

**SUPERVISION Y CONTROL DE OBRAS CIVILES EN EL MUNICIPIO DE  
TUQUERRES**

**LUIS FERNANDO LEYTON LOPEZ**

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Director**

**ING. FRANCISCO CORAL ASAIN**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPATAMENTO DE DISEÑO Y CONTRUCCION  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2003**

**SUPERVISION Y CONTROL DE OBRAS CIVILES EN EL MUNICIPIO DE  
TUQUERRES**

**LUIS FERNANDO LEYTON LOPEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPATAMENTO DE DISEÑO Y CONTRUCCION  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2003**

## **DEDICATORIA**

A DIOS  
A MIS PADRES Y HERMANA  
QUIENES  
ME APOYARON  
INCONDICIONALMENTE  
EN EL TRANCURSO DE MI  
CARRERA  
CON PROFUNDO EMPEÑO Y  
SACRIFICIO  
PARA LLEGAR A SER UN  
PROFESIONAL

A MIS ABUELOS, TIOS Y  
FAMILIARES  
POR SER UN MOTIVO DE  
INSPIRACION

LUIS FERNANDO LEYTON  
LOPEZ

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

FRANCISCO CORAL ASAIN, Ingeniero Civil y docente de la Universidad de Nariño por su gran colaboración en el proyecto, por sus oportunas aclaraciones y su valiosa orientación.

Al Dr. JAIRO GUERRERO G. Decano de la facultad de Ingeniería, quien ha permitido que los egresados de la Facultad participen en el desarrollo de una región o localidad.

A la Ing. DORIS MARTINEZ. Secretaria Académica de la facultad de Ingeniería, por su colaboración en todos los trámites de este trabajo de grado

A Todas las personas que de una u otra Forma contribuyeron en la ejecución del presente trabajo.



## CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN  | 31   |
| 1. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO No. 110658-0-2002,<br>FONDO NACIONAL DE CAMINOS VECINALES | 32   |
| 1.1 DESCRIPCION   | 32   |
| 1.2 EJECUCION DEL TRABAJO   | 32   |
| 1.2 .1 Actividades.   | 32   |
| 1.3 OBRAS ADICIONALES   | 35   |
| 1.4 VEREDAS VENEFIADAS CON EL PROYECTO  | 36   |
| 2. DISEÑO ACUEDUCTO VEREDA RANCHO GRANDE  | 37   |
| 2.1 CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO   | 37   |
| 2.1.1 Población actual.   | 37   |
| 2.1.2 Tasa de crecimiento anual.  | 37   |
| 2.1.3 Temperatura promedio.   | 37   |
| 2.1.4 Selección del nivel de complejidad.   | 37   |
| 2.1.5 Selección del tipo de red. 2.1.6 Periodo de diseño.                                   | 37   |
| 2.1.6 Periodo de diseño   | 37   |
| 2.1.7 Población futura.   | 37   |
| 2.1.8 Caudales de diseño.   | 37   |
| 2.2 DISEÑO CAPTACION DE FONDO   | 38   |
| 2.2.1 Datos generales.  | 38   |
| 2.2.2 Calculo de la rejilla método de las velocidades                                       | 39   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.2.3 | Calculo de verteros  | 40 |
| 2.3   | <b>DISEÑO DESARENADOR CONVENCIONAL</b>   | 43 |
| 2.3.1 | Datos generales.   | 43 |
| 2.3.2 | Parámetros de diseño.  | 43 |
| 2.4   | <b>DISEÑO TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>   | 49 |
| 2.4.1 | Datos generales.   | 49 |
| 2.4.2 | Parámetros de diseño.  | 50 |
| 2.5   | <b>DISEÑO DE LA CONDUCCION</b>   | 52 |
| 2.5.1 | Datos generales.   | 52 |
| 2.5.2 | Diseño.  | 52 |
| 3.    | <b>SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700250/02,<br/>PROYECTO No. 52-838-0005, CONSECUTIVO 5431,<br/>PAVIMENTACION DE LA CARRERA 13ª ENTRE CALLES 27 Y 29 EN<br/>TUQUERRES NARIÑO.</b> | 55 |
| 3.1   | <b>ESTADO INICIAL DE LA OBRA</b>   | 55 |
| 3.2   | <b>CONFORMACION DE LA BASE</b>   | 55 |
| 3.2.1 | Ensayo de laboratorio para el material de base.  | 55 |
| 3.3   | <b>CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO</b>   | 61 |
| 3.3.1 | Mezcla utilizada.  | 62 |
| 3.3.2 | Construcción de la losa de concreto.   | 63 |
| 3.3.3 | Elaboración del concreto.  | 66 |
| 4.    | <b>SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700251/02,<br/>PROYECTO No. 52-838-0010, CONSECUTIVO 7052,<br/>PAVIMENTACION VIA BARRIO PARTIDERO ETAPA 2 EN</b>                                 | 77 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>TUQUERRES, NARIÑO.</b>   | <b>77</b>  |
| <b>4.1 CONFORMACION DE LA SUBRASANTE</b>  | <b>79</b>  |
| 4.1.1 Obras de Drenaje.   | 80         |
| <b>4.2 CONFORMACION DE LA BASE</b>  | <b>80</b>  |
| 4.2.1 Ensayo de laboratorio para el material de base.   | 82         |
| 4.2.2 Ejecución del trabajo.  | 85         |
| 4.2.3 Control de la obra.   | 87         |
| <b>4.3 CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO</b>  | <b>88</b>  |
| 4.3.1 Mezcla utilizada.   | 88         |
| 4.3.2 Construcción de la losa de concreto.  | 90         |
| 4.3.3 Elaboración del concreto.   | 99         |
| <b>4.4 ESTADO ACTUAL DE LA VÍA</b>  |            |
| <b>5. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700249/02,<br/>PROYECTO No. 52-838-0009, CONSECUTIVO 6957 PAVIMENTACION<br/>DE VIA PERIMETRAL PLAZA DE MERCADO SANTA MARIA EN<br/>TUQUERRES, NARIÑO.</b> | <b>100</b> |
| <b>5.1 ESTADO INICIAL DE LA VIA</b>   | <b>100</b> |
| <b>5.2 CONFORMACION DE LA BASE</b>  | <b>100</b> |
| 5.2.1 Ensayo de laboratorio para el material de base.   | 103        |
| 5.2.2 Ejecución del trabajo.  | 107        |
| 5.2.3 Control de la obra  | 110        |
| <b>5.3 CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO</b>  | <b>110</b> |
| 5.3.1 Mezcla utilizada.   | 111        |
| 5.3.2 Construcción de la losa de concreto.  | 114        |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.3.3 | Elaboración del concreto.   | 122 |
| 5.3   | ESTADO ACTUAL DE LA VÍA   |     |
| 6.    | SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700252/02,<br>PROYECTO NO. 52-838-0011, CONSECUTIVO 7240,<br>PAVIMENTACION | 123 |
|       | DE LA CARREA 16 ENTRE CALLES 17 Y 20 EN TUQUERRES,<br>NARIÑO.   | 123 |
| 6.1   | ESTADO INICIAL DE LA OBRA   | 123 |
| 6.2   | CONFORMACION DE LA BASE   | 123 |
| 6.2   | CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO   | 123 |
| 6.2.1 | Ensayo de laboratorio para el material de base  | 127 |
| 6.2.2 | Procedimiento y análisis del ensayo de granulometría  | 129 |
| 6.2.3 | Ejecución del trabajo   | 130 |
| 6.3   | CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO   | 131 |
| 6.3.1 | Mezcla utilizada  | 133 |
| 6.3.2 | Cilindros de prueba   |     |
| 6.3.3 | Elaboración del concreto  |     |
| 7.    | SUPERVISION Y CONTOL CONVENIO 189-02,<br>MEJORAMIENTO   | 143 |
|       | DE LA VIA TUQUERRES – OSPINA CON EL DEPARTAMENTO<br>DE NARIÑO.  | 143 |
| 7.1   | LOCALIZACION Y REPLANTEO  | 144 |
| 7.2   | CONFORMACION DE LA SUBRASANTE   | 145 |
| 7.2.1 | Equipo  | 146 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 7.2.2 | Excavación y cambio de tubería.                 | 148 |
| 7.2.3 | Obras de drenaje.                               | 148 |
| 7.2.4 | Obras de drenaje                                | 155 |
| 7.3   | CONFORMACION DE LA BASE                         | 156 |
| 7.3.1 | Ensayo de laboratorio para el material de base. | 159 |
| 7.3.2 | Ejecución del trabajo.                          | 159 |
| 7.3.3 | Control de la obra.                             | 162 |
| 7.4   | CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO   | 165 |
| 7.4.1 | Mezcla de prueba.                               | 175 |
| 7.4.2 | Construcción de la losa de concreto.            | 176 |
| 7.4.3 | Elaboración del concreto                        | 177 |
| 8.    | CONCLUSIONES                                    |     |
| 9.    | BIBLIOGRAFIA                                    |     |
|       | ANEXOS  |     |

## LISTA DE FIGURAS

|                                       | Pág. |
|---------------------------------------|------|
| Figura 1. Estado inicial de red vial. | 33   |
| Figura 2. Conformación de la vía.     | 33   |
| Figura 3. Extensión de material.      | 34   |
| Figura 4. Compactación de material.   | 34   |

|                   |   |           |
|-------------------|---|-----------|
| <b>Figura 5.</b>  | <b>Construcción muro de contención.</b>                                 | <b>35</b> |
| <b>Figura 6.</b>  | <b>Estado actual de la red vial.</b>                                    | <b>35</b> |
| <b>Figura 7.</b>  | <b>Compactación de la base.</b>   | <b>58</b> |
| <b>Figura 8.</b>  | <b>Construcción de sumideros.</b>                                       | <b>59</b> |
| <b>Figura 9.</b>  | <b>Toma de densidades in situ.</b>                                      | <b>61</b> |
| <b>Figura 10.</b> | <b>Elaboración de la mezcla.</b>  | <b>62</b> |
| <b>Figura 11.</b> | <b>Medida del asentamiento.</b>   | <b>62</b> |
| <b>Figura 12.</b> | <b>Cilindros de prueba.</b>   | <b>63</b> |
| <b>Figura 13.</b> | <b>Colocación de la formaleta.</b>                                      | <b>64</b> |
| <b>Figura 14.</b> | <b>Instalación pasadores de transmisión de carga junta transversal.</b> | <b>65</b> |
| <b>Figura 15.</b> | <b>Instalación pasadores de anclaje junta longitudinal.</b>             | <b>66</b> |
| <b>Figura 15.</b> | <b>Elaboración de la mezcla.</b>  | <b>67</b> |
| <b>Figura 16</b>  | <b>Extensión del concreto.</b>  | <b>68</b> |
| <b>Figura 17.</b> | <b>Compactación del concreto con vibrador de aguja.</b>                 | <b>69</b> |
| <b>Figura 18.</b> | <b>Vibración externa.</b>   | <b>69</b> |
| <b>Figura 19.</b> | <b>Ensayo de asentamiento.</b>  | <b>70</b> |
| <b>Figura 20.</b> | <b>Toma de cilindros.</b>   | <b>70</b> |
| <b>Figura 21.</b> | <b>Apisonado de la superficie</b>                                       | <b>71</b> |
| <b>Figura 22.</b> | <b>Texturizado de la superficie</b>                                     | <b>71</b> |
| <b>Figura 23.</b> | <b>Curado del concreto</b>  | <b>72</b> |
| <b>Figura 24.</b> | <b>Colocación platinas 8 mm de espesor</b>                              | <b>73</b> |
| <b>Figura 25.</b> | <b>Formaleta sardinell.</b>   | <b>73</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 26. Fundición sardinel</b>   | <b>74</b> |
| <b>Figura 27. Terminado de sumideros.</b>  | <b>74</b> |
| <b>Figura 28. Terminado de las cámaras de inspección</b>                           | <b>75</b> |
| <b>Figura 29. Sellado de las juntas</b>  | <b>75</b> |
| <b>Figura 30. Panorámica de la vía terminada</b>                                   | <b>76</b> |
| <b>Figura 31. Perfilado de la vía por métodos manuales.</b>                        | <b>76</b> |
| <b>Figura 32. Desalojo de material del sitio.</b>                                  | <b>78</b> |
| <b>Figura 33. Excavación para construcción de sumideros.</b>                       | <b>78</b> |
| <b>Figura 34. Construcción de sumideros.</b>                                       | <b>79</b> |
| <b>Figura 35. Acordonamiento del material de base.</b>                             | <b>83</b> |
| <b>Figura 36. Mezcla del material con cargador.</b>                                | <b>83</b> |
| <b>Figura 37. Extendido y aireación del material de base.</b>                      | <b>84</b> |
| <b>Figura 38. Irrigación del material de base.</b>                                 | <b>84</b> |
| <b>Figura 39. Compactación de la base.</b>   | <b>85</b> |
| <b>Figura 40. Toma de densidades in situ.</b>                                      | <b>87</b> |
| <b>Figura 41. Colocación de la formaleta.</b>                                      | <b>89</b> |
| <b>Figura 42. Instalación pasadores de transmisión de carga junta transversal.</b> | <b>89</b> |
| <b>Figura 43. Instalación pasadores de anclaje junta longitudinal.</b>             | <b>90</b> |
| <b>Figura 44. Irrigación de la base.</b>   | <b>91</b> |
| <b>Figura 45. Elaboración de la mezcla.</b>  | <b>91</b> |
| <b>Figura 46. Colocación del concreto.</b>   | <b>92</b> |
| <b>Figura 47. Compactación del concreto con vibrador de aguja.</b>                 | <b>92</b> |

