructura ligante-agregado más homogénea, lo que resulta en menor concentración de esfuerzos en el interfase sólido-aire.

Vacíos llenos con asfalto: Se ha encontrado que una porosidad reducida incrementa la rigidez y la resistencia de la mezcla asfáltica. Esto generalmente se ha relacionado con los vacíos llenos de asfalto (VFA).

3.24.4 Muestra a ensayar. Para el ensayo realizamos bloques de mezcla asfáltica que cumplan con las especificaciones AASHTO TP-8 o ASTM D 4123, dichos bloques son cortados para obtener las vigas a ser ensayadas, – Se deben cortar al menos 6 mm en ambas caras del espécimen con el propósito de proveer superficies suaves y paralelas para el montaje de deformímetros. Las dimensiones finales requeridas para los especímenes después de cortados son: 380 ± 6 mm de longitud, 63 ± 6 mm de base y 50 ± 6 mm de altura.

Figura 310. Muestra a ensayar



La medida de la altura y ancho del espécimen se debe dar con una precisión de 0.01 mm en tres diferentes puntos a lo largo de los 100 mm del centro de la longitud del espécimen. Se determina el promedio de las tres mediciones para cada dimensión y se registran dichos valores con una precisión de 0.1 mm.

3.24.5 Materiales y Equipos

Figura 311. Calibrador y Resina epoxica



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

Figura 312. Marco Carga Universal y Computador Toma de datos



Fuente: Tesis Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización de materiales II.

3.24.6 Procedimiento

1. Después de tener la muestras a ensayar, se localiza un punto en el centro de una cara lateral del espécimen, Se aplica una resina epóxica alrededor de este

punto central y se pega la tuerca de forma tal que el centro de esta coincida con el punto central de la cara del espécimen⁸¹.

2. Se coloca el espécimen en un ambiente cuya temperatura sea $20^{\circ} \text{C} \pm 0.5^{\circ} \text{C}$, durante un período de tiempo de dos horas. Antes de dar comienzo al ensayo.

Figura 313. Se coloca el espécimen en la máquina de carga universal.



3. Se abren las mordazas y se desliza el espécimen hasta que alcance la posición de ensayo. Se debe asegurar un apropiado espaciamiento entre las mordazas de tal forma que la distancia entre ellas, medida centro a centro, sea de 119 mm. Cuando tanto el espécimen como las mordazas se encuentran en posición, se cierran las mordazas aplicando en ellas suficiente presión para permitir que el espécimen quede en su lugar.

Figura 314. Se colocan las mordazas al espécimen y se da inicio al ensayo.



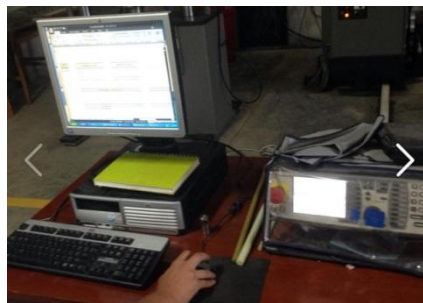
⁸¹ AASHTO T 321-03 Standard Method of Test for Determining the Fatigue Life of Compacted Hot-Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending.

4. Transformadores lineales de voltaje diferencial, variables (TLDV) – Se coloca al espécimen el sistema de medición de deformaciones (TLDV), el cual es conectado a un tornillo que penetra la muestra a través de la tuerca que previamente ha sido pegada con una resina epóxica sobre la cara del espécimen. Una vez asegurado el TLDV, se calibra antes de iniciar el ensayo, llevando la lectura de medición cercana a cero.

5. Se seleccionan la deformación inicial deseada en un rango de 250 a 750 microdeformaciones, la frecuencia y los intervalos de ciclos de carga los cuales deberán ser grabados y calculados por el programa que controla el ensayo. Se fija una frecuencia de carga en un rango de 5 a 10 Hz.

6. Se aplican 50 ciclos de carga con una deformación constante entre 250 y 750 microdeformaciones. Se determina la rigidez del espécimen en el cincuentavo ciclo de carga. La rigidez es un estimativo de la rigidez inicial, la cual es usada como un referente para determinar la falla del espécimen. Se selecciona un rango de deformación de tal forma que el espécimen experimente, como mínimo, 10000 ciclos de carga antes que su rigidez sufra una reducción del 50% o menos, referida a la rigidez inicial.

Figura 315. Toma de Datos y cálculos.

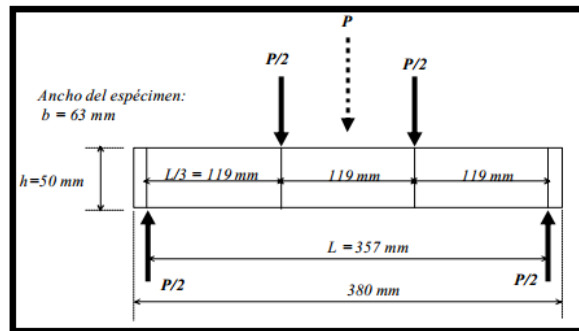


NOTA: Una reducción mayor de rigidez del 50% representa la falla del espécimen. Un mínimo de 10000 ciclos de carga asegura que la rigidez del espécimen no se reducirá muy rápidamente.

7. Una vez seleccionados los parámetros apropiados del ensayo se da inicio al mismo. Se activan los componentes de medida y control de manera que los resultados del ensayo, en un intervalo de ciclos de carga seleccionado, son monitoreados y grabados, asegurando con ello la correcta ejecución del sistema de ensayo. Cuando el espécimen experimente una reducción de más del 50% de su rigidez, se da por concluido el ensayo⁸².

3.24.7 Cálculos. A continuación se presenta los cálculos para los intervalos del ciclo de carga especificada.

Figura 316. Intervalo del ciclo de carga.



Fuente: I.N.V. E 784 – 07

- Esfuerzo máximo a tensión, (Pa):

$$\sigma = 0.357 * \frac{P}{bh^2}$$

Dónde:

P = Carga aplicada en Newton

b=Ancho del espécimen en metros

h= Altura del espécimen en metros

⁸² NLT 350/90 Ensayo de fatiga flexotracción dinámica de mezclas bituminosas.

- Deformación máxima a tensión (m/m):

$$\varepsilon = 4.696 * \frac{\delta * h}{L^2}$$

Dónde:

δ =Máxima deflexión en el centro del espécimen en (m)

L= Longitud del espécimen entre la cara de los apoyos, 0.357 m

- Rigidez a la Flexión (Pa):

$$S = \frac{\sigma t}{\varepsilon t}$$

- Angulo de fase (Grados)

$$\varphi = 360 * f * s$$

Dónde:

f = frecuencia de carga en Hz

s = el tiempo referenciado entre P max y δ max d en segundos.

- Densidad de energía disipada (J/m³) por ciclo:

$$D = \pi * \delta * \varepsilon * t * \text{sen}(\varphi)$$

- Densidad de energía disipada acumulada (J/m³):

$$\sum_{i=1}^{i=n} Di$$

Dónde:

$D_i = D$ para el ciclo de carga i .

3.24.8 Recomendaciones

- Realizar la mezcla asfáltica en caliente como lo describe la norma para poder tener una probeta con las condiciones apropiadas para ser ensayada a fatiga, además que la probeta este bien asegurada a las mordazas para evitar accidentes.
- Tener la máquina de carga universal bien calibrada pues de esto depende que los resultados sean los esperados en el ensayo y no se produzcan errores.
- Portar todos los elementos de seguridad para evitar cualquier accidente en el sitio de trabajo.

3.24.9 Aplicaciones e Importancia. Las leyes de fatiga y energía determinadas por esta norma pueden ser usadas para determinar las leyes de fatigas de pavimentos de mezclas asfálticas compactadas en caliente bajo la acción de cargas repetidas de tráfico. El comportamiento de las mezclas asfálticas puede ser predecible cuando estas leyes son conocidas.

Actualmente, los pavimentos asfálticos que presentan un buen desempeño en el largo plazo, tienen características que previenen el agrietamiento por fatiga. Tienen el suficiente espesor de mezcla asfáltica para limitar los esfuerzos a tensión en la fibra inferior de la capa asfáltica de manera que no inicie el agrietamiento, También tienen sólidas fundaciones que soporten la estructura. Además, la mezcla asfáltica presenta la suficiente flexibilidad para contrarrestar el inicio del agrietamiento, a bajos niveles de esfuerzo a tensión.

3.24.10 Cuestionario

- ¿A que otros materiales utilizados en construcción se les puede aplicar este ensayo?
- ¿Comparé los resultados de la muestra ensaya en el laboratorio con las especificaciones, que vida útil tiene?
- ¿En que afecta el porcentaje de vacíos en la muestra asfáltica para la realización del ensayo?

4. FASE 3: TALLER PROTOTIPO PARA EL ESTUDIO Y FORMULACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS, QUE PUEDAN SER UTILIZADOS EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN

En la actualidad, las buenas características mecánicas y de comportamiento ambiental han permitido que los materiales compuestos se hayan ido abriendo paso en el mercado de la construcción, al convertirse en materiales de gran calidad y tener gran reducción de costos, permitiendo tener soluciones eficientes a las necesidades que el ser humano pueda tener.

Los materiales compuestos, logran tener mejores propiedades físico mecánicas que por separado, ya que están formados por el acoplamiento de metales, cerámicos y polímeros. Las propiedades que se obtienen hacen que su utilización cada vez tenga más acogida en el sector constructivo, sobre todo aquellos componentes en los que se necesitan propiedades combinadas, que un material (polímero, metal o cerámico) por sí solo no pueda brindar. Las propiedades que se obtienen son un producto de la combinación de los refuerzos que se utilicen y de la matriz que soporta al refuerzo en los materiales compuestos, el cual también juega un papel importante en la aplicación, por lo que resulta necesario hacer referencia a las propiedades que se obtienen al unir el refuerzo con la matriz.

En la fase 3 lo que se quiere es despertar el interés en los estudiantes de la Universidad Industrial de Santander para que sean capaces de proponer un material compuesto evaluando por separado las características de cada componente que va a tener dicho material, la idea es que el estudiante pueda estudiar las propiedades físico mecánicas del material principal y del componente de refuerzo que se va a adicionar, para tener una idea muy aproximada del comportamiento mecánico del nuevo material y evaluar de forma precisa que

propiedades han mejorado y cuales han sido desfavorecidas, para poder darle el mejor uso a esta nueva propuesta.

A continuación se realizó un taller prototipo con los pasos a seguir desde la caracterización de cada uno de los materiales que componen un material compuesto, la mezcla para obtener las probetas y por último los ensayos para determinar su comportamiento mecánico, todo esto dependerá, del material compuesto que queramos realizar.

El presente trabajo tiene como fin aportar una visión global para realizar diseños con materiales compuestos y proporcionar al estudiante una metodología en la que se indicara cual es la secuencia de etapas a desarrollar en el caso más general y se analizará en qué consisten estas, ofreciendo además una información complementaria (datos, reglas de diseño, etc.) producto de dicha experiencia que le ayude a llevar a cabo dichas acciones ⁸³.

Se realizaron una serie de pasos para poder llegar a tener un material compuesto, que se muestra en el siguiente esquema:

⁸³ GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Capítulo 2, página 41.

Figura 317. Pasos para Obtener un material compuesto.

PASO	PROCEDIMIENTO
1	Elegir los componentes para elaborar el material compuesto
2	Recolectar los materiales que se van a utilizar
3	Evaluar las características físicas mediante las normas técnicas
4	Realizar diseño del material compuesto según las características de cada componente
5	Proponer un procedimiento manual de mezclado de los materiales
6	Elaboración y ensayo de las probetas
7	Determinar las características que tiene el nuevo material compuesto
8	Comparar las características del material compuesto con las especificaciones técnicas
9	Realizar la dosificación del material compuesto

Para entender mejor la metodología anteriormente planteada se realizó un ejemplo donde el material principal es el concreto y como refuerzo se le adiciono viruta de acero con el objetivo de estudiar las nuevas caracterizas que este material puede ofrecer y encontrarle la mejor aplicación en el área de la construcción.

4.1 TALLER PROTOTIPO - MATERIAL COMPUESTO CONCRETO REFORZADO CON VIRUTAS DE ACERO CON PORCENTAJE DE 5% y 10% RESPECTO AL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO DE 3000PSI.

- **Objetivo general**

Observar el comportamiento mecánico de un concreto de 3000 psi, al reemplazar en su dosificación el 5% y 10 % de agregado fino por virutas de acero y compararlo con el de un concreto convencional.

- **Objetivos específicos**

- Caracterizar cada uno de los elementos que componen el material por medio de ensayos normalizados y no normalizados verificando que se encuentren en los estándares establecidos por las normas.
- Realizar un procedimiento para obtener las cantidades en porcentaje de cemento, grava, arena, agua y viruta de acero para un concreto de 3000 psi según el código A.C.I. 211.
- Comparar la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad de las probetas, concreto con viruta de acero y concreto normal.

- **Fundamento teórico**

El concreto se ha convertido en el material de construcción más ampliamente utilizado a nivel mundial, en razón a su extraordinaria versatilidad en cuanto a las formas que se pueden obtener; sus propiedades físicas y mecánicas para ser usado como elemento estructural; y su economía, razones que lo hacen muy competente frente a construcciones de madera, mampostería o acero. El concreto u hormigón, es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena, grava y en algunos casos de aditivos o materiales no convencionales como en este caso (viruta de acero); es uno de los materiales más empleados en la industria de la construcción, por sus propiedades de resistencia, duración y facilidad de producción.⁸⁴ A continuación se dará una descripción de las propiedades físico mecánicas de cada material que lo compone.

CONCRETO

El concreto se puede encontrar en estado fresco, en proceso de fraguado o en estado endurecido, y en estos tres estados presenta características típicas, las cuales determinan su desempeño, como manejabilidad, velocidad de fraguado,

⁸⁴ GUZMAN, Diego Sánchez de. Concretos y mortero. 2 ed. Bogotá: Instituto del concreto, editores Ltda., 1997. Cap. II. Pág. 19.

durabilidad, masa unitaria, estabilidad de volumen, apariencia y las propiedades en estado endurecido como la resistencia.⁸⁵

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

- **MANEJABILIDAD:** Es una propiedad del concreto fresco que se define como su capacidad para ser colocado , compactado adecuadamente y para ser terminado sin segregación ni exudación; la manejabilidad va asociada al termino plasticidad, definida como la propiedad del cemento fresco que le permite dejarse moldear y cambiar lentamente si se saca del molde.
- **ENSAYO DE ASENTAMIENTO:** Es la medida de consistencia del concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla; esto indica que tan seca o fluida esta cuando se encuentra en estado plástico y no constituye por sí misma una medida directa de la trabajabilidad, el ensayo se realiza con el cono de Abrams y el método se encuentra en la norma NTC 396.⁸⁶
- **SEGREGACIÓN:** Es la tendencia a la separación de los componentes del concreto, es decir el agregado grueso de la pasta o mortero, por falta de cohesividad, con lo cual su comportamiento no es uniforme y homogéneo, debido a la mala gradación en los materiales, tamaño, forma de las partículas, un mal mezclado o exceso de vibrado.
- **EXUDACION O SANGRADO:** Es un proceso en el cual el agua de mezclado tiende a elevarse hacia la superficie, debido a que los componentes solidos no son capaces de retener toda el agua durante el porceso de fraguado. El procedimiento para este ensayo se encuentra en la norma NTC 1294.

⁸⁵ GUZMAN, Diego Sánchez de. Concretos y mortero. 2 ed. Bogotá: Instituto del concreto, editores Ltda., 1998. Cap. VII. Pág. 142.

⁸⁶ GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Capítulo 2, página 48

PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

- **RESISTENCIA:** Es una habilidad para resistir esfuerzos y de allí que se pueda considerar de cuatro maneras: compresión, tracción, flexión y corte. El concreto presenta una alta resistencia a los esfuerzos de compresión y muy poca a los esfuerzos de tracción, razón por la cual, la resistencia a la compresión simple es la propiedad a la cual se le da mayor importancia. Los factores que inciden en la resistencia de un concreto son: relación agua/cemento se describe como la cantidad de agua en masa sobre la cantidad de cemento en masa, calidad del cemento, el fraguado y la edad del concreto.
- **RESISTENCIA A LA COMPRESION:** la gran mayoría de estructuras de concreto son diseñadas bajo la suposición de que éste resiste únicamente esfuerzos de compresión, por consiguiente para propósitos estructurales, la resistencia a la compresión es un criterio muy importante de calidad, se considera que un concreto es de resistencia normal cuando no supera los 42 MPa, se considera un concreto de alta resistencia si es superior a 42 MPa e inferior a 100 MPa, a 28 días y cuando supera los 100 MPa se considera como de ultra alta resistencia.
- **RESISTENCIA A LA TRACCION:** Por su naturaleza, el concreto es bastante débil a esfuerzos de tracción, esta propiedad conduce generalmente a que no se tenga en cuenta en el diseño de estructuras normales. La tracción tiene que ver con el agrietamiento del concreto, a causa de la contracción inducida por el fraguado o por los cambios de la temperatura, ya que estos factores generan esfuerzos internos de tracción (NTC-722)⁸⁷.
- **RESISTENCIA A LA FLEXION:** Este factor es importante en estructuras de concreto simple, como las losas de pavimento, los elementos sometidos a flexión tiene una zona sometida a compresión y otra región donde predominan los esfuerzos a tracción, este se refiere al módulo de rotura, donde se puede determinar el mayor esfuerzo a tracción (NTC-2871).

⁸⁷ NEVILLE A.. Tecnología del concreto. Instituto Mexicano del cemento y del concreto. D.F. 1992. Cap VII, pág. 62.

- **RESITENCIA AL CORTANTE:** Esta resistencia es tenida en cuenta por los códigos de diseño estructural, aunque el concreto presente baja resistencia frente al mismo; este tipo de esfuerzos son importantes al diseñar vigas y zapatas donde se presentan valores superiores a la resistencia del concreto⁸⁸.

ADITIVOS

Los aditivos son materiales distintos al agua, de los agregados, del cemento hidráulico y de las fibras de refuerzo en este caso son virutas de acero que se utilizan como ingredientes del concreto y, se añaden a la mezcla antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción.

4.1.1 Paso 1: Elegir los componentes para elaborar el material compuesto.

CEMENTO

Los cementos hidráulicos son aquellos que tienen la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, porque reaccionan químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes. El más utilizado, como se mencionó, es cemento portland hidráulico, el que tiene propiedades de adhesión y cohesión, que permiten aglutinar los agregados para conformar el concreto. Estas propiedades dependen de: su composición química, el grado de hidratación, a finura de las partículas, la velocidad de fraguado, el calor de hidratación y la resistencia mecánica que es capaz de desarrollar.

AGUA

El agua como componente del concreto es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que estas desarrollen sus propiedades aglutinantes. Al mezclarse con el cemento se produce la pasta, la cual puede ser más o menos

⁸⁸ GUZMAN, Diego Sánchez de. Concretos y mortero. 2 ed. Bogotá: Instituto del concreto, editores Ltda., 2001. Cap. XI. Pág. 147.

fluida, según la cantidad de agua que se agregue. Al endurecer la pasta, como consecuencia del fraguado, parte del agua permanece en la estructura rígida de la pasta (agua hidratación) y el resto es agua evaporable⁸⁹.

AGREGADO GRUESO

Teniendo en cuenta que el concreto es una piedra artificial, el agregado grueso es la materia prima para fabricar el concreto. En consecuencia se debe usar la mayor cantidad posible y del tamaño mayor, teniendo en cuenta los requisitos de colocación y resistencia. La eficiencia del cemento depende de la relación entre la resistencia del concreto y el contenido de cemento; mientras mayor sea el tamaño del agregado grueso a utilizar mayor será la eficiencia⁹⁰.

Tabla 33. Clasificación según el tamaño de las partículas

Tamaño de las partículas en mm (Tamiz)	Denominación Corriente	Clasificación como agregado para concreto
< 0,002	Arcilla	Fracción muy fina
0,002 – 0,075 (N°200)	Limo	
0,0075 – 4,76 (N°200 – N°4)	Arena	Agregado Fino
4,76 – 19,1 (N°4 – 3/4")	Gravilla	Agregado grueso
19,1 – 50,8 (3/4" – 2")	Grava	
50,8 – 152,4 (2" – 6")	Piedra	
>152,4 (6")	Rajón, Piedra bola	

Fuente: SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Concretos y mortero. 2 ed. Bogotá: ASOCRETO editores Ltda., 1997.

AGREGADO FINO

El agregado fino o arena se usa como llenante, además actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto, Una falta de arena se refleja en la aspereza de la mezcla y un exceso de ella demanda mayor cantidad de agua para producir un asentamiento determinado, ya

⁸⁹SALAZAR J.A. Calidad de las aguas para preparar concretos. Universidad del valle: Materiales para el concreto. Segunda Edición. Santiago de Cali. Pag1-10.

⁹⁰SALAS J.R Agregados para concreto y su control. Asociación venezolana de productores de cementos. Caracas 1981.Cap I, Pág. 33.

que entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y al requerir mayor cantidad de agua se necesita mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación agua –cemento, lo que conlleva a pérdidas económicas y de materiales. Este agregado se clasifica como el que pasa por el tamiz 0,0075mm (No 4) y se retiene en el tamiz 4,76mm (No 200).

VIRUTA DE ACERO

La viruta de acero es el residuo o desecho generado por algunos procesos industriales de corte, torno, desbastado o perforado, que generan algunas empresas dedicadas a la elaboración de partes aceradas como por ejemplo para automotores, este material se presenta en formas de láminas curvadas, espiral, alargadas, planas, puntiagudas etc. Se realizara la mezcla de concreto adicionando este material, cambiando el porcentaje de agregado fino para poder mejorar la resistencia a la compresión del concreto convencional. Existen diferentes clases de virutas y depende del sentido del corte, material utilizado , y máquina para desbastar el acero:

- Viruta discontinua: Son materiales frágiles como el hierro fundido y el latón fundido que se cortan, y estos esfuerzos al cortarlos producen fractura. Este material cuando se desprende sale en segmentos muy pequeños.
- Viruta Continua: Son materiales dúctiles que al cortarlos no se fracturan y estas velocidades de corte son altas, son un poco difíciles de cortar y es mejor hacerlo por tramos cortos.
- Viruta continua con protuberancias : Son materiales dúctiles donde al cortarlos su velocidad es baja esta viruta es un metal aglutinado soldado por su cara⁹¹.

⁹¹ LIMA, Luciana Amaral de. Hormigones con escoria de horno eléctrico como aridos: propiedades, durabilidad y comportamiento ambiental. Barcelona: Universidad politécnica de Cataluña, Escuela superior de Ingeniería de caminos, canales y puentes, 1999. pag.265.

4.1.2 Paso 2: Recopilación de los materiales que se van a utilizar para la mezcla de concreto con virutas de acero.

- **Cemento:** Para nuestro ejemplo se va a utilizar Cemento Diamante Cemex, que tiene un peso específico de 3,0 La empresa emite un informe mensual de las características del cemento.
- **Agregado Fino y Grueso:** se recolectó el material en la vía café Madrid, municipio de girón - la polar, procedente de la ASOCIACION ARENEROS CAMPESINOS DE SANTANDER.
- **Virutas de Acero:** Taller de ornamentación ALFAMETALICAS ubicado en la Avenida Quebrada Seca 13-52 en Bucaramanga- Santander.
- **Agua:** Suministrada por el laboratorio de caracterización de materiales de la escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad Industrial de Santander.

4.1.3 Paso 3: Evaluar las características físico mecánicas mediante las normas técnicas.

- **Densidad del Cemento (NTC 221):**
 1. Se llena un frasco de Le Chatelier con kerosene hasta la marca graduada ente 0 y 1 ml.
 2. Se introduce el frasco en agua hasta que se estabilice el kerosene esto puede durar alrededor de 3 min y se toma esa altura.
 3. Luego se adicionan con la ayuda de un embudo 64 gr de cemento tipo 1 dejándolo descansar por tiempo de 3 minutos y se toma la nueva altura.

4. Se calcula la densidad por medio de la siguiente ecuación⁹².

$$densidad = \frac{masa\ del\ cemento\ en\ gr}{volumen\ desplazado\ en\ ml}$$

• **Contenido de Materia Orgánica (NTC 127):**

1. Se llena una botella de vidrio transparente con 130 ml de agregado fino y se añade hidróxido de sodio (NaOH) hasta que el volumen de la solución sea de 200 ml aproximadamente.
2. Se agita de forma rápida la botella para luego dejarla en reposo durante 24 horas y se utiliza 5 vidrios de colores estándar, como se muestra en la siguiente tabla.⁹³

Tabla 34. Escala Colorimétrica de Gardner

Agregado fino	
Color Gardner estándar	Placa orgánica
5	1
8	2
11	3 (estándar)
14	4
16	5

Fuente: Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas de agregado fino para concreto – NTC 127. NTC. Bogotá: s.n., 1997.

⁹² Técnicas, Instituto Colombiano de Normas. Método para determinar la densidad del cemento hidráulico – NTC 221. NTC. Bogotá: s.n. 1995.

⁹³ Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas de agregado fino para concreto – NTC 127. NTC. Bogotá: s.n., 1997.

- **Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos (INVE -213-07, Correspondencia ASTM C-136-01):**

1. Colocar la muestra de agregado fino y agregado grueso (previamente secado) en una superficie metálica que este nivelada y que evite la contaminación y perdida de los materiales los cuales se mezclan por medio de un palustre o pala con el fin de homogenizar la muestra para luego apilarla de forma cónica en el centro de la superficie y dividirla en cuatro partes representativas (aproximadamente iguales) de las cuales se toma una para realizarle los debidos ensayos este procedimiento se conoce como cuarteo.
2. Después de seleccionada la muestra se somete a un proceso de secado de aproximadamente 24 horas hasta obtener una masa constante M1 para luego lavarla utilizando como fondo el tamiz N° 200 y se deja secar como se mencionó anteriormente para obtener una masa 2 de la muestra (M2) la diferencia entre M1- M2 es el contenido de material fino que contenía la muestra.
3. Una vez lavada y secada y obtenido la cantidad de material fino se seleccionan los tamices con los que se va a realizar el proceso de granulometría.

Tabla 35. Requisitos granulométricos para el agregado grueso y fino.

AGREGADO GRUESO DE MASA : gr		AGREGADO FINO DE MASA : gr	
N° del tamiz	Tamiz en mm	N° del tamiz	Tamiz en mm
1	25,4	N°4	4,75
3/4"	19,05	N°8	2,36
1/2"	12,7	N°16	1,18
3/8"	9,525	N°30	0,6
N°4	4,75	N°50	0,3
N°8	2,36	N°100	0,149
N°16	1,18	N°200	0,075

AGREGADO GRUESO DE MASA : gr	
N°30	0,6
N°50	0,3
N°100	0,149
N°200	0,075
FONDO	0

AGREGADO FINO DE MASA : gr	
FONDO	0

Fuente: Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados fino y grueso – NTC 77.NTC. Bogotá: s.n., 2007

4. Para el proceso de tamizado se debe colocar la muestra de agregado fino y agregado grueso por aparato según la tabla mostrada en el paso anterior, se agitan los tamices individualmente y se registran las masas del material contenido en cada tamiz.

Tabla 36. Registro de los valores granulométricos para el agregado grueso y fino.

AGREGADO GRUESO DE MASA : gr		
N° del tamiz	Tamiz en mm	% Retenido
1	25,4	
3/4"	19,05	
1/2"	12,7	
3/8"	9,525	
N°4	4,75	
N°8	2,36	
N°16	1,18	
N°30	0,6	
N°50	0,3	
N°100	0,149	
N°200	0,075	
FONDO	0	

AGREGADO FINO DE MASA : gr		
N° del tamiz	Tamiz en mm	% Retenido
N°4	4,75	
N°8	2,36	
N°16	1,18	
N°30	0,6	
N°50	0,3	
N°100	0,149	
N°200	0,075	
FONDO	0	

Fuente: Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados fino y grueso – NTC 77.NTC. Bogotá: s.n., 2007

5. Luego de haber llenado las tablas anteriores se debe determinar el tamaño máximo (TM), tamaño máximo nominal (TMN) y módulo de finura (MF) según los siguientes conceptos:

“Tamaño máximo: corresponde a la apertura del menor tamiz que permite el paso del 100 % del material

Tamaño máximo nominal: apertura del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más” (ASTM C125).