|                   |   |            |
|-------------------|---|------------|
| <b>Figura 48.</b> | <b>Vibración externa.</b>                             | <b>93</b>  |
| <b>Figura 49.</b> | <b>Ensayo de asentamiento.</b>                        | <b>93</b>  |
| <b>Figura 50.</b> | <b>Toma de cilindros.</b>                             | <b>94</b>  |
| <b>Figura 51.</b> | <b>Texturizado y apisonado.</b>                       | <b>94</b>  |
| <b>Figura 53.</b> | <b>Texturizado con escoba.</b>                        | <b>95</b>  |
| <b>Figura 53.</b> | <b>Curado del concreto.</b>                           | <b>95</b>  |
| <b>Figura 54.</b> | <b>Platinas 8 mm de espesor.</b>                      | <b>96</b>  |
| <b>Figura 55.</b> | <b>Construcción de sardineles.</b>                    | <b>96</b>  |
| <b>Figura 56.</b> | <b>Fundición de tapas para cámaras de inspección.</b> | <b>97</b>  |
| <b>Figura 57.</b> | <b>Terminado de sumideros.</b>                        | <b>97</b>  |
| <b>Figura 58.</b> | <b>Terminado de las cámaras de inspección.</b>        | <b>98</b>  |
| <b>Figura 59.</b> | <b>Terminado de sardineles.</b>                       | <b>98</b>  |
| <b>Figura 60.</b> | <b>Panorámica actual de la vía.</b>                   | <b>99</b>  |
| <b>Figura 61.</b> | <b>Mezcla de material para base.</b>                  | <b>104</b> |
| <b>Figura 62.</b> | <b>Extendido y aireación del material de base.</b>    | <b>104</b> |
| <b>Figura 63.</b> | <b>Material saturado.</b>                             | <b>105</b> |
| <b>Figura 64.</b> | <b>Levantamiento y secado de material saturado.</b>   | <b>105</b> |
| <b>Figura 65.</b> | <b>Compactación de la base.</b>                       | <b>107</b> |
| <b>Figura 66.</b> | <b>Replanteo de niveles</b>                           | <b>108</b> |
| <b>Figura 67.</b> | <b>Toma de densidades in situ.</b>                    | <b>110</b> |
| <b>Figura 68.</b> | <b>Toma de asentamientos.</b>                         | <b>111</b> |
| <b>Figura 69.</b> | <b>Toma de cilindros.</b>                             | <b>111</b> |
| <b>Figura 70.</b> | <b>Colocación de la formaleta.</b>                    | <b>112</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Figura 71. Instalación pasadores de transmisión de carga junta transversal.</b> | <b>113</b> |
| <b>Figura 72. Instalación de pasadores de anclaje junta longitudinal.</b>          | <b>114</b> |
| <b>Figura 73. Elaboración de la mezcla.</b>  | <b>115</b> |
| <b>Figura 74. Colocación del concreto.</b>   | <b>115</b> |
| <b>Figura 75. Compactación del concreto con vibrador de aguja.</b>                 | <b>116</b> |
| <b>Figura 76. Vibración externa.</b>   | <b>116</b> |
| <b>Figura 77. Ensayo de asentamiento.</b>  | <b>117</b> |
| <b>Figura 78. Toma de cilindros.</b>   | <b>117</b> |
| <b>Figura 79. Apisonado del concreto.</b>  | <b>118</b> |
| <b>Figura 80. Texturizado con lona.</b>  | <b>118</b> |
| <b>Figura 81. Curado del concreto.</b>   | <b>119</b> |
| <b>Figura 82. Platinas 8 mm de espesor.</b>  | <b>119</b> |
| <b>Figura 83. Instalación malla para sardineles.</b>                               | <b>120</b> |
| <b>Figura 84. Construcción de sardineles.</b>                                      | <b>120</b> |
| <b>Figura 85. Construcción de sumideros.</b>                                       | <b>121</b> |
| <b>Figura 86. Construcción cunetas.</b>  | <b>121</b> |
| <b>Figura 87. Estado actual de la vía.</b>   | <b>122</b> |
| <b>Figura 88. Extendido y aireación del material de base</b>                       | <b>126</b> |
| <b>Figura 89. Compactación de la base</b>  | <b>127</b> |
| <b>Figura 90. Toma de densidades in situ.</b>                                      | <b>129</b> |
| <b>Figura 91. Elaboración de la mezcla.</b>  | <b>130</b> |
| <b>Figura 92. Medida del asentamiento.</b>   | <b>130</b> |
| <b>Figura 93. Cilindros de prueba</b>  | <b>131</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Figura 94. Colocación de la formaleta</b>                                      | <b>132</b> |
| <b>Figura 95. Instalación pasadores de transmisión de Carga junta transversal</b> | <b>132</b> |
| <b>Figura 96. Instalación pasadores de anclaje junta Longitudinal</b>             | <b>133</b> |
| <b>Figura 97. Elaboración de la mezcla</b>  | <b>134</b> |
| <b>Figura 98. Colocación y extensión del concreto</b>                             | <b>134</b> |
| <b>Figura 99. Compactación del concreto con vibrador de aguja</b>                 | <b>135</b> |
| <b>Figura 100. Vibración externa</b>  | <b>135</b> |
| <b>Figura 101. Ensayo de asentamiento</b>   | <b>136</b> |
| <b>Figura 102. Toma de cilindros</b>  | <b>136</b> |
| <b>Figura 103. Texturizado y apisonado de la superficie.</b>                      | <b>137</b> |
| <b>Figura 104. Curado del concreto</b>  | <b>138</b> |
| <b>Figura 105. Colocación platinas 8 mm de espesor.</b>                           | <b>138</b> |
| <b>Figura 106. Formaleta sardinel</b>   | <b>139</b> |
| <b>Figura 107. Fundición sardinel</b>   | <b>139</b> |
| <b>Figura 107. Terminado de sumideros</b>   | <b>140</b> |
| <b>Figura 108. Terminado de las cámaras de inspección</b>                         | <b>140</b> |
| <b>Figura 109. Sellado de las juntas</b>  | <b>141</b> |
| <b>Figura 110. Construcción de cañuela</b>  | <b>141</b> |
| <b>Figura 111. Panorámica de la vía terminada sector 1.</b>                       | <b>142</b> |
| <b>Figura 112. Panorámica de la vía terminada sector 2.</b>                       | <b>142</b> |
| <b>Figura 113. Estado inicial de la vía</b>                                       | <b>144</b> |
| <b>Figura 114. Perfilado de la vía por métodos manuales</b>                       | <b>145</b> |

|                    |  |            |
|--------------------|--|------------|
| <b>Figura 115.</b> | <b>Desalojo de material del sitio</b>                      | <b>145</b> |
| <b>Figura 116.</b> | <b>Excavación y cambio de tubería</b>                      | <b>116</b> |
| <b>Figura 117.</b> | <b>Construcción de sumideros</b>                           | <b>117</b> |
| <b>Figura 118.</b> | <b>Construcción cámara de inspección</b>                   | <b>147</b> |
| <b>Figura 119</b>  | <b>Cuarteo para muestra representativa</b>                 | <b>149</b> |
| <b>Figura 119.</b> | <b>Tamizado de material a través de la malla 3/8</b>       | <b>149</b> |
| <b>Figura 120.</b> | <b>Lavado de material fino</b>                             | <b>150</b> |
| <b>Figura 121.</b> | <b>Lavado de material grueso</b>                           | <b>150</b> |
| <b>Figura 122.</b> | <b>Tamizado agregado grueso</b>                            | <b>151</b> |
| <b>Figura 123.</b> | <b>Tamizado de agregado fino</b>                           | <b>151</b> |
| <b>Figura 124.</b> | <b>Muestra para en sayo de próctor</b>                     | <b>153</b> |
| <b>Figura 125.</b> | <b>Muestras de 6000 gr para ensayo de próctor</b>          | <b>153</b> |
| <b>Figura 126</b>  | <b>Mezcla con agua del material de ensayo</b>              | <b>154</b> |
| <b>Figura 127.</b> | <b>Compactación de una capa de material en el Cilindro</b> | <b>154</b> |
| <b>Figura 128.</b> | <b>Acordonamiento del material de base</b>                 | <b>155</b> |
| <b>Figura 129.</b> | <b>Extendido y aireación del material de base</b>          | <b>155</b> |
| <b>Figura 130.</b> | <b>Irrigación del material de base</b>                     | <b>156</b> |
| <b>Figura 131.</b> | <b>Compactación de la base</b>                             | <b>156</b> |
| <b>Figura 132.</b> | <b>Toma de densidades in situ</b>                          | <b>158</b> |
| <b>Figura 133.</b> | <b>Materiales para mezcla de prueba</b>                    | <b>159</b> |
| <b>Figura 134.</b> | <b>Elaboración de mezcla</b>                               | <b>160</b> |
| <b>Figura 135.</b> | <b>Medida del asentamiento</b>                             | <b>160</b> |
| <b>Figura 136.</b> | <b>Cilindros de prueba</b>                                 | <b>161</b> |
| <b>Figura 137.</b> | <b>Curado de cilindros</b>                                 | <b>161</b> |

|                    |  |            |
|--------------------|--|------------|
| <b>Figura 138.</b> | <b>Recubrimiento con azufre</b>  | <b>162</b> |
| <b>Figura 139.</b> | <b>Ensayo de compresión</b>  | <b>162</b> |
| <b>Figura 140.</b> | <b>Instalación pasadores de transmisión de carga junta transversal</b> | <b>163</b> |
| <b>Figura 141.</b> | <b>Colocación de la formaleta</b>                                      | <b>164</b> |
| <b>Figura 142.</b> | <b>Instalación pasadores de anclaje junta Longitudinal</b>             | <b>165</b> |
| <b>Figura 142.</b> | <b>Elaboración de la mezcla</b>  | <b>166</b> |
| <b>Figura 143.</b> | <b>Colocación del concreto</b>   | <b>166</b> |
| <b>Figura 144.</b> | <b>Compactación del concreto con vibrador de aguja</b>                 | <b>167</b> |
| <b>Figura 145.</b> | <b>Vibración externa</b>   | <b>167</b> |
| <b>Figura 146.</b> | <b>Ensayo de asentamiento</b>  | <b>168</b> |
| <b>Figura 147.</b> | <b>Toma de cilindros</b>   | <b>168</b> |
| <b>Figura 148.</b> | <b>Texturizado y terminado con lona</b>                                | <b>169</b> |
| <b>Figura 149.</b> | <b>Texturizado con escoba</b>  | <b>169</b> |
| <b>Figura 150.</b> | <b>Curado del concreto</b>   | <b>170</b> |
| <b>Figura 151.</b> | <b>Platinas 8 mm de espesor.</b>                                       | <b>170</b> |
| <b>Figura 152.</b> | <b>Formaleta sardinel</b>  | <b>171</b> |
| <b>Figura 153.</b> | <b>Fundición sardinel</b>  | <b>171</b> |
| <b>Figura 154.</b> | <b>Fundición de tapas para cámaras de inspección</b>                   | <b>172</b> |
| <b>Figura 155.</b> | <b>Terminado de sumideros</b>  | <b>172</b> |
| <b>Figura 156.</b> | <b>Terminado de las cámaras de inspección</b>                          | <b>173</b> |
| <b>Figura 157.</b> | <b>Terminado de las juntas</b>   | <b>173</b> |
| <b>Figura 158.</b> | <b>Sellado de las juntas.</b>  | <b>174</b> |

|                    |  |            |
|--------------------|--|------------|
| <b>Figura 159.</b> | <b>Panorámica de la vía terminada.</b> | <b>174</b> |
|--------------------|--|------------|

## LISTA DE ANEXOS

|                 | pág.  |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Anexo A.</b> | <b>Granulometría integrada de base, Cantera La Laguna</b>                   | <b>178</b> |
| <b>Anexo B.</b> | <b>Granulometría integrada de base, Km 10 vía Samaniego</b>                 | <b>179</b> |
| <b>Anexo C.</b> | <b>Granulometría integrada de base, Cantera La Laguna – Samaniego Km 10</b> | <b>180</b> |
| <b>Anexo D.</b> | <b>Ensayo de compactación, La Laguna</b>                                    | <b>181</b> |
| <b>Anexo E.</b> | <b>Ensayo de compactación La Laguna – Samaniego – Triturado</b>             | <b>182</b> |
| <b>Anexo F.</b> | <b>Ensayo de compactación Km 10- Samaniego</b>                              | <b>183</b> |
| <b>Anexo G.</b> | <b>Granulometría agregado grueso, Cantera de Pilcuan</b>                    | <b>184</b> |
| <b>Anexo H.</b> | <b>Densidad de sitio, Tuquerres – Nariño 6 – 10</b>                         | <b>185</b> |
| <b>Anexo I.</b> | <b>Granulometría e grano fino, pavimentación vías urbanas Tuquerres</b>     | <b>186</b> |
| <b>Anexo J.</b> | <b>Análisis granulométrico sub– base (SBE – 1)</b>                          | <b>187</b> |
| <b>Anexo K.</b> | <b>Ensayo de compactación, pavimentación vía Ospina sector 1</b>            | <b>188</b> |
| <b>Anexo L.</b> | <b>Densidad de sitio, formato</b>   | <b>189</b> |
| <b>Anexo M.</b> | <b>Granulometría agregado fino para concreto (AF – 1)</b>                   | <b>190</b> |
| <b>Anexo N.</b> | <b>Resistencia a compactación de cilindros de concreto</b>                  | <b>191</b> |

|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Anexo O.</b> | <b>Densidad de sitio método del cono arena</b>  | <b>192</b> |
| <b>Anexo P.</b> | <b>Densidad de sitio método el cono arena</b>   | <b>193</b> |
| <b>Anexo Q.</b> | <b>Análisis granulométrico sub – base (SBE – 1)</b>   | <b>194</b> |
| <b>Anexo R.</b> | <b>Análisis granulométrico sub – base (SBE – 1)</b>   | <b>195</b> |
| <b>Anexo S.</b> | <b>Densidad de sitio, Plaza de mercado Tuquerres</b>  | <b>196</b> |
| <b>Anexo T.</b> | <b>Resistencia a compactación de cilindros de concreto</b>  | <b>197</b> |
| <b>Anexo U.</b> | <b>Densidad de sitio, Tuquerres – Nariño. 1 – 5</b>   | <b>198</b> |
| <b>Anexo V.</b> | <b>Resistencia a compactación de cilindros de<br/>concreto, pavimentación calles de Tuquerres</b> | <b>199</b> |

## **GLOSARIO**

**ADUCCION:** componente destinado a transportar el agua mediante un conducto desde la captación al desarenador.

**AGREGADO:** conjunto de partículas inertes, naturales o artificiales, tales como arena, grava, triturado etc., que al mezclarse con el material cementante y el agua produce concreto.

**ALMACENAMIENTO:** componente destinado a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos y las demandas contra incendios.

**ASENTAMIENTO:** ("Slump") (ensayo de) Resultado del ensayo de manejabilidad de una mezcla de concreto.

**BASE:** es una capa granular que sirva de soporte al pavimento que se va a construir.

**CAPTACIÓN:** componente destinado para captar o extraer una determinada cantidad de agua de una fuente.

**CONCRETO:** mezcla homogénea de material cementante, agregados inertes y agua, con o sin aditivos.

**CONDUCCIÓN:** componente destinado a transportar el agua mediante un conducto desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, al tanque de distribución o al sitio donde se inicie la red de distribución.

**COMPACTACION:** proceso mecánico mediante el cual se busca mejorar las propiedades de un suelo como aumentar la capacidad de carga, compresibilidad etc.

**CONSUMO MÁXIMO DIARIO (QMD):** es el consumo máximo de agua durante 24 horas, observado en un periodo de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendios que se haya presentado.

**CONSUMO MÁXIMO HORARIO (QMH):** consumo máximo de agua durante una hora, observado en un periodo de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendios que se haya presentado.

**CONSUMO MEDIO DIARIO (Qmd):** es el consumo de agua durante 24 horas, obtenido como promedio de los consumos diarios en un periodo de un año.

**DESARENADOR:** componente destinado para la remoción de arena que esta en suspensión en el agua, mediante el proceso de sedimentación.

**DOTACIÓN:** es la cantidad de agua en litros suministrada en un día a un usuario.

**DRENAJE:** conjunto de obras que captan, conducen y desalojan el agua de la estructura vial.

**ESTRUCTURA:** es un ensamblaje de elementos, diseñado para que soporte las cargas gravitacionales y resistir las fuerzas horizontales.

**FORMALETA:** son accesorios que permiten dar la forma y el espesor en la construcción de las losas de concreto hidráulico.

**FRAGUADO:** este término hace referencia al cambio del concreto hidráulico del estado plástico al estado endurecido.

**JUNTAS:** son las fisuras programadas que se hacen en la losa de concreto para evitar la fisuración aleatoria y antiestética. Estas juntas permiten la expansión y contracción de las losa de concreto por la acción de gradientes de temperatura.

**PAVIMENTO RIGIDO:** se trata de un pavimento en el cual su carpeta esta construida de concreto hidráulico. Soporta las cargas que recibe y las reparte en una mayor área, a diferencia de un pavimento flexible.

**PROCTOR:** ensayo donde se determina la densidad máxima del suelo a una humedad optima.

**RECEBO:** material granular seleccionado de relleno, que se coloca entre el suelo natural y el contrapiso. Este material debe ser compactado adecuadamente.

**SUB-BASE:** es una capa granular que sirve como capa de transición, suministra un apoyo uniforme, estable y permanente al pavimento.

**SUBRASANTE:** terreno que constituye y conforma la superficie final de la explanación de la vía.

**TAMIZ:** instrumento útil para seleccionar los diferentes tamaños existentes en una muestra de suelo.

## **RESUMEN**

El trabajo de grado “SUPERVISION Y CONTROL DE OBRAS CIVILES EN EL MUNICIPIO DE TUQUERRES” contiene la descripción de todas las actividades desarrolladas en el periodo de pasantía, supervisión y control de obra, cuantificación de avances obtenidos a lo largo de la construcción y un claro y detallado informe en la ejecución de la obra.

En este trabajo se presenta un informe sobre los pasos realizados para el mejoramiento de las vías en el Municipio de Túquerres, en los convenios del Fondo Nacional Para La Paz, Fondo Nacional De Caminos Vecinales y con el Departamento de Nariño. Así como también las actividades realizadas en la etapa de mejoramiento y construcción de las diferentes capas que componen la estructura de un pavimento.

Se presenta también los planos y memorias de cálculo del ACUEDUCTO VEREDA RANCÑO GRANDE, y los resultados de los laboratorios que se realizaron a los materiales utilizados para la construcción de las diferentes estructuras del pavimento.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

**FACULTAD:** INGENIERIA

**PROGRAMA:** INGENIERIA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION**

**TITULO DEL TRABAJO DE GRADO:** SUPERVISION Y CONTROL DE OBRAS CIVILES EN EL UNICIPIO DE TUQUERRES

**AUTOR:** LUIS FERNANDO LEYTON LOPEZ

### **DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO:**

En este trabajo se presenta en forma detallada todas las actividades realizadas en el tiempo de pasantía; descripción de los pasos a seguir en la construcción de cada una de las obras, procedimientos de los ensayos de laboratorio , los resultados obtenidos y un registro fotográfico de las obras descritas.

1. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO N.º 110658-0-2002, FONDO NACIONAL DE CAMINOS VECINALES.

La supervisión y control del convenio se realiza entre el 24 de octubre de 2002 al 26 de noviembre de 2002.

Este capítulo comprende de las actividades de mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de la red vial terciaria del Municipio de Túquerres Nariño, en una longitud de 64.5 Kilómetros y cubriendo un espacio de 21 Veredas.

2. DISEÑO ACUEDUCTO VEREDA ANCHO GRANDE

Este capítulo comprende el diseño de algunas de las estructuras que componen un acueducto tales como: captación de fondo, desarenador convencional, tanque de almacenamiento, y cálculo de la aducción y conducción

3. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700250/02, PROYECTO N.º 52-838-0005, CONSECUTIVO 5431, PAVIMENTACION DE LA CARRERA 13ª ENTRE CALLES 27 Y 29 EN TUQUERRES NARIÑO.

El día lunes 25 de noviembre de 2002 se inicio el control y supervisión de la obra, la cual desarrolla actividades como la compactación del material de base en el sector dos.

Este capítulo comprende la descripción de Las actividades desarrolladas antes y después del proceso de compactación que se describen a continuación:

- Conformación de la subrasante.
- Cambio de la red de acueducto y alcantarillado.
- Transporte y acordonamiento de material.
- Extensión del material por medios manuales.
- Irrigación del material extendido.
- Construcción de las obras de drenaje adecuadas.

Después de la ejecución de estas actividades se procede a la compactación de la base con el uso del vibro compactador de 8 toneladas, y la construcción de la losa de concreto hidráulico.

El recorrido general de la obra se lleva a cabo con la identificación de niveles en la base, materializados por medio de estacas en madera común. Los cuales deben estar desacuerdo con las especificaciones del proyecto.

Se incluye un registro fotográfico de los diferentes procesos y ensayos de laboratorio.

#### 4. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700251/02, PROYECTO No. 52-838-0010, CONSECUTIVO 7052, PAVIMENTACION VIA BARRIO PARTIDERO ETAPA 2 EN TUQUERRES, NARIÑO.

El día lunes 25 de octubre de 2002 se inicia la supervisión y control de la obra con un recorrido general de la vía para identificar los niveles y puntos de importancia materializados por medio de estacas en madera común, de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

Este capítulo contiene las actividades realizadas en la etapa constructiva de las diferentes capas que componen la estructura de un pavimento de concreto hidráulico tales como:

- Conformación de la subrasante
- Transporte y acordonamiento de material.
- Extensión del material.
- Irrigación del material extendido.
- Construcción de las obras de drenaje adecuadas.
- Compactación de material de base.
- Construcción de la capa de concreto hidráulico.

Se incluye un registro fotográfico de los diferentes procesos y ensayos de laboratorio.

#### 5. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700249/02, PROYECTO No. 52-838-0009, CONSECUTIVO 6957 PAVIMENTACION DE VIA

## PERIMETRAL PLAZA DE MERCADO SANTA MARIA EN TUQUERRES, NARIÑO.

El día lunes 25 de octubre de 2002 se inicia la supervisión y control de la obra con un recorrido general de la vía para identificar los niveles y puntos de importancia materializados por medio de estacas en madera común, de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

Este capítulo contiene las actividades realizadas en la etapa constructiva de las diferentes capas que componen la estructura de un pavimento de concreto hidráulico tales como:

- Transporte y acordonamiento de material.
- Extensión del material.
- Irrigación del material extendido.
- Construcción de las obras de drenaje adecuadas.
- Compactación de material de base.
- Construcción de la capa de concreto hidráulico.

Se incluye un registro fotográfico de los diferentes procesos y ensayos de laboratorio.

## 6. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700252/02, PROYECTO N.º 52-838-0011, CONSECUTIVO 7240, PAVIMENTACION DE LA CARREA 16 ENTRE CALLES 17 Y 20 EN TUQUERRES, NARIÑO.

El día lunes 25 de octubre de 2002 se inicia la supervisión y control de la obra con un recorrido general de la vía para identificar los niveles y puntos de importancia materializados por medio de estacas en madera común, de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

Este capítulo contiene las actividades realizadas en la etapa constructiva de las diferentes capas que componen la estructura de un pavimento de concreto hidráulico tales como:

- Transporte y acordonamiento de material.
- Extensión del material.
- Irrigación del material extendido.
- Construcción de las obras de drenaje adecuadas.
- Compactación de material de base.
- Construcción de la capa de concreto hidráulico.

Se incluye un registro fotográfico de los diferentes procesos y ensayos de laboratorio.

## 7. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO 189-02, MEJORAMIENTO DE LA VIA TUQUERRES – OSPINA CON EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

El día martes 21 de enero de 2003 se realiza la construcción de las diferentes capas que constituyen la estructura del pavimento.