Módulo de finura: es la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar (tamices del agregado fino) y dividiendo la suma entre 100⁹⁴.

- **Determinación del porcentaje de Humedad presente en los Agregados (NTC -1776).**

1. La determinación del porcentaje de humedad consiste en separar una muestra de tamaño especificado, registrar el peso de la misma y someterla a un proceso de secado en el horno a una temperatura aproximada de 110° hasta alcanzar una masa constante, y una vez seca y aireada la muestra se registra el peso seco de la misma y se calcula el porcentaje de humedad mediante la siguiente ecuación.

$$H \% = \frac{M1 - M2}{M1} * 100$$

H % = porcentaje de humedad
M1 = masa antes de secada la muestra
M2 = masa despues de secada la muestra

Nota: este procedimiento se puede utilizar para hallar el porcentaje de humedad de la viruta de acero⁹⁵.

⁹⁴ Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados fino y grueso – NTC 77.NTC. Bogotá: s.n., 2007.

⁹⁵ Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua - NTC 4483.NTC. Bogotá: s.n., 1998.

Masa Unitaria del Agregado Fino (NTC 92).

1. Se pesa el molde donde se va a depositar el agregado fino (molde metálico de base impermeable de 0.00172 m³) y se deposita una tercera parte del agregado fino.
2. Luego de depositar la tercera parte del agregado se apisona con 25 golpes evitando que la varilla metálica toque el fondo del molde y del mismo modo se depositan las otras dos terceras partes de la muestra.
3. Una vez depositado todo el material fino este se nivela con una placa de vidrio y se determina su densidad mediante la siguiente ecuación.

$$\text{masa unitaria en } \frac{kg}{m^3} = \frac{G - V}{V}$$

G = masa del agregado mas la del molde
V = Volumen del molde en m³
m = masa unitaria kg/m³

- **Densidad y Absorción del Agregado Fino (NTC 237) Y NTC 3674:**

1. Se debe realizar el cuarteo de la muestra procedimiento descrito en el paso de tamizado.
2. Se introducen 500 gr de arena en condición saturada superficialmente seca en un picnómetro con agua y se adiciona agua hasta completar el 90 % y con giros sobre el eje picnómetro se eliminan los vacíos.
3. Se introduce el picnómetro en agua hasta alcanzar una temperatura de 23°C y se determinan la masa total del picnómetro con la muestra.
4. Secar la muestra a una temperatura de 110°C, y luego se deja enfriar durante una hora y se mide su masa.

5. Con las anteriores mediciones vamos a encontrar los valores de densidad aparente densidad nominal densidad saturada superficialmente seca además del porcentaje de absorción mediante las siguientes ecuaciones⁹⁶.

$$\text{densidad aparente} = 0.9975 * \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{densidad aparente superficialmente seca} = 0.9975 * \frac{S}{B + S - C}$$

$$\text{densidad nominal} = 0.9975 * \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} * 100$$

A = masa al de la muestra secada en el horno en gr.

B = masa del picnómetro lleno de agua en gr.

S = masa de la muestra saturada y superficialmente seca en gr.

C = masa del picnómetro + muestra + agua hasta la calibración en gr.

Densidad y Absorción del Agregado Grueso (NTC 176) :

1. Secar el agregado a una temperatura de 110°C hasta obtener una masa constante. (Con una masa mínima según la siguiente tabla).

⁹⁶ Método para determinar la densidad y la absorción de agregado fino –NTC 237.NTC. Bogotá: s.n., 1995.

Tabla 37. Masa mínima de la muestra para determinar densidad y absorción del agregado grueso.

Tamaño Nominal (mm)	Masa mínima de la muestra de ensayo, (Kg)
12,5 o menos	2
19	3
25	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
112	50
125	75
150	125

Fuente: Método para determinar la densidad y la absorción de agregado grueso –NTC 176. NTC. Bogotá: s.n., 1995.

2. Se deja enfriar la muestra por un periodo de 4 horas a temperatura ambiente y se sumerge en agua a 23°C durante un periodo de 24 horas y se deja enfriar durante 4 horas para conocer su masa seca⁹⁷.
3. Con los datos obtenidos anteriormente se determinan los siguientes parámetros:
 - Densidad aparente
 - Densidad nominal
 - Densidad aparente saturada superficialmente seca
 - Absorción.

Mediante las siguientes ecuaciones:

$$Densidad\ aparente = 0.9975 * \frac{A}{B - C}$$

⁹⁷ Método para determinar la densidad y la absorción de agregado grueso –NTC 176. NTC. Bogotá: s.n., 1995.

$$\text{Densidad aparente seca superficialmente saturada} = 0.9975 * \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Densidad nominal} = 0.9975 * \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

A = masa al de la muestra secada en el horno en gr.

B = masa del picnómetro lleno de agua en gr.

C = masa del agua en gr.

Caracterización de la Viruta de Acero:

- **Preparación de la Muestra**

Es importante conocer las propiedades de la viruta de acero en el procedimiento para poder llevar a cabo una buena interpretación del comportamiento mecánico de este material compuesto y realizar conclusiones acertadas en cuanto a que propiedades se ven afectadas en nuestro material y en base a eso encontrarle el mejor uso.

Figura 318. Preparación de la muestra - viruta de acero.



- **Granulometría**

1. Una vez extraída la viruta de acero debe depositarse en sacos de material sintético para mantenerla lejos del medio ambiente y evitar que esta se oxide.
2. Luego se debe depositar en una bandeja amplia donde con ayuda de un cepillo se separa los materiales que estén unidos y luego se rocía levemente con agua para limpiar el polvo de hierro que posiblemente contenga.
3. Después de haber lavado cuidadosamente la muestra se deja secar por un tiempo de 6 horas y se prosigue con el tamizado.
4. Para realizar el tamizado de la viruta de acero se tiene 1200gr de material, se utilizará los mismos tamices que para el agregado fino los cuales están en la siguiente tabla teniendo cuidado de usar guantes para manejar mejor este material y se llenan los datos⁹⁸.

Figura 319. Granulometría - viruta de acero.



Tabla 38. Registro de los valores granulométricos para el agregado grueso y fino.

AGREGADO FINO DE MASA : gr		
N° del tamiz	Tamiz en mm	% Retenido
N°4	4,75	31,39
N°8	2,36	25,51
N°16	1,18	15,43

⁹⁸Técnicas, Instituto Colombiano de Normas. Ensayo para determinar la granulometría por tamizado –NTC 1522. NTC. Bogotá: s.n. 1979.

AGREGADO FINO DE MASA : gr		
N°30	0,6	8,45
N°50	0,3	6,89
N°100	0,149	5,7
N°200	0,075	2,25
FONDO	0	4,27

Fuente: Técnicas, Instituto Colombiano de Normas. Ensayo para determinar la granulometría por tamizado –NTC 1522. NTC. Bogotá: s.n. 1979.

5. Por último se escoge el material retenido en los tamices N°8 al N° 200 se pesa según la tabla anterior, se obtiene 700.8 gr de material admisible.

- **Densidad:** Para el cálculo de la densidad de este material se puede usar el principio de Arquímedes el cual consiste en ⁹⁹:

1. Por medio de una balanza con sensibilidad de 0.1 gr se registra la masa (M) de la viruta de acero.
2. Se sumerge la viruta de acero en un volumen de agua conocido al cual llamaremos volumen uno (V1).
3. Se toma la medida del segundo volumen (V2) y se encuentra la densidad mediante la siguiente ecuación:

$$\text{densidad de la viruta de acero} = \frac{V2 - V1}{M}$$

$V2 = \text{Volumen del agua mas la viruta en cm}^3$

$V1 = \text{Volumen del agua en cm}^3$

$M = \text{Volumen del agua mas la viruta en gr}$

⁹⁹Método para determinar la densidad y la absorción de agregado fino –NTC 237. NTC. Bogotá: s.n., 1995.

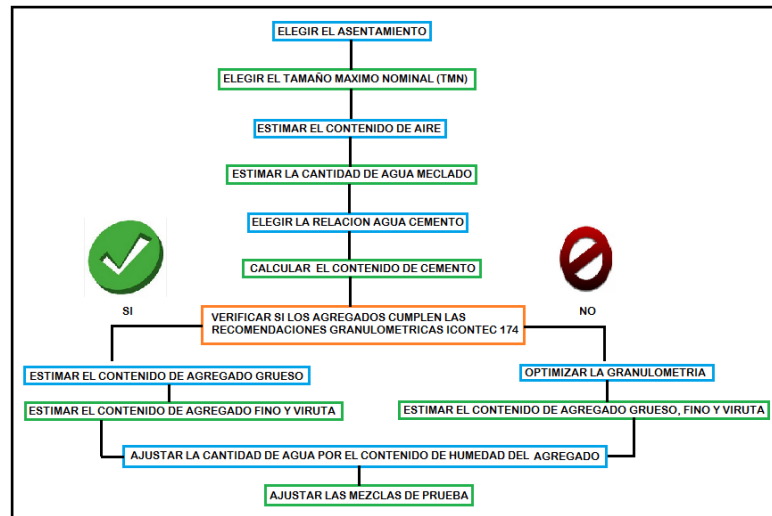
4.1.4 Paso 4: Diseño de la mezcla para realizar el material compuesto según las características de cada componente. El diseño de mezclas de concreto, tiene por objeto encontrar la dosificación más óptima y económica de cemento, agregado , arena y para nuestro caso virutas de acero para producir un material con resistencia, manejabilidad, impermeabilidad y durabilidad requeridos por el diseño de la estructura y por el método constructivo a utilizar.

Existen numerosos métodos para dosificar concretos, pero no son métodos exactos sino todos los métodos son ensayo- error, en los cuales se dosifica la mezcla, se hace una mezcla de prueba y posteriormente se hacen los ajustes por asentamiento o resistencia si son el caso.

Para realizar la dosificación vamos a utilizar el código recomendado por el American Concrete Institute A.C.I 211, para calcular las proporciones en que deben componer el concreto para obtener un material con las características deseadas y las necesidades de la construcción, el método comprende los pasos que se explicarán a continuación¹⁰⁰.

¹⁰⁰ 201, American Concrete Institute Committee. Guide to durable concrete. Farmington: ACI,2001
pág. 53. ACI 01. 2R-08

Figura 320. Diseño de mezcla (American concrete Institute A.C.I 211).



4.1.4.1 Selección del Asentamiento: El asentamiento depende del tipo de obra a construir y de la terminación del concreto con vibración o sin ella, este nos da la trabajabilidad o manejabilidad de la mezcla, en la siguiente tabla encontramos algunos asentamientos según la obra a construir.

Para este trabajo, se tomará un asentamiento de 10 cm, ya que se considera una consistencia media, el tipo de estructura y colocación, para el diseño que se va a realizar.

Tabla 39. Asentamientos Recomendados Para Diversos Tipos de Estructuras.

Asentamiento (cm)	Consistencia (Tipo de concreto)	Grado de Trabajabilidad	Tipo de estructura y condiciones de colocación
0 – 2.0	Muy seca	Muy pequeño	Vigas o pilotes de alta resistencia con vibradores de formaleta.
2.0 – 3.5	Seca	Pequeño	Pavimentos vibrados con máquina mecánica
3.5 – 5.0	Semi-seca	Pequeño	Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración. Fundaciones de concreto simple. Pavimentos con vibradores normales.
5.0 – 10.0	Media	Medio	Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano. Columnas, vigas, fundaciones y muros, con vibración.
10.0 – 15.0	Húmeda	Alto	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles. No recomendable para compactarlo con demasiada vibración

Fuente: Instituto del concreto. Tecnología y propiedades. 1997.

4.1.4.2 Selección del Agregado Máximo: El Tamaño Máximo Nominal (TMN) se fijara de acuerdo a las secciones de la estructura y del material disponible y conviene elegirlo lo más grande posible por razones de economía, a fin de usar la menor cantidad de cemento, y de calidad, puesto que en igualdad de condiciones, si el hormigón requiere menos contenido de agua su contracción será más reducida.

Al realizar la granulometría especificada anteriormente, dio como resultado un Tamaño Máximo Nominal de $\frac{3}{4}$ " (19.1 mm) pues el 100% del agregado paso por este tamiz, respecto a la ASTM 125.

4.1.4.3 Estimación del Contenido De Aire: El aire incluido ayuda a la mezcla a mejorar sus características, la cantidad aproximada de aire esperado en el concreto se puede determinar como un factor que puede variar el volumen unitario del concreto para corroborar los efectos que producen al quedar atrapadas en la mezcla, para este caso se realiza con el aire atrapado naturalmente, en la siguiente tabla podemos observar los la cantidad aproximada de aire según el tamaño máximo nominal de agregado.

Se mira el TMN (Tamaño Máximo Nominal) ($\frac{3}{4}$ ") y con ayuda de la tabla se mira el aire atrapado naturalmente en este caso se escoge 2,0 %.

Tabla 40. Cantidad de aire esperado en concreto para diferentes tamaños máximos de agregado.

Agregado grueso (TMN)		Porcentaje de aire atrapado (%)	Porcentaje promedio total de aire incluido recomendado para los grados de exposición mostrados		
Pulgadas	mm		Suave	Mediano	Severo
$\frac{3}{8}$	9.51	3.0	4.5	6.0	7.5
$\frac{1}{2}$	12.50	2.5	4.0	5.5	7.0
$\frac{3}{4}$	19.10	2.0	3.5	5.0	6.0
1	25.40	1.5	3.0	4.5	6.0
1 $\frac{1}{2}$	38.10	1.0	2.5	4.5	5.5
2	50.8	0.5	2.0	4.0	5.0
3	76.1	0.3	1.5	3.5	4.5
6	152.4	0.2	1.0	3.0	4.0

Fuente: Instituto del concreto. Tecnología y propiedades. 1997.

4.1.4.4 Estimación de la Cantidad de Agua: La cantidad de agua por volumen unitario de concreto que se requiera para lograr una asentamiento requerido, depende del tamaño máximo del agregado y la forma de las partículas, la

siguiente tabla proporciona una estimación del agua necesaria en función del tamaño máximo de agregado y de asentamiento, pero según la textura puede variar pues las partículas rugosas requieren menos agua que las partículas redondas y lisas.

Para determinar la cantidad de agua se mira el asentamiento que en este caso es de 10 cm y el tamaño máximo nominal que es de $\frac{3}{4}$ " (19,1 mm) y miramos el concreto sin aire incluido nos da 200 Kg/m³, y el volumen de la misma es de 0,200 m³.

Tabla 41. Cantidad aproximada de agua para la mezcla, en función del asentamiento, y el tmn del agregado.

CONDICIONES DEL CONTENIDO DE AIRE	Asentamiento (cm)	Agua en kg/m ³ de concreto para los TMN del agregado indicado (mm)							
		10	12.5	20	25	40	50**	70**	150**
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO	3 – 5	205	200	185	180	160	155	145	125
	8 – 10	225	215	200	195	175	170	160	140
	15 – 18	240	230	210	205	185	180	170	---
	Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO	3 – 5	180	175	165	160	145	140	135	120
	8 – 10	200	190	180	175	160	155	150	135
	15 – 18	215	205	190	185	170	165	160	---
	Promedio recomendable de contenido de aire (%)	8.0	7.0	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0

**Los valores de asentamiento para un concreto que contenga un agregado mayor de 40 mm están basados en pruebas de asentamiento efectuado después de remover las partículas mayores de 40 mm por medio de cribado húmedo.

Fuente; American Concrete Institute ACI 211-08.

4.1.4.5 Selección Relación Agua – Cemento: La relación agua-cemento requerida para la mezcla, se determina teniendo en cuenta la resistencia a la compresión a la cual se quiere llevar el concreto, pero también intervienen factores como la durabilidad, permeabilidad y propiedades para el acabado pueden llegar a ser muy importantes, a la hora de escoger la relación debe tenerse mucho cuidado con la exposición a la intemperie de la probeta, si es muy severa deberá mantenerse una relación agua-cemento baja. A continuación se muestra una tabla con las relaciones de agua/cemento, en función de la resistencia a la compresión y de la exposición de la mezcla de concreto a la intemperie.

La resistencia a la compresión de concreto convencional es de 21 MPa, para este caso tomaremos como relación a/c = 0,58.

Tabla 42. Relación Agua/ Cemento

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	CONCRETO SIN INCLUSOR DE AIRE	CONCRETO CON INCLUSOR DE AIRE
	Relación absoluta por peso	Relación absoluta por peso
17,5	0,65	0,56
21	0,58	0,5
24,5	0,52	0,46
28	0,47	0,42
31,5	0,43	0,38
35	0,4	0,35

Fuente: American Concrete Institute ACI 211-08

4.1.4.6 Estimación del Contenido de Cemento: La cantidad de cemento (C) en kilogramo por unidad de volumen de concreto se obtiene de dividir el contenido de agua A entre la relación agua –cemento.

$$C = \frac{A}{\frac{a}{c}}$$

C: Volumen de cemento

A: Volumen de agua

a/c: relación agua-cemento

Para nuestro ejemplo, se obtiene una masa de cemento $M_c = 375$ kg y un volumen de cemento $V_c = 0.675$ m³ estos valores se usan para (1 m³ de concreto).

4.1.4.7 Verificar si los Agregados cumplen con las recomendaciones Granulométricas: Se verifica que los agregados estén dentro del rango establecido por las especificaciones técnicas, utilizamos la norma NTC 174 (ASTO C 33- 03) que contiene los requisitos para la gradación adecuada del material grueso y fino que se utilizara en la mezcla, para el proyecto que estamos trabajando, se encontró que cumplen con la franja granulométrica adecuada, por lo tanto se garantiza el uso del código ACI 211 para el diseño de mezcla.

Tabla 43. Gradación para agregado grueso

Agregado	Tamaño nominal mm	MATERIAL QUE PASA CADA UNO DE LOS SIGUIENTES TAMICES ICONTEC (PORCENTAJE)												
		101.6 mm (4")	90.5 mm (3 1/2")	76.1 mm (3")	64.0 mm (2 1/2")	50.8 mm (2")	38.1 mm (1 1/2")	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")	12.7 mm (1/2")	9.51 mm (3/8")	4.76 mm (N°4)	2.38 mm (N°8)	1.19 mm (N°16)
1	90.50 – 38.10	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 15					
2	64.00 – 38.10			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50.80 – 25.40				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
35 7	50.80 – 4.76				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	38.10 – 19.0					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				
46 7	38.10 – 4.76					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
57	25.40 – 4.76						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
67	19.00 – 4.76							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.70 – 4.76								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.510 – 2.38									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma NTC 179.1994

Tabla 44. Gradación para Agregado Fino

TAMIZ		%PASA	
mm	Alternativo	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
9.51	3/8"	100	100
4.76	No 4	95	100
2.38	No 8	80	100
1.19	No 16	50	85
0.595	No 30	25	60
0.297	No 50	10	30
0.149	No 100	2	10

Fuente: Noma NTC 179.1994

4.1.4.8 Ajuste De Agua A La Mezcla De Concreto: En esta parte se debe tener en cuenta el agua que tiene incluida los agregados, ya sea para adicionar o para disminuirla en la ya calculada. para esto se debe conocer la humedad y la absorción que manejan los agregados al momento de realizar la mezcla.

A continuación se observan las fórmulas que se deben utilizar para determinar la cantidad de este material.

$$\text{Agua Agregado} = \left(m_{\text{agregado}} * \frac{\% \text{Humedad} - \% \text{Absorción}}{100\%} \right)$$

$$m_{\text{Real del Agregado}} = m_{\text{agregado}} * \left(1 + \frac{\% \text{Humedad}}{100\%} \right)$$

4.1.4.9 Estimar el contenido de Agregados y de la viruta de Acero

Tabla 45. Estimar el volumen en los agregados y de la viruta de acero.

VIRUTA			VOLUMEN PROBETA		1800	Cm3
Peso de la Tara	0.3025	kg			0.0018	m3
Peso de la viruta + tara	1.0733	Kg	DIAMETRO	10		
Peso de la viruta	0.7708	kg	LONGITUD	20		

Tabla 46. Estimar el contenido de agregados y de la viruta de acero.

DISEÑO MEZCLA CON UN PORCENTAJE DE VIRUTA DEL (0 %)			
MATERIALES	MASA (gr)	VOLUMEN (m3)	
		(1 probeta)	(4 probetas)
AGUA	200	0.36	1.44
CEMENTO	375	0.675	2.7
AGREGADO FINO	750	1.35	5.4
AGREGADO GRUESO	1010	1.818	7.272
			16.812

DISEÑO MEZCLA CON UN PORCENTAJE DE VIRUTA DEL (5 %)			
MATERIALES	MASA (gr)	VOLUMEN (m3)	
		(1 probeta)	(4 probetas)
AGUA	200	0.36	1.44
CEMENTO	375	0.675	2.7
AGREGADO FINO	712.5	1.2825	5.13
AGREGADO GRUESO	1010	1.818	7.272
VIRUTA	37.5	0.0675	0.27
			16.812

DISEÑO MEZCLA CON UN PORCENTAJE DE VIRUTA DEL (10 %)			
MATERIALES	MASA (gr)	VOLUMEN (m3)	
		(1 probeta)	(4 probetas)
AGUA	200	0.36	1.44
CEMENTO	375	0.675	2.7
AGREGADO FINO	675	1.215	4.86
AGREGADO GRUESO	1010	1.818	7.272
VIRUTA	75	0.135	0.54
			16.812

4.1.5 Paso 5: Proponer un procedimiento manual de mezclado de los materiales¹⁰¹. Para este trabajo utilizamos el método de mezclado manual, que consiste en mezclar el agua, cemento, agregados y para nuestro caso (virutas de acero) hasta conseguir una pasta homogénea utilizando un palustre, espátula, pala, bandeja metálica, probeta para el agua, taras y una balanza.

Figura 321. Pesos de los materiales para el diseño de mezcla (Cemento, Agregados, Agua).



- ✓ Para la mezcla de concreto convencional se pesan según la dosificación anterior el cemento, agregado grueso y fino con ayuda de la balanza y se mide el agua con la probeta.

Figura 322. Mezclado de los materiales (Cemento y Arena).



¹⁰¹ GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. Capítulo 2, página 67.

- ✓ En la bandeja metálica, se agrega primero el agregado fino (arena) se hace un hueco pequeño en la mitad y en este se adiciona el cemento, se revuelve con ayuda del palustre hasta conseguir una mezcla homogénea.

Figura 323. Mezclado de los materiales, se adiciono (agregado grueso y agua).



- ✓ Luego se introduce el agregado grueso, se mezcla de nuevo y se le añade el agua despacio y en el centro de la mezcla, se deja reposar durante 3 minutos aproximadamente hasta que la mezcla absorba el agua, por último se vuelve a revolver hasta conseguir la pasta que se desea.

Figura 324. Pesos de los materiales para el diseño de mezcla (Cemento, Agregados, Agua y viruta).



- ✓ Para el concreto con viruta se pesa la viruta con el porcentaje estimado para 5% y 10 % , y los otros materiales se pesan teniendo en cuenta la dosificación con ayuda de la balanza y se mide de nuevo el agua.

Figura 325. Mezclado de los materiales (Cemento, Arena, viruta, Agregado y agua).



- ✓ Se realiza el mismo procedimiento anterior teniendo en cuenta de agregar la viruta de acero después de haber mezclado la arena con el cemento, fijándose de que la viruta esté repartida por toda la mezcla, se continúa con el procedimiento como en la mezcla convencional.

4.1.6 Paso 6: Elaboración y ensayo de las probetas. Elaboración de las probetas: Para la elaboración de las probetas a las que se le van a realizar los ensayos para medir su resistencia a la compresión y módulo de elasticidad se recomienda realizar los siguientes pasos:

Figura 326. Grasa y ACPM para las probetas.



- ✓ Se debe engrasar el fondo de las probetas y revisar que exista un agujero de aproximadamente un milímetro, el cual se va a llenar con plastilina.

Figura 327. Engrasado de las probetas.



- ✓ Luego por medio de una brocha se le añade ACPM a las paredes internas de la probeta todo esto para facilitar el retiro.
- ✓ El material mezclado se deposita en las probetas realizando tres capas por probeta, Al depositar la primera capa del material mezclado dentro de la probeta se le deben dar 25 golpes y de forma contundente pero evitando que la varilla de bronce toque el fondo de la probeta.

Figura 328. Preparación de las probetas.



- ✓ Enseguida se depositan las siguientes capas de la misma manera que la primera pero antes de depositar la siguiente capa se debe golpear suavemente los costados de la probeta de forma tal que se valla reacomodando el material y no queden vacíos.

Figura 329. Reposo de las Probetas.



- ✓ Las probetas se dejan en un lugar seguro alejado de posibles sustancias contaminantes por un tiempo aproximado de 18 horas.
- ✓ Después de estas 18 horas se retira la plastilina del fondo de las probetas y por medio de un compresor de aire separaran las probetas y se obtienen los cilindros de concreto a los que se le realizaran los ensayos. - Una vez separadas las probetas de sus formaletas, se sumergen en un tanque de agua como tiempo de curado de 7, 14, 28 días¹⁰².

Figura 330. Colocación de las probetas en el agua, para el curado.



4.1.7 Paso 7: Resultados de las propiedades físico – mecánica del material compuesto. Luego de haber realizado la caracterización física, la dosificación, el mezclado y la preparación de las probetas, se realizan los ensayos físico y mecánicos para determinar el posible uso que se puede dar al material compuesto

¹⁰² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Cemento portland: Clasificación y nomenclatura. Bogotá D.C.: INCONTEC, 1966, Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio. 17 p (NTC 1377).

creado, por lo cual se realizaron los ensayos: resistencia a la compresión, módulo de elasticidad,

- **Ensayo Resistencia a la Compresión**

Para realizar este ensayo, se fabricaron probetas para 0% de virutas de acero, probetas con un 5% de virutas acero y probetas adicionándole 10% de virutas de acero respecto al agregado fino, para obtener la resistencia a compresión en edades de siete (7) y catorce (14) días.

A continuación se muestran las tablas, y la gráfica de los resultados a los siete (7) y catorce (14) días para este trabajo¹⁰³.

Se realizaron 12 cilindros, 6 para ensayar a los 7 días, dividido con 2 probetas para cada caso y 6 para ensayar a los 14 días de la misma manera.

En la siguiente tabla se puede observar que a medida que se aumenta el porcentaje de viruta en la mezcla de concreto disminuye su resistencia la compresión, este comportamiento se pudo presentar debido a que la viruta de acero; físicamente actúa como dispersante, modifica la retención de agua y disminuye el calor de hidratación.

¹⁰³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Cemento portland: Clasificación y nomenclatura. Bogotá D.C.: INCONTEC, 1966, Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto. 11 p. (NTC 673).

Figura 331. Ensayo resistencia a la compresión.



Tabla 47. Resistencia a la compresión cilindros de concreto con virutas de acero a los siete (7) días.

RESISTENCIA A LA COMPRESION CILINDROS DE CONCRETO CON VIRUTAS DE ACERO								
MUESTRA	IDENTIFICACION (%)	AREA (cm)	FECHA DE FUNDICION			FECHA DE RUPTURA		
			Año	Mes	Día	Año	Mes	Día
1	0	78.54	2014	7	8	2014	7	15
2	0	78.54	2014	7	8	2014	7	15
3	5	78.54	2014	7	8	2014	7	15
4	5	78.54	2014	7	8	2014	7	15
5	10	78.54	2014	7	8	2014	7	15
6	10	78.54	2014	7	8	2014	7	15

MUESTRA	PESO (gr)	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA ULTIMA (Kg3)	ESFUERZO (Kg/cm2)	ULTIMO (PSI)
1	3950	7	10649	135.586962	1936.9566
2	4022	7	10542	134.2245	1917.4942
3	4080	7	9731	123.89865	1769.98072
4	4062	7	9894	125.974026	1799.62894
5	4124	7	8201	104.418131	1491.68758
6	4136	7	8374	106.62083	1523.15472

MUESTRA	IDENTIFICACION (%)	ULTIMO (PSI)	PROMEDIO (PSI)
1	0	1936.9566	1927.225436
2		1917.49427	
3	5	1769.98072	1784.804831
4		1799.62894	
5	10	1491.68758	1507.42115
6		1523.15472	

Figura 332. Grafica resistencia a la compresión (7 días).