Este capítulo describe las actividades que se adelantan en la construcción de un pavimento de concreto hidráulico tales como:

- Localización y replanteo.
- Conformación de la subrasante.
- Transporte y acordonamiento de material.
- Extensión del material.
- Irrigación del material extendido.
- Construcción de las obras de drenaje adecuadas.
- Compactación de material de base.
- Construcción de la capa de concreto hidráulico.

Se incluye un registro fotográfico de los diferentes procesos y ensayos de laboratorio.

## INTRODUCCIÓN

La Universidad de Nariño se ha preocupado por la generación de nuevos y mejores profesionales, esta preocupación la comparte la Facultad de Ingeniería la cual se interesa en una preparación altamente calificada de sus egresados, acompañada con conocimientos de campo, los cuales permiten una concepción mas amplia del entorno, haciendo uso de confrontaciones constructivas, por medio de las denominadas Residencias. Dichas residencias se han convertido en un valioso recurso que presenta nuestra Universidad, para la realización integral de su personal estudiantil, y de esta manera confrontar mas a fondo los conocimientos académicos con la experiencia de campo, lo cual nos lleva a pensar aun mas en la optimización del personal y el gran esfuerzo que realiza la Universidad de Nariño en su formación.

El autor de este informe ha tenido a su cargo el proyecto de “SUPERVISION Y CONTROL DE OBRAS CIVILES EN EL MUNICIPIO DE TUQUERRES”, para lo cual, a lo largo de seis meses de trabajo asignados, desarrollo la residencia en la construcción y mejoramiento de vías, teniendo como asesor al Ing. Francisco Coral Azaín nombrado por el comité curricular y de investigación de la Facultad de Ingeniería.

El departamento de Nariño es un lugar donde las vías dedicadas al transito adecuado de los vehículos, destinados a comunicar diferentes sitios en una región o municipio, no cuentan con una capa de rodadura en buen estado o simplemente no la tienen, esta es la razón por la cual hoy en día se están adelantando proyectos de pavimentación y mejoramiento en varios sectores del municipio de Túquerres.

Es conocimiento de la administración Municipal la necesidad de adelantar proyectos de construcción de diferentes obras, en los cuales el trabajo de supervisión y control de las mismas se convierte en un valioso recurso para la realización integral del personal estudiantil, que puede prestar su colaboración con ayuda y orientación de profesionales de la facultad de ingeniería, brindándonos a demás la oportunidad de poner en practica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y la experiencia suficiente para la solución de problemas reales.

## **8. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO No. 110658-0-2002, FONDO NACIONAL DE CAMINOS VECINALES**

La supervisión y control del convenio se realiza entre el 24 de octubre de 2002 al 26 de noviembre de 2002.

### **1.1 DESCRIPCION**

Este convenio comprende las actividades de mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de la red vial terciaria del Municipio de Túquerres Nariño, en una longitud de 64.5 Kilómetros y cubriendo un espacio de 21 Veredas.

### **1.2 EJECUCION DEL TRABAJO**

**1.2.1 Actividades.** El trabajo comprende la siguientes actividades:

- a. Rocería y limpieza.
- b. Construcción de cunetas.
- c. Limpieza de alcantarillas.
- d. Remoción de derrumbes
- e. Nivelación de la banca.
- f. Bacheo y excavación manual.
- g. Limpieza de puentes.
- h. Acordonamiento de material en volquetas.
- i. Extensión de material de recebo con mano de obra y moto niveladora.
- j. Compactación de material con vibro compactador de 8 toneladas.

Este proceso se lleva a cabo vinculando a los habitantes del sector en donde se realiza el mejoramiento, con lo cual se da participación a todos los habitantes de la comunidad favorecida con este trabajo.

- **Manejo de las actividades.** En cada sector de trabajo se nombra un delegado comunitario quien es el encargado de llevar la relación de trabajadores día a día.

Esta nomina es entregada al delegado de la administración municipal el cual se encarga de llenar las planillas que relacionan a cada sector y así poder diligenciar el pago de los jornales de trabajo asignados a la comunidad.

Las actividades antes mencionadas se realizan bajo supervisión y control de la secretaria de obras publicas municipal.

**Figura 1. Estado inicial de red vial.**



**Figura 2. Conformación de la vía.**



**Figura 3. Extensión de material.**



**Figura 4. Compactación de material.**



### **1.3 OBRAS ADICIONALES**

Como obras adicionales al proyecto se realizo la construcción de un muro de contención en gavión.

**Figura 5. Construcción muro de contención.**



**Figura 6. Estado actual de la red vial.**



#### **1.4 VEREDAS VENEFICIADAS CON EL PROYECTO**

Las veredas y corregimientos beneficiadas se describen por tramos de vía y son las siguientes:

- a) Tramo vial Cofradía - Guayaquila, longitud 3 km.

- b) Tramo vial San Pedro - La Ciénaga, longitud 3 km.
- c) Tramo vial Cuatro Esquinas - Alban. Longitud 3.5 km.
- d) Tramo vial Arrayán Salado, Longitud 3 km.
- e) Tramo vial San José de Pinzón, Longitud 3 km.
- f) Tramo vial Yascual - Arrayán, Longitud 6 km.
- g) Tramo vial Pinzón - Libertad, Longitud 2.5 km.
- h) Tramo vial Loma Larga – Las Delicias, Longitud 2 km.
- i) Tramo vial Manzano Bajo, Longitud 2 km.
- j) Tramo vial Chanarro Alto, Longitud 4 km.
- k) Tramo vial Taindéz Bajo, Longitud 1.5 km.
- l) Tramo vial Ipaín – Las Mercedes, Longitud 2 km.
- m) Tramo vial Pinzón - Iguá, Longitud 3 km.
- n) Tramo vial Pinzón – La Floresta, Longitud 3 km.
- o) Tramo vial San Roque - Tenguetán, Longitud 3 km.
- p) Tramo vial Cuatro Esquinas – San Carlos, Longitud 2 km.
- q) Tramo vial Santander, Longitud 2.5 km.
- r) Tramo vial Belén – Santa Elena, Longitud 2 km.
- s) Tramo vial Rancho Grande – Salado Alto, Longitud 6 km.
- t) Tramo vial Nangán – Hueco De Moras, Longitud 4.5 km.
- u) Tramo vial Guayaquila – Santa Isabel, Longitud 3 km.

## 9. DISEÑO ACUEDUCTO VEREDA RANCHO GRANDE

### 2.2 CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO

**2.1.1 Población actual.** La población consta de 305 habitantes entre niños y adultos según datos suministrados por la secretaría del P.B.O.T.

**2.2.1 Tasa de crecimiento anual.** La tasa de crecimiento anual escogida para el núcleo rural es del 3%.

**2.1.3 Temperatura promedio.** La temperatura promedio en el lugar es de 12°C.

**2.1.4 Selección del nivel de complejidad.** Según la normas RAS 2000, capítulo A.3.1, el nivel de complejidad es bajo.

**2.1.5 Selección del tipo de red.** Según la normas RAS 2000, capítulo B.2.7.5, la red de distribución es menor.

**2.1.6 Periodo de diseño.** Según la normas RAS 2000, capítulo A.3.1, el periodo de diseño es de 15 años.

**2.1.7 Población futura.** Según la normas RAS 2000, capítulo B.2.2.4, La población futura se determina mediante la formula:

$$Pf = Po \cdot (1+r\%)^N$$

Pf = Población futura.

Po = Población actual.

r = Tasa de crecimiento.

n = Periodo de diseño.

$$Pf = 305 \cdot (1+0.03)^{15}$$

Pf = 370 Habitantes.

#### 2.2.8 Caudales de diseño.

- **Dotación neta.** Según la normas RAS 2000, tabla B.2.2, la dotación neta mínima es 100 l/hab\*dia.

- **Corrección por temperatura.** Según la normas RAS 2000, tabla B.2.3, no existe corrección por temperatura.

- **Dotación neta.** La dotación neta corregida es de 100 l/hab\*dia.

- **Porcentaje de pérdidas.** Según las normas RAS 2000, tabla B.2.4, el porcentaje de perdidas es de 40%.

- **Dotación bruta.** Según la normas RAS 2000, capítulo B.2.6 la dotación bruta se calcula mediante la formula B.2.1.

$$D_{bruta} = D_{neta} / (1 - \%perdidas)$$

$$D_{bruta} = 100 / (1 - 0.04)$$

$$D_{bruta} = 166.67 \text{ l/hab} \cdot \text{dia}$$

- **Caudal medio diario.** Según la normas RAS 2000, capítulo B.2.7.1 el caudal medio diario se calcula mediante la fórmula B.2.2.

$$Q_{md} = (P_f \cdot D_{bruta}) / 86400$$

$$Q_{md} = (370 \cdot 166.67) / 86400$$

$$Q_{md} = 0.71 \text{ LPS.}$$

- **Caudal máximo diario.** Según la normas RAS 2000, capítulo B.2.7.2, el caudal máximo diario se calcula mediante la fórmula B.2.3.

$$Q_{MD} = K_1 \cdot Q_{md} \text{ donde } K_1 \text{ se toma de la tabla B.2.5, y tiene un valor de 1.3}$$

$$Q_{MD} = 1.3 \cdot 0.71$$

$$Q_{MD} = 0.93 \text{ LPS.}$$

- **Caudal máximo horario.** Según la normas RAS 2000, capítulo B.2.7.3, el caudal máximo horario se calcula mediante la fórmula B.2.4.

$$Q_{MH} = K_2 \cdot Q_{MD} \text{ donde } K_2 \text{ se toma de la tabla B.2.6, y tiene un valor de 1.6.}$$

$$Q_{MH} = 1.6 \cdot 0.93$$

$$Q_{MH} = 1.48 \text{ LPS}$$

## 2.3 DISEÑO CAPTACION DE FONDO

**2.2.1 Datos generales.** Los datos generales de diseño se presentan a continuación.

Caudal máximo diario QMD = 0.93 LPS.

Caudal de diseño 2QMD = 1.86 LPS.

Caudal mínimo de la fuente = 4 LPS.

Caudal medio de la fuente = 6.5 LPS.

Caudal máximo de la fuente = 10 LPS.

Ancho del río a encauzar = 2 m.

Cota fondo río = 2498.5 m.s.n.m.

Cota desarenador = 2488.5 m.s.n.m.

Longitud captación desarenador = 100 m.

### 2.3.2 Cálculo de la rejilla método de las velocidades.

Velocidad de paso (vp) = 0.15 m/s, RAS-2000, capítulo B.4.4.5.5.

Separación de barrotes (a) = 2 cm, RAS-2000, capítulo B.4.4.5.3.

Diámetro de barrotes (t) = 1/2 pulg, RAS-2000, capítulo B.4.4.5.3.

Porcentaje útil de la rejilla (e)

$$e = (a/(a + t))$$

$$e = (2/(2+1.25))$$

$$e = 0.61.$$

Longitud asumida = 0.30 m.

Según la normas RAS-2000, capítulo B.4.4.5.2, las pedidas menores en la rejilla se calculan mediante la fórmula B.4.1.

$$H = (Q_m / (K * L))^{2/3}$$

$Q_m$  = Caudal mínimo de la fuente.

L = Longitud asumida.

K = Coeficiente de valor 1.84

$$H = (4 / (1840 * 0.3))^{2/3}$$

$$H = 0.04 \text{ m.}$$

Cota nivel mínimo = 2498.54 m.s.n.m.

La velocidad horizontal ( $v_h$ ) se calcula mediante la fórmula:

$$V_h = Q_m / (L * H)$$

$$V_h = 0.004 / (0.3 * 0.04)$$

$$V_h = 0.36 \text{ m/s.}$$

El Ancho de la rejilla (B) se calcula mediante la fórmula:

$$B = 0.36 * V_h^{2/3} + 0.6 * H^{4/7}$$

$$B = 0.36 * (0.36)^{2/3} + 0.6 * (0.04)^{4/7}$$

$$B = 0.27 \text{ m.}$$

El número de barrotes (N) se calcula mediante la fórmula:

$$N = L / (a + t)$$

$$N = 0.3 / (2 + 2.54 * 0.5) * 100$$

$$N = 9 \text{ barras.}$$

Espaciamiento centro a centro =  $0.02 + 0.0125 = 0.032 \text{ m.}$

Son 9 barras de  $\frac{1}{2}$ " espaciadas cada 0.032 m centro a centro.

Separación de los extremos =  $0.01 + 0.0125 / 2 = 0.016 \text{ m.}$

Según la normas RAS-2000, capítulo B.4.4.5.2, la pendiente de la rejilla es del 20%.

### 2.3.3 Cálculo de vertederos.

▪ **Vertedero de rebose.** El nivel de aguas medio se calcula mediante la fórmula:

$$H = [ Q_{med} / (K * L) ]^{2/3}$$

$$H = [ 0.0065 / (1.84 * 0.4) ]^{2/3}$$

$$H = 0.05 \text{ m.}$$

$$\text{Cota nivel medio del río} = 2498.55 \text{ m.s.n.m.}$$

- **Vertedero de crecida.** El vertedero de crecida se calcula mediante la formula:

$$Q_c = k \cdot (m-L) \cdot h^{3/2} + K \cdot L \cdot (H+h)^{3/2}$$

$$\text{Si } h = 0.02 \text{ m.}$$

$$\text{El caudal de crecida } Q_c \text{ calculado} = 19.46 \text{ LPS.}$$

El nivel de aguas máximo se calcula mediante la formula:

$$H = h \text{ asumido} + H \text{ rebose}$$

$$H = 0.02 + 0.05$$

$$H = 0.07 \text{ m.}$$

$$\text{Cota nivel máximo} = 2498.57 \text{ m.s.n.m.}$$

$$\text{Cota corona de muro} = 2498.87 \text{ m.s.n.m.}$$

- **Cálculo del canal recolector.**

$$\text{Ancho de muros (d)} = 0.2 \text{ m.}$$

$$\text{Longitud del canal (l')} = 0.3 + (2 \cdot 0.3) / 2 + 0.2 = 1.35 \text{ m.}$$

$$\text{Pendiente del canal asumida (s\%)} = 2\%.$$

Cálculo de la profundidad crítica ( $Y_c$ ) y velocidad crítica ( $V_c$ ):

$$Y_c = [Q^2 / (g \cdot b)]^{1/3}$$

$$Y_c = [0.00186^2 / (9.8 \cdot 0.27)]^{1/3}$$

$$Y_c = 0.02 \text{ m.}$$

$$V_c = \sqrt{g \cdot Y_c}$$

$$V_c = \sqrt{9.8 \cdot 0.02}$$

$$V_c = 0.41 \text{ m/seg.}$$

Cálculo de la altura del agua al final del canal recolector:

$$H_l = 1.1 \cdot Y_c = 1.1 \cdot 0.02 = 0.02 \text{ m.}$$

Cálculo de la altura del agua al inicio del canal recolector:

$$H_o = [ \{ 2 \cdot Y_c^3 / H_l + [ H_l - (L'' \cdot S / 3) ]^2 \}^{0.5} - 2 \cdot L'' \cdot S / 3 ]$$

$$H_o = [ \{ 2 \cdot 0.02^3 / 0.02 + [ 0.02 - (1.35 \cdot 0.02 / 3) ]^2 \}^{0.5} - 2 \cdot 1.35 \cdot 0.02 / 3 ]$$

$$H_o = 0.01 \text{ m.}$$

Cálculo de la velocidad ( $V_l$ ):

$$V_l = Q_d / (H_l \cdot B)$$

$$V_l = 0.00186 / (0.02 \cdot 0.27) = 0.37 \text{ m/seg} < V_c.$$

Cumple el régimen Sub-crítico.

$$\text{Cota lamina de agua inicio canal recolector} = 2498.35 \text{ m.s.n.m}$$

$$\text{Cota fondo inicio canal recolector} = 2498.34 \text{ m.s.n.m}$$

Cota lamina de agua final canal recolector = 2498.33 m.s.n.m  
Cota fondo final canal = 2498.31 m.s.n.m

▪ **Cálculo de la caja de derivación.**

Cámara de recolección:

$$X_s = 0.36 * V^{2/3} + 0.6 H^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 * 0.37^{2/3} + 0.6 * 0.02^{4/7}$$

$$X_s = 0.0.25 \text{ m.}$$

$X_s$  se aumenta 1.20 m por condiciones de trabajo y limpieza.

Cálculo del vertedero de excesos:

$$Q \text{ excesos} = Q_d - 1QMD = 1.86 - 1 = 0.86 \text{ LPS.}$$

Altura sobre el vertedero de excesos:

$$H = [ Q \text{ excesos} / (K * L) ]^{2/3}$$

$$H = [ 0.00086 / (1.84 * 0.3) ]^{2/3}$$

$$H = 0.01 \text{ m.}$$

Cota vertedero de excesos = 2498.16 m.s.n.m.

Cota nivel de aguas mínimo cajilla = 2498.17 m.s.n.m.

Condiciones máximas en la caja de derivación:

El nivel de aguas máximas en la caja de derivación será:

$$NAMC = N \text{ aguas máximas caja} - H_t$$

$H_t$  = pérdida de energía.

Por rejilla:  $KV^2/2 * g$   $K=0.5$

$$V = \sqrt{19.6 * 0.05} = 1.0 \text{ m/seg}$$

$$H_t = (0.5 * 1^2) / 19.6 = 0.01 \text{ m.}$$

Cota nivel de aguas máximas en la caja = 2498.56 m.s.n.m.

▪ **Calculo del desagüe. Tubería PVC**

Coefficiente de William Hazen (C) =150

Caudal (1QMD+5%) = 0.98 LPS

Sumatoria en K de salida = 0.69

Sumatoria de K total = 6.25

Altura disponible (H):

$$H = NAMC - \text{cota fondo} = 2498.17 - 2488.5 \text{ Si escogemos } H_{\text{mín}} = 0.5$$

$$H = 9.67 \text{ m.}$$

Colocación del tubo de salida al desarenador:

pendiente no uniforme.

Cota salida tubo = cota nivel de agua desarenador = 2496.5 m.

$$H_s = H_d + V^2 / 2 * g$$

Suponemos perdidas por fricción:

$$J = 100 * H / L$$

$$J = 100 * 9.67 / 100 = 9.67 \text{ m} / 100 \text{ m.}$$

| $\phi$ di | Jm/100m | velocidad (v) m/s |
|-----------|---------|-------------------|
| 1.5"      | 1.12    | 0.65              |

$$H_{fi} = 1.12 * 100 / 100$$

$$H_{fi} = 1.12 \text{ m}$$

$$H_{vi} = K * V^2 / 2 * g$$

$$H_{vi} = 6.25 * 0.65^2 / 19.6 = 0.14 \text{ m.}$$

$$M = H_{fi} + H_{vi}$$

$$M = 1.25 \text{ m.}$$

$$H_s = H_o + V_i^2 / 2 * g$$

$$H_o = K * V^2 / 2 * g$$

$$H_o = 0.69 * 0.65^2 / 19.6 = 0.01 \text{ m.}$$

$$H_s = 0.01 + 0.65^2 / 19.6 = 0.04 \text{ m.}$$

$$\text{Por seguridad } (f_s) = 3$$

$$H_s = 3 * 0.04 = 0.11 \text{ m.}$$

Cota fondo de la cajilla = 2497.82 m.s.n.m

Cálculo del desagüe:

$H_{\text{máx}} = N.A.MAX - \text{nivel fondo cajilla}$

$$H_{\text{máx}} = 2498.56 - 2497.82$$

$$H_{\text{máx}} = 0.74 \text{ m.}$$

Diámetro (d) = 1.26 plg.

Diámetro nominal (d) = 1.5 plg.

RDE = 21

Cálculo del caudal con nivel de crecida:

$$H_1 = N.A.AX - N.FONDO CAJILLA = 2498.56 - 2488.5$$

$$H_1 = 10.06 \text{ m.}$$

Se supone un  $Q > Q_d$  por tanto  $Q = 2.98 \text{ LPS}$

Diámetro (d) = 1.5 pulg

Velocidad (v) = 1.99 m/s

$$J = 8.8 \text{ m} / 100\text{m.}$$

$$H_f = J * L / 100$$

$$H_f = 8.8 * 100 / 100 = 8.8 \text{ m.}$$

$$H_v = 3.29 * 1.99^2 / 19.62 = 1.26 \text{ m.}$$

$$M = 8.8 + 1.26 = 10.06 \text{ m.}$$

$$H_i = 2498.56 - 2488.5 = 10.06 \text{ m.}$$

$Q_{\text{excesos}} = 2.98 \text{ LPS} - 0.98 \text{ LPS} = 2 \text{ LPS}$  se evacuaran a la entrada del desarenador.

## 2.4 DISEÑO DESARENADOR CONVENCIONAL

### 2.5.3 Datos generales.

Caudal de diseño (Qmd) = 0.71 LPS.

Diámetro de las partículas por remover (d) = 0.11 mm.

Peso específico material (ps) = 2.65 g/cm<sup>3</sup>.

Temperatura del agua (t) = 12°C.

Viscosidad cinemática (μ) = 0.0131 cm<sup>3</sup>/seg.

Densidad del agua (δ) = 0.99973 g/cm<sup>3</sup>.

Porcentaje de remoción = 75%

Relación a/t = 1.66.

### 2.5.4 Parámetros de diseño.

Cálculo de la velocidad de sedimentación (vs):

Según la norma RAS-2000, la velocidad de sedimentación se calcula mediante la fórmula B.4.3.

$$VS = (\delta S - \delta) * D^2 * G / (18 * \mu)$$

$$VS = 90 * (0.011)^2 / 0.0131$$

$$VS = 0.83 \text{ cm/seg.}$$

Cálculo de la profundidad efectiva (h):

Según la norma RAS-2000, la profundidad efectiva debe estar entre 0.75m y 1.5m.

Se toma como altura H = 0.75 m.

Cálculo del tiempo teórico (Tt):

$$Tt = h / Vs$$

$$Tt = 75 \text{ cm} / 0.83 \text{ cm/seg}$$

$$Tt = 90.31 \text{ seg.}$$

De acuerdo al periodo de retención y al tipo de deflectores adoptado se obtiene el valor de a/t de la tabla 5.1.

$$a/t = 1.66$$

Cálculo del periodo de retención (a):

$$a = Tt * a/t$$

$$a = 1.66 * 90.31$$

$$a = 149.92 \text{ seg.}$$

Se asume un periodo de retención a = 20 min.

Cálculo del volumen (vol):

$$Vol = a * Qdis$$

$$\text{Vol} = 1200 \cdot 0.00071$$
$$\text{Vol} = 0.852 \text{ m}^3.$$

Cálculo del área superficial (As):

$$\text{As} = \text{vol} / h$$

$$\text{As} = 0.852 / 0.75$$

$$\text{As} = 1.136 \text{ m}^2.$$

Se compara con  $\text{As}_{\text{mín}} = Q / V_s$

$$\text{As}_{\text{mín}} = 0.071 / 0.83$$

$$\text{As}_{\text{mín}} = 0.085 \text{ m}^2.$$

Cálculo de la longitud útil (Lu):

Según la norma RAS-2000, capítulo B.4.4.6.4, se recomienda que la relación entre la longitud útil del desarenador y la profundidad efectiva para almacenamiento de arena sea 10 a 1.

$$\text{Lu}/h = 10/1$$

$$\text{Lu} = 10 \cdot 0.75$$

$$\text{Lu} = 7.5 \text{ m}.$$

Ancho del desarenador (B):

$$B = A/\text{LU}$$

$$B = 1.136/7.5$$
$$B = 0.151 \text{ m.}$$

No se puede maniobrar por tanto el ancho asumido  $B = 0.70 \text{ m.}$

$$\text{La longitud útil } Lu = AS/B$$
$$Lu = 1.136/0.7$$
$$Lu = 1.6 \text{ m.}$$

Calculo de la velocidad horizontal ( $V_h$ ):  
 $V_h = Q_{dis}/(B*H)$

Velocidad horizontal mínima  $V_h = 0.17 \text{ m/seg.}$   
Velocidad horizontal máxima  $V_h = 0.4 \text{ m/seg.}$

En un sistema sin tratamiento posterior de agua la máxima velocidad horizontal debe ser menor a  $0.17 \text{ m/seg.}$

$$V_h = 0.00071/(0.7*0.75)$$
$$V_h = 0.00136 \text{ m/seg.}$$

La Relación de velocidades debe ser menor a 20  
 $V_h/V_s < 20$   
 $V_h/V_s = 0.136/0.83$   
 $V_h/V_s = 0.16.$

La carga superficial máxima ( $C_s$ ) debe ser menor de  $1000 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$   
 $C_s = Q*86400/As$   
 $C_s = 0.00071*86400/1.136$   
 $C_s = 54 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día.}$

Cámara de rebose:  
Se asume una longitud  $L = 0.7 \text{ m.}$

La altura del rebosadero será:  
 $H = [Q/(1.84*L)]^{2/3}$   
 $H = [0.71/(1840*0.7)]^{2/3}$   
 $H = 0.01 \text{ m.}$

Velocidad de paso por el vertedero ( $v$ ):  
 $V = Q/(H*L)$   
 $V = 0.00071/(0.01*0.7)$   
 $V = 0.15 \text{ m/seg.}$

La velocidad de paso debe ser mayor a  $0.3 \text{ m/seg}$  y menor a  $3\text{m/seg}$   
La velocidad asumida es  $0.3 \text{ m/seg.}$

Alcance horizontal máximo ( $X_s$ ):

**Figura 8. Construcción de sumideros.**



- **Control de la obra.** Después de haber alcanzado los niveles adecuados mediante la compactación del material, se realiza el control de la obra con la toma de densidades in situ (cono y arena), recomendado por la interventoría que realiza la secretaria de obras publicas municipal, trabajo efectuado por el “LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD” del Ingeniero JOSE LUIS CUAYAL MUÑOZ.
- **Chequeo de niveles.** Se realiza el recorrido general de la obra, verificando los niveles alcanzados en la base, los cuales se encuentran materializados por medio de estacas en madera común y señalados al lado y lado de la vía.
- **Control de Densidades con el Cono y Arena.** Este método consiste en la determinación del peso seco de cierta cantidad de suelo de la capa cuya densidad se desea conocer, así como el volumen del orificio excavado el cual se mide empleando una arena de características específicas.
- **Descripción general del Procedimiento.** El método de ensayo de cono y arena se especifica en la norma I.N.V.E. – 161. Es el método más generalizado para determinación de densidades de campo.