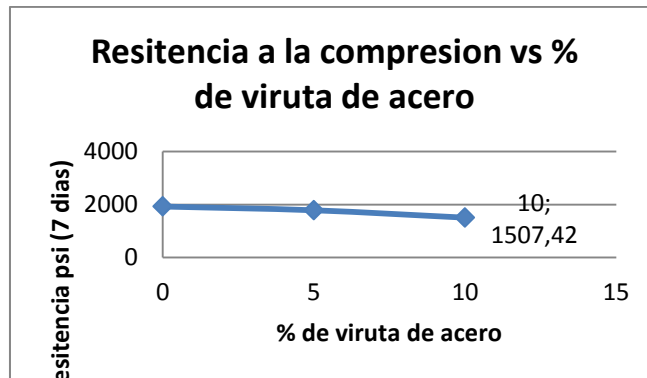


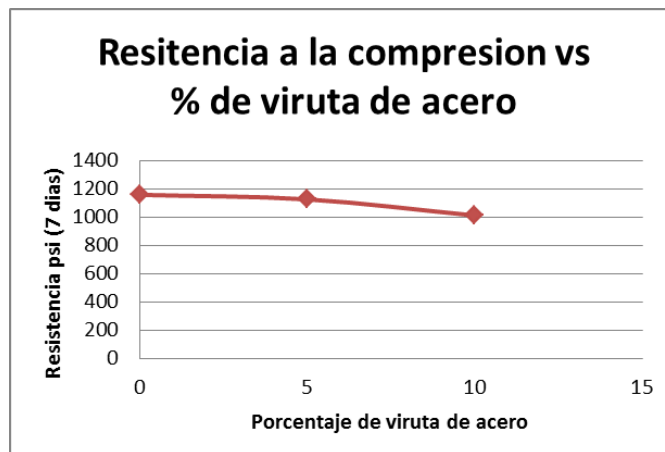
Tabla 48. Resistencia a la compresión cilindros de concreto con virutas de acero a los siete (15) días.

RESISTENCIA A LA COMPRESION CILINDROS DE CONCRETO CON VIRUTAS DE ACERO								
MUESTRA	IDENTIFICACION (%)	AREA (cm)	FECHA DE FUNDICION			FECHA DE RUPTURA		
			Año	Mes	Día	Año	Mes	Día
1	0	78.54	2014	7	8	2014	7	22
2	0	78.54	2014	7	8	2014	7	22
3	5	78.54	2014	7	8	2014	7	22
4	5	78.54	2014	7	8	2014	7	22
5	10	78.54	2014	7	8	2014	7	22
6	10	78.54	2014	7	8	2014	7	22

MUESTRA	PESO (gr)	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA ULTIMA (Kg3)	ESFUERZO (Kg/cm2)	ULTIMO (PSI)
1	4066	15	12535	162.6	2322.85714
2	4078	15	12719	161.9	2312.85714
3	4052	15	12413	158.05	2257.85714
4	4116	15	12719	159.07	2272.42857
5	4116	15	11158	142.07	2029.57143
6	4110	15	11230	142.9	2041.42857

MUESTRA	IDENTIFICACION (%)	ULTIMO (PSI)	PROMEDIO (PSI)
1	0	2322.857143	1161.42857
2		2312.857143	
3	5	2257.857143	1128.92857
4		2272.428571	
5	10	2029.571429	1014.78571
6		2041.428571	

Figura 333. Grafica resistencia a la compresión (15 días).



4.1.8 Resultados

- Se encontró la importancia de la formulación de materiales compuestos, en los que se puedan reutilizar materias primas para minimizar los residuos y darle un manejo adecuado del medio ambiente.
- Se llevó a cabo un diseño de mezcla adecuado estudiando las propiedades físicas de la materia prima, se le realizaron ensayos a cada material con el fin de conocer sus características y que cumpliera con todos los estándares establecidos por las normas.
- El análisis de resultados de resistencia a la compresión demostró que a medida que aumentamos el porcentaje de virutas de acero, la resistencia en las probetas disminuyó, y a la vez se observó una falla más dúctil en el material, por lo tanto este material no se podría usar en elementos estructurales donde se exijan altas resistencias tales como columnas, zapata, vigas, etc. pero sí se podría utilizar en elementos no estructurales como muros divisorios, escaleras y cubiertas en donde una falla dúctil podría representar el sostenimiento de la estructura y a su vez aumentar la vida útil de la edificación.

5. FASE 4: NORMAS Y ENSAYOS PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS COLOMBIANAS (NTC, INVIAS, NSR, ASTM, ETC.)

El control de materiales, además de un requerimiento legal, es uno de los aspectos más importantes en la ejecución de una obra, se tiene que tener una plena seguridad de que los materiales utilizados en la obra cumplan con todas las especificaciones a la que está sometida, y así garantizar un determinado nivel de confianza, sobre las características físicas, mecánicas y químicas de los materiales que se piensan utilizar.

Con la finalidad de mejorar los procesos de construcción de obras de ingeniería se hace cada vez más necesaria la implementación de procedimientos de control de calidad de los materiales que se emplean en la construcción de obras en general; basados en normas y estándares como el ASTM (American System or Testing of Materiales), NTC (Norma Técnica Colombiana), INVIAS (Instituto Nacional de Vías) y NSR (Reglamento Nacional Sismo Resistente).

Para realizar esta última fase del proyecto, se recopilaron las especificaciones y normas para la construcción de carreteras, dadas por el Ministerio de transporte y el Instituto Nacional de Vías, para facilitar que el estudiante pueda realizar un control de calidad a los materiales que se estudian en las asignaturas de caracterización de materiales I y II, se creó un documento en el cual se incluyeron las tablas con los parámetros para cada material que se va a usar, en las diferentes obras de ingeniería civil, como : Estabilización de taludes, Rellenos, Afirmados, Subbases, Bases y Pavimentos Asfálticos.

5.1 ESPECIFICACIONES Y NORMAS PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS

5.1.1 Explanaciones

5.1.1.1 Material de relleno, terraplenes (Artículo 220 -07)

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-123	ASTM D 422-63 AASHTO T 88 00	Análisis granulométrico de suelos por tamizado.	Determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.
E-121	AASHTO T 267-86	Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición.	Determina la oxidación cuantitativa y contenido orgánico.
E-125	AASHTO T 89-02 ASTM D 4318-00	Determinación del límite líquido de los suelos.	Contenido de humedad en (%) secado en el horno, en el límite del estado líquido y plástico.
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Límite plástico índice de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el límite líquido y plástico.
E-148	AASHTO T 193-99 ASTM D 1883 -99	Relación de soporte del suelo CBR del laboratorio.	Evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan Tamaños máximos de partículas de menos de 19mm (3/4").
E-157	ASTM D 5333-92 NLT 254/99	Determinación del índice del colapso de un suelo parcialmente saturado.	Determinar el índice de colapso, cuando se inunda un suelo, produce un esfuerzo vertical y potencial (%) de colapso.
E-158	NLT 114/99	Determinación del contenido de sales solubles de los suelos.	Se determina el contenido de sales solubles, mediante el tratamiento con agua destilada y la disolución de esta.

Tabla. Requisitos de los materiales para terraplenes				
CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELO SELECCIONADOS	SUELO ADECUADOS	SUELO TOLERABLES
Zona de aplicación en el terraplén		corona núcleo cimiento	corona núcleo cimiento	corona núcleo cimiento
Tamaño máximo	E-123	75 mm	100 mm	150 mm
Porcentaje que pasa el tamiz de 2mm (No.10)	E-123	≤ 80 % en peso	≤ 80 % en peso	--
Porcentaje que pasa el tamiz de 75µm (No.200)	E-123	≤ 25 % en peso	≤ 35 % en peso	≤ 35 % en peso
Contenido de materia orgánica	E-121	0%	≤ 1 %	≤ 2 %
Limite liquido	E-125	≤ 30 %	≤ 40 %	≤ 40 %
Índice plástico	E-126	≤ 10 %	≤ 15 %	--
C.B.R. de laboratorio	E-148	≥ 10%	≥ 5%	≥ 3%
Expansión en pruebas C.B.R.	E-149	0%	≤ 2 %	≤ 2 %
Índice de colapso	E-157	≤ 2 %	≤ 2 %	≤ 2 %
Contenido de sales solubles	E-158	≤ 0.2 %	≤ 0.2 %	--

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 220, Tabla 220.1, página 2.

5.1.1.2 Separación de suelos de subrasantes y capas granulares con geotextiles (Artículo 231-07).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-901	ASTM D 4632 -91 ICONTEC 1998	Método para la determinación de la carga a la rotura y la elongación del geotextil (método GRAB)	Determinación de la carga de rotura y la elongación de los geotextiles tejidos y no tejidos
E-902	ASTM D 4833 ICONTEC 3299	Método para la determinación de la resistencia al rasgado trapezoidal de geo	Determinación del índice de resistencia al punzamiento en geotextiles

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
		textiles	
E-903	ASTM D 4533 ICONTEC 2003	Método estandarizado de ensayos para la determinación de la resistencia a la penetración estática de geotextil usando un pistón de prueba de 50 mm	Determinación de la resistencia al rasgado trapezoidal de geotextiles

Tabla 49. Requerimiento mínimo de las propiedades mecánicas del geotextil (Medidas en el sentido más débil del geotextil).

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VMPR (Nota 1) GEOTEXTILES NO TEJIDOS	VMPR (Nota 1) GEOTEXTILES TEJIDOS
Elongación	E-901	< 50%	≥ 50%
Resistencia a la tención Grab (N) valor mínimo	E-901	1100	700
Resistencia a la costura (N) valor mínimo	E-901	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50mm	E-913	2200	1375
Resistencia al rasgado trapezoidal (N) valor mínimo (Nota 2)	E-903	400	250

Nota 1: VMPR Es el valor mino promedio por rollo. El promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo del lote que se esté analizando deberá ser mayor o igual al valor presentado en la tabla 231.1

Nota 2: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debería ser de 250 N.

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 231, Tabla 231.1, página 3.

5.1.1.3 Requerimiento mínimo de las propiedades hidráulicas del geotextil.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-905	ASTM D 4491-92 NTC 2002	Método para la determinación de la permeabilidad al agua de los geotextiles por medio de la permisividad	Determinar el caudal por el método volumétrico
E-907	ASTM D 4751- 91	Método estándar para la determinación del tamaño de abertura aparente (TAA) de un geotextil	Determinar el tamaño de abertura aparente (TAA)
E-910	ASTM 4355 - 92	Método de ensayo para medir el deterioro de geotextil a la exposición de luz ultravioleta y agua (aparató del tipo arcón xenón)	Determina la resistencia a la luz ultravioleta

Tabla 50. Requerimiento mínimo de las propiedades hidráulicas del geotextil.

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR MINIMO PROMEDIO (VMPR)
Permitividad (Nota 1) valor mínimo ($S^A -1$)	E - 905	0.02
Tamaño de abertura aparente (TAA) valor máximo (mm) (Nota 2)	E- 907	0.6
Estabilidad ultravioleta valor mínimo	E- 910	50% Después de 500h de exposición

Nota 1. La permitividad del geotextil deberá ser mayor que la permisividad del suelo ($\Psi_g > \Psi_s$). El interventor podrá exigir una permeabilidad del geotextil mayor que la presentada por el suelo ($K_g > K_s$)

Nota 2. El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) Representa el valor máximo promedio por rollo.

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 231, Tabla 231.2, página 4.

Tabla 51. Traslapo mínimo

CONDICION	TRASLAPO MINIMO
CBR \geq 3%	30 cm. o costura
Todo final de rollo	1m o costura

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 231, Tabla 231.3, página 6.

5.1.2 Afirmados, bases y subases

5.1.2.1 Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subases granulares y bases granulares y estabilizadas. (Artículo 300-07).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-213	ASTM C-136-01 AASHTO T 27-99 NLT 150	Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	Determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas, por medio de tamices, de abertura decreciente.
E-218	ASTM C-131-01 AASHTO T 96-02 UNE EN 1097-2	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5mm (1 1/2") por medio de la máquina de los ángeles.	Determina la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empelando la maquina con una carga abrasiva.
E-238	ASTM D6928-03 ASTM T 327-05 UNE EN 1097-1	Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el quipo (Micro-Deval)	Medir la resistencia a la abrasión de una muestra de agregado grueso.
E-224	DNER-ME 096-98 BS 812 Parte 110	Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10% finos	Evaluar la resistencia mecánica de un agregado grueso, sometido a un esfuerzo compresión.
E-211	ASTM C-142-97 AASHTO T 112-00	Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	Determinación aproximada de los terrones de arcilla y de las partículas (friables) en los agregados.
E-220	AST C-88-99a AASHTO T 104-99	Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-125	AASHTO T 89-02 ASTM D 4318-00	Determinación del límite líquido de los suelos.	Contenido de humedad en (%) secado en el horno, en el límite del estado líquido y plástico.
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Límite plástico índice de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el límite líquido y plástico.
E-133	ASTM D 2419-95 AASHTO T 176-02	Equivalente de arena de suelos y agregados finos	Determina la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos.
E-235	AASHTO TP 57-01	Valor de azul de metileno en agregados fino y en llenante mineral	Determinar la cantidad de material potencialmente dañino presente en el agregado fino mediante el valor de azul de metileno.
E-127	AASHTO T 92-97 ASTM D 427-98	Determinación de los factores de contracción de los suelos	Calcular las constantes de los suelos, Límite de contracción, relación de contracción, cambio de volumen, contracción lineal.
E-229	NLT 177/74	Vacios del llenante compactado en seco	Determinar el volumen de vacíos de un llenante (filler) compactado en seco bajo unas condiciones.
E-230	UNE 933-3 NLT 354-91	Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras	Se aplica para agregados de origen natural o artificial, no aplica para partículas menores a 6.3 mm (1/4") o mayores de 63 (2 1/2").
E-148	AASHTO T 193-99 ASTM D 1883 -99	Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio)	Evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan Tamaños máximos de partículas de menos de 19mm (3/4").

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 300, Tabla 300.1, página 6.

Tabla.300.1 Requisitos de los agregados para afirmados, subbases granulares y bases granulares									
ENSAYO	NORMA INVIAS	NT1			NT2			NT3	
		AFIRMADO	SUBBASE GRANULAR	BASE GRANULAR	AFIRMADO	SUBBASE GRANULAR	BASE GRANULAR	SUBBASE GRANULAR	BASE GRANULAR
Composición									
Granulometría	E-213	Tabla 311.1	Tabla 320.1	Tabla 330.1	Tabla 311.1	Tabla 320.1	Tabla 330.1	Tabla 320.1	Tabla 330.1
Dureza									
Descaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A)	E-218								
En seco, 500 revoluciones (%)		≤ 50	≤ 50	≤ 40	≤ 50	≤ 50	≤ 40	≤ 50	≤ 50
En seco, 100 revoluciones (%)		--	--	≤ 8	--	--	≤ 8	--	≤ 7
Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones (%)		--	--	≤ 55	--	--	≤ 55	--	≤ 50
Relación húmedo/seco, 500 revoluciones		--	--	≤ 2	--	--	≤ 2	--	≤ 2
Desgaste en el equipo Micro-Deval (%)									
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-238	--	--	--	--	≤ 35	≤ 30	≤ 30	≤ 25
valor en seco (KN)	E-224	--	--	--	--	--	≥ 70	--	≥ 90
Relación húmedo/seco (%)		--	--	--	--	--	≥ 75	--	75
Relación húmedo/seco (%)		--	≤ 2	≤ 2	--	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable (%)	E-211								
Durabilidad									
Perdidas en el ensayo de solidez en sulfatos	E-220								
Sulfato de sodio (%)		≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12	≤ 12
Sulfato de magnesio (%)		≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18
Limpieza									
Limite liquido (%)	E-125	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	--	≤ 40	--
Índice de plasticidad (%)	E-126	4-9.	≤ 6	≤ 3	4-9.	≤ 6	0	≤ 6	0
Equivalente de arena (%)	E-133	--	≥ 25	≥ 30	--	≥ 25	≥ 30	≥ 25	≥ 30
Valor de azul de metileno	E-235	--	--	≤ 10	--	--	≤ 10	--	≤ 10
Contracción lineal	E-127	Artículo 311	--	--	Artículo 311	--	--	--	--
Geometría de la partículas									
Índice de alargamiento y aplanamiento(%)	E-230	--	--	≤ 35	--	--	≤ 35	--	≤ 35
Porcentaje de caras fracturadas (una cara)	E-227	--	--	≥ 50	--	--	≥ 50	--	≥ 60
Angularidad de la fracción fina(%)	E-239	--	--	--	--	--	≥ 35	--	≥ 35
Resistencia del material									
CBR (%) Nota: porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca medido en la muestra sometida a cuatro días de inmersión Método D.	E-148	≥ 15	≥ 30	≥ 80	≥ 15	≥ 30	≥ 80	≥ 30	≥ 100

5.1.2.2 Superficies no pavimentadas (Afirmado Artículo 311)

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-123	ASTM D 422-63 AASHTO T 88 00	Análisis granulométrico de suelos por tamizado.	Determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.
E-125	AASHTO T 89-02 ASTM D 4318-00	Determinación del límite líquido de los suelos.	Contenido de humedad en (%) secado en el horno, en el límite del estado líquido y plástico.
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Límite plástico índice de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el límite líquido y plástico.
E-127	AASHTO T 92-97 ASTM D 427-98	Determinación de los factores de contracción de los suelos	Calcular las constantes de los suelos, Límite de contracción, relación de contracción, cambio de volumen, contracción lineal.
E-142	AASHTO T 180-01 ASTM D 689-00	Relaciones de Humedad- Masa Unitaria Seca en los suelos (Ensayo modificado de compactación)	Determinan la relación Humedad-Masa Unitaria seca de los suelos compactados.

Tabla 52. Tolerancias Granulometrías para el material de Afirmado.

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE PORCENTAJE SOBRE EL PISO SECO DE LOS AGREGADOS
% Pasa tamiz de 9.5 mm (3/8") y mayores	± 7 %
% pasa tamices de 4.75 mm (No 4) a 425 µm (No 40)	± 6 %
% Pasa tamiz 75 µm (No 200)	± 3 %

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 311, Tabla 311.2, página 3.

5.1.2.3 Capas granulares de sub base (Artículo 320).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-213	ASTM C-136-01 AASHTO T 27-99 NLT 150	Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	Determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas, por medio de tamices, de abertura decreciente.
E-125	AASHTO T 89-02 ASTM D 4318-00	Determinación del límite líquido de los suelos.	Contenido de humedad en (%) secado en el horno, en el límite del estado líquido y plástico.
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Límite plástico índice de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el límite líquido y plástico.
E-133	ASTM D 2419-95 AASHTO T 176-02	Equivalente de arena de suelos y agregados finos	Determina la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos.
E-142	AASHTO T 180-01 ASTM D 689-00	Relaciones de Humedad- Masa Unitaria Seca en los suelos (Ensayo modificado de compactación)	Determinan la relación Humedad-Masa Unitaria seca de los suelos compactados.

Tabla 53. Franjas granulométricas del material subbase.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	SBG-1	SBG-2
50.0 mm	2"	100	
37.5 mm	1 1/2"	70 - 90	100
25.0 mm	1"	60 -90	75 - 95
12.5 mm	1/2"	45 - 75	55 - 85
9.5 mm	3/8"	40 - 70	45 - 75
4.75 mm	No 4	25 - 55	30 - 60
2.0 mm	No 10	15 - 40	20 - 45
425 µm	No 40	6 - 25.	8 - 30.
75 µm	N0 200	2 - 15.	2 - 15.

Tabla 54. Tolerancias Granulometrías

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE PORCENTAJE SOBRE EL PISO SECO DE LOS AGREGADOS
% Pasa tamiz de 9.5 mm (3/8") y mayores	± 7 %
% pasa tamices de 4.75 mm (No 4) a 425 µm (No 40)	± 6 %
% Pasa tamiz 75 µm (No 200)	± 3

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 320, Tabla 320.1 y Tabla 320.2, página 2 y 3.

5.1.2.4 Capas granulares de base (Artículo 330).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-213	ASTM C-136-01 AASHTO T 27-99 NLT 150	Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	Determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas, por medio de tamices, de abertura decreciente.
E-125	AASHTO T 89-02 ASTM D 4318-00	Determinación del límite líquido de los suelos.	Contenido de humedad en (%) secado en el horno, en el límite del estado líquido y plástico.
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Límite plástico índice de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el límite líquido y plástico.
E-133	ASTM D 2419-95 AASHTO T 176-02	Equivalente de arena de suelos y agregados finos	Determina la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos.
E-235	AASHTO TP 57-01	Valor de azul de metileno en agregados fino y en llenante mineral	Determinar la cantidad de material potencialmente dañino presente en el agregado fino mediante el valor de azul de metileno.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-142	AASHTO T 180-01 ASTM D 689-00	Relaciones de Humedad- Masa Unitaria Seca en los suelos (Ensayo modificado de compactación)	Determinan la relacion Humedad-Masa Unitaria seca de los suelos compactados.

Tabla 55. Franjas granulométricas del material de base granular.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	SBG-1	SBG-2
37.5 mm	1 1/2"	100	
25.0 mm	1"	70 - 100	100
19.0 mm	3/4"	60 - 90	70 - 100
9.5 mm	3/8"	45 - 75	50 - 80
4.75 mm	No 4	30 - 60	35 - 65
2.0 mm	No 10	20 - 45	20 - 45
425 µm	No 40	10 - 30.	10 - 30.
75 µm	NO 200	5 - 15.	5 - 15.

Tabla 56. Tolerancias Granulometrías

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE PORCENTAJE SOBRE EL PISO SECO DE LOS AGREGADOS
% Pasa tamiz de 9.5 mm (3/8") y mayores	± 7 %
% pasa tamices de 4.75 mm (No 4) a 425 µm (No 40)	± 6 %
% Pasa tamiz 75 µm (No 200)	± 3

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 330, Tabla 330.1 y Tabla 330.2, página 4 y 5.

5.1.2.5 Base estabilizada con emulsión asfáltica (Artículo 340).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-125	AASHTO T 89-02 ASTM D 4318-00	Determinación del límite líquido de los suelos.	Contenido de humedad en (%) secado en el horno, en el límite del estado líquido y plástico.
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Límite plástico índice de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el límite líquido y plástico.
E-133	ASTM D 2419-95 AASHTO T 176-02	Equivalente de arena de suelos y agregados finos	Determina la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos.
E-238	ASTM D6928-03 ASTM T 327-05 UNE EN 1097-1	Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el quipo (Micro-Deval)	Medir la resistencia a la abrasión de una muestra de agregado grueso.
E-218	ASTM C-131-01 AASHTO T 96-02 UNE EN 1097-2	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5mm (1 1/2") por medio de la máquina de los ángeles.	Determina la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empelando la maquina con una carga abrasiva.
E-148	AASHTO T 193-99 ASTM D 1883 -99	Relación de soporte del suelo CBR del laboratorio.	Evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan Tamaños máximos de partículas de menos de 19mm (3/4").
E-224	DNER-ME 096-98 BS 812 Part 110	Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10% finos	Evaluar la resistencia mecánica de un agregado grueso, sometido a un esfuerzo compresión.
E-220	AST C-88-99a AASHTO T 104-99	Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-211	ASTM C-142-97 AASHTO T 112-00	Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	Determinación aproximada de los terrones de arcilla y de las partículas (friables) en los agregados.

Tabla 57. Gradaciones de agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	SBG-1	SBG-2
37.5 mm	1 1/2"	100	
25.0 mm	1"	70 - 100	100
12.5 mm	1/2"	50 - 80	60 - 90
9.5 mm	3/8"	45 - 75	50 - 80
4.75 mm	No 4	30 - 60	30 - 60
2.0 mm	No 10	20 - 45	20 - 45
425 µm	No 40	10 - 27.	10 - 27.
150 µm	NO 100	5 - 18.	5 - 18.
75 µm	NO 200	3 - 15.	3 - 15.

Tabla 58. Requisitos de los agregados pétreos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.

ENSAYO		NORMA INV	REQUISITO
Dureza			
Desgaste los Ángeles (Gradación A)	En seco, 500 revoluciones, % máximo	E - 218	50
	En seco, 100 revoluciones, % máximo		10
	Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo		70
	Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo.		2
Micro-Deval	Agregado grueso, % máximo	E - 238	45
10% de finos	Valor en seco, kN mínimo	E - 224	30

ENSAYO		NORMA INV	REQUISITO
	Relación húmedo/seco, % mínimo		50
Durabilidad			
Perdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	sulfato de sodio	E - 220	12
	sulfato de magnesio		18
Limpieza			
límite líquido, % máximo		E - 125	35
Índice de plasticidad, % máximo		E - 126	7
Equivalente de arena, % mínimo		E - 133	20
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo		E - 211	2
Capacidad de soporte			
CBR (%) Nota: porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca medido en la muestra sometida a cuatro días de inmersión Método D.		E - 148	20

Tabla 59. Requisitos de los suelos aptos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.

ENSAYO	NORMA ENSAYO INV	REQUISITO
Limpieza		
Índice de plasticidad, % máximo	E - 125	7
Equivalente de arena	E - 126	
Suelos A-1-b, % mínimo	E - 133	≥ 90
Suelos A-2-4, intervalo admisible, en %		20 - 40
Capacidad de soporte		
CBR del suelo sin estabilizar, % mínimo Nota: Porcentaje asociado al 95% de la densidad seca máxima, medida según la norma de ensayo INV - 142	E - 148	15

Tabla 60. Gradación de suelos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	BEE- 3
4.74MM	No 4	100
75 µm	No 200	5 - 25.

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 340, Tabla 340.1, Tabla 340.2, Tabla 340.3, Tabla 340.4, página 2 , 3 , 4 ,5 .

5.1.2.6 Base estabilizada con cemento (Artículo 341)

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-125	AASHTO T 89-02 ASTM D 4318-00	Determinación del límite líquido de los suelos.	Contenido de humedad en (%) secado en el horno, en el límite del estado líquido y plástico.
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Límite plástico índice de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el límite líquido y plástico.
E-233	UNE 83-120	Determinación cuantitativa de los compuestos de azufre en los agregados	Procedimiento que determina los compuestos de azufre que se encuentran en los agregados para concretos.
E - 807	AASHTO T 135-97 ASTM D 559-96	humedecimiento y secado de mezclas de suelo cemento compactadas	Determinar las pérdidas de suelo cemento, cambios de humedad y de volumen, de especímenes endurecidos de suelo cemento.

Tabla 61. Requisitos de los materiales para la construcción de bases estabilizadas con cemento portland.

ENSAYO	NORMA DE INV	REQUISITO
Limpieza		
Limite líquido, % máximo.	E - 125	35
Índice de plasticidad, % máximo	E - 125 E - 126	15
Reactividad		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresada como SO ₄ , % máximo	E- 233	0.5

Tabla 62. Requisito granulométricos del material para la construcción de bases estabilizadas con cemento portland.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
4.74MM	No 4	Mínimo 60
75 µm	No 200	Máximo 50

Tabla 63. Perdida máxima de las bases estabilizadas con cemento portland.

SUELO POR ESTABILIZAR	NORMA INV	PERDIDA MAXIMA (%)
A-1; A-2-4; A-2-5; A-3	E - 807	14
A-2-6; A-2-7; A-4; A-5		10
A-6; A-7		7

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 341, Tabla 341.1, Tabla 341.2, Tabla 341.3, página 3 , 4.