El equipo para el ensayo es el siguiente:

- Frasco de vidrio, o de otro material con capacidad de un galón.
- Una pieza metálica en forma de cono, formada por una válvula con orificio de 1/2” que se termina en un embudo pequeño en uno de sus extremos

y se enrosque en el frasco y otro embudo de mayor diámetro en el lado opuesto.

- Placa metálica de base, con un agujero en el centro, en el cual encaja el embudo del cono mayor.
- Arena de Ottawa o una equivalente (arena del guamo - Tolima).
- Una balanza con sensibilidad de 1 gr y otra de 0.1 gr.
- Tamiz 3/4", martillo, cincel, brocha, cucharón, bandeja metálica, frascos para determinación de densidades, etc.

Para la ejecución del ensayo, se determina en primer lugar la constante del cono y la densidad de la arena.

Para la determinación de la constante del cono:

- Se llena el frasco con la arena y se registra el peso (P1).
- Se coloca la platina en una superficie lisa y plana.
- Se invierte el contenido de arena del frasco, hasta que deje de fluir, momento en el cual se cierra la válvula y se levanta el frasco.
- Se pesa el frasco con la arena que quedó dentro de él (P2).
- La constante del cono es =  $P1 - P2$ .

- Para la determinación de la densidad de la arena:

- Se toma un recipiente, cuyo volumen sea conocido.
- Se pesa el recipiente (P1).
- Se llena con la arena a la cual se le determinará la densidad.
- Se enrasa el recipiente y se pesa (P2).
- Se calcula el valor neto de arena en el recipiente ( $P2 - P1$ ).
- Densidad de la arena =  $(P2 - P1) / (\text{Volumen del recipiente})$ .

Procedimiento para determinación de las densidades en el campo.

- a. Se lleva el equipo al terreno.
- b. Se limpia bien el sitio del ensayo, con una brocha.
- c. Se coloca la placa metálica y se comienza a excavar un agujero hasta la profundidad de la capa, colocando el material en un recipiente y se pesa.
- d. Se termina de excavar el agujero y se limpia completamente.
- e. Se registra el peso del cono y la arena inicial.
- f. El material excavado se tamiza a través de la malla 3/4", y el material que se retiene en ésta, se devuelve al agujero.
- g. Se coloca el frasco en la placa, de forma invertida y se abre la válvula para dejar fluir la arena. Cuando la arena termina de fluir, se cierra la válvula y se registra el peso del cono y arena residual.
- h. Se toma una muestra del material excavado, para determinación de humedad del material en el sitio.

Con la humedad ya determinada y los pesos registrados se hace el cálculo de las densidades de campo.

**Figura 9. Toma de densidades in situ.**



### **3.1 CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO**

El proceso construcción de un pavimento rígido, donde las losas están constituidas por concreto hidráulico, las cuales pueden tener o no pasadores de transferencia de carga (dovelas) en las juntas, comprende una serie de actividades, como las siguientes:

- Construcción de obras de drenaje.
- Mejoramiento de la subrasante.
- Construcción de la sub-base o base (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (al no se usa equipo de formaletas deslizantes).
- Colocación de los pasadores de transferencia de carga y anclaje.
- Distribución, compactación, acabado, curado del concreto, elaboración de juntas y sellamiento de éstas.

**3.3.1 Mezcla utilizada.** El tipo de mezcla utilizada es de proporción 1:2:3; en un espesor de 18cm de acuerdo a lo especificado en el proyecto.

Antes de iniciar con la fundición de la placa de concreto se tomaron asentamientos con el cono de abrams, el asentamiento para pavimentos no debe ser mayor a 5 cm; en este caso el asentamiento tomado es de 2.5 cm.

**Figura 10. Elaboración de la mezcla.**



**Figura 11. Medida del asentamiento.**



**Figura 12. Cilindros de prueba.**



**3.32 Construcción de la losa de concreto.** Para la construcción de la losa de concreto hidráulico se utilizó el equipo apoyado sobre formaletas fijas, a continuación se describe su uso en la obra.

- **Construcción de la losa con equipo apoyado sobre formaletas fijas.** En nuestro medio este método es muy utilizado, generalmente para la construcción de vías urbanas. A continuación se describe su uso.

- **Colocación de Formaleta.** Una vez compactada y preparada la capa de base o sub-base de acuerdo a las especificaciones del proyecto se procede a colocar las formaletas de madera común.

La altura de las formaletas debe ser igual al espesor de la losa (18 cm), se colocan sobre la superficie de la base teniendo en cuenta los niveles del proyecto mediante el uso de un hilo. Estas se fijan con estacas de madera, para evitar que se desplacen en el momento de máxima exigencia, que ocurre al vibrar el concreto.

Una vez instalada la cantidad de formaletas que garanticen por lo menos 3 horas de trabajo se procede a la fundición de la placa de concreto.

Después de quitar las formaletas a los paños se procede a su limpieza para ser nuevamente utilizadas.

**Figura 13. Colocación de la formaleta.**



- **Instalación de pasadores de carga y anclaje.**
- **Juntas transversales.** Los pasadores de transferencia de carga en las juntas transversales, se colocan en la mitad del espesor de la losa en dirección paralela al eje de la vía y sobre un plano paralelo al de la superficie del pavimento cada 35 cm, de acuerdo al proyecto.

En los extremos de cada carril, se colocan los pasadores a la mitad de la distancia especificada. Este anclaje se coloca en acero liso de 7/8", engrasado la mitad más dos centímetros, permitiendo el deslizamiento de la losa sobre el mismo.

**Figura 14. Instalación pasadores de transmisión de carga junta transversal.**



- **Juntas longitudinales.** Los pasadores de anclaje son de acero corrugado, instalados en la formaleta de las juntas longitudinales cada 100 cm, en agujeros hechos mediante un taladro eléctrico.

El primer y último pasador correspondiente a cada losa se coloca como mínimo a 40 cm de la junta transversal, para evitar que interfiera con el movimiento de las juntas.

**Figura 15. Instalación pasadores de anclaje junta longitudinal.**



**3.3.3 Elaboración del concreto.** Para seleccionar el sistema de producción se desarrollaron las siguientes actividades:

- Disponibilidad de los equipos necesarios para la fundición de placa.
  - Longitud a pavimentar.
  - Equipos para el transporte de la mezcla.
  - Velocidad de colocación del concreto.
  - Ubicación de la fuente de materiales.
- **Colocación del concreto.** Antes de iniciar con la fundición de la losa se irriga la base con agua para evitar que esta absorba agua de la mezcla de concreto.

La colocación, compactación del concreto se debe realizar lo más rápido posible, antes de que transcurran 2 horas después de la mezcla de los materiales.

Después de colocar el concreto se procede al vibrado y compactación con vibrador de inmersión y regla vibratoria con un número de pasadas adecuado (de 2 a 3 veces).

Posterior al vibrado y compactado se procede al texturizado de la superficie y su respectivo terminado.

**Figura 15. Elaboración de la mezcla.**



**Figura 16 Extensión del concreto.**



- **Compactación o vibración del concreto.** La compactación se realiza mediante el uso del vibrador de inmersión, y luego su vibración externa con la regla vibratoria.

**Figura 17. Compactación del concreto con vibrador de aguja.**



**Figura 18. Vibración externa.**



- **Control técnico de la obra.** El control se lleva a cabo mediante el ensayo de asentamiento con el cono de abrams, procurando que el asentamiento de la mezcla de concreto se mantenga alrededor de 2.5 cm, y con la toma de núcleos para el ensayo de compresión.

Se tiene en cuenta el vibrado interno y externo, así como también el curado del concreto.

**Figura 19. Ensayo de asentamiento.**



**Figura 20. Toma de cilindros.**



- **Texturizado de la superficie.** La textura superficial se realiza con el uso de la lona en estado húmedo y de la escoba, cuando su apariencia deje de ser brillante, la cual tiene por objeto proporcionar a la superficie del pavimento características antideslizantes.

Con el proceso anterior se evita el fenómeno de “hidroplaneo”, garantizando la seguridad de circulación de los vehículos.

**Figura 21. Apisonado de la superficie**



**Figura 22. Texturizado de la superficie**



- **Curado del concreto.** El tiempo de curado del concreto se realiza durante los siete primeros días de colocación del concreto, con lo cual se garantiza la un fraguado adecuado, favorece a la obtención de la resistencia especificada en el proyecto y evita la aparición de fisuras producto de la retracción y fraguado.

**Figura 23. Curado del concreto**



- **Construcción de juntas.** La construcción de las juntas se lleva a cabo estando el concreto fresco, las juntas transversales son elaboradas por medio de la colocación de platinas de acero de 6 a 8 mm de espesor y con un ancho aproximado de  $\frac{1}{3}$  del espesor de la losa, estas se aseguran por medio de estacas para evitar su flexión, las platinas se untan de aceite para facilitar su retiro evitando se fracturen los bordes de la junta.

Las juntas de construcción se realizan al inicio (no siempre) y finalización de la jornada trasversal de contracción más próxima.

**Figura24. Colocación platinas 8 mm de espesor**



**Figura 25. Formaleta sardinel.**



**Figura 26. Fundición sardinel**



- **Acabados.** Se realizo el terminado de los sumideros, cajas de inspección, sardineles y de las juntas de dilatación.

**Figura 27. Terminado de sumideros.**



**Figura 28. Terminado de las cámaras de inspección**



- **Sellado de juntas.** El sellado de las juntas se debe hacer una vez se termine el proceso de curado y antes de que el pavimento sea abierto al tráfico, es decir, en periodos en que el pavimento no sea utilizado.

Los materiales de sello, pueden ser líquidos, los cuales permiten el vaciado en sitio, adaptándose a las irregularidades de las juntas.

**Figura 29. Sellado de las juntas**



**Figura 30. Panorámica de la vía terminada**



**1. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700251/02, PROYECTO No. 52-838-0010, CONSECUTIVO 7052, PAVIMENTACION VIA BARRIO PARTIDERO ETAPA 2 EN TUQUERRES, NARIÑO.**

**4.1 CONFORMACION DE LA SUBRASANTE**

Teniendo en cuenta que la subrasante es la parte del terreno sobre la cual se apoya el pavimento, se busca su mejoramiento para garantizar la estabilidad de la obra.

Esta debe soportar los esfuerzos producidos por el tráfico de tal manera que la estructura del pavimento no se vea afectada.

La conformación de la subrasante se dio a través de la ejecución de varios procedimientos como: escarificación, remoción del material existente y perfilado, de tal manera que el pavimento se apoye sobre una estructura regular, homogénea, resistente a la erosión que puede generar el agua, y fácil de transitar en el proceso de construcción de la obra.

El día lunes 25 de octubre de 2002 se inicia la supervisión y control de la obra con un recorrido general de la vía para identificar los niveles y puntos de importancia materializados por medio de estacas en madera común, de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

Las actividades que allí se realizan comprenden el perfilado de la subrasante por métodos manuales y el desalojo del material del sitio con el uso de volquetes, en los últimos 50 metros.

**4.4.1 Equipo.** La maquinaria y equipos utilizados en los distintos procesos fueron:

- **Volquetas:** Para el transporte del material sobrante hacia el lugar de disposición final.
- **Herramienta menor:** Como picas, palas, buggis entre otros.
- **Movimiento de Tierras:** A través del movimiento de tierras se conforma la superficie de la subrasante, para llegar a las cotas especificadas en el proyecto.

$$X_s = 0.36 V^{2/3} + 0.6 * H^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 (0.15)^{2/3} + 0.6 * (0.01)^{4/7}$$

$$X_s = 0.15 \text{ m.}$$

Por seguridad se adopta  $X_s = 0.16 \text{ m}$

Eestructura de entrada:

Para lograr una buena repartición de flujo se adopta como estructura de entrada una canaleta con orificios y se calcula para obtener una velocidad de entrada no mayor de 0.3 m/seg.

Velocidad (v) asumida 0.3 m/seg.

$$\text{Área de orificios } (A_o) = Q_d / V_{\text{asum.}}$$

$$A_o = 0.00071 / 0.3 = 0.00236 \text{ m}^2.$$

Estimando un coeficiente de contracción de 0.61 se tiene:  
 $A_{\text{chorro}} / A_{\text{total}} = 0.61.$

El área de orificios se incrementara así:

$$A_{\text{real}} = A_o / 0.61$$

$$A_{\text{real}} = 0.0024 / 0.61 = 0.004 \text{ m}^2.$$

Para hallar el numero de orificios se adopta un diámetro de 1.5"

$$A_{\text{total}} = n * \Pi * D^2 / 4$$

$$N = 4 * A_{\text{real}} / (\Pi * D^2)$$

$$N = 4 * 0.0024 / (\Pi * (0.0381)^2)$$

$$N = 3 \text{ orificios}$$

$$A_{\text{total}} = \Pi * D^2 / 4$$

$$A_{\text{total}} = \Pi * (0.0381)^2 / 4$$

$$A_{\text{total}} = 0.003 \text{ m}^2.$$

Distribución:

Se efectuara en una fila así:

$$N * (a + t) = L$$

a = espacimientto.  
t = diámetro de orificios.

$$a = (L / n) - t$$

$$a = (0.7 / 3) - 0.0381$$

$$a = 0.2 \text{ m.}$$

$$a + t = 0.174 + 0.0381 = 0.23 \text{ m.}$$

$$(a + t) / 2 = 0.11 \text{ m.}$$

Teniendo en cuenta el ancho del desarenador 0.70m y el diámetro de los orificios de la canaleta 1.5", se adopta un ancho de canaleta de 0.4m.

$$a = (L / n) - t$$

$$a = (0.4 / 1) - 0.0381$$

$$a = 0.362 \text{ m.}$$

$$a + t = 0.362 + 0.0381 = 0.4 \text{ m.}$$

$$(a + t) / 2 = 0.2 \text{ m.}$$

Pérdida de carga a través de los orificios (H):  $Q = C * A * \sqrt{2 * g * h}$

$$H = [Qd / (C * A)^2] * (1/2g)$$

$$H = (0.00071 / (0.61 * 0.003))^2 * 1/19.62$$

C = 0.61 por contracción de la vena líquida.

$$H = 0.02 \text{ m.}$$

Cálculo de la altura de la canaleta (h):

$$h = \frac{1}{2} * h \text{ útil}$$

$$h = \frac{1}{2} * 0.75 \text{ m.}$$

$$h = 0.375 \text{ m}$$

Estructura de salida:

La estructura de salida se ara a través de un vertedero de pared delgada de longitud = 0.70m, a todo el ancho del tanque.

$$H = (Q / (K * L))^{2/3}$$

$$H = (0.00071 / (1.84 * 0.7))^{2/3}$$

$$H = 0.01 \text{ m.}$$

Esta altura determina el nivel de agua en el desarenador y la posición del rebosadero de excesos.

Cota del agua a la entrada del desarenador = 2496.5 m.s.n.m.

Cota de la cresta del vertedero = 2496.5 + 0.03 = 2496.53 m.s.n.m.

Se asume tres centímetros por fluctuación del oleaje).

Cota de la corona del muro = 2496.5 + 0.3 = 2496.8 m.s.n.m.

Se asume 30 cm por seguridad.

Cota del fondo de la cámara de entrada = 2496.5 - 0.2 = 2496.3 m.s.n.m.

Cota del centro del tubo = 2496.23 m.s.n.m se asume.

Cota del nivel de agua del desarenador = 2496.5 - 0.02 = 2496.48 m.s.n.m.

Cota fondo de la canaleta = 2496.48 - 0.375 = 2496.10 m.s.n.m.

Cota vertedero de estructura de salida = 2496.49 - 0.008 = 2496.09 m.s.n.m.

El espacio libre entre el vertedero y la pared del desarenador para evitar turbulencia se calculara con base en el caudal y la velocidad de arrastre (Va):

$$Va = 161 * \sqrt{d}$$

$$Va = 161 * \sqrt{0.011}$$

$$Va = 16.9 \text{ cm/seg.}$$

$$Va = 0.177 \text{ m / seg.}$$

$$\text{Área libre de salida} = Q / Va$$

$$Alb = 0.00071 / 0.177 = 0.004 \text{ m}^2.$$

Para un ancho L de 0.70m:

La separación será:

$$X = AL / B$$

$$X = 0.004 / 0.7 = 0.01 \text{ m.}$$

A criterio propio se toma una longitud de  $X = 10 \text{ cm.}$

Canaleta de salida:

Diámetro de la tubería de aducción 2".

Se toma como diámetro de salida 2" = 0.020 m<sup>2</sup>

Se adopta para d un valor de 0.10 m.

Calculo de La altura (Hs):

$$H_s = ( Q / ( C * A ) )^2 * 1 / 2 * g$$

$$H_s = ( 0.00071 / ( 0.61 * 0.02 ) )^2 * 1 / 19.6$$

$$H_s = 0.02 \text{ m.}$$

Se toma como  $H_s = 0.1 \text{ m.}$

Se compara este valor con el de  $H_s \text{ mín.}$

$$H_{s \text{ mín}} = k * V^2 / ( 2 * g ) + V^2 / ( 2 * g )$$

$$H_{s \text{ mín}} = ( k + 1 ) * V^2 / ( 2 * g )$$

$$K = 0.5 \text{ (entrada)}$$

La velocidad (v) por tubería será:

$$V = Q / A$$

$$V = 0.00071 / 0.002$$

$$V = 0.355 \text{ m/seg.}$$

$$H_{s \text{ min}} = ( 0.5 + 1 ) * ( 0.355 )^2 / 19.62$$

$$H_{s \text{ min}} = 0.01 \text{ m.}$$

$$H_{s \text{ min}} < H_s$$

Cálculo de la altura de vertedero (Hf):

$$H_f = H_s - h$$

$$H_f = 0.02 - 0.01 = 0.01 \text{ m.}$$

$$\text{Cota fondo canaleta de salida} = 2496.48 - 0.008 - 0.10 = 2496.37 \text{ m.}$$

Sistema de extracción de lodos:

Longitud zona de sedimentación  $L = 2.48 \text{ m.}$

Volumen zona de sedimentación  $V = L * B * h$

$$V = 2.48 * 0.7 * 0.75$$

$$V = 1.3 \text{ m}^3.$$

Cálculo del volumen de la tolva (Vtolva):

$$V_{tolva} = 0.2 * V$$

$$V_{tolva} = 0.2 * 1.3$$

$$V_{tolva} = 0.26 \text{ m}^3.$$

Ancho canal recolector lodos  $B_c = 0.3 \text{ m}$ .

Altura de la tolva ( $H_{tv}$ ):

$$H_{tv} = 2 * V_t / (B_c + L) * B$$

$$H_{tv} = 2 * 0.26 / (0.3 + 2.48) * 0.7$$

$$H_{tv} = 0.27 \text{ m}.$$

## 2.3 DISEÑO TANQUE DE ALMACENAMIENTO

### 2.3.1 Datos generales.

Población actual = 305 Hab.  
 Tasa de crecimiento = 1.3%  
 Nivel de complejidad = bajo  
 Temperatura ( $t$ ) = 12 °C.  
 Dotación bruta = 166.67 l/hab/día.  
 Periodo de diseño = 20 años; RAS-2000, Tabla B.9.1.  
 Población futura ( $P_f$ ) = 395 hab.  
 Caudal de diseño (1QMH) = 1.58 LPS; RAS-200, capítulo B.9.4.3.

### 2.3.2 Parámetros de diseño.

Capacidad contra incendios ( $Q_{inc}$ ):  
 Según la norma RAS-2000, la capacidad contra incendios se calcula mediante la fórmula B.9.1.

$$Q_{inc} = ( 6.86/60 ) * ( P_f / 1000 )^{1/2} * \{ 1 - 0.01 * ( P_f / 1000 )^{1/2} \}$$

$$Q_{inc} = ( 6.86/60 ) * ( 395 / 1000 )^{1/2} * \{ 1 - 0.01 * ( 395 / 1000 )^{1/2} \}$$

$$Q_{inc} = 0.04 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

Según la norma RAS-2000, capítulo B.9.4.5, el volumen destinado a la protección contra incendios será determinado considerando una duración contra incendio de 2 horas (7200 seg).

Volumen contra incendios ( $V_{inc}$ ):

$$V_{inc} = Q_{inc} * 7200 \text{ seg}$$

$$V_{inc} = 0.04 * 7200$$

$$V_{inc} = 289.29 \text{ m}^3.$$

Capacidad de regulación:

Volumen máximo diario (VMD) = QMH \* 86400 seg.

VMD = 0.00158 \* 86400 seg.

VMD = 136.93 m<sup>3</sup>.

Según la norma RAS-2000, capítulo B.9.4.4, el volumen de regulación para el nivel bajo de complejidad es igual a 1/3 del VMD.

VOLreg = 1/3 \* 136.93

VOLreg = 45.64 m<sup>3</sup>

Según la norma RAS-2000, capítulo B.9.4.6, para el nivel bajo de complejidad el volumen de diseño es igual al volumen de regulación.

VOLdis = 45.64 m<sup>3</sup>

Dimensionamiento:

Numero de compartimentos (n) = 1

Relación (a/b) = 1

Altura asumida (H) = 2 m.

Altura libre (h) = 0.3 m.

Altura total = H + h

Altura total = 2 + 0.3 = 2.3 m.

Area superficial (As) = VOLdis / (n \* H)

As = 45.64 / (1 \* 2)

As = 22.82 m<sup>2</sup>

Ancho (a) = 4.78 m.

Largo (b) = 4.78 m.

Cálculo del caudal y tubería de desagüe:

Partiendo de la formula:

$Q = A * C_d * (2g * h)^{1/2}$

Q = Caudal de desagüe.

h = Altura del nivel máximo.

A = Área del tubo.

Cd = Coeficiente que depende de la relación L/d.

L = Longitud tubería + longitud por accesorios.

d = Diámetro del tubo.

$Q = (\pi * (0.0381^2)/4) * 0.82 * (19.62 * 2.04)^{1/2}$

Q = 0.0045 m<sup>3</sup>/seg = 4.47 Lps

Tiempo de vaciado (T):

El tiempo de vaciado debe ser menor de 8 horas y mayor de 2 horas.

$$T = (2 * A_o \sqrt{h}) / (m * A * \sqrt{2 * g})$$

T = tiempo de vaciado.

A<sub>o</sub> = área de la superficie del tanque.

A = área del tubo.

M = coeficiente que depende de la relación L/D.

L = 2 m.

D = 1.5 pulg.

A<sub>o</sub> = 22.82 m<sup>2</sup>

Pendiente (p) = 2%

h = 2.04 m.

L/D = 52.48

C<sub>d</sub> = 0.82

Suponemos un diámetro = 1.5" y se halla el caudal que evacua y el tiempo que tarda en vaciarse el tanque T (2 – 4) horas.

$$A = \Pi / 4 * D^2$$

$$A = \Pi / 4 * (0.0381)^2$$

$$A = 0.00114 \text{ m}^2$$

$$T = (2 * 22.82 \sqrt{2.04}) / (0.62 * 0.00114 * \sqrt{2 * 9.81})$$

$$T = 20821.98 \text{ seg}$$

$$T = 5.78 \text{ horas}$$

## 2.4 DISEÑO DE LA CONDUCCION

### 2.4.1 Datos generales.

Población actual = 305 Hab.

Tasa de crecimiento = 1.3%.

Nivel de complejidad = bajo.

Temperatura (t) = 12 °C.

Dotación bruta = 166.67 l/hab/día.

Periodo de diseño = 15 años; RAS-2000, Tabla B.6.1.