5.1.2.7 Base de cemento hidráulico (Artículo 342)

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-218	ASTM C-131-01 AASHTO T 96-02 UNE EN 1097-2	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5mm (1 1/2") por medio de la máquina de los ángeles.	Determina la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empelando la maquina con una carga abrasiva.
E-224	DNER-ME 096-98 BS 812 Part 110	Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10% finos	Evaluar la resistencia mecánica de un agregado grueso, sometido a un esfuerzo compresión.
E-211	ASTM C-142-97 AASHTO T 112-00	Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	Determinación aproximada de los terrones de arcilla y de las partículas (friables) en los agregados.
E-220	AST C-88-99a AASHTO T 104-99	Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados.
E-233	UNE 83-120	Determinación cuantitativa de los compuestos de azufre en los agregados	Procedimiento que determina los compuestos de azufre que se encuentran en los agregados para concretos.
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Limite plástico índice de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el límite líquido y plástico.
E-133	ASTM D 2419-95 AASHTO T 176-02	Equivalente de arena de suelos y agregados finos	Determina la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos.
E-235	AASHTO TP 57-01	Valor de azul de metileno en agregados fino y en llenante mineral	Determinar la cantidad de material potencialmente dañino presente en el agregado fino mediante el valor de azul de metileno.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E - 219	ASTM C 535-01 NTC 93	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 19mm (3/4") por medio de la máquina de los ángeles.	Determinar la resistencia al desgaste de agregados grueso, empleando la maquina con una carga abrasiva.
E - 221	ASTM C 123-98 AASHTO T 113-02	Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos	Determinar el porcentaje de partículas livianas en los agregados pétreos, mediante separación por suspensión, en un líquido de gravedad específica elevada.
E - 240	ASTM D 4791-99	Método para determinar partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos	Determinar el porcentaje de partículas planas, alargadas o planas y alargadas, en un agregado grueso.
E - 222	ASTM C 128-97 AASHTO T 84-00 NLT 154-92	Gravedad específica y Absorción de agregados finos	Determinación de gravedad específica bulk y aparente 23 / 23°C (73.4/73°F), así como la absorción de agregado fino.
E - 212	AASHTO T 21-05 ASTM C 40-04	Contenido aproximado de materia orgánica en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos	Determinación de la presencia de materia orgánica en arenas usadas en la preparación e morteros o concretos de cemento hidráulico.

Tabla 64. Requisitos del agregado fino para bases de concreto hidráulico.

ENSAYO	NORMA INVIAS	REQUISITO
Durabilidad		
Perdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	E-220	10
Sulfato de sodio (%)		
Sulfato de magnesio (%)		
Limpieza		
Índice de plasticidad	E-126	Np plástico

ENSAYO	NORMA	REQUISITO
Equivalente de arena. % mínimo	E-133	60
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo	E-211	3
Partículas livianas, % máximo	E-221	0.5
Geometría de la partículas		
Color más oscuro permisible	E.212	Igual a muestra patrón
Características químicas		
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ , % máximo	E-233	1.2
Absorción		
Absorción de agua, % máximo	E-222	4

Tabla 65. Requisitos del agregado grueso para bases de concreto hidráulico.

ENSAYO	NORMA INVIAS	REQUISITO
Dureza		
Descaste en la máquina de los Ángeles		
En seco, 500 revoluciones (%), máximo	E-218	40
En seco, 100 revoluciones (%) máximo	E-219	8
Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones (%) máximo		60
Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo		2
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de finos		
valor en seco (KN)	E-224	50
Relación húmedo/seco (%)		75
Durabilidad		
Perdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, % máximo		
Sulfato de sodio (%)	E-220	12
Sulfato de magnesio (%)		18
Limpieza		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo	E-211	0.25

ENSAYO	NORMA	REQUISITO
Partículas livianas, % máximo	E-221	0.5
Geometría de la partículas		
Partículas planas y alargadas (relación 5:1)% máximo	E-240	10
Características químicas		
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ , % máximo.	E-233	1

Tabla 66. Criterios de diseño de la mezcla para la base de concreto hidráulico.

PROPIEDAD	NORMA INV	LIMITES
Asentamiento , mm	E- 404	25 - 75
Contenido de aire, %	E- 406	≤ 4
Resistencia a la compresión a 7 días, Mpa	E -410	≥ 3.5
Resistencia a la compresión a 28 días, Mpa	E- 410	5.0 - 8.5

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1^a edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 342, Tabla 341.3, Tabla 341.4, Tabla 341.6, página 5, 7, 9.

5.1.3 Pavimentos asfálticos

5.1.3.1 Disposiciones generales para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos (Artículo 400).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-218	ASTM C-131-01 AASHTO T 96-02 UNE EN 1097-2	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5mm (1 1/2") por medio de la máquina de los ángeles.	Determina la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empelando la maquina con una carga abrasiva.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E - 219	ASTM C 535-01 NTC 93	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 19mm (3/4") por medio de la máquina de los ángeles.	Determinar la resistencia al desgaste de agregados grueso, empleando la maquina con una carga abrasiva.
E-238	ASTM D6928-03 ASTM T 327-05 UNE EN 1097-1	Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el quipo (Micro-Deval)	Medir la resistencia a la abrasión de una muestra de agregado grueso.
E-224	DNER-ME 096-98 BS 812 Parte 110	Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10% finos	Evaluar la resistencia mecánica de un agregado grueso, sometido a un esfuerzo compresión.
E-220	AST C-88-99a AASHTO T 104-99	Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados.
E-227	ASTM D 5821-01	Porcentaje de caras fracturadas en los agregados	Determinar el porcentaje, en masa o en conteo del agregado grueso, con partículas fracturadas.
E-239	ASTM C 1252-98 AASHTO T 304-96	Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados (influenciados por forma de las partículas, textura de la superficie y gradación).	Indicación de la angularidad de ese agregado, esfericidad y textura de la superficie que pueden ser comparadas con las de otros agregados finos ensayados con la misma gradación.
E-232	ASTM C 204-00 AASHTO T 153-02	Finura del cemento portland método del aparato Blaine	Determinar la finura del cemento portland por medio del aparato Blaine de permeabilidad al aire
E-230	UNE 933-3 NLT 354-91	Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras	Se aplica para agregados de origen natural o artificial, no aplica para partículas menores a 6.3 mm (1/4") o mayores de 63 (2 1/2").
E - 240	ASTM D 4791-99	Método para determinar partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos	Determinar el porcentaje de partículas planas, alargadas o planas y alargadas, en un agregado grueso.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-125	AASHTO T 89-02 ASTM D 4318-00	Determinación del límite líquido de los suelos.	Contenido de humedad en (%) secado en el horno, en el límite del estado líquido y plástico.
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Límite plástico índice de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el límite líquido y plástico.
E-133	ASTM D 2419-95 AASHTO T 176-02	Equivalente de arena de suelos y agregados finos	Determina la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos.
E-237	UNE 14613:2000	Determinación de la limpieza superficial de las partículas de agregado grueso.	Determina la limpieza superficial de agregados de origen natural y artificial, con tamaños superiores a 4.75 mm, utilizados en construcción de carreteras.
E-774	NLT 355/93	Adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos	(Método Riedel- Weber) Cuando la mezcla agregado- ligante se somete a la acción de soluciones de carbonato sódico de concentraciones crecientes.
E-737	AASHTO T 182-84 NLT 166-92	Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia de agua.	(Stripping) Cubrimiento e inmersión estática que se deben seguir para valorar el efecto de la acción del agua sobre la película asfáltica que recubre un agregado.
E-740	MOPT	Adhesividad en bandeja	Determina el porcentaje entre un ligante bituminoso y una muestra respectiva del agregado grueso a utilizar en un pavimento asfáltico.
E-738	ASTM D 1075-96 AASHTO T 165-02 NLT 162	Efecto del agua sobre la resistencia a la compresión de las mezclas asfálticas compactadas	(Ensayo de Inmersión- Compresión) Se produce por la acción del agua sobre las mezclas asfálticas compactadas.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-725	ASTM D 4867/D4867M-96 AASHTO T 283-03	Evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta.	Preparar y probar especímenes de concreto asfáltico con el propósito de medir el efecto del agua sobre la resistencia a la tracción indirecta.
E-760	NLT 325/86	Caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cántabro de pérdida por desgaste.	Determinación del valor de la pérdida por desgaste de las mezclas asfálticas empleando la máquina de los ángeles.

Tabla 67 (a). Requisitos de los agregados pétreos para tratamiento, lechadas y mezclas bituminosas nivel de tránsito NT1.

Tipo de tratamiento mezcla	Desgaste los Angeles	Desgaste Micro-Deval	10% de Finos (KN)		Perdidas en Ensayos de Solidez		Partículas Fracturadas mecánicamente (agregado grueso % mínimo 1cara/2 caras)	Angularidad Método A (Agregado fino)	Coeficiente de Pulimento Acelerado.	FORMA			I. P	Equivalente de Arena	Contenido de impurezas (Agregado grueso)	ADHESIVIDAD					
			seco	Relación Húmedo/Seco	Sulfato de sodio	Sulfato de magnesio				Índice de aplanamiento	Índice de alargamiento	Partículas planas y alargadas (Relacion 5:1)				Riedel Webber	Strioing	Bandeja	Resistencia conservada Inm- comp.	Resistencia conservada Tracción indirecta	Perdidas cántabro tras inmersión
NORMA INV	E-218 E-219	E-238	E-224	E-224	E-220	E-220	E-227	E-239	E-232	E-230	E-230	E-240	E-125 E-126	E-133	E-237	E-774	E-737	E-740	E-738	E-725	E-760
Sello de arena asfalto					12% max.	18% max.		45% min.					N.P	50% max.		4 min.					
Tratamiento superficial sible y docte	25% max.				12% max.	18% max.	75%		0.45 min	30% max	30% max				0.5 % max.		80% min.				
Lechada Asfáltica	25% max.				12% max	18% max.		45% min.					N.P	50% max.		4 min.					
Mezcla Abierta en Frio	25% max. (rodadura) 35% max. (intermedia)				12% max.	18% max.	75% (rodadura) 60% (intermedia)		0.45 min (rodadura)			10% max.			0.5 % max.		95% min.				
Mezcla Densa en Frio	25% max. (rodadura) 35% max. (intermedia)				12% max.	18% max.	75% (rodadura) 60% (intermedia)	40% min. (rodadura 35% min. Intermedia)	0.45 min (rodadura)			10% max.			0.5 % max.						
Agregado grueso Gradación combinada													N.P	50% max.					75% min		
Mezcla abierta en caliente	35% max				12% max.	18% max.	60%					10% max.			0.5 % max.		95% min.				
Mezcla densa, semidensa y gruesa en caliente	25% max. (rodadura) 35% max. (intermedia)				12% max	18% max.	75% (rodadura) 60% (intermedia)	40% min. (rodadura 35% min. Intermedia)	0.45 min (rodadura)			10% max.			0.5 % max.						
Agregado grueso Gradación combinada					12% max	18% max.							N.P	50% max.						80% min.	
Reciclado del pavimento existente (Material de adición)	40% max. (en frio) 25% max. (en caliente)				12% max	18% max.	50% (mezcla en frio) 75% (mezcla en caliente)	35% min. (en frio) 40% min.(en caliente)	0.45 min (rodadura)			10% max.	N.P	30% min (en frio) 50% min (en caliente)	0.5 % max.				50% min(en frio)	80% min. (en caliente)	

Tabla 68 (b). Requisitos de los agregados pétreos para tratamientos, lechadas, y mezclas bituminosas nivel de tránsito NT2.

Tipo de tratamiento mezcla	Desgaste Los Angeles	Desgaste Micro-Deval	10% de Finos (KN)		Perdidas en Ensayos de Solidez		Partículas Fracturadas mecánicamente (agregado grueso % mínimo 1cara/2 caras)	Angularidad Método A (Agregado fino)	Coeficiente de Pulimento Acelerado.	FORMA			I. P	Equivalente de Arena	Contenido de impurezas (Agregado grueso)	ADHESIVIDAD						
			seco	Relación Húmedo/Seco	Sulfato de sodio	Sulfato de magnesio				Índice de aplanamiento	Índice de alargamiento	Partículas planas y alargadas (Relación 5:1)				Riedel Webber	Strioioing	Bandeja	Resistencia conservada Inm- comp.	Resistencia conservada Tracción indirecta	Pérdidas cántabro tras inmersión	
NORMA INV	E-218 E-219	E-238	E-224	E-224	E-220	E-220	E-227	E-239	E-232	E-230	E-230	E-240	E-125 E-126	E-133	E-237	E-774	E-737	E-740	E-738	E-725	E-760	
Sello de arena asfalto					12% max.	18% max.		45% min.					N.P	50% max.		4 min.						
Tratamiento superficial sible y doce	25% max.	25% max.			12% max.	18% max.	75/ 60		0.45 min	30% max	30% max				0.5 % max.		80% min.					
Lechada Asfáltica	25% max.	25% max.			12%max	18% max.		45% min.					N.P	50% max.		4 min.						
Mezcla Abierta en Frio	25%max. (rodadura) 35% max. (intermedia)	25%max. (rodadura) 35% max. (intermedia)			12% max.	18% max.	75/60 (rodadura) 75/- (intermedia)		0.45 min (rodadura)			10% max.			0.5 % max.		95% min.					
Mezcla Densa en Frio	25%max. (rodadura) 35% max. (intermedia)	25%max. (rodadura) 35% max. (intermedia)			12% max.	18% max.	75/ 60 (rodadura) 60/- (intermedia)	40% min. (rodadura) 35% min. Intermedia)	0.45 min (rodadura)			10% max.			0.5 % max.							
Agregado grueso																						
Agregado fino																						
Gradacion combinada													N.P	50% max.							75% min	
Mezcla abierta en caliente	35% max	30% max			12% max.	18% max.	75/ 60					10% max.			0.5 % max.		95% min.					
Mezcla densa, semidensa y gruesa en caliente	25%max. (rodadura) 35% max. (intermedia)	25%max. (rodadura) 30% max. (intermedia)			12% max	18% max.	75/ 60(rodadura) 60/- (intermedia)	40% min. (rodadura) 35% min. Intermedia)	0.45 min (rodadura)			10% max.			0.5 % max.							
Agregado grueso																						
Agregado fino																						
Gradacion combinada													N.P	50% max.							80% min.	
Mezcla discontinua en caliente	25% max.	20% max.	110 min	75% min	12% max	18% max.	85/ 70	45% min.	0.45 min			10% max.	N.P	50% max.	0.5 % max.						80% min. (tipo f)	25% min. (tipo M)
Mezcla drenante	25% max.	20% max.	110 min.	75% min	12% max	18% max.	85/ 70		0.45 min			10% max.	N.P	50% max.	0.5 % max.							40% max.
Reciclado del pavimento existente (Material de adición)	40%max. (en frio) 25% max. (en caliente)	30%max. (en frio) 25% max. (en caliente)			12% max	18% max.	50/- (mezcla en frio) 75/ 60 (mezcla en caliente)	35% min. (en frio) 40% min.(en caliente)	0.45 min (rodadura)			10% max.	N.P	30% min (en frio) 50% min (en caliente)							50% min(en frio)	80% min. (en caliente)

Tabla 69 (c). Requisitos de los agregados pétreos para tratamientos, lechadas, y mezclas bituminosas nivel de tránsito NT3.

Tipo de tratamiento mezcla	Desgaste los Ángeles	Desgaste Micro-Deval	10% de Finos (KN)		Perdidas en Ensayos de Solidez		Partículas Fracturadas mecánicamente (agregado grueso % mínimo 1cara/2 caras)	Angularidad Método A (Agregado fino)	Coeficiente de Pulimento Acelerado.	Partículas planas y alargadas (Relación 5:1)	I. P	Equivalente de Arena	Contenido de impurezas (Agregado grueso)	ADHESIVIDAD					
			seco	Relación Húmedo/Seco	Sulfato de sodio	Sulfato de magnesio								Riedel Webber	Strioing	Bandeja	Resistencia conservada Inm- comp.	Resistencia conservada Tracción Indirecta	Perdidas cántabro tras inmersión
NORMA INV	E-218 E-219	E-238	E-224	E-224	E-220	E-220	E-227	E-239	E-232	E-240	E-125 E-126	E-133	E-237	E-774	E-737	E-740	E-738	E-725	E-760
Lechada Asfáltica	25% max.	20% max.			12% max	18% max.					N.P	50% min		4 min.					
Mezcla Abierta en Frio	25% max. (rodadura) 35% max. (intermedia)	20% max. (rodadura) 25% max. (intermedia)	110% min. (rodadura) 90 min. (intermedia)	75% min. (rodadura) 75% min. (intermedia)	12% max.	18% max.	85/70 (rodadura) 75/- (intermedia)		0.45 min (rodadura)	10% max.			0.5 % max.		95% min.				
Mezcla Densa en Frio	25% max. (rodadura) 35% max. (intermedia)	20% max. (rodadura) 25% max. (intermedia)	110% min. (rodadura) 90 min. (intermedia)	75% min. (rodadura) 75% min. (intermedia)			85/70 (rodadura) 75/- (intermedia) 60/- (base)	45% min. (rodadura) 40% min. (intermedia)	0.45 min (rodadura)	10% max.			0.5 % max.						
Agregado grueso					12% max.	18% max.													
Agregado fino					12% max.	18% max.													
Gradación combinada								35% min (base)			N.P	50% min					75% min		
Mezcla abierta en caliente	35% max	25% max	90 min	75% min	12% max.	18% max.	75/ 60			10% max.			0.5 % max.		95% min.				
Mezcla densa, semidensa y gruesa en caliente	25% max. (rodadura) 35% max. (intermedia)	20% max. (rodadura) 25% max. (intermedia)	110% min. (rodadura) 90 min. (intermedia)	75% min. (rodadura) 75% min. (intermedia)			85/70 (rodadura) 75/- (intermedia) 60/- (base)	45% min. (rodadura) 40% min. (intermedia)	0.45 min (rodadura)	10% max.			0.5 % max.						
Agregado grueso					12% max	18% max.													
Agregado fino					12% max	18% max.													
Gradación combinada								35% min (base)			N.P	50% min						80% min.	
Mezcla discontinua en caliente	25% max.	20% max.	110 min	75% min	12% max	18% max.	85/ 70	45% min.	0.45 min	10% max.	N.P	50% min	0.5 % max.					80% min. (tipo f)	25% min. (tipo M)
Mezcla drenante	25% max.	20% max.	110 min.	75% min	12% max	18% max.	85/ 70	45% min.	0.45 min	10% max.	N.P	50% min	0.5 % max.						40% max.
Reciclado del pavimento existente (Material en caliente)	40% max. (en frio) 25% max. (en caliente)	25% max. (en frio) 20% max. (en caliente)	110% min. (rodadura) 90	75% min. (rodadura) 75% min. (intermedia)	12% max	18% max.	50/- (mezcla en frio) 85/ 70 (mezcla en caliente)	35% min. (en frio) 45% min. (en)	0.45 min (rodadura)	10% max.	N.P	30% min (en frio) 50% min (en caliente)	0.5 % max.				50% min (en frio)	80% min. (en caliente)	
Mezcla de alto modulo	25% max.	20% max.	110 min.	75% min	12% max	18% max.	85/ 70	45% min.		10% max.	N.P	50% min	0.5 % max.					80% min	

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-702	ASTM D 113 AASHTO T 51 NLT 126	Ductilidad de los materiales asfálticos.	Someter una probeta de material asfáltico a un ensayo de tracción, en condiciones indicadas hasta la rotura.
E-704	ASTM D 95-99 AASHTO T 55-02 NLT 123/84	Agua en los materiales asfálticos por destilación.	Determinar el contenido de agua, de crudos de petróleo, alquitranes y derivados de estos.
E-706	ASTM D 5-97 AASHTO T 49-03 NLT 124/84	Penetración de los materiales asfálticos.	Consistencia de los materiales asfálticos sólidos o semisólidos en los cuales el único o el principal componente es un asfalto.
E-709	AASHTO T 48-04 ASTM D 92-02b	Puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland.	Determinar los puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta de Cleveland, empleando quipo manual o automático.
E-710	AASHTO T 79-96 ASTM D 3243-98	Punto de ignición mediante la copa abierta TAG	Determinar los puntos de ignición de asfaltos líquidos que tengan punto de llama menores de 93.9 °C (200 °F).
E-712	ASTM D 36-95 AASHTO T 53-96 NLT 125-84	Punto de ablandamiento de materiales bituminosos (Aparato de Anillo y Bola).	Punto de ablandamiento de productos bituminosos en el intervalo de 30°C a 157°C, utilizando el aparato de anillo y bola, sumergido en agua destilada, glicerina, USP, o glicol etileno.
E-713	AASHTO T 44-03 ASTM D 2042-01	Solubilidad de materiales asfálticos en tricloetileno o tricloroetano.	Determina el grado de solubilidad en materiales asfálticos que tengan poco material mineral o que carezcan de él.
E-714	AASHTO T 72-97 ASTM D 88-94	Viscosidad SAYBOLT de asfaltos.	Determinar la viscosidad de productos del petróleo a temperaturas entre 21°C y 99°C.
E-715	AASHTO T 201-03 ASTM D 2170-01	Viscosidad Cinemática de asfaltos	Determina la viscosidad de asfaltos líquidos (bitúmenes), todos a 60 °C y asfaltos sólidos a 135°C.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-720	ASTM D 2872-97 AASHTO T 240-03	Ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento.	Empleada para medir el efecto del calor y aire, sobre una lámina delgada en movimiento, se mide según sus propiedades antes y después del ensayo
E-723	AASHTO T 78-05 ASTM D 402-02 NLT 134/85	Destilación de asfaltos líquidos.	Ensayo de destilación de los asfaltos líquidos para definir su clasificación.
E-726	NLT- 328/91	Estabilidad al almacenamiento de asfaltos.	Determinar la estabilidad que presentan los asfaltos, particular con polímeros, de aplicación en construcción de carreteras.
E-727	NLT - 329/91	Recuperación elástica por torsión de asfaltos modificados.	Determinar el grado de elasticidad de los asfaltos modificados en particular con polímeros, de aplicación en construcción de carreteras.
E-761	NLT 137/84 ASTM D 244-00	Agua en Emulsiones Asfálticas	Determinar el contenido de agua en emulsiones asfálticas.
E-762	NLT 139/84 ASTM D 244-00	Residuo y aceites destilables por destilación de emulsiones asfálticas	Ensayo de destilación de las emulsiones asfálticas, Determina la cantidad de residuo y aceites destilables.
E-763	NLT 138/84 ASTM D 244-00	Viscosidad SAYBOLT de emulsiones asfálticas.	Determinar la viscosidad de las emulsiones asfálticas, según lo indicado en la INV E-714.
E-764	NLT 140/84 ASTM D 244-00	Sedimentación en las emulsiones asfálticas	Realizar el ensayo de sedimentación a las emulsiones asfálticas.
E-765	NLT 142 ASTM D -224	Tamizado de Emulsiones asfálticas	Determinar la cantidad de producto asfáltico mal emulsionado que hay en toda la emulsión, por medio del tamizado.
E-766	NLT 141/84 ASTM D 244-00	Demulsibilidad de las emulsiones asfálticas.	Ensayo de estabilidad de las emulsiones asfálticas aniónicas y catiónicas de rotura rápida o lenta por medio del cloruro cálcico y del dioctilsulfosuccinato sódico respectivamente.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-767	NLT 194/84 ASTM D 244-00 AASHTO T 59	Cargas de las partículas de las emulsiones asfálticas.	Identificación de las emulsiones asfálticas, anionicas cargadas negativamente y catiónicas cargadas positivamente.
E-768	NLT 195-92	PH de las emulsiones asfálticas.	Determinar el valor del pH de la fase acuosa de las emulsiones bituminosas directas.
E-769	ASTM D 244-00 NLT 196	Cubrimiento y resistencia al desplazamiento por el agua de las emulsiones asfálticas.	Determinar la capacidad de cubrimiento y posterior adhesividad del ligante residual de las emulsiones asfálticas, proceso de mezcla de los agregados.
E-770	NLT 144/91 ASTM D 244-00	Estabilidad de las emulsiones asfálticas	Realizar el ensayo de mezcla asfáltica con cemento de las emulsiones de rotura lenta, útil para la fabricación de lechada.

Tabla 70. Tipo de cemento asfáltico por emplear en mezclas en caliente.

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

Tabla 71. Especificaciones del cemento asfáltico.

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

Tabla 72. Especificaciones de cementos asfálticos modificados con polímeros.

CARACTERISTICA	UNIDAD	NORMA INV	TIPO I		TIPO II		TIPO III		TIPO IV		TIPO V	
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Asfalto original												
Penetración (25°C, 100g, 5s)	0.1 mm	E-706	55	70	55	70	55	70	80	130	15	40
Punto de ablandamiento con aparato de anillo y bola	°C	E-712	58	-	58	-	65	-	60	-	65	-
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	E-702	-	-	15	-	15	-	30	-	-	-
Recuperación elástica por torsión a 25°C	%	E-727	15	-	40	-	70	-	70	-	15	-
Estabilidad al almacenamiento (*) Diferencia en el punto de ablandamiento.	°C	E-726 y E-712	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Contenido de agua	%	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante la copa abierta Cleveland	°C	E-709	230	-	230	-	230	-	230	-	230	-
Residuo del ensayo de pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento (INV E-720)												
Pérdida de masa	%	E-720		1	-	1	-	1	-	1	-	1
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento, % de la penetración original.	%	E-706	65	-	65	-	65	-	60	-	70	-
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	E-702	-	-	8	-	8	-	15	-	-	-

Tabla 73. Especificaciones para emulsiones asfálticas catiónicas.

Ensayo - Emulsión	Unidad	Norma INV	Rotura rápida				Rotura media		Rotura lenta					
			CRR-1		CRR-2		CRM		CRL - 0		CRL - 1		CRL - 1h	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Viscosidad														
Saybolt furol a 25 °C	s	E-763	-	-	-	-	-	-	-	50	-	200	-	100
Saybolt furol a 50 °C	s		20	100	20	300	20	450	-	-	-	-	-	-
Contenido de agua en volumen	%	E-761	-	40	-	35	-	35	-	50	-	43	-	43
Estabilidad en almacenamiento														
Sedimentación a los 7 días	%	E-764	-	5	-	5	-	5	-	10	-	5	-	5
Destilación														
Contenido de asfalto residual	%	E-762	60	-	65	-	60	-	40	-	57	-	57	-
Contenido de disolventes	%		-	3	-	3	-	12	10	20	-	-	-	0
Tamizado														
Retenido tamiza No20 (850 µm)	%	E-765	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1
Rotura														
Dúctil sulfosuccinato sódico	%	E-766	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mezcla con cemento	%	E-770	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carga de partícula		E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
PH		E-768	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6
Recubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento														
con agregado seco		E-769	-	-	-	-	Buena		-	-	-	-	-	-
con agregado seco y acción del agua			-	-	-	-	Satisfactoria		-	-	-	-	-	-

Ensayo - Emulsión	Unidad	Norma INV	Rotura rápida				Rotura media		Rotura lenta							
			CRR-1		CRR-2		CRM		CRL - 0		CRL - 1		CRL - 1h			
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
con agregado húmedo			-	-	-	-	Satisfactoria		-	-	-	-	-	-		
con agregado húmedo y acción del agua			-	-	-	-	Satisfactoria		-	-	-	-	-	-		
Ensayos sobre el residuo de destilación																
Penetración (25 °C, 100gr,5s)	0.1 mm	E-706	60	100	60	100										
			100	250	100	250	100	250	200	300	60	100	100	250	60	100
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	cm	E-702	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	97	-	97	-	97	-	97	-	97	-	97	-	97	-

Tabla 74. Especificaciones para emulsiones asfálticas modificadas con polímeros.

ENSAYO - EMULSION	UNIDAD	NORMA INV	ROTURA RAPIDA				RORURA MEDIA		ROTURA LENTA	
			CRR-1m		CRR-2m		CRM-m		CRL - 1hm	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Viscosidad										
Saybolt furol a 25 °C	s	E-763	-	-	-	-	-	-	-	100
Saybolt furol a 50 °C	s		20	100	20	300	20	450	-	-
Contenido de agua en volumen	%	E-761	-	40	-	35	-	35	-	43
Estabilidad en almacenamiento										
Sedimentación a los 7 días	%	E-764	-	5	-	5	-	5	-	5
Destilación										
Contenido de asfalto residual	%	E-762	60	-	65	-	60	-	57	-
Contenido de disolventes	%		-	3	-	3	-	12	-	0
Tamizado										
Retenido tamiza No20 (850 µm)	%	E-765	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1
Rotura										
Dúctil sulfosuccinato sódico	%	E-766	40	-	40	-	-	-	-	-
Mezcla con cemento	%	E-770	-	-	-	-	-	-	-	-
Carga de partícula		E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
PH		E-768	-	6	-	6	-	6	-	6
Recubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento										
con agregado seco		E-769	-	-	Buena		-	-	-	-
con agregado seco y acción del agua			-	-	Satisfactoria		-	-	-	-

ENSAYO - EMULSION	UNIDAD	NORMA INV	ROTURA RAPIDA				RORURA MEDIA		ROTURA LENTA	
			CRR-1m		CRR-2m		CRM-m		CRL - 1hm	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
con agregado húmedo			-	-	Satisfactoria		-	-	-	-
con agregado húmedo y acción del agua			-	-	Satisfactoria		-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de destilación										
Penetración (25 °C, 100gr,5s)	0.1 mm	E-706	60 100	100 250	60 100	100 250	100	250	60	100
Punto de ablandamiento con aparato anillo y bola	°C	E-712	50 100	-	55 45	-	40	-	55 45	-
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	cm	E-702	10	-	10	-	10	-	10	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	12	-	12	-	12	-	12	-

Tabla 75. Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	NORMA INV	MC 30	
			min.	max
Punto de inflación (Copa abierta de Tag.)	°C	E-710	38	-
Viscosidad cinemática (60 °C)	cSt	E-715	30	60
Viscosidad Saybolt Furol (25 °C)	s	E-714	74	150
Destilación:				
Destilado(% sobre volumen total destilado hasta 360 °C)		E-723		
A 225 °C	%		-	25
A 260 °C	%		40	70
A 316 °C	%		75	93
Residuo de destilación a 360 °C (% en volumen por diferencia)	%	E-723	50	60
Ensayo sobre el residuo de la destilación				
Penetración (25 °C, 100g ,5 s)	0.1 mm	E-706	120	300
Ductilidad (25°C, 5 cm/minuto)	cm	E-702	100	-
Solubilidad en tricloro etileno	%	E-713	99.5	100

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 400, Tabla 400.1(a), Tabla 400.1(b), Tabla 400.1(c), Tabla 400.2, Tabla 400.3, Tabla 400.4, Tabla 400.5, Tabla 400.6, Tabla 400.7; página 2,3 ,4, 5,6,8,9,,10,11.

5.1.3.2 Lechada asfáltica (Artículo 433).

Tabla 76. Gradación del agregado para lechada asfáltica.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA			
NORMAL	ALTERNO	LA-1	LA-2	LA-3	LA-4
12.5 mm	1/2"	100	-	-	-
9.5 mm	3/8"	85-100	100	100	-
4.75 mm	No. 4	60-85	70-90	85-100	100
2.36 mm	No. 8	40-60	45-70	65-90	95-100
1.18 mm	No. 16	28-45	28-50	45-70	65-90
600 µm	No. 30	19-34	19-34	30-50	40-60
300 µm	No. 50	12-25.	12-25.	28-30	24-42

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA			
NORMAL	ALTERNO	LA-1	LA-2	LA-3	LA-4
180 µm	No. 80	7-18.	7-18.	10-20.	15-30
75 µm	N0 200	4-8.	5-11.	5-15.	10-20.

Tabla 77. Criterio para el diseño de lechadas asfálticas

ENSAYO	NORMA INV	VALORE ADMISINLE MAXIMO	
Perdida en el ensayo de abrasión en pista húmeda	E-778	0.065 g/cm ²	
Absorción de arena en la máquina de rueda cargada	E-779		
Transito medio diario (vehículos):			
Menos de 300			0.08 g/cm ²
De 300 a 1500			0.07 g/cm ²
Más de 1500		0.06 g/cm ²	

Tabla 78. Composición de las lechadas asfálticas.

TIPO DE AGREGADO	LA-1	LA-2	LA-3	LA-4
Ligante residual(% en peso sobre agregados)	5.5 -7.5	6.5-12.	7-13.	10-15.
Agua de preevuelta(% en peso sobre agregados)	8-12.	10-15.	10-15.	10-20.
Agua total (% en peso sobre agregados)	10-20.	10-20.	10-20.	10-30.
Cantidad de lechada (kg/m ²)	15-20	10-15.	7-15.	4-8.
Capa en que se aplica	2 ^a o única		cualquiera	1 ^a o única

Tabla 79. Tolerancia granulométricas de los agregados para lechadas asfálticas.

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4.75 mm (N0. 4) Mayores	± 4%
Inferior a 4.75 mm (No.4) y hasta 180µm (No. 80) inclusive	± 3%
75 µm (No.200)	± 1%

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1^a edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 433, Tabla 433.1, Tabla 433.2, Tabla 433.3, Tabla 433.5;página 3, 4 , 6,8.

5.1.3.3 Mezcla densa en frío (Artículo 440).

Tabla 80. Gradación para mezclas densa en frío.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
NORMAL	ALTERNO	MDF-1	MDF-2	MDF-3
7.5 mm	1 1/2"	100	-	-
25 mm	1"	85-95	100	-
19 mm	3/4"	-	80-95	100
12.5 mm	1/2"	62-77	-	80-95
9.5 mm	3/8"	-	60-75	-
4.75 mm	No. 4	45-60	47-62	50-65
2.36 mm	No. 8	35-50	35-50	35-50
300 µm	No. 50	13-23.	13-23	13-23
75 µm	N0 200	3-8.	3-8.	3-8.

Tabla 81. Tipos de mezclas por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

TIPO DE CAPA	ESPEJOR COMPACTADO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	50 -75	MDF-2
	40-50	MDF-3
Intermedia	≥50	MDF-2
Base	≥75	MDF-1
Bacheo	50-75	MDF-2
	≥75	MDF-1

Tabla 82. Tolerancia granulométricas de los agregados para mezclas densa en frío.

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4.75 mm (N0. 4) Mayores	± 4%
2.36 mm (No.8) y 3000µm (No. 50).	± 3%
75 µm (No.200)	± 1%

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 440, Tabla 440.1, Tabla 440.2, Tabla 440.4; página 4 , 5, 6.

5.1.3.4 Mezcla abierta en frío (Artículo 441).

Tabla 83. Gradación para mezclas abiertas en frío.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
NORMAL	ALTERNO	MAF-1	MAF-2	MAF-3
37.5 mm	1 1/2"	100	-	-
25 mm	1"	70-95	100	-
19 mm	3/4"	-	70-95	100
12.5 mm	1/2"	25-55	-	70-95
9.5 mm	3/8"	-	20-45	-
4.75 mm	No. 4	0-15	0-20	10-30.
2.36 mm	No. 8	0-5	0-10.	0-10
75 µm	No. 200	0-2	0-2.	0-2

Tabla 84. Tolerancia granulométricas de los agregados para mezclas abiertas en frío.

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4.75 mm (NO. 4) Mayores	± 4%
Menores que 4.75 mm (No. 4)	± 3%

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 441, Tabla 441.1, Tabla 441.2; página 2, 7.

5.1.3.5 Mezclas asfálticas en caliente (concreto asfáltico y mezclas de alto modulo) (Artículo 450).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-748	AADHTO T 245-97 NLT 159	Resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall.	Determinar la resistencia a la deformación plástica de especímenes cilíndricos de mezcla asfáltica para pavimentación.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-736	AASHTO T 269-97 ASTM D 3203-94	Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas compactadas densas y abiertas.	Determinar el porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas densas y abiertas compactadas.
E-799	SHRP P-004	Análisis volumétrico de mezclas asfálticas compactadas en caliente	Análisis volumétrico de especímenes de mezclas asfálticas en caliente (MAC).
E-745	IRAM 1642-83	Concentración crítica de llenante en mezclas de concreto asfáltico.	Determinar la concentración crítica de llenante mineral en una mezcla llenante-asfalto.

Tabla 85. Criterios de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall.

CARACTERISTICA		NORMA INV	MEZCLA DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MODULO
			CATEGORIA DE TRNASITO			
			NT1	NT2	NT3	
Compactación (golpes/cara)		E-748	50	75	75	75
Estabilidad mínima(kg)		E-748	500	750	900	1500
Flujo (mm)		E-748	2-4.	2-4.	2-3.5	2-3.
Vacíos con aire (Va). %	Rodadura	E-736 o E-799	3-5.	3-5.	4-6.	-
	Intermedia		4-8.	4-8.	4-7.	4-6.
	Base		-	5-9.	5-8.	-
Vacíos en los agregados minerales (VAM). %	Mezcla 0	E-799	≥13	≥13	≥13	-
	Mezcla 1		≥14	≥14	≥14	≥14
	Mezcla 2		≥15	≥15	≥15	-
	Mezcla 3		≥16	≥16	≥16	-
% de vacíos llenos de asfalto (VFA) (Volumen de asfalto efectivo /vacíos en los agregados minerales) x 100 Capas de rodadura intermedia.		E-799	65-80	65-78	65-75	63-75
Relación llenante/Asfalto efectivo, en peso.		E-799	0.8-1.2			1.2 - 1.4
Concentración de llenante, valor máximo.		E-745	Valor critico			

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 450, Tabla 450.4; página 4.

5.1.3.6 Mezcla abierta en caliente (Artículo 451)

Tabla 86. Gradación para mezclas abiertas en caliente.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
NORMAL	ALTERNO	MAF-1	MAF-2	MAF-3
75 mm	3"	100	-	-
63 mm	2 1/2"	95-100	100	-
50 mm	2"	-	-	100
37.5 mm	1 1/2"	30-70	35-70	75-90
19.0 mm	3/4"	3-20.	5-20.	50-70
9.5 mm	3/8"	0-5.	-	-
4.75 mm	No. 4	-	-	8-20.
2.36 mm	No. 8	-	0-5.	0-5
150 µm	No. 100	-	-	-

Tabla 87. Tolerancia granulométricas de los agregados para mezclas abiertas en caliente.

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4.75 mm (NO. 4) Mayores	± 5%
Menores que 4.75 mm (No. 4)	± 3%

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 451, Tabla 451.1, Tabla 451.2; página 2,5.

5.1.3.7 Mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura (microaglomerado en caliente) (Artículo 452).

Tabla 88. Franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
NORMAL	ALTERNO	MAF-1	MAF-2	MAF-3
12.5 mm	1/2"	100	-	-
9.5 mm	3/8"	75-97	100	100
8.0 mm	5/16"	-	75-97	75-97
4.75 mm	No. 4	15-28	15-28	25-40
2.0 mm	No. 10	11-22.	11-22.	18-32
425 µm	No. 40	8-16.	8-16.	10-20.
75 µm	No. 200	5-8.	5-8.	7-10.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-748	AADHTO T 245-97 NLT 159	Resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall.	Determinar la resistencia a la deformación plástica de especímenes cilíndricos de mezcla asfáltica para pavimentación.
E-736	AASHTO T 269-97 ASTM D 3203-94	Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas compactadas densas y abiertas.	Determinar el porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas densas y abiertas compactadas.
E-760	NLT 352/86	Caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cántabro de pérdida por desgaste.	Determinar el valor de la pérdida por desgaste de las mezclas asfálticas, empleando la máquina de los Ángeles.
E-791	NLT 335/87	Textura superficial de un pavimento mediante el método del círculo de arena.	Determinar la textura superficial de un pavimento mediante el círculo de arena.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-792	AASHTO T 278-90 AASHTO M 261-96 NLT 175/88	Coeficiente de resistencia al deslizamiento usando el péndulo británico.	Medir el procedimiento superficial de fricción utilizando el péndulo británico calibrado.

Tabla 89. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo M.

CARACTERISTICA	NORMA INV	VALOR
Numero de golpes por cara	E-760	50
Perdida por abrasión en seco (%)	E-760	15 máx.
Vacíos con aire en la mezcla compactada (%)	E-736	12 mín.

Tabla 90. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo F.

CARACTERISTICA	NORMA INV	VALOR
Numero de golpes por cara	E-748	50
Estabilidad (kg)	E-748	750 mín.
Vacíos con aire (%)	E-736	4 mín.

Tabla 91. Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura.

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
8.00 mm (5/16") Mayores	± 4
4.75 mm (No. 4)	
2.00 mm (No. 10)	± 3
425 µm (No. 40)	
75 µm (No. 200)	± 1

Tabla 92. Profundidad de textura y resistencia al deslizamiento mínimas admisibles para las mezclas discontinuas en caliente.

CARACTERISTICAS	NORMA INV	TIPO DE MEZCLA	
		M	F
Profundidad de textura (valor mínimo) mm.	E-791	1.5	1.1
Coefficiente de resistencia al deslizamiento (valor mínimo).	E-792	0.55	0.6

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 452, Tabla 452.1, Tabla 452.2, Tabla 452.3 Tabla 452.5, Tabla 452.7; página 2,3,4,6,9.

5.1.3.8 Mezcla drenante (Artículo 453).

Tabla 93. Franja granulométrica para mezcla drenante.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	MD-1
19.0 mm	3/4"	100
12.5 mm	1/2"	70-100
9.5 mm	3/8"	50-75
4.75 mm	No. 4	15-32
2.0 mm	No. 10	9-20.
425 µm	No. 40	5-12.
75 µm	No. 200	3-7.

Tabla 94. Tolerancia granulométricas de los agregados para mezclas drenantes.

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
9.50 mm (3/8") Mayores	± 4
4.75 mm (No. 4) 2.00 mm (No. 10) 425 µm (No. 40)	± 3
75 µm (No. 200)	± 1

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 453, Tabla 453.1, Tabla 453.2; página 2,6.

5.1.3.9 Reciclado de pavimento asfáltico en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos (Artículo 461).

Tabla 95. Franjas granulométricas de los agregados reciclados en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	MD-1
37.5 mm	1 1/2"	100
25.0 mm	1"	75-100
19.0 mm	3/4"	65-100
9.5 mm	3/8"	45-75
4.75 mm	No. 4	30-60
2.0 mm	No. 10	20-45
425 µm	No. 40	10-30.
75 µm	No. 200	5-20.

Tabla 96. Tolerancia granulométricas de los agregados reciclados en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos.

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
2.00 mm (No.10) Mayores	± 6
425 µm (No. 40)	± 4
75 µm (No. 200)	± 3

Tabla 97. Tolerancias en la granulometría y en el espesor del material por reciclar para considerar que un tramo es homogéneo.

CARACTERISTICA	TOLERANCIA	
Granulometría (tolerancia respecto de la masa total del material por reciclar)	Porcentaje que pasa tamiz de 2 mm y mayores (No. 10 y mayores)	± 6
	Porcentaje que pasa tamiz de 425 µm y mayores (No. 40)	± 4
	Porcentaje que pasa tamiz de 75 µm	± 3

CARACTERISTICA		TOLERANCIA
Espesor (Variación en el espesor de la capa, en mm)	Capas asfálticas	25
	Capas granulares	50

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 461, Tabla 461.1, Tabla 461.2 Tabla 461.4; página 3, 5, 7.

5.1.3.10 Reciclado de pavimento asfáltico en planta y en caliente (Artículo 462).

Tabla 98. Tolerancias en el material por reciclar para considerarlo homogéneo.

CARACTERISTICA	TOLERANCIA RESPECTO DE LA MASA TOTAL DEL MATERIAL POR RECICLAR
Porcentaje que pasa tamiz de 2mm y mayores (No. 10 y mayores)	±5
Porcentaje que pasa tamiz de 425 y 180 µm (No. 40 y No. 80)	±5
Porcentaje que pasa tamiz de 75 µm	±2
Contenido de asfalto (%)	±0.5
Penetración del asfalto recuperado (0.1mm)	±5

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 462, Tabla 462.1; página 2.

5.1.3.11 Rehabilitación de pavimentos asfálticos con geotextiles (Artículo 464).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-791	NLT 335/87	Textura superficial de un pavimento mediante el método del círculo de arena.	Determinar la textura superficial de un pavimento mediante el círculo de arena.
E-911	ASTM D 6140-00	Método estándar para determinar la retención de asfalto de geotextiles usados en repavimentaciones asfálticas.	Determinar la retención de asfalto para geo textiles.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-912	ASTM D 5261-92	Método estándar para medir la masa por unidad de área de geotextiles.	Determinar la masa por unidad de área para todos los geo textiles.

Tabla 99. Propiedades mecánicas del geotextil.

PROPIEDAD	NORMA INV	VALOR MINIMO PROMEDIO POR ROLLO (VMPR) (Nota 1)
Elongación (%)	E-901	≥ 50 %
Resistencia a la tensión Grab. (N)	E-901	≥ 450
Retención asfáltica (l/m ²)	E-911	≥ 0.9
Masa por unidad de area (grs/m ²)	E-912	≥ 140
Punto de Fusión (°C)	ASTM D 276	≥ 150
Nota (1). El promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo de lote que se esté analizando, deberá ser mayor o igual al valor presentado en esta especificación.		

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 464, Tabla 464.1; página 3

5.1.4 Pavimentos de concreto

5.1.4.1 Pavimento de concreto hidráulico (Artículo 500).

Tabla 100. Requisitos para el agua de mezcla.

PROPIEDAD	NORMA ENSAYO	LIMITES
pH	ASTM D 1293	5.5 - 8.5
Resistencia a compresión, % mínimo de control a 7 días.	ASTM C 39	90
Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (h:min)	ASTM C 403	de 1:00 inicial a 1:30 final

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-126	AASHTO T 90 -00 ASTM D 4318 -00	Limite plástico indicé de plasticidad de suelos.	Determina el contenido de humedad más baja y la diferencia entre el limite líquido y plástico.
E-133	ASTM D 2419-95 AASHTO T 176-02	Equivalente de arena de suelos y agregados finos	Determina la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos.
E-211	ASTM C-142-97 AASHTO T 112-00	Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	Determinación aproximada de los terrones de arcilla y de las partículas (friables) en los agregados.
E - 212	AASHTO T 21-05 ASTM C 40-04	Contenido aproximado de materia orgánica en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos	Determinación de la presencia de materia orgánica en arenas usadas en la preparación e morteros o concretos de cemento hidráulico.
E-218	ASTM C-131-01 AASHTO T 96-02 UNE EN 1097-2	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5mm (1 1/2") por medio de la máquina de los ángeles.	Determina la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empelando la maquina con una carga abrasiva.
E - 219	ASTM C 535-01 NTC 93	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 19mm (3/4") por medio de la máquina de los ángeles.	Determinar la resistencia al desgaste de agregados grueso, empleando la maquina con una carga abrasiva.
E-220	AST C-88-99a AASHTO T 104-99	Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E - 221	ASTM C 123-98 AASHTO T 113-02	Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos	Determinar el porcentaje de partículas livianas en los agregados pétreos, mediante separación por suspensión, en un líquido de gravedad específica elevada.
E - 222	ASTM C 128-97 AASHTO T 84-00 NLT 154-92	Gravedad específica y Absorción de agregados finos	Determinación de gravedad específica bulk y aparente 23 / 23°C (73.4/73°F), así como la absorción de agregado fino.
E-224	DNER-ME 096-98 BS 812 Parte 110	Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10% finos	Evaluar la resistencia mecánica de un agregado grueso, sometido a un esfuerzo compresión.
E-227	ASTM D 5821-01	Porcentaje de caras fracturadas en los agregados	Determinar el porcentaje, en masa o en conteo del agregado grueso, con partículas fracturadas.
E-233	UNE 83-120	Determinación cuantitativa de los compuestos de azufre en los agregados	Procedimiento que determina los compuestos de azufre que se encuentran en los agregados para concretos.
E-238	ASTM D6928-03 ASTM T 327-05 UNE EN 1097-1	Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el quipo (Micro-Deval)	Medir la resistencia a la abrasión de una muestra de agregado grueso.
E - 240	ASTM D 4791-99	Método para determinar partículas planas, alargadas o planas y alargadas en agregados gruesos	Determinar el porcentaje de partículas planas, alargadas o planas y alargadas, en un agregado grueso.

Tabla 101. Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	MD-1
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	No. 4	95-100
2.36 mm	No. 8	80-100
1.18 mm	No. 16	50-85
600 µm	No. 30	25-60
300 µm	No. 50	10-30.
150 µm	No. 100	2-10.

Tabla 102. Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico.

ENSAYO		NORMA INV	REQUISITO
Durabilidad			
Perdidas en ensayo de solidez de sulfatos, % máximo	Sulfato de sodio	E-220	10
	Sulfato de magnesio	E-220	15
Limpieza			
Índice de plasticidad, % máximo.		E-126	No plástico
Equivalente de arena, % mínimo.		E-133	60
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo.		E-211	3
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), % máximo.		E-214	0.5
Contenido de materia orgánica			
color más oscuro permisible.		E-212	Igual a muestra patrón.
Características químicas			
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ , % máximo.		E-233	1.2
Absorción			
Absorción de agua, % máximo.		E-222	4

Tabla 103. Granulometría para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA				
NORMAL	ALTERNO	AG1		AG2		AG3
		2" - 1"	1" - No.4	1 1/2" - 3/4"	3/4" - No. 4	1" - No. 4
63 mm	2 1/2"	100	-	-	-	-
50 mm	2"	90-100	-	100	-	-
37.5 mm	1 1/2"	35-70	100	90-100	-	100
25 mm	1"	0-15.	95-100	20-55	100	95-100
19 mm	3/4"	-	-	0-15.	90-100	-
12.5 mm	1/2"	0-5.	25-60	-	-	25-60
9.5 mm	3/8"	-	-	0-5.	20-55	-
4.75 mm	No. 4	-	0-10.	-	0-10.	0-10.
2.36 mm	No. 8	-	0-5	-	0-5.	0-5

Tabla 104. Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico.

ENSAYO	NORMA INVIAS	REQUISITO
Dureza		
Descaste en la máquina de los Ángeles.		
En seco, 500 revoluciones (%), máximo.	E-218 E - 219	40
En seco, 100 revoluciones (%), máximo		8
Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones (%), máximo.		60
Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo.		2
Desgaste en el equipo Micro-Deval (%), máximo.	E-238	30
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	
valor en seco (KN) mínimo		90
Relación húmedo/seco (%), mínimo		75
Durabilidad		
Perdidas en el ensayo de solidez en sulfatos	E-220	
Sulfato de sodio (%)		12

ENSAYO	NORMA	REQUISITO
Sulfato de magnesio (%)		18
Limpieza		
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo.	E-211	0.25
Partículas livianas, % máximo	E-221	0.5
Geometría de la partículas		
Porcentaje de caras fracturadas mecánicamente (una cara) % mínimo	E-227	60
Partículas planas y alargadas (relación 5:1), % máximo.	E-240	10
Características químicas		
Contenido de sulfatos, expresados como SO ₄ , % máximo.	E-233	1

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 500, Tabla 500.1, Tabla 500.3, Tabla 500.4, Tabla 500.5, Tabla 500.6; página 2,3,5,6,7.

5.1.4.2 Pavimento de adoquines de concreto (Artículo 510).

Tabla 105. Granulometría de la arena para soporte de los adoquines.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	No. 4	90-100
2.36 mm	No. 8	75-100
1.18 mm	No. 16	50-95
600 µm	No. 30	25-60
300 µm	No. 50	10-30.
150 µm	No. 100	0-15.
75 µm	No. 200	0-5.

Tabla 106. Requisitos de limpieza de la arena para la capa de soporte de los adoquines.

ENSAYO	NORMA INV	REQUISITOS
Limpieza		
Índice de plasticidad	E-125 E-126	No plástico
Equivalente de arena, % mínimo	E-133	60

Tabla 107. Requisitos Granulométricos para la arena de sello.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
2.36 mm	No. 8	100
1.18 mm	No. 16	90-100
600 µm	No. 30	60-90
300 µm	No. 50	30-60
150 µm	No. 100	5-30.
75 µm	No. 200	0-15.

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 510, Tabla 510.1, Tabla 510.2, Tabla 510.3; página 2, 3,5.

5.1.5 Estructuras y drenajes

5.1.5.1 Rellenos para estructuras (Artículo 610 – 07).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-213	ASTM C -136 -01 AASHTO T-27 -99 NLT 150	Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	Determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material

Tabla 108. Franjas granulométricas para material filtrante.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
Normal	Alterno	RE -1	RE -1	RE-3
150 mm	6"	100	-	-
100 mm	4"	90 - 100	-	-
75 mm	3"	80 - 100	100	-
50 mm	2"	70 - 95	-	100
25.0 mm	1"	60 - 80	91 - 97	70 - 90
12.5 mm	1/2"	40 - 70	-	55 - 80
9.5 mm	3/8"	-	79 - 90	-
4.75 mm	N° 4	10 - 20	66 - 80	35 - 65
2.00 mm	N°10	0	-	25 - 50
600 µm	N° 30	-	0 - 40	15 - 30
150 µm	N°100	-	0 - 8	0 - 3
75 µm	N°200	-	-	0 - 2

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 610, Tabla 610.1; página, 3.

5.1.5.2 Pilotes preexcavados (Artículo 621 -07)

Tabla 109. Características de la suspensión mineral.

PROPIEDAD	RANGO DE VALORES		METODO DE PRUEBA
	ANTES DE LA INTRODUCCION DE LA SUSPENSION	AL TIEMPO DE COLADO	
Densidad (kg/m3)	1030	1030 - 1200	Balanza de lodos
Viscosidad	28 - 45	28 - 45	Marsh Funnel
pH	8 - 11	8 - 11	Medidor de pH

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 621, Tabla 621.1; página 5.

5.1.5.3 Tablestacados (Artículo 622-07).

Tabla 110. Tolerancias en dimensiones

DIMENSION	TOLERANCIA
Longitud	Entre +200 mm y - 50 mm
Ancho	Entre +10 mm y -10 mm
Espesor	Entre + 3mm y -3 mm

Tabla 111. Tolerancia en posición y verticalidad

TIPO DE PANTALLA	DESCRIPCION	POSICION DE LA CABEZA DE TABLESTACA (TODAS LAS DIRECCIONES HORIZONTALES)	VETICALIDAD DEL METRO SUPERIOR (TODAS LAS DIRECCIONES)
Tabla estaca sencilla	En tierra y en agua	≤ 100mm	≤ 1.5 %
Tabla estaca combinada	Pilotes primarios	≤ 20mm	≤ 0.5 %

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 622, Tabla 622.1, Tabla 622.2; página 2,4.

5.1.5.4 Anclajes (Artículo 623 -07).

Tabla 112. Granulometría del agregado para morteros utilizados en anclajes.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
No.8	100
No.50	20 - 60
No.200	0 - 3

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 623, Tabla 623.1; página 3.

5.1.5.5 Concreto estructural (Artículo 630 -07).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-220	AASHTO T 104 - 99(2003) ASTM C88 - 99a	Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio magnesio	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones de sulfato de sodio y magnesio
E-125	AASHTO T 89 - 02 ASTM D 4318 -00	Determinación del límite líquido de los suelos	Determinar el límite líquido contenido en el suelo y considerar todos los problemas de seguridad asociados con el uso de este ensayo
E-126	AASHTO T 90 90 - 00 (2004) ASTM D 4318 - 00 NORMA CHILENA 8102.4	Límite plástico e índice de plasticidad de suelos	Determinar el límite plástico de un suelo expresándolo como porcentaje de la masa seca de suelo
E-133	ASTM D 2419 -95 AASHTO T-176 -02	Equivalente de arena de suelos y agregados finos	Determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados.
E-235	AASHTO TP 57 - 01(2004)	Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenantes minerales.	Determinar la cantidad de material potencialmente dañino (incluyendo arcilla y material orgánico)
E-211	ASTM C 142 - 97 AASHTO T 112 - 00 (2004)	Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados.	Determinar de manera aproximada la presencia de terrones de arcilla y de partículas deleznales (friables) en los agregados.
E-221	ASTM C 123 - 98 AASHTO T 113 -02	Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos	Determinar el porcentaje de partículas livianas en los agregados pétreos.
E-214	NLT 152-89 AASHTO T 11-05 ASTM C 117 - 03	Cantidad de fino que pasa el tamiz de 75µm (No. 200) en los agregados.	Determinar mediante lavado la cantidad de material fino que paso por el 75µm (No 200) en un agregado.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-212	AASHTO T 21 - 05 ASTM C 40 - 04 ICONTEC 127	Contenido aproximado de materia orgánica en arena usadas en la preparación de morteros o concretos.	Determinar de manera aproximada, la presencia de materia orgánica en arenas usadas en la preparación de morteros y concretos hidráulicos.
E-233	UNE 83 -120	Determinación cuantitativa de los compuestos de azufre en los agregados.	Determinar de manera cuantitativa en agregados para concretos, de los compuestos de azufre que le encuentran tanto en forma de sulfato como de sulfuro .
E-222	ASTM C 128 -97 AASHTO T 84 - 00(2004) NLT 154 -92	Gravedad específica y absorción de agregados finos.	Determinar la gravedad específica bulk y aparente 23/23°C (73.4/73.4°F). Asi como la absorción de agregados finos.
E-218	ASTM C 131 - 01 AASHTO T 96 - 02 UNE EN - 2 1998	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5mm (1 1/2" por medio de la máquina de los ángeles	Determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturado, empleando la citada maquina cin una carga abrasiva.
E-230	UNE EN 933-3 1997 NLT 354 - 91	Índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados para carreteras	Determinar los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

Tabla 113. Requisitos del agregado fino concreto estructural.

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad			
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	-Sulfato de sodio	E-220	10
	- Sulfato de magnesio	E-220	15
Limpieza			
Limite líquido, % máximo		E-125	-

ENSAYO		NORMA DE	REQUISITO
Índice de plasticidad		E-126	No plástico
Equivalente de arena , % mínimo		E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo		E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo		E-211	1
Partículas livianas, % máximo		E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de μm (No. 200) % máximo		E-214	5
Contenido de materia orgánica			
Color más oscuro permisible		INV E-212	Igual a muestra patrón
Características químicas			
Contenidos de sulfatos , expresados como SO_2 % máximo		INV E-233	1.2
Absorción			
Absorción de agua, % máximo		INV E-222	4

Tabla 114. Granulometría del agregado fino para concreto estructural.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	No. 4	95 - 100
2.36 mm	No. 8	80 - 100
1.18 mm	No. 16	50 - 85
600 μm	No. 30	25 - 60
300 μm	No. 50	10 - 30
150 μm	No. 100	2 - 10

Tabla 115. Requisitos del agregado grueso para concreto estructural.

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza			
Desgaste de los ángeles	En seco 500 revoluciones, % máximo	E -218	40
	En seco 100 revoluciones, % máximo		8
	Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo		60
	Relación húmedo seco, 500 revoluciones, máximo.		2
Durabilidad			
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, %máximo (1)	Sulfato de sodio	E-220	12
	Sulfato de magnesio		18
Limpieza			
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo		E-211	12
Partículas livianas, % máximo		E-221	18
Geometría de las partículas			
Índice de aplanamiento, % máximo		E-230	25
Índice de alargamiento, % máximo			25
Características químicas			
Contenido de sulfatos, expresados como SO ₄ , % máximo		E-233	1
<p>Nota</p> <p>(1) En caso de no cumplir esta condición, el agregado se podría aceptar siempre que habiendo sido empleado para preparar concreto de características similares, expuestos a condiciones ambientales parecidas durante largo tiempo, haya dado pruebas de comportamiento satisfactorio.</p>			

Tabla 116. Bandas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA (%PASA)						
Normal	Alterno	AG -1	AG -2	AG -3	AG -4	AG -5	AG -6	AG -7
63mm	2.5"	-	-	-	-	100	-	100
50mm	2"	-	-	-	100	95-100	100	95-100
37.5mm	1 1/2"	-	-	100	95-100	-	90-100	35-70
25.0mm	1"	-	100	95-100	-	35-70	20-55	0-15
19.0mm	3/4"	100	95-10	-	35-70	-	0-15	-
12.5mm	1/2"	90-100	-	25-60	10 - 30	10 - 30	-	0-5
9.5mm	3/8"	40-70	20-55	-	-	-	0-5	-
4.75mm	No 4	0-15	0-10	0-10	0-5	0-5	-	-
2.36mm	No 8	0-5	0-5	0-5	-	-	-	-

Tabla 117. Clases de concreto estructural.

CLASE	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION A 28 DIAS		USO Y OBSERVACIONES
	(Mpa)	(kg/cm2)	
A	35	350	Concreto pretensado y postensado
B	32	320	Concreto pretensado y postensado
C	28	280	Concreto reforzado
D	21	210	Concreto reforzado
E	17.5	175	Concreto reforzado
F	14	140	Concreto simple
G	14	140	Concreto ciclopedo (se compone de concreto simple clase F, y agregado ciclopedo en una proporción de 40%)

Tabla 118. Límites de asentamiento del concreto.

TIPO DE TRABAJO	ASENTAMIENTO NOMINAL (mm)	ASENTAMIENTO MAXIMO (mm)
Elementos construidos con formaletas, secciones de más 30 cm de espesor.	10 - 30	50
Elementos construidos con formaletas, secciones de	10 - 40	50

TIPO DE TRABAJO	ASENTAMIENTO NOMINAL (mm)	ASENTAMIENTO MÁXIMO (mm)
más 30 cm de espesor o menos.		
Pilas fundidas en sitio	50 - 80	90
Concreto colocado bajo el agua	50 - 80	90

Tabla 119. Resistencia promedio requerida a la compresión.

RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESION (f'c)		RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA A LA COMPRESION	
Mpa	kg/cm2	Mpa	kg/cm2
< 21	< 210	f'c + 7	f'c + 70
21 - 35	210 - 350	f'c + 8.5	f'c + 85
> 35	> 350	f'c + 10	f'c + 100

Tabla 120. Requisitos sobre aire incluido.

RESISTENCIA DE DISEÑO A 28 DIAS		USOS	PORCENTAJE DE AIRE INCLUIDO
Mpa	kg/cm2		
28 - 35	280-350	Concreto normal	6 - 8
28-35	280-350	Concreto pre esforzado	2 - 5
14-28	140-280	Concreto normal	3 - 6

Tabla 121. Pendientes máximas de equipos según el asentamiento de concreto

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (mm)	PENDIENTE (V:H)
10 a 8	1 : 2
80 a 120	1 : 3

Tabla 122. Tiempo mínimo para remoción de formaletas y soportes.

TIPO DE OBRA	TIEMPO MINIMO PARA REMOCION DE FORMALETAS Y SOPORTES
Estructuras para arcos	14 días
Estructuras bajo vigas	14 días
Soportes bajo losas planas	14 días
Losas de piso	14 días
Placa superior en alcantarillas de cajón	14 días
Superficies de muros verticales	48 horas
Columnas	48 horas
Lados y vigas y todas las demás partes	24 horas

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 630, Tabla 630.1, Tabla 630.2, Tabla 630.3, Tabla 630.4, Tabla 630.5, Tabla 630.6 Tabla 630.7, Tabla 630.8, Tabla 630.9 Tabla 630.10; página 3,4,5,6,7,9,12.

5.1.5.6 Acero de refuerzo artículo (640-07)

Tabla 123. Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en octavos de pulgada).

BARRA No	DIAMETRO NOMINAL		Masa (kg/m)
	(mm)	(pulgadas)	
2	6.4	1/4	0.25
3	9.5	3/8	0.56
4	12.7	1/2	1
5	15.7	5/8	1.55
6	19.1	3/4	2.24
7	22.2	7/8	3.04
8	25.4	1	3.97
9	28.7	1 1/8	5.06
10	32.3	1 1/4	6.41
11	35.8	1 3/8	7.91
14	43	1 1/2	11.38
18	57.3	2 1/4	20.24

Tabla 124. Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en milímetros).

BARRA	DIAMETRO NOMINAL (mm)	MASA (Kg/m)
6M	6	0.22
8M	8	0.39
10M	10	0.62
12M	12	0.89
16M	16	1.58
18M	18	2
20M	20	2.47
22M	22	2.98
25M	25	3.85
32M	32	6.31
45M	45	12.48
55M	55	18.64

Tabla 125. Diámetro mínimo de doblamiento.

NUMERO DE BARRA	DIAMETRO MINIMO
2 a 8 6M a 25M	6 diámetros de la barra
9 a 11 32M	8 diámetros de la barra
14 y 18 45M Y 55M	10 diámetros de la barra

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 640, Tabla 640.1, Tabla 640.2, Tabla 640.3,; página 3,4,5.

5.1.5.7 Apoyos y sellos para juntas de puentes (Artículo 642 – 07).

Tabla 126. Pruebas de control de calidad del neopreno.

PROPIEDADES FISICAS				
D 2240	Dureza (shore durometer)	50±5	60±5	70±5
D 412	Resistencia a la tracción, min (psi)	2250	2250	2250
	Elongación, min (%)	400	350	300
RESISTENCIA AL CALOR				
D 573	Cambio en la dureza del durómetro			
70 horas a 212 °F	Puntos máximos	15	15	15
	Cambio en resiste, ala tracción máxima (%)	-15	-15	-15
	Cambio en elongación ultima, máx. (%)	-40	-40	-40
DEFORMACION POR COMPRESION				
D 395 Método B OZONO D 1149	22 horas a 212°F, máx. (%) 100 pphm de ozono por volumen de aire 20% deformación 100°F ±2°F 100 horas procedimiento de montaje D518 Procedimiento A	Sin grietas	Sin grietas	Sin grietas
FRAGILIDAD A BAJAS TEMPERATURAS				
D 746 Proced. B	Grados 0 al 2 No se requiere prueba Grado 3 - fragilidad a -40°F Grado 4 -fragilidad a -55°F Grado 5 -fragilidad a -70°F	Sin falla Sin falla Sin falla	Sin falla Sin falla Sin falla	Sin falla Sin falla Sin falla
RIGIDEZ TERMICA INSTANTANEA				
D 1043	Grado 0 al 2 -probada a -25°F Grado 3 - probada a -40°F Grado 4 - probada a -50°F Grado 5 -fragilidad a -65°F	La rigidez a temperatura de prueba no debe exceder de 4 veces la rigidez medida a 73°F		
CRISTALIZACION A BAJAS TEMPERATURAS				
Prueba de corte Quad según se describe en anexo A de ASTM D-4014	Grado 0 al 2 - probada a -25°F Grado 2 - 7 días a 0°F Grado 3 - 14 días a -25°F Grado 4 - 21 días a -35°F	La rigidez al tiempo y temperatura de prueba no puede exceder a veces la rigidez media a 73°F sin demora. La rigidez rigidez debe medirse con un		

	Grado 5 -28 días a -35°F	equipo para prueba de corte en una unidad de refrigeración encerrada. Las muestras de prueba deben tomarse de un apoyo escogido al azar. Se debe utilizar un ciclo de deformación $\pm 25\%$ y se debe aplicar un ciclo completo de deformación con n periodo de 100 segundos se descartaran los primeros 3/4 de ciclo y se debe determinar la rigidez de la pendiente de la curva fuerza deflexión para el siguiente 1/2 ciclo de carga
--	--------------------------	--

Tabla 127. Pruebas de control de calidad del caucho natural.

PROPIEDADES FISICAS				
D 2240	Dureza (shire d durometer)	50 \pm 5	60 \pm 5	70 \pm 5
D 412	Resistencia a la tracción min (psi)	2250	2250	2250
	Elongación, min (%)	400	350	300
RESISTENCIA AL CALOR				
D 573	Cambio en la dureza del durómetro			
70 horas a 158 °F	Puntos máximos	10	10	10
	Cambio en resiste, ala tracción máxima (%)	-25	-25	-25
	Cambio en elongación ultima, máx. (%)	-20	-20	-20
DEFORMACION POR COMPRESION				
D 395	22 horas a 212°F, máx. (%)			
Método B	100 pphm de ozono por volumen de aire			
OZONO	20% deformación 100°F \pm 2°F	Sin grietas	Sin grietas	Sin grietas
D 1149	48 horas procedimiento de montaje D518 Procedimiento A			
FRAGILIDAD A BAJAS TEMPERATURAS				
D 746	Grados 0 al 2 No se requiere prueba	Sin falla	Sin falla	Sin falla
Proced. B	Grado 3 - fragilidad a -40°F	Sin falla	Sin falla	Sin falla
	Grado 4 -fragilidad a -55°F	Sin falla	Sin falla	Sin falla

	Grado 5 -fragilidad a -70°F			
FRAGILIDAD A BAJAS TEMPERATURAS				
D 746 Proced. B	Grados 0 al 2 No se requiere prueba Grado 3 - fragilidad a -40°F Grado 4 -fragilidad a -55°F Grado 5 -fragilidad a -70°F	Sin falla Sin falla Sin falla	Sin falla Sin falla Sin falla	Sin falla Sin falla Sin falla
RIGIDEZ TERMICA INSTANTANEA				
D 1043	Grado 0 al 2 -probada a -25°F Grado 3 - probada a -40°F Grado 4 - probada a -50°F Grado 5 -fragilidad a -65°F	La rigidez a temperatura de prueba no debe exceder de 4 veces la rigidez medida a 73°F		
CRISTALIZACION A BAJAS TEMPERATURAS				
Prueba de corte Quad según se describe en anexo A de ASTM D-4014	Grado 0 al 2 - probada a -25°F Grado 2 - 7 dias a 0°F Grado 3 - 14 dias a -25°F Grado 4 - 21 dias a -35°F Grado 5 -28 dias a -35°F	La rigidez al tiempo y temperatura de prueba no puede exceder a veces la rigidez media a 73°F sin demora. La rigidez rigidez debe medirse con un equipo para prueba de corte en una unidad de refrigeración encerrada. Las muestras de prueba deben tomarse de un apoyo escogido al azar. Se debe utilizar un ciclo de deformación ±25% y se debe aplicar un ciclo completo de deformación con n periodo de 100 segundos se descartaran los primeros 3/4 de ciclo y se debe determinar la rigidez de la pendiente de la curva fuerza deflexión para el siguiente 1/2 ciclo de carga		

Tabla 128. Propiedad del Elastómetro para diferentes durezas.

DUREZA	50	60	70
Modulo cortante a 23°C (kg/cm ²)	6.65 -9.1	9.1 - 14	14 - 21
Deformación por flujo plástico en 25 años dividida por deformación instantánea (%)	25%	35%	45%
K (Constante dependiente de la dureza del elastómetro)	0.75	0.6	0.55

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 642, Tabla 642.1, Tabla 642.2, Tabla 642.3,; página 2,4,6.

5.1.5.8 Estructuras de acero (Artículo 650 – 07).

Tabla 129. Dimensiones de pernos y tuercas.

DIMENSIONES DE PERNOS (EN PULGADAS) PERNO HEXAGONAL PESADO				DIMENSIONES DE TUERCAS (EN PULGADAS) TUERCA HEXAGONAL PESADA	
TAMAÑO NOMINAL PERNO D	ANCHO ENTRE CARAS PLANAS F	ALTURA DE CABEZA H	LONGITUD DE ROSCA T	ANCHO ENTRE CARAS PLANAS W	ALTURA H
1/2	7/8	5/ 16	1	7/8	31/64
5/8	1- 1/16	25/64	1 - 1/4	1 - 1/16	39/64
3/4	1- 1/4	15/32	1 - 3/8	1 - 1/4	47/64
7/8	1 - 7/16	35/64	1 - 1/4	1 - 7/16	55/64
1	1 - 5/8	39/64	1 - 3/4	1 - 5/8	63/64
1- 1/8	1 -13/16	11/ 16	2	1 - 13/16	1- 7/64
1 - 1/4	2	25/32	2	2	1 - 7/32
1 - 3/8	2- 3/16	27/32	2- 1/4	2 - 3/16	1 - 11/32
1 - 1/2	2 - 3/8	15/16	2- 1/4	2 - 3/8	1 - 15/32

Tabla 130. Dimensiones de arandelas.

ARANDELAS CIRCULARES					ARANDELAS AHUSADAS CUADRADAS RECTANGULARES PARA VIGAS Y CANALES ESTANDAR		
DIAMETRO DEL PERNO	DIAMETRO NOMINAL EXTERNO	DIAMETRO NOMINAL AGUJERO	ESPESOR		DIMANSION MINIMA LADO	ESPESOR PROMEDIO	AHUSADO EN ESPESOR
			Min	Max			
(a)	(b)						
1/2	1- 1/16	17/32	0.097	0.177	1 - 3/4	5/ 16	1:6
5/8	1- 5/16	21/32	0.122	0.177	1 - 3/4	5/ 16	1:6
3/4	1- 15/32	13/16	0.122	0.177	1 - 3/4	5/ 16	1:6
7/8	1- 3/4	15/16	0.136	0.177	1 - 3/4	5/ 16	1:6
1	2	1 - 1/16	0.136	0.177	1 - 3/4	5/ 16	1:6
1- 1/8	2- 1/4	1 - 1/4	0.136	0.177	2 - 3/4	5/ 16	1:6
1- 1/4	2- 1/2	1 - 3/8	0.136	0.177	2 - 3/4	5/ 16	1:6
1- 3/8	2- 3/4	1 - 1/2	0.136	0.177	2 - 3/4	5/ 16	1:6
1- 1/2	3	1 - 5/8	0.136	0.177	2 - 3/4	5/ 16	1:6
1- 3/4	3- 3/8	1 - 7/8	0.178	0.28			
2	1- 3/4	02/01/2008	0.178	0.28			
De 2 a 4	2D - 1/2	D + 1/8	0.24	0.34			

Notas :(a) Dimensiones en pulgadas (b) Puede exceder en 1/4 de pulgada

Tabla 131. Rotación de tuercas completamente apretadas (a)(b)

LONGITUD DEL PERNO (LADO INFERIOR DE LA CABEZA AL EXTREMO DEL PERNO)	DISPOSICION CARAS EZTERNAS DE LAS PARTES PERNADAS		
	AMBAS CARAS NORMALES AL EJE DEL PERNO	UNA CARA NORMAL AL EJE DEL PERNO LA OTRA INCLINADA 1:20 MAXIMO (SIN ARANDELAS BISELADAS)	AMBAS CARAS INCLINADAS 1:20 MAX DE LA NORMAL AL EJE DEL PERNO (SIN ARANDELAS BISELADAS)
Hasta 4 días inclusive	1/3 de vuelta	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta
De 4 a 8 días inclusive	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta
De 8 a 12 días inclusive (c)	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta	1 vuelta

Notas:(a) Rotación de la tuerca relativa al perno , sin tener en cuenta el elemento (tuerca o perno) que gira. Tolerancia de rotación: hasta 1/2 pulgada o menos, más o menos de 30 grados; 2/3 de vuelta o más , más o menos 45 grados. (b) Aplicado solo a conexiones en que todo el material del agarre es acero.(c) No se ha establecido un procedimiento de vuelta de tuerca para los pernos con longitudes mayores a 12 diámetros . Por consiguiente la rotación se determinara por

pruebas reales en dispositivos adecuados para medir la tensión.

Tabla 132. Masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldadas y puntas roscadas salientes de pernos.

DIAMETRO DEL PERNO		MASAS POR 100 PERNOS KILOGRAMOS
PULGADAS	CENTIMETROS	
1/2	1.27	8.94
5/8	1.59	14.38
3/4	1.9	23.77
7/8	2.22	36.47
1	2.54	52.93
1 1/8	2.86	74.89
1 1/4	3.17	96.16
1 3/8	3.49	127
1 1/2	3.81	154.22

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 650, Tabla 650.1, Tabla 650.2, Tabla 650.5, 650.5; página 2,3,6,9.

5.1.5.9 Tuberías de concreto simple (Artículo 660 -07).

Tabla 133. Requisitos físicos para tubería de concreto simple.

DIAMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	CLASE I		CLASE II		CLASE III		ABSORCION MAXIMA	
	ESPESOR MINIMO DE PARED (mm)	RESISTENCIA MINIMA TRES APOYOS (mm)	ESPESOR MINIMO DE PARED (mm)	RESISTENCIA MINIMA TRES APOYOS (mm)	ESPESOR MINIMO DE PARED (mm)	RESISTENCIA MINIMA TRES APOYOS (mm)	METODO A	METODO B
450	38	32	50	44	57	48	9%	8.50%
500	42	33	55	47	65	53.5	9%	8.50%
600	54	38	72	52.5	85	64	9%	8.50%

Tabla 134 Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto simples.

DIAMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	VARIACION ± PERMITIDA EN DIAMETRO NOMINAL INTERNO	DISMINUCION PERMITIDA EN ESPESOR DE PARED	DISMINUCION PERMITIDA EN LONGITUD DEL TUBO	VARIACION PERMITIDA EN LA LONGITUD DE DOS LADOS OPUESTOS DEL TUBO	PERDIDA DE RECTITUD
450	6 mm	3 mm	13 mm	EL MAYOR VALOR ENTRE 6 mm 0 2% DEL DIAMETRO NOMINAL	HASTA 10 mm POR METRO DE LONGITUD
500	8 mm				
600	10 mm				

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 660, Tabla 660.1, Tabla 660.2; página 3,6.

5.1.5.10 Cunetas revestidas en concreto (Artículo 671 -07).

Tabla 135. Tolerancias para las dimensiones de las piezas prefabricadas.

DIMENSION	TOLERANCIA (mm)
Espesor	±2
Ancho	±5
Longitud	±5

Tabla 136. Granulometría del agregado fino para mortero.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
mm	ALTERNO	
4.75	No. 4	100
2.36	No. 8	95 - 100
0.15	No. 100	0 - 25
0.075	No. 200	0 - 10

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 671, Tabla 671.1, Tabla 671.2; página 1,3.

5.1.5.11 Subdrenes con geotextil y material granular (Artículo 673 -07).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-901	ASTM D 4632 -91 ICONTEC 1998 (C16.105/83)	Método para la determinación de la carga de rotura y la elongación de geotextiles (Método GRAB)	Determinar la carga de rotura (tensión GRAB) y la elongación (elongación GRAB) de los geotextiles tejido y no tejidos
E-913	ASTM D6241	Método de ensayo estandarizado para la determinación de la resistencia a la penetración estática de geotextiles usando un pistón de prueba de 50 mm de diámetro	Determinar la resistencia de los geotextiles tejidos y no tejidos a la penetración estática

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-903	ASTM D 4533 ICONTEC 2003	Método estandarizado de ensayos para la determinación de la resistencia a la penetración estática de geotextil usando un pistón de prueba de 50 mm	Determinación de la resistencia al rasgado trapezoidal de geotextiles
E-905	ASTM D 4491 - 92 NTC 2002	Método para la determinación de la permeabilidad al agua de los geotextiles por medio de la permisividad	Determinar el caudal por el método volumétrico
E-907	ASTM D 4751 - 91	Método estándar para la determinación del tamaño de abertura aparente (TAA) de un geotextil	Determinar el tamaño de abertura aparente (TAA)
E-910	ASTM 4355 - 92	Método de ensayo para medir el deterioro de geotextil a la exposición de luz ultravioleta y agua (aparató del tipo arcón xenón)	Determina la resistencia a la luz ultravioleta
E-219	ASTM C 535 -01 NTC 93	Resistencia al desgaste de los agregados gruesos de tamaños mayores de 19mm (3/4") por medio de la máquina delos Ángeles.	Determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturado, empleando la citada maquina con una carga abrasiva.
E-220	AASHTO T 104 - 99(2003) ASTM C88 - 99a	Sanidad de los agregados frente ala acción de las soluciones de sulfato de sodio magnesio	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones de sulfato de sodio y magnesio.
E-236	ASTM	Método para la determinación del índice de desleimiento - durabilidad	Determinar la resistencia de una muestra de roca al ablandamiento y desintegración cuando se somete a dos ciclos patrones de humedecimiento - secado .
E-121	AASHTO T 267 - 86 (2004)	Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición.	Determinar la oxidación cuantitativa de materia orgánica en materiales y proporcionar una estimación valida del contenido orgánico.

Tabla 137. Requerimiento de las propiedades mecánicas del geotextil (Medidas en el sentido más débil del geotextil).

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VMPR (Nota 1) GEOTEXILES NO TEJIDOS	VMPR (Nota 1) GEOTEXILES TEJIDOS
Elongación	E-901	< 50%	≥ 50%
Resistencia a la tensión GRAB (N) valor mínimo	E-901	1100	700
Resistencia a la costura (N) valor mínimo	E-901	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50mm de diámetro (N) Valor mínimo	E-913	2200	1375
Resistencia al rasgado trapezoidal (N) Valor mínimo (Nota 2)	E-903	400	250

Nota 1: VMPR Es el valor mino promedio por rollo. El promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo del lote que se esté analizando deberá ser mayor o igual al valor presentado en la tabla 231.1

Nota 2: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debería ser de 250 N.

Tabla 138. Requerimientos mínimos de las propiedades hidráulicas del geotextil.

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR MINIMO PROMEDIO POR ROLLO (VMPR)		
		PORCENTAJE DE SUELO PASA TAMIZ No 200 (0.075mm) (1)		
Permisividad	E-905	< 15	15 a 50	> 50
Tamaño de apertura aparente	E-907	0.43 mm (Tamiz No. 40)	0.25 mm (Tamiz No. 60)	0.22mm (Tamiz No. 70)
Estabilidad ultravioleta	E-910	50% después de 500horas de exposición.		

(1) El porcentaje de suelo que pasa por el tamiz No.200 corresponde ala fracción granulométrica (INV E-123) del suelo aguas arriba del geotextil

(2) Los valores del tamaño de apertura (TAA) representan el valor máximo promedio por rollo. Para suelos con índice de plasticidad mayor a 7. el valor máximo promedio por rollo de tamaño de apertura aparente deberá ser treinta centésimas de milímetro (0.3mm)

Tabla 139. Requisitos del material granular.

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Desgaste los Ángeles (%)	E-219	=40
Perdidas en el ensayo de solidez (%)	E-220	=12
- sulfato de sodio		=18
- sulfato de magnesio		
Índice de desleimiento-durabilidad (%)	E-236	=2
Contenido de materia orgánica (%)	E-121	Cero

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 673, Tabla 673.1, Tabla 673.2, Tabla 673.3; página 6, 7 ,8.

5.1.5.12 Tierra armada (Artículo 680 – 07).

Tabla 140. Requisitos granulometría del material relleno para la construcción de tierra armada.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
350 mm	100
150.0 mm	100-75
15 µm	15-0

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007.Especificaciones Artículo 680, Tabla 680.1; pagina2.

5.1.5.13 Gaviones (Artículo 681 – 07).

Tabla 141. Medidas nominales y número de celdas de celdas de los gaviones.

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	NUMERO DE CELDAS	VOLUMEN (m3)
2	1	1	2	2
3	1	1	3	3
4	1	1	4	4

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	NUMERO DE CELDAS	VOLUMEN (m3)
2	1	0.5	2	1
3	1	0.5	3	1.5
4	1	0.5	4	2

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 681, Tabla 681.1; pagina4.

5.1.5.14. Colchogaviones (Artículo 682 -07).

Tabla 142. Medidas nominales y numero de celdas delos colcho gaviones.

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	NUMERO DE CELDAS	VOLUMEN (m3)
3	2	0.17	3	6
4	2	0.17	4	8
3	2	0.23	3	6
4	2	0.23	4	8
3	2	0.3	3	6
4	2	0.3	4	8

5.1.5.15 Impermeabilización de estructuras (Artículo 690-07).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-702	ASTM D113 AASHTO T 51 NLT 126	Ductilidad de los materiales asfálticos	Determinar la ductilidad de los materiales asfálticos, de consistencia sólida y semisólida
E-712	ASTM D 36 -95(200) AASHTO T 53 - 96(2004) NLT 125- 84	Punto de ablandamiento de materiales bituminosos (aparato de anillo y bola)	Determinar el punto de ablandamiento de productos bituminosos en el intervalo de 30°C a 157°C (86°F a 315°F), Utilizando el aparato de anillo y bola.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-706	ASTM D - 5 -97 AASHTO T 49 -03 NLT 124/84	Penetración de los materiales asfálticos	Determinar la consistencia de los materiales sólidos y semisólidos en los cuales el único o principal componente es el asfalto.

Tabla 143. Requisitos para láminas impermeabilizantes para tablero.

ENSAYO	REQUISITO	NORMA
Espesor (mm)	≥ 3.5 mm	ASTM D 5147
Resistencia tracción longitudinal (KN/m)	≥ 20 KN/m	ASTM D 5148
Resistencia tracción transversal (KN/m)	≥ 17 KN/m	ASTM D 5149
Elongación transversal (%)	≥ 45%	ASTM D 5150
Elongación Longitudinal (%)	≥ 45%	ASTM D 5151
Punto de ablandamiento (°C)	≥ 140	E-712
Punto de penetración a 25°C (1/10mm)	≥ 30	E-706

Tabla 144. Requisitos para material impermeabilizante para parámetros.

ENSAYO	REQUISITO	NORMA
Ductilidad (cm)	≥ 100	E-702
Punto de ablandamiento (°C)	≥ 60	E-712
Punto de penetración a 25°C (1/10mm)	≥ 60 y ≤ 100	E-706

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 690, Tabla 690.1, Tabla 690.2; pagina 3,4,5.

5.1.6 Obras varias

5.1.6.1 Recubrimiento de taludes con malla y mortero (Artículo 812 -07).

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-220	AASHTO T 104 - 99(2003) ASTM C88 - 99a	Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio magnesio	Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones de sulfato de sodio y magnesio.
E-125	AASHTO T 89 - 02 ASTM D 4318 -00	Determinación del límite líquido de los suelos	Determinar el límite líquido contenido en el suelo y considerar todos los problemas de seguridad asociados con el uso de este ensayo
E-126	AASHTO T 90 90 - 00 (2004) ASTM D 4318 - 00 NORMA CHILENA 8102.4	Límite plástico e índice de plasticidad de suelos	Determinar el límite plástico de un suelo expresándolo como porcentaje de la masa seca de suelo
E-133	ASTM D 2419 -95 AASHTO T-176 -02	Equivalente de arena de suelos y agregados finos	Determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados.
E-211	ASTM C 142 - 97 AASHTO T 112 - 00 (2004)	Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados.	Determinar de manera aproximada la presencia de terrones de arcilla y de partículas deleznable (friables) en los agregados.
E-221	ASTM C 123 - 98 AASHTO T 113 -02	Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos	Determinar el porcentaje de partículas livianas en los agregados pétreos.

NORMA INVIAS	NORMAS DE REFERENCIA	NOMBRE DEL ENSAYO	OBJETIVO
E-214	NLT 152-89 AASHTO T 11-05 ASTM C 117 - 03	Cantidad de fino que pasa el tamiz de 75µm (No. 200) en los agregados.	Determinar mediante lavado la cantidad de material fino que paso por el 75µm (No 200) en un agregado.
E-212	AASHTO T 21 - 05 ASTM C 40 - 04 ICONTEC 127	Contenido aproximado de materia orgánica en arena usadas en la preparación de morteros o concretos.	Determinar de manera aproximada, la presencia de materia orgánica en arenas usadas en la preparación de morteros y concretos hidráulicos.
E-233	UNE 83 -120	Determinación cuantitativa de los compuestos de azufre en los agregados.	Determinar de manera cuantitativa en agregados para concretos, de los compuestos de azufre que le encuentran tanto en forma de sulfato como de sulfuro .
E-222	ASTM C 128 -97 AASHTO T 84 - 00(2004) NLT 154 -92	Gravedad específica y absorción de agregados finos.	Determinar la gravedad específica bulk y aparente 23/23°C (73.4/73.4°F). Así como la absorción de agregados finos.

Tabla 145. Requisitos granulométricos del agregado fino.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	No. 4	95-100
2.36 mm	No. 8	80-100
1.18 mm	No. 16	50-85
600 µm	No. 30	25-60
300 µm	No. 50	10 - 30
150 µm	No. 100	2 - 10

Tabla 146. Requisitos del agregado fino para mortero de recubrimiento de taludes.

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Ductilidad			
Perdidas en ensayos de solidez en sulfatos % máximo	- Sulfato de sodio	E-220	10
	- Sulfato de magnesio	E-220	15
Limpieza			
Limite líquido , % máximo		E-125	-
Índice de plasticidad		E-126	No plástico
Equivalente de arena, & mínimo		E-133	60
Terrones de arcilla y partículas deleznales, %máximo		E-211	1
Partículas livianas, % máximo		E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), %máximo		E-214	5
Contenido de materia orgánica			
Color más oscuro permisible		E-212	Igual a muestra patrón
Características químicas			
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ ²⁻ , % máximo		E-233	1.2
Absorción			
Absorción de agua, % máximo		E-222	4

Fuente: Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1ª edición. Bogotá 2007. Especificaciones Artículo 812, Tabla 812.1 Tabla 812.2; pagina 3, 4, 5.

6. CONCLUSIONES

Se realizaron los ensayos no normalizados por medio de prácticas sencillas, para que el estudiante pueda, identificar las propiedades físicas del acero: la densidad, dureza y textura; a la madera: contenido de humedad, dureza, densidad; al concreto: volumen, densidad, textura; y al suelo: densidad, textura y porosidad. Al mismo obtener una mejor comprensión de los conceptos básicos y manejo de los instrumentos utilizados para las asignaturas caracterización de materiales I y II.

Se diseñó un esquema para el desarrollo de las 26 prácticas del laboratorio de caracterización de materiales I y II, que ayuda al estudiante a familiarizarse con los parámetros más importantes establecidos en las normas I.N.V.E y N.T.C, que se deben tener en cuenta a la hora de realizar un determinado ensayo de laboratorio, y por medio de preguntas confrontar los criterios adquiridos por los estudiantes frente al material estudiado. Es muy importante el acompañamiento del docente para guiar el proceso constructivo del conocimiento en el estudiante y por medio de esto, verificar la evaluación de los materiales como: propiedades, calidad, limitaciones y procesos de construcción, lo cual le será útil al estudiante para su desempeño profesional.

El estudiante puede desarrollar capacidades para innovar, diseñar y producir nuevos materiales compuestos, a partir de la combinación de materiales primarios, a los que posteriormente se les realizaran ensayos de laboratorio para conocer sus propiedades físico-mecánicas y con base en esto, podan hacer una dosificación optima, mejorando el comportamiento mecánico, cuyo resultado final es dar una debida aplicación de estos materiales, en la realización de obras de ingeniería civil.

El estudiante logra aplicar un control de calidad adecuado de los materiales estudiados en el laboratorio, usados en distintas áreas de la construcción, por medio de las especificaciones técnicas y normas que se recopilaron en el material didáctico, para poder evaluar su uso, seguridad y vida útil.

7. RECOMENDACIONES

Se debe garantizar que los instructores de cada laboratorio estén debidamente capacitados, tanto en la parte técnica como pedagógica para dar a conocer los procedimientos de cada ensayo a los estudiantes, de manera que puedan alcanzar las competencias expuestas en este proyecto.

Es de gran importancia que se cuente con todos los equipos, materiales e instrumentos adecuados, que estén en buen estado y debidamente calibrados para poder desarrollar las prácticas de laboratorio cumpliendo los estándares de calidad y evitando errores en el procedimiento o en la toma de datos.

Se recomienda a los estudiantes proponer diferentes diseños de materiales compuestos no solo con mezclas de concreto, sino con diferentes materiales como asfalto, mezclas de suelo, etc., para obtener materiales competitivos en el área de la construcción.

BIBLIOGRAFIA

201, American Concrete Institute Committee. Guide to durable concrete. Farmington: ACI, 2001 pág. 53. ACI 01. 2R-08.

BECERRA RAMIREZ, Diana, "Apoyo audiovisual para el desarrollo de los laboratorios de caracterización II", Tesis pregrado; Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2009.

Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1 edición. Bogotá 2007. Especificaciones generales de construcción de carreteras.

Comisión Asesora permanente para el régimen del ministerio de transporte. "Normatividad Instituto Nacional de vías INVIAS- 07" 1 edición. Bogotá 2007. Normas de ensayos de materiales para carreteras.

GUTIERREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales UNAL. 2003. páginas 227.

GUZMAN, Diego Sánchez de. Concretos y mortero. 2 ed. Bogotá: Instituto del concreto, editores Ltda., 1997. Páginas 187.

HORNBOSTEL Caleb. Materiales para la construcción, tipo usos y aplicaciones. Editorial Limusa, S.A. México D.F, 2005. Páginas 1021.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.
Cemento portland: Clasificación y nomenclatura. Bogotá D.C.: INCONTEC, 1966,
Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto. 11 p.
(NTC 673).

PEDROZA NIÑO, Orlando y VERA SARMIENTO Jorge, "Manual técnico para el
desarrollo del laboratorio de caracterización de materiales I", Tesis pregrado;
Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2008.

PEREZ BUSTOS, Ludwing, "Uso de la escoria de procesos metalúrgicos como
agregado del concreto para la fabricación de elementos de construcción no
estructurales". Tesis Magister; Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga,
2013.

Reglamento laboratorio mecánica de suelos UCV:
http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/laboratorio.htm#manual
upcommons.upc.edu/pfc/bittream/2099.1/3334/13/34065-13.pdf. [Citado 02 de
mayo de 2014]

ANEXOS

ANEXO A - Hojas de cálculo para el Laboratorio: Método para Determinar la Densidad y Absorción de Agregados Gruesos y Finos (NTC 176- NTC 237)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I



A.1 DENSIDAD Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS FINOS

AGREGADO FINO	
laboratorio N :	
Ubicación :	
Descripción de la muestra :	
Fecha de muestreo:	
Fecha de ensayo:	

GRAVEDAD ESPECIFICA		
DATOS		(Gramos)
A= Peso del frasco + Agua hasta la marca, en el aire		
B= Peso de la muestra en condición S.S.S en el aire		
C=Peso de la muestra.Frasco y agua agregada hasta la marca, en el aire		
D= Peso de la muestra secada al horno		
CALCULOS		
Gravedad especifica real	$\frac{D}{(A-C+D)} =$	
Gravedad especifica aparente	$\frac{D}{(A+B-C)} =$	
Gravedad especifica aparente S.S.S	$\frac{B}{(A+B-C)} =$	

PESO UNITARIO		
CALIBRACION DEL MEDIDOR		
P1=Peso del medidor - vidrio		(Gramos)
P2=Peso del medidor + vidrio+agua		(Gramos)
V=Volumen del medidor	$\frac{P2-P1}{1000} =$	d cm3
DATOS		
Pm=Peso del medidor Vacio		(Gramos)
Pc=Peso del medidor +material S.S.S compactado		(Gramos)
Ps=Peso del medidor + material S.S.S suelto		(Gramos)
Peso unitario del agregado S.S.S compactado	$\frac{Pc-Pm}{V} =$	Ka/m3
Peso unitario del agregado S.S.S Suelto	$\frac{Ps-Pm}{V} =$	Ka/m3
% de Absorción	$\frac{(B-D)*100}{C} =$	%
% de vacios	$\frac{E * D * (1000 - F)}{(E * 10)} =$	%
Observaciones:		

A.2 DENSIDAD Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS GRUESOS.

AGREGADO GRUESO	
laboratorio N :	
Ubicación :	
Descripcion de la muestra :	
Fecha de muestreo:	
Fecha de ensayo:	

GRAVEDAD ESPECIFICA		
DATOS		
A= Peso del la muestra en condicion S.S.S. en el aire		Gramos
Pa=Peso de la canasta, sumergida en agua		Gramos
Pb=Peso de la canas+muestra S.S.S, sumergida en agua		Gramos
B= Peso de la muestra en agua = Pb - Pa		Gramos
C=Peso de la muestra secada al horno, en el aire		Gramos
CALCULOS		
Gravedad especifica real	$\frac{C}{(C-B)} =$	
Gravedad especifica aparente	$\frac{C}{(A-B)} =$	
Gravedad especifica aparente S.S.S	$\frac{A}{(A-B)} =$	
PESO UNITARIO		
CALIBRACION DEL MEDIDOR		
P1=Peso del medidor - vidrio		Kgs
P2=Peso del medidor + vidrio+agua		Kgs
V=Volumen del medidor	$\frac{P2-P1}{1000} =$	dm3
DATOS		
Pm=Peso del medidor Vacio		Kgs
Pc=Peso del medidor +material S.S.S compactado		kgs
Ps=Peso del medidor + material S.S.S suelto		Kgs
Peso unitario del agregado S.S.S compactado	$\frac{Pc-Pm}{V} =$	Kg/m3
Peso unitario del agregado S.S.S Suelto	$\frac{Ps-Pm}{V} =$	Kg/m3
% de Absorcion	$\frac{(A-C)*100}{C} =$	%
% de vacios	$1 - \frac{\text{Peso unitario}}{\text{peso especifico}} =$	%
Observaciones:		

ANEXO B. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Permeabilidad de Suelos Granulares (I.N.V. E – 130 – 07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I
(CABEZA CONSTANTE) I.N.V. E – 130 – 07**



DATOS DE LA MUESTRA	
Diametro interno [cm]	
Longitud de la muestra [cm]	
Area trabsversal [cm2]	
Volumen [cm3]	
Peso de la muestra [gr]	
Densidad [gr/cm3]	
Contenido de humedad [%]	
Viscosidad del agua a 20°C [cp]	
Viscosidad del agua a 25°C [cp]	
Altura de la cabeza de agua [cm]	

Elaborado por: _____
 fecha : _____

$$KT = Q \cdot L / (A \cdot h \cdot t)$$

$$K20 = KT \cdot nT / (n20)$$

n20 Viscosidad del agua a 20°C
 nt Viscosidad el agua a temperatura del ensayo

TABLA DE RESULTADOS						
Prueba	Tiempo	Q cte [cm3]	Temperatura	KT [cm/seg]	nt	K 20 [cm/seg]
	[seg]		agua [°C]			
1						
2						
3						
4						
5						
Promedio						

ANEXO C. Hojas de cálculo para el Laboratorio: Análisis Granulométrico en Materiales Particulados (INV 213-07, NTC 77).



**ANALISIS GRANULOMETRICO EN MATERIALES PARTICULADOS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**



PROYECTO _____ SONDEO No _____
 LOCALIZACION _____ MUESTRA No _____
 FECHA _____ PROFUNDIDAD _____

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr: _____

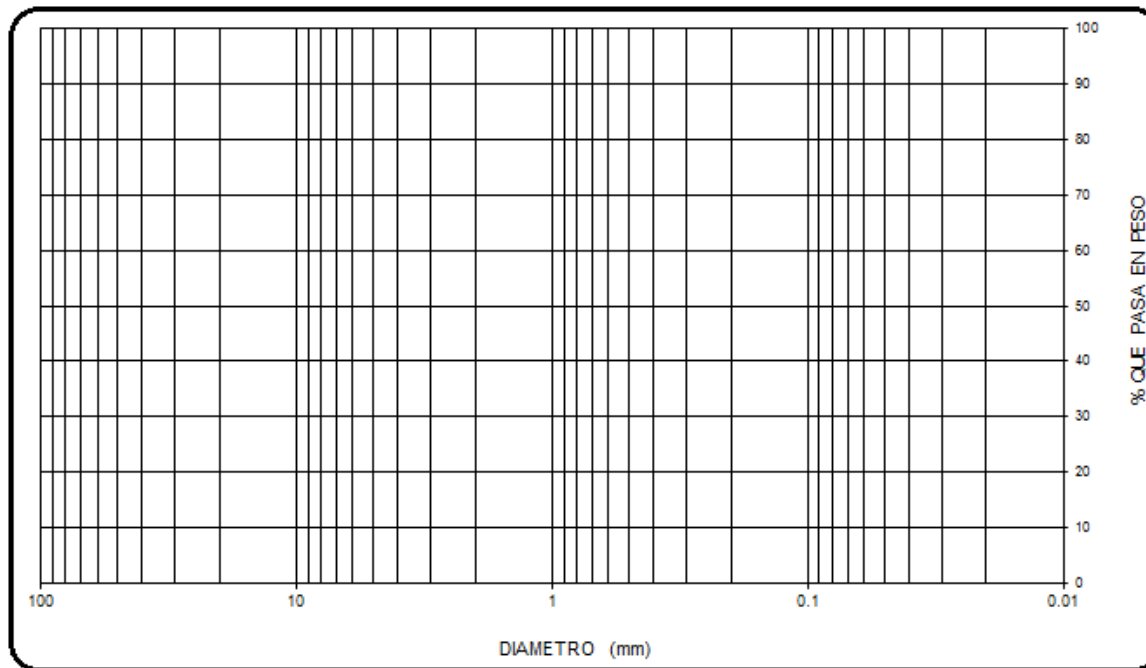
PESO DESPUES DE LAVADO gr: _____

PORCENTAJE DE ERROR %: _____

MUESTRA :		
TARA No.		
PESO TARA (gr)		
PESO TARA.+MUESTRA HUMEDO (gr)		
PESO TARA.+ MUESTRA SECA (gr)		
PESO DEL AGUA (gr)		
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr)		
HUMEDAD (%)		

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% RETEN ACUMU	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%		%	****	mm	gr	%		%
2"	50.8					10	2				
1 1/2"	36.1					20	0.84				
1"	25.4					40	0.42				
3/4"	19.05					60	0.25				
1/2"	12.7					100	0.149				
3/8"	9.52					200	0.074				
No 4	4.75					PASA 200	*****				
SUMA	*****					SUMA	*****				
						TOTAL					

ANALISIS GRANULOMETRICO EN MATERIALES PARTICULADOS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



GRAVAS= _____ %
 ARENAS = _____ %
 FINOS= _____ %

D10= _____
 D30= _____
 D60= _____

CU=(D60 / D10) = _____
 CC= (D30)²/D10*D60 = _____

ANEXO D. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Penetración de Materiales Asfálticos (I.N.V.E - 706-07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE CARACTERIZACION I**



PENETRACION DE MATERIALES ASFALTICOS (I.N.V.E - 706-07)

Elaborado por _____
 Fecha _____

PROBETA N°1

TIPO DE ASFALTO	
MASA FIJA [gr]	

ENSAYO	Penetracion [1/10mm]
1	
2	
3	
Promedio	

PROBETA N°2

TIPO DE ASFALTO	
MASA FIJA [gr]	

ENSAYO	Penetracion [1/10mm]
1	
2	
3	
Promedio	

ANEXO E. Hojas de cálculo para el Laboratorio: Método Para Determinar Los Tiempos de Fraguado del Cemento Hidráulico (NTC -109, NTC-118).



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I**



D.1 CONCISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRAULICO (Norma ICONTEC-110)

CONSITENCIA NORMAL DEL CEMENTO				
Prueba N		1	2	3
Tiempo de mezclado	(min)			
Volumen de agua	(ml)			
Lectura inicial = Li	(mm)			
Lectura final = Lf	(mm)			
Penetracion = Lf-Li	(mm)			
Peso de cemento	(gr)			
peso de agua	(gr)			
w %=(Ww/Ws)*100	(%)			

Observaciones: _____

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ECUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I

D.2 TIEMPOS DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO (INV E 161-07)

TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO	
laboratorio N :	
Ubicación :	
Descripción del suelo :	
Fecha de muestreo:	
Fecha de ensayo:	
CONSISTENCIA NORMAL DE LA MEZCLA	
% Agua a utilizar	
Peso de cemento (gr)	
volumen de agua (ml)	
Densidad de agua (gr/cm ³)	
Temperatura laboratorio (°c)	

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ECUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I

REGISTRO TIEMPO-PENETRACION (AGUJA VICAT)				REGISTRO TIEMPO-PENETRACION (AGUJA GILLMORE)			
Lectura No.	Tiempo (min)	penetración (mm)	Observaciones	Lectura No.	Tiempo (min)	penetración (mm)	Observaciones
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
11				11			
12				12			
13				13			
14				14			
15				15			
16				16			
17				17			
18				18			
19				19			
20				20			
21				21			

ANEXO F. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Punto de Ablandamiento de Materiales Bituminosos (Aparato Anillo de Bola) (I.N.V.E -712-07)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE CARACTERIZACION I



**PUNTO DE ABLANDAMIENTO DE MATERIALES BITUMINOSOS
(APARATO ANILLO DE BOLA) I.N.V.E -712-07**

Elaborado por _____

Fecha _____

NUMERO DE LA MUESTRA	AROS UTILIZADOS	Temperatura [°C] de ablandamiento
1	#1	
	#2	
2	#1	
	#2	
3	#1	
	#2	
4	#1	
	#2	
5	#1	
	#2	

ANEXO G. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Ductilidad de Los Materiales Asfálticos(I.N.V. E 720-07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE CARACTERIZACION I**



DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES ASFALTICOS (INV E 720-07)

DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES ASFALTICOS	
laboratorio N :	
Ubicación :	
Descripcion de la muestra :	
Fecha de muestreo:	
Fecha de ensayo:	

Numero de muestra	1	2	3	4
Temp. Agua- sumerge la muestra (°c)				
Long. De rotura de la muestra (cm)				
Promedio Long rotura (cm)				
velocidad del ductilometro (cm/min)				

Observaciones: _____

ANEXO H. Hoja de cálculo para el Laboratorio: Limites de Consistencia o de Atterberg (I.N.V. E 125-07, I.N.V. E 126-07).



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I**



LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG (INV E 125-07, INV E 126-07).

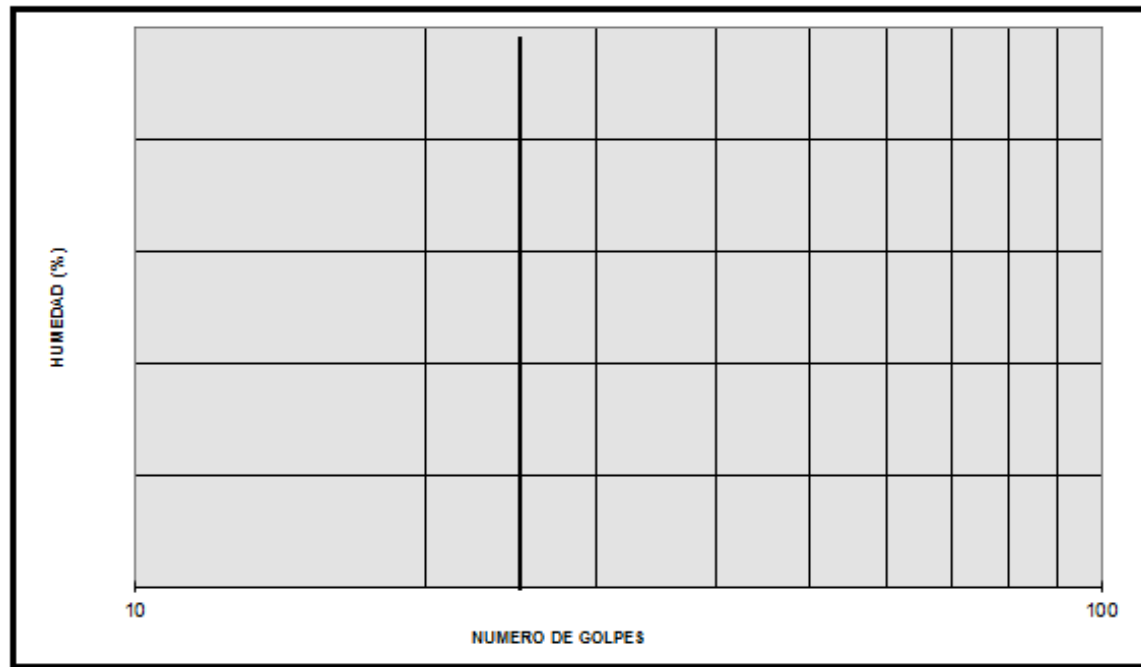
PROYECTO _____ SONDEO No _____
 LOCALIZACION _____ MUESTRA No _____
 FECHA _____ PROFUNDIDAD _____

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA	NUMERO DE	PESO	PESO CAPSULA	PESO	PESO DEL	PESO SUELO	CONTENIDO
No	GOLPES	CAPSULA	+ SUELO	CAPSULA	AGUA	SECO	DE
		gr	HUMEDO	+ SUELO SECO	gr	gr	AGUA
			gr	gr			%

LIMITE PLASTICO

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG (INV E 125-07, INV E 126-07).



LIMITE LIQUIDO : _____

LIM. PLASTICO : _____

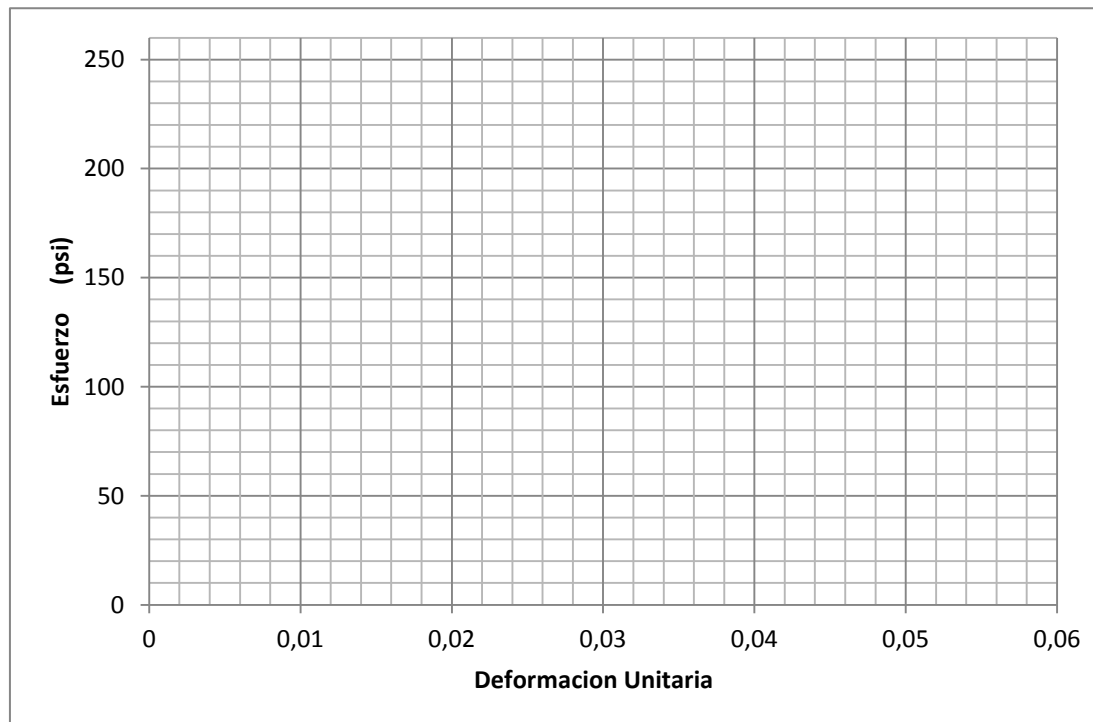
IND. DE PLASTICIDAD : _____



ENSAYO DE RESISTENCIA Y COMPRESION DE
CILINDROS NORMALES DE HORMIGON
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



H.2 GRAFICA ESFUERZO (PSI) VS DERFORMACION UNITARIA (ϵ).



ANEXO K. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Ensayo de Tracción Indirecta de Cilindros Normales de Hormigón (NTC -722).



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I**



ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA DE CILINDROS NORMALES DE HORMIGON (NTC -722).

Elaborado por: _____
 fecha : _____

Altura de la probeta (h) [cm] _____ Diametro (d) [cm] _____ Area transversal [cm²] _____

Identificacion probeta	fecha de fundicion			fecha de roptura			Edad de la muestra [dias]	Resistencia ultima [kg]	Esfuerzo ultimo	
	año	mes	dia	año	mes	dia			[kgf/cm ²]	p.s.i

$$T = \frac{2 * P}{L * d} \left\{ \begin{array}{l} T = \text{Esfuerzo de traccion indirecta} \\ P = \text{Carga con la cual probeta falla [deca NEWTON]} \\ L = \text{Longitud del cilindro [cm]} \\ d = \text{Diametro del cilindor [cm]} \end{array} \right.$$

$$\sigma[\text{psi}] = \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * \frac{2.2046 \text{ lbf}}{1 \text{ kgf}} * \frac{1 \text{ cm}^2}{0.1550 \text{ pulg}^2} = \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2} [\text{p. s. i}]$$

ANEXO L. Hojas de Cálculo para el Laboratorio: Determinación de la Resistencia al Corte del Suelo (Método del Corte Directo) (I.N.V. E-154-07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I**



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO (INV E-154-07)

ENSAYO CORTE DIRECTO	
laboratorio N :	
Ubicación :	
Descripcion del suelo :	
Fecha de muestreo:	
Fecha de ensayo:	

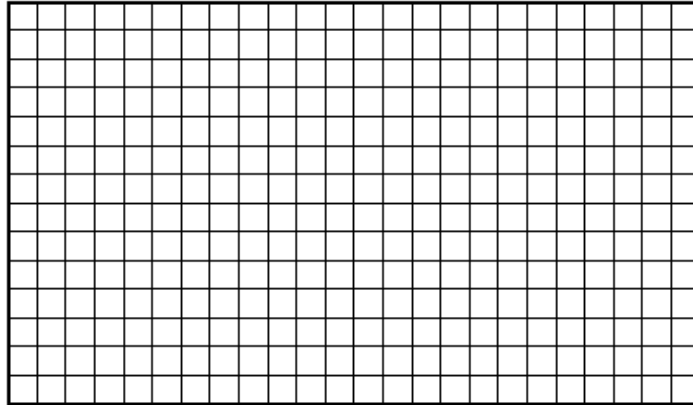
NOTA : para transformar inear de carga a Kg :
 $[P= 0.1472450452*(\# \text{ Lineas}) - 0.1963267269]$

Observaciones: _____

DATOS GENERALES			
Anillo No.	1	2	3
Diametro Superior (cm)			
Diametro Central (cm)			
Diametro Inferior (cm)			
Diametro Promedio (cm)			
Area (cm2)			
Altura Media (cm)			
Peso Anillo (gr)			
Peso Muestra y Anillo (gr)			
Peso Muestra (gr)			
Volumen de la Muestra (cm3)			
PROPIEDADES DE LA MUESTRA			
Muestra No.	1	2	3
Peso de Tara (gr)			
Peso Tara y suelo Humedo (gr)			
Peso Tara y Suelo Seco (gr)			
Peso Agua (gr)			
Peso seco (gr)			
Humedad (%)			
Densidad Humedad (gr/cm3)			
Densidad Seca (gr/cm3)			

Gráfico carga aplicada contra desplazamiento horizontal

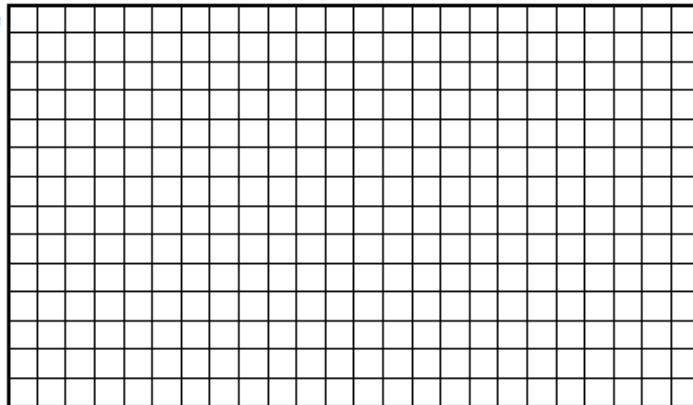
Carga
(Kg)



Desplazamiento horizontal (mm)

Gráfico esfuerzo cortante (τ) versus esfuerzo normal (σ_n)

Esfuerzo corte
(τ)



Esfuerzo normal (σ_n)

Esfuerzo cortante (τ) = Esfuerzo normal (σ_n) = Cohesión (c) = Angulo de fricción interna (ϕ) =

Observaciones :

ANEXO M. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Resistencia al Desgaste de los Agregados por Medio de la Máquina de los Ángeles. (I.N.V. E-218-07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION II**



ABRASION DE AGREGADOS POR (LA MAQUINA DE LOS ANGELES)

ABRASION DE AGREGADOS	
laboratorio N :	
Ubicación :	
Descripcion del agregado :	
Fecha de muestreo:	
Fecha de ensayo:	

DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMAÑOS		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA						
PESO	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	3			2500				
3	4			2500				
4	8				5000			
N° de Esferas		12	11	8	6	12	12	12

PRUEBAS	1	2	3	4	5
Gradacion Usada					
N° de Esferas					
N° de Revoluciones					
Pa= Peso muestra seca antes del ensayo GMS					
Pb= Peso muestra seca despues del ensayo, y despues de lavar sobre el tamiz N°12					
Perdida de Peso					
% desgaste					

**ANEXO N. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Equivalente De Arena De Suelos Y Agregados Finos (I.N.V.E
-133-07)**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION II**



EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS (INVIAS -133-07)

Elaborado por: _____

Fecha: _____

MUESTRA N°	1	2	3	4
Material que pasa por N°4				
Altura de la arcilla [cm]				
Altura de la arena [cm]				
Equivalente de Arena				

Observaciones: _____

ANEXO O. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Sanidad Delos Agregados Frente A La Acción De Las Soluciones De Sulfato De Sodio O De Manganesio (I.N.V.E -220-07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION II**



SANIDAD DELOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DEL SULFATO DE SODIO O DE MANGANESIO

Elaborado por: _____

Fecha: _____

CALCULO DE LA PERDIDA POR CICLO Y TOTAL				
TAMICES		PESO (gr)		PERDIDA
PASA	RETIENE	INICIAL	FINAL	
1"	3/4"			
3/4"	3/8"			
3/8"	N° 4			
N° 4	N° 8			
N° 8	N° 16			
N° 16	N° 30			
N° 30	N° 50			
	Suma			

Análisis culitativo de tamaños gruesos									
Tamano de tamiz	Partidas		Escamosas		Desistegradas		Vueltas lajas		N° Total de particulas antes del ensayo
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
63 a 37.5 mm									
37.5 a 19.0mm									

Observaciones: _____

ANEXO P. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Índice De Aplanamiento Y De Alargamiento De Los Agregados Para Carreteras (I.N.V. E -230-07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION II**



INDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO (INV E -230-07)

INDICE DE APLANAMIENTO	
laboratorio N :	
Ubicación :	
Descripcion del agregado :	
Fecha de muestreo:	
Fecha de ensayo:	
DATOS INICIALES	
Masa de la muestra Mo	gr
Masa retenida por el tamiz 75mm	gr
Masa que pasa por el tamiz 4.75 mm	gr
Suma masas rechazadas	gr

Tamizado con Tamices de ensayo		Cribado con tamices de barras		
Fraccion granulometrica di/Di	Masa (Ri) de la fraccion granilometrica di/Di	Ancho nominal de la ranura del calibrador	Masa de las particulas que pasan por el calibrador (mi)	IAi=(mi/Ri)*100
mm	gr	mm	gr	
50/63		33.9		
38/50		26.4		
25/38		18.8		
19/25		13.2		
12.5/19		9.5		
9.5/12.5		6.6		
6.3/9.5		4.7		
M1=SRi		M2=Smi		
IA=(M2/M1) *100				
$100 * \frac{M_o - \{\sum R_i + \sum(masas rechazadas)\}}{M_o}$				< 1%

INDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO (INV E -230-07)

INDICE DE ALARGAMIENTO		
laboratorio N :		
Ubicación :		
Descripcion del agregado :		
Fecha de muestreo:		
Fecha de ensayo:		
DATOS INICIALES		
Masa de la muestra Mo		gr
Masa retenida por el tamiz 75mm		gr
Masa que pasa por el tamiz 4.75 mm		gr
Suma masas rechazadas		gr

Tamizado con Tamices de		Cribado con tamices de barras		
Fraccion granulometrica di/Di	Masa (Ri) de la fraccion granilometrica di/Di	Ancho nominal de la ranura del calibrador	Masa de las particulas que pasan por el calibrador (mi)	ILi=(mi/Ri)*100
mm	gr	mm	gr	
50/63		--		
38/50		78.8		
25/38		56.3		
19/25		39.6		
12.5/19		28.4		
9.5/12.5		29.8		
6.3/9.5		14.2		
M1=SRi		M2=Smi		
IL=(M2/M1) *100				
$100 * \frac{Mo - \{\sum Ri + \sum(masas rechazadas)\}}{Mo}$				< 1%

Observaciones: _____

ANEXO Q. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados (I.N.V. E-227-07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION II**



PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS (INV E-227-07)

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	
laboratorio N :	
Ubicación :	
Descripcion del agregado :	
Fecha de muestreo:	
Fecha de ensayo:	

TAMAÑO DEL AGREGADO		Masa Total inicial (gr)	PESO DEL MATERIAL			Porcentaje de Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz		Con Caras Fracturadas	Con Caras Dudosas	Con caras NO Fracturadas	
TOTAL						

Observaciones: _____

**ANEXO R. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Evaluación de la Resistencia Mecánica de los Agregados
Gruesos por el Método de 10% de Finos (I.N.V. E – 224 – 07)**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION II**



**SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE
MANGANESIO (I.N.V.E -220-07)**

Elaborado por: _____

Fecha: _____

TIPO DE ENSAYO	
NUMERO DE CAPAS	
# DE GOLPES POR CARA	
MOLDE No	
DIAMETRO MOLDE(m)	
ALTURA MOLDE(m)	
VOL. MOLDE(m3) (v)	

Prueba N°	1	2	3	4
N° de golpes				
Humedad deseada %				
Humedad natural de la muestra				
Humedad adicional %				
Peso de la muestra humeda gr				
Peso de la muestra seca gr				
Agua adicional				
Molde N°				
Peso muestra humedad + molde gr				
Peso molde gr				
Peso muestra humeda gr				
% Humedad horno				
Peso de la muestra seca gr				
Volumen del molde				
Densidad muestra seca gr/cm3				

Observaciones: _____

ANEXO S. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Densidad o Masa Unitaria del Suelo en el Terreno (Método del Cono de Arena) (I.N.V.E 106-07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION II**



DENSIDAD CONO DE ARENA (IN SITU)		
laboratorio N :		
Ubicación :		
Descripcion del suelo :		
Fecha de muestreo:		
Fecha de ensayo:		
DATOS INICIALES		
Densidad de la arena		(gr/cm3)
Diametro del orificio de la placa		(cm)
Profundidad hueco		(cm)
CALIBRACION DE LA ARENA EN EL CONO		
Peso del Aparato del cono de arena		gr
Peso total de la arena		gr
Peso total del Aparato + Arena		gr
Peso final del Aparato + Arena		gr
Peso del Embudo		gr
DENSIDADES Y CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso del Aparato + Arena restante		gr
Peso de la Arena en el hueco		gr
Volumen hueco		cm3
Peso de la lata		gr
Peso del suelo extraido + lata		gr
Peso suelo humedo		gr
Peso especifico humedo		(gr/cm3)
Peso suelo seco + lata		gr
Peso del suelo seco		gr
Peso especifico seco		(gr/cm3)
Peso del agua evaporada		gr
Contenido de Humedad (%)		%
observaciones:		

ANEXO T. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Relación de Soporte del Suelo en el Laboratorio (CBR De Laboratorio I.N.V.E – 148 – 07).



RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR DE LABORATORIO)
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

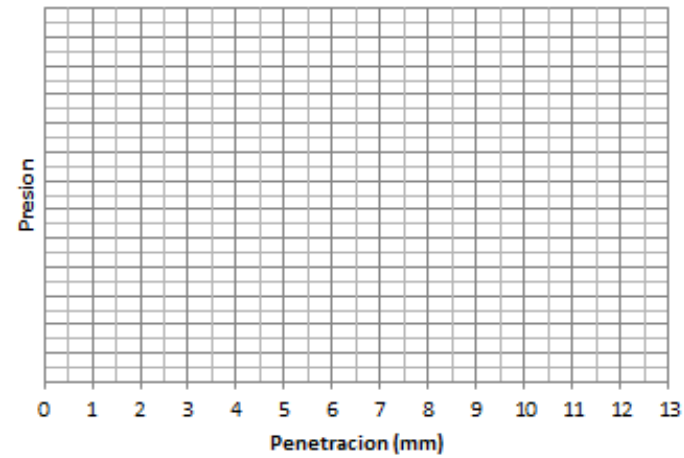


Fecha
Grupo:
Integrantes:

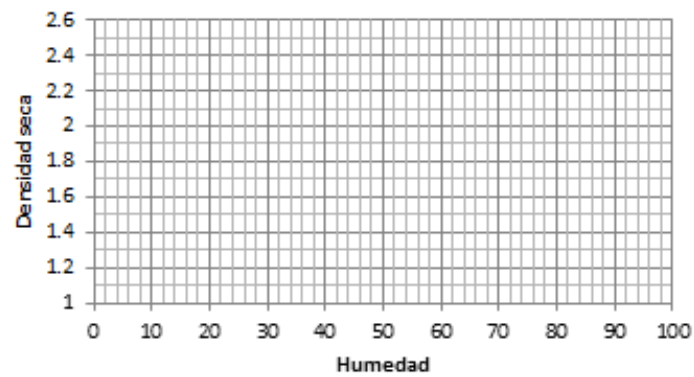
Información previa al ensayo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Golpes por capa	56	25	10
Masa húmeda de la porción de suelo	7000	7000	7000
Humedad inicial			
humedad deseada o prefijada			
Masa de agua a añadir			

Compactación y densidades			
Peso del molde + placa base			
Peso del molde más el suelo compactado			
Peso del suelo compactado			
Capacidad volumétrica del molde			
Humedad			
Densidad antes de ser sumergida			
Densidad seca antes de ser sumergida			

Ensayo de expansión e inmersión						
Fecha	Hora	Tiempo acumulado	Lectura de dial	Expansión	Expansión	Expansión



Presión Vs penetración



Densidad seca vs Humedad

ANEXO U. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Resistencia de Mezclas Asfálticas en Caliente empleando el Aparato Marshall (I.N.V. E- 748 -07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I**



RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE- MARSHALL (INV E- 748 -07)

GRANULOMETRIA MUESTRA 1				GRANULOMETRIA MUESTRA 2				GRANULOMETRIA MUESTRA 3			
TAMAÑO DEL AGREGADO		Masa Total inicial (gr)	Masa Total Lavada (gr)	TAMAÑO DEL AGREGADO		Masa Total inicial (gr)	Masa Total Lavada (gr)	TAMAÑO DEL AGREGADO		Masa Total inicial (gr)	Masa Total Lavada (gr)
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz			Pasa Tamiz	Retiene Tamiz			Pasa Tamiz	Retiene Tamiz		
TOTAL				TOTAL				TOTAL			

Muestra No.	% Agregado	% Asfalto	Espesor Muestra (cm)			Gbulk				Estabilidad			Flujo	
						Peso Muestra al Aire	Peso Muestra +Parafina al aire	Peso Muestra +Parafina en el agua	Peso Parafina	Extensometro de carga	Medida Kg	Corregida	0.01 °	Gmb	Gmm
1														
2														
3														

Observaciones:

ANEXO V. Hojas de Cálculo para el Laboratorio: Consolidación Unidimensional de los Suelos (I.N.V. E – 151 – 07)



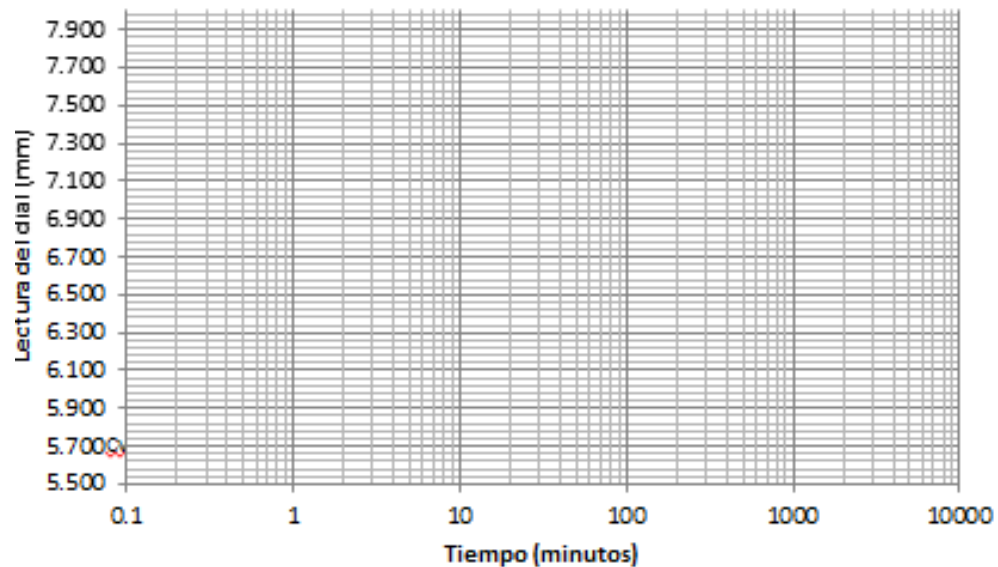
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS (I.N.V. E – 151 – 07)
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



Aplicación de carga N°
Presión Kg/cm²
Altura inicial mm

Fecha y hora	Tiempo	Tiempo (min)	Log tiempo	Lectura del dial	Asentamiento
	0 s	0			
	8 s	0,125			
	15 s	0,25			
	30 s	0,5			
	1 min	1			
	2 min	2			
	4 min	4			
	8 min	8			
	15 min	15			
	30 min	30			
	1hr	60			
	2 hr	120			
	4 hr	240			
	8 hr	480			
	16 hr	960			
	24 hr	1440			

Deformación vs Tiempo



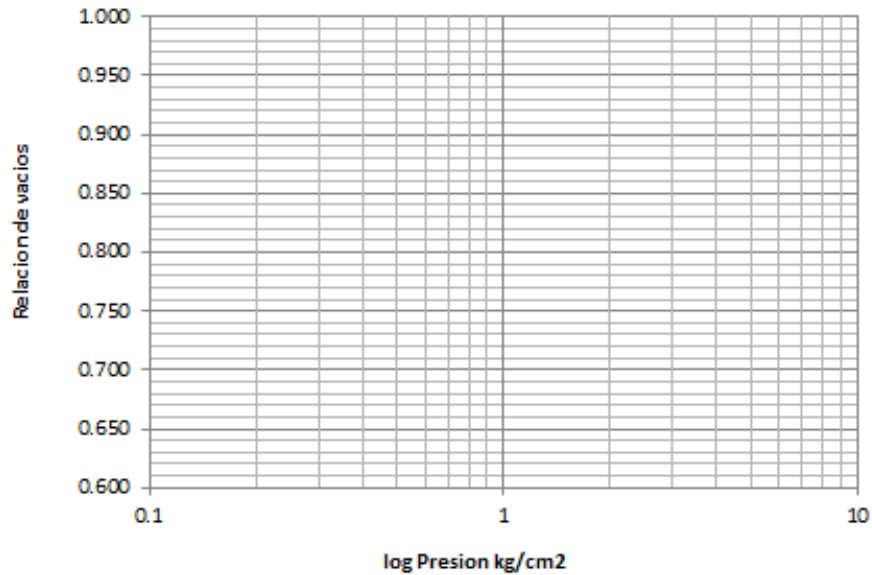
Relación de vacíos inicial:
 Altura de sólidos (hs)

Nota: imprimir 6 o 7 veces esta hoja de cálculo cada una para un incremento de carga

RESUMEN DE LOS PARAMETROS DE CONSOLIDACION

Fecha y hora	Carga Kg/cm ²	Asentamiento(mm)	Altura final de la probeta	Altura de vacíos	Relación de vacíos e	Coefficiente de consolidación CV
	0	0				
	0.125					
	0.25					
	0.5					
	1					
	2					
	4					
	8					
	-					
	-					

Relación de vacíos VS carga Kg/cm²



Fecha DD/M/A
Grupo: A1
Integrantes:

Información de la muestra

Estado de la muestra inalterada/ re moldeada		Si/No
Ma peso del anillo de consolidación + probeta de ensayo		g
Mb peso de probeta seca al horno		g
Mc peso del anillo de consolidación		g
Md peso de la muestra húmeda después del ensayo		g
H ₀ altura inicial de la muestra medida con el calibrador		mm
ΔH asentamiento total de la muestra al finalizar el ensayo		mm
W ₀ humedad inicial	$W_0 = \frac{Ma - Mb - Mc}{Mb} * 100$	%
Wf humedad final	$Wf = \frac{Md - Mb}{Mb} * 100$	%
Hs altura de solidos	$Hs = (H_0 - \Delta H) - \frac{Md - Mb}{A}$	mm
e Relación de vacíos inicial	$e = \frac{H_0 - Hs}{Hs}$	-
S ₀ Grado de saturación inicial	$S_0 = \frac{Ma - Mb - Mc}{(H_0 - Hs) * A} * 100$	%

Observaciones:

ANEXO W. Hoja de Cálculo para el Laboratorio: Determinación de las leyes de Fatiga de Mezclas Asfálticas Compactadas en caliente Sometidas a Flexión Dinámica (I.N.V. E – 784 – 07)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE CARACTERIZACION I**



DETERMINACIÓN DE LAS LEYES DE FATIGA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EN CALIENTE SOMETIDAS A FLEXIÓN DINÁMICA (I.N.V. E – 784 – 07)


ESAYO FATIGA DE MEZCLAS ASFALTICAS	
laboratorio N :	
Ubicación :	
Descripcion del agregado :	
Fecha de muestreo:	
Fecha de ensayo:	

Parametro	Unidad	Especimen
% Ligante Asfaltico	%	
% Vacios	%	
VFA	%	
VMA	%	
Gbs agregado		
% Absorcion de agua	%	
% Agua atrapada	%	
MR laboratorio	Mpa	

Parametro	Unidad	Deformacion Aplicada				
Muestra	Mpa					
Rigidez a la flexion inicial	Mpa					
Rigidez a la felexion final	Mpa					
Rigidez	Mpa					
Modulo de elasticidad final	Mpa					
Angulo de fase	°					
Energia disipada en primer ciclo	kPa					
Energia disipasa final	kPa					
Energia total disipada	Mpa					
Esfuerzo de tension Maximo	kPa					
Ciclos para la falla	No					

Observaciones: _____

ANEXO X. Tablas Caracterización de Materiales que se utilizaron para el diseño de Mezcla.

	LABORATORIO DE CARACTERIZACION DE MATERIALES DE CINSTRUCCION INFORME DEL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO		
SOLICITANTE	ESTUDIANTES - PROYECTO	FECHA	01/07/2014
RESISTENCIA SOLICITADA	3000 P.S.I	210	Kg/cm ²
CONSISTENCIA REQUERIDA	3 PULGADAS	DE SLUMP	
RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS AGRAGADOS			
AGREGADO GRUESO			
descripcion y procedencia	ASOCIACION ARENEROS CAMPESINOS DE SANTANDER - VIA CAFÉ MADRID		
GIRON - LA POLAR			
Peso especifico (SSS)	2.59		Kg/m ³
Peso unitario (SSS)	1425		Kg/m ³
Absorcion maxima	1.5		%
Tamaño maximo nominal	3/4		
AGREGADO FINO			
descripcion y procedencia	ASOCIACION ARENEROS CAMPESINOS DE SANTANDER - VIA CAFÉ MADRID		
GIRON - POLAR			
Peso especifico (SSS)	2630		Kg/m ³
Peso unitario (SSS)	1530		Kg/m ³
Absorcion maxima	2		%
Modulo de finura	2.9		
DISEÑO POR METRO CUBICO DE CONCRETO			
	Peso en Kg		Volumen en litros
Agua	200		200
Cemento, portland, tipo I	375		125
Agregado fino	750		285
Agregado grueso	1010		390
Proporciones	1 DE CEMENTO 2 DE ARENA 2,7 DE TRITURADO		
Nota:	DATOS EN PESO 1m ³ DE HORMIGON CON MATERIALES SECOS.		
	CEMENTO DIAMANTE CEMEX PESO ESPEICICO 3 RELACION A/c 0.53		
	OBRA: CONSTRUCCION DE LA OBRA CIVIL Y ELABORACION DE DISEÑOS HIDROSANITARIOS		
	DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA DE COLOMBIA SEDE BUCARAMNAGA.		
	RESISTENCIA A 7 DIAS : 2285 - 2260 P S I		
DISEÑO			VoBo



**LABORATORIO DE CARACTERIZACION DE MATERIALES DE CINSTRUCCION
ENSAYO FISICO DE LOS AGREGADOS**

SOLICITANTE _____ ESTUDIANTES - PROYECTO _____ FECHA 01/07/2014
 RESISTENCIA SOLICITADA 3000 P.S.I 210 Kg/cm²
 CONSISTENCIA REQUERIDA 3 PULGADAS DE SLUMP

GRAVEDADES ESPECIFICAS					
	A. FINO	A. GRUESO		A. FINO	A. GRUESO
REAL	2.68	2.66	PESO UNITARIO SUELTO	1455 Kg/m ³	1395 Kg/m ³
APARENTE	2.51	2.52	PESO UNITARIO CPMPACTO	1530 Kg/m ³	1425 Kg/m ³
APARENTE SSS	2.63	2.59	ABSORCION	2%	1.50%
			PORCENTAJE DE VACIO	37%	38%
MATERIA ORGANICA FINO # 2			NORMA ICONTEC -92-237-127-77-176		

AGREGADO FINO				
TAMIZ	PESO RETENIDO	%RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUEPASA 100%
4	33.1	3.31	3.31	96.69
8	59.1	5.91	9.23	90.78
16	162.4	16.25	25.48	74.54
30	386.5	38.68	64.15	35.89
50	266.6	26.68	90.83	9.23
100	66.1	6.61	97.45	4.62
FONDO	26	2.60	99.95	0.02
TOTAL	999.3	999.3		1000 gr

MODULO DE FINURA 2.9 TAMAÑO EFECTIVO ----- COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD -----

AGREGADO GRUESO				
TAMIZ	PESO RETENIDO	%RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUEPASA 100%
1				
3/4				
1/2	2826	40.37	40.37	59.63
3/8	2625	37.5	77.87	22.13
# 4	1549	22.13	100	0

FONDO TOTAL 7000 PESO DE LA MUESTRA 7000 gr

TAMAÑO MAXIMO 3/4

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4

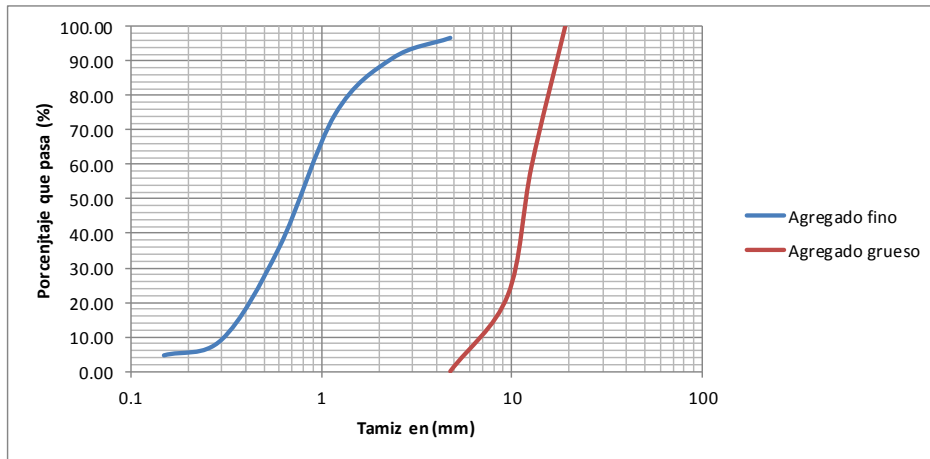
OBSERVACIONES



**LABORATORIO DE CARACTERIZACION DE MATERIALES DE CINSTRUCCION
ENSAYO FISICO DE LOS AGREGADOS**

SOLICITANTE _____ ESTUDIANTES - PROYECTO _____ FECHA 01/07/2014
 RESISTENCIA SOLICITADA 3000 P.S.I 210 Kg/cm²
 CONSISTENCIA REQUERIDA 3 PULGADAS DE SLUMP

GRAVEDADES ESPECIFICAS				
	A. FINO	A.GRUESO	A. FINO	A.GRUESO
REAL	2.68	2.66	PESO UNITARIO SUELTO	1455 Kg/m ³ 1395 Kg/m ³
APARENTE	2.51	2.52	PESO UNITARIO CPMPACTO	1530 Kg/m ³ 1425 Kg/m ³
APARENTE SSS	2.63	2.59	ABSORCION	2% 1.50%
MATERIA ORGANICA FINO # 2			PORCENTAJE DE VACIO	37% 38%
			NORMA NTC -77-92 -237 -127	



OBSERVACIONES