Población futura (P<sub>f</sub>) = 370 hab.

Caudal de diseño (1QMD) = 0.93 LPS; RAS-200, capítulo B.6.4.2.

Velocidad mínima = 0.6 m/seg, RAS-200, capítulo B.6.4.8.3.

Velocidad máxima = 6 m/seg, RAS-200, capítulo B.6.4.8.4.

### 2.4.2 Diseño.

- **Tramo uno: k00 + 000 a k00 + 040 m.**

Cota salida = 2498.5 m.s.n.m.  
Cota llegada = 2496.5 m.s.n.m.  
Longitud L = 40 m.  
Altura H = 2 m.  
Jc = 4.7m / 100 m.  
Diámetro  $\Phi$  = 1.5"  
RDE = 21  
Velocidad V = 0.99 m/seg.  
J = 3.46 m/100 m.  
Perdidas Hf = 1.45 m.  
Piezométrica al final = 2497.04 m.s.n.m.

▪ **Tramo dos k00 + 040m a k00 + 140 m.**

Cota salida = 2495.75 m.s.n.m.  
Cota llegada = 2488.5 m.s.n.m.  
Longitud L = 100 m.  
Altura H = 7.25 m.  
Jc = 6.9 m / 100 m.  
Diámetro  $\Phi$  = 1.5"  
RDE = 21  
Velocidad V = 0.99 m/seg.  
J = 3.63 m/100 m  
Perdidas Hf = 3.63 m  
Piezométrica al final = 2492.11 m.s.n.m.

▪ **Tramo tres k00 + 140 a k00 + 320 m.**

Cota salida = 2488.5 m.s.n.m.  
Cota llegada = 2484.7 m.s.n.m.  
Longitud L = 180 m.  
Altura H = 3.8 m.  
Jc = 2.01m / 100 m.  
Diámetro  $\Phi$  = 2"  
RDE = 21  
Velocidad V = 0.65 m/seg.  
J = 0.38 m/100 m.  
Perdidas Hf = 0.73 m.  
Piezométrica al final = 2487.77 m.s.n.m.

▪ **Tramo cuatro k00 + 320m a k01 + 228.50m.**

Cota salida = 2487.77 m.s.n.m.  
Cota llegada = 2479.0 m.s.n.m.  
Longitud L = 908.50 m.  
Altura H = 8.77 m.  
Combinación de diámetros:

Mayor longitud para tener en cuenta:

Longitud total más (5 %).

$L = 45.42 \text{ m.}$

Longitud total = 953.93 m.

Presión de llegada = 2 m.

Diferencia de niveles = 8.77 m.

$J \text{ disponible} = 8.77 / 953.93 = 0.0092 \text{ m/m} = 0.92\text{m}/100\text{m.}$

Con  $Q = 0.93 \text{ LPS}$  y  $RDE = 21$

$\Phi = 1^{1/2}'' \quad J = 1.16 \text{ m}/100\text{m.}$

$\Phi = 2'' \quad J = 0.39 \text{ m}/100\text{m.}$

Llamando  $L$  la longitud de diámetro  $1^{1/2}$  se tiene.

$L * 0.0116 + (953.93 - L) * 0.0039 = 8.77 \text{ m.}$

$0.0116 * L + 3.72 - 0.0039 * L = 8.77 \text{ m.}$

$0.0077 * L + 3.72 = 8.77 \text{ m.}$

$L = 5.05 / 0.0077$

$L = 655.84 \text{ m.}$

La longitud de la tubería de 2'' será:

$953.93\text{m} - 655.84\text{m} = 298.1 \text{ m} = L_c$

$L_r \text{ horizontal} = 283.2\text{m}$  de diámetro = 2''

Comprobación:

$\Phi = 1^{1/2}'' \quad 655.84\text{m} * 0.0116 = 7.6 \text{ m}$

$\Phi = 2'' \quad 298.1\text{m} * 0.0039 = \frac{1.17\text{m}}{8.77 \text{ m}}$

$L_r \text{ horizontal} \quad \Phi = 1^{1/2}'' = 623.04 \text{ m.}$

$L_r \text{ horizontal} \quad \Phi = 2'' = 283.2 \text{ m.}$

▪ **Tramo cinco  $k_1 + 228.5 \text{ m}$  a  $k_1 + 840 \text{ m.}$**

Cota salida = 2477 m.s.n.m.

Cota llegada = 2438.7 m.s.n.m.

Longitud  $L = 611.50 \text{ m.s.n.m.}$

Altura  $H = 38.3 \text{ m.}$

$J_c = 5.96 \text{ m}/100 \text{ m.}$

Diámetro  $\Phi = 1.5''$

$RDE = 21$

Velocidad  $V = 0.99 \text{ m/seg.}$

$J = 3.46 \text{ m}/100 \text{ m.}$

Perdidas  $H_f = 22.22 \text{ m.}$

Piezométrica al final = 2454.77 m.

**1. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700250/02, PROYECTO No. 52-838-0005, CONSECUTIVO 5431, PAVIMENTACION DE LA CARRERA 13ª ENTRE CALLES 27 Y 29 EN TUQUERRES NARIÑO.**

**3.1 ESTADO INICIAL DE LA OBRA**

El día lunes 25 de noviembre de 2002 se inicio el control y supervisión de la obra, la cual desarrolla actividades como la compactación del material de base en el sector dos.

Las actividades desarrolladas antes del proceso de compactación se describen a continuación:

- Conformación de la subrasante por medio de mano de obra.
- Cambio de la red de acueducto y alcantarillado.
- Transporte y acordonamiento de material en volquetas.
- Extensión del material por medios manuales.
- Irrigación del material extendido.
- Construcción de las obras de drenaje adecuadas.

Después de la ejecución de estas actividades se procede a la compactación de la base con el uso del vibro compactador de 8 toneladas.

El recorrido general de la obra se lleva a cavo con la identificación de niveles en la base, materializados por medio de estacas en madera común. Los cuales deben estar desacuerdo con las especificaciones del proyecto.

**3.2 CONFORMACION DE LA BASE**

**3.2.1 Ensayo de laboratorio para el material de base.** Para realizar el control de calidad del material de base, se revisaron los ensayos de laboratorio estipulados en el convenio, encontrando los laboratorios de granulometría y próctor del material de base proveniente de la cantera "LA LAGUNA".

Los datos de los ensayos fueron suministrados por el "LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD" del Ingeniero JOSE LUIS CUAYAL MUÑOS de los cuales se describe su proceso Y análisis.

- **Procedimiento y análisis del ensayo de granulometría.** El ensayo de granulometría se realiza de acuerdo a las normas INVIAS de 1998 de la siguiente manera:

- a) Se toma una muestra representativa del material y se mezcla completamente.
- b) Se hace un cuarteo del material.
- c) Se toma la muestra representativa que se obtiene en el cuarteo y se tamiza a través de la malla 3/8", para separar el agregado grueso del fino.
- d) Se toma una muestra representativa del agregado grueso de 6500 gr y una muestra representativa del agregado fino de 2000 gr aproximadamente.
- e) Se lava perfectamente cada una de las muestras.
- f) Se seca completamente las dos muestras.
- g) Se tamiza la muestra del material grueso a través de las mallas: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2" y 3/8".
- h) La muestra del agregado fino se tamiza en el tamizador eléctrico durante 5 minutos a través de las mallas número 4, 8, 10, 40, 100 y 200.
- i) Se registran los valores de peso de material retenido en cada una de las mallas mencionadas.

Para el análisis granulométrico se hace necesario tomar también una muestra para humedad, de la siguiente manera:

- a. Se toma una muestra del material con la humedad que posee en el momento del ensayo de granulometría.
- b. Se registra el peso de un recipiente pequeño.
- c. Se coloca la muestra de material en el recipiente y se registra el peso de material más el peso del recipiente.
- d. Se coloca la muestra a secar en el horno, por un tiempo mínimo de 18 horas.
- e. Se saca del horno el material y se registra el peso del material seco más el recipiente.
- f. Se hace el análisis de la humedad del material, de la siguiente manera:
- g.  $P1 = \text{Peso muestra húmeda} + \text{Recipiente.}$
- h.  $P2 = \text{Peso muestra seca} + \text{Recipiente.}$
- i.  $P3 = \text{Peso de recipiente.}$
- j.  $\text{Humedad} = ((P1 - P2) / (P2 - P3)) * 100.$
- k. Finalmente con todos los datos anteriores se realiza el análisis de granulometría integrada como lo indica la norma INVE 98.

- **Procedimiento y análisis para ensayo de próctor.** El ensayo de Próctor normal o modificado se realiza de acuerdo a la norma I.N.V.E. – 142.

Equipo de ensayo:

- Moldes de compactación, con sus bases y collares de extensión.
- Balanzas.
- Pisones de compactación.

- Tamices de 3/4" y N° 4.
- Horno eléctrico.
- Bandejas metálicas, cucharones, regla enrazadora, mortero de madera, probeta, etc.
- Gato Hidráulico.

Procedimiento:

- Se hace cuarteo de material para obtener una muestra representativa.
- Se seca la muestra de material, preferiblemente al aire.
- Se disgregan con un mortero de madera los terrones que tenga el material descartando los sobre tamaño. En el caso de emplear el molde grande, si existen partículas superiores a 3/4 " pueden reemplazarse por una cantidad igual en peso de material que pase dicho tamiz y quede retenido en el número 4.
- Se toman varias muestras con el mismo peso, aproximadamente 6000 gr.
- Se pesa el molde de compactación solo y se registra este valor después se le unen la placa de base y la extensión.
- Se agrega agua a la muestra en una cantidad lo suficientemente pequeña como para que al mezclarla uniformemente con el suelo, la mezcla se desmenuce al soltarla luego de estrujarla con la mano.
- Se pesa el molde de compactación sin el collar de derivación, solo con la base, se une el collar de derivación y se coloca en una base firme.
- Se coloca una porción de la mezcla húmeda del molde, tal que al compactar el suelo, éste alcance un espesor de 1" aproximadamente, ya que el material se compacta en 5 capas.
- Se compacta la porción de suelo introducida dentro del molde, con el pisón de 10 Lb, mediante 56 golpes. Los golpes deben repartirse uniformemente en toda la superficie de la capa, elevando el mazo del pisón hasta la parte superior de la guía y soltándola libremente, de modo que la altura de caída sea siempre la misma.
- Luego de compactar la primera capa, se compactan las 4 capas restantes de la misma manera.
- Cuando se termina de compactar, el material debe ocupar por lo menos la mitad de la altura del collar de derivación, momento en el cual se retira con mucho cuidado el collar de derivación y se enrasa la muestra compactada.
- Se retira la placa de base del molde, se limpia exteriormente y se pesa.
- Este valor es el peso del molde más la muestra húmeda compactada.
- Si al peso recién determinado se le descuenta el peso del molde vacío, se obtiene el peso de la muestra húmeda compactada.
- Se toma una muestra de cada punto para determinación de humedad, mediante el proceso de determinación de humedades que se explica en el ensayo de granulometría.
- Se extrae la muestra del cilindro, preferiblemente con un gato.
- Para obtener los diferentes puntos de la curva de compactación de las demás muestras, se procede de igual manera, agregando agua suficiente

para que su humedad este entre 2 y 3 % superior con respecto al anterior muestra compactada.

- Finalmente se realiza la curva de compactación y de esta se obtienen la humedad y densidad optimas de compactación en obra.

- **Ejecución del trabajo.** Una vez conformado la subrasante, transportado el material de base desde el sitio de carga al sitio de la obra, irrigado y extendido la ejecución del trabajo continua con la compactación con vibro compactador de 8 toneladas.

- **Compactación de la base o sub-base.** Posterior a la irrigación del material, La compactación de la base se efectuó con un vibro compactador de 8 toneladas en un espesor de 20 cm. Este proceso se realizó después de haber preparado la subrasante y de llegar a las cotas especificadas en el proyecto.

Una vez compactado el material y alcanzada la densidad especificada para la capa de base, se procede a la fundición de la losa de concreto.

**Figura 7. Compactación de la base.**



La conformación de la subrasante tuvo lugar mediante la utilización de mano de obra no calificada.

Al final del proceso se obtuvo una superficie uniforme, apta para la extensión y compactación de la base, con bombeos y pendientes de acuerdo a las especificaciones.

**Figura 31. Perfilado de la vía por métodos manuales.**



**Figura 32. Desalojo de material del sitio.**



**4.1.1 Obras de Drenaje.** Para la evacuación de las aguas lluvias que corre por la superficie del pavimento y por las cunetas o bordillos se construyeron sumideros con capacidad y condiciones adecuadas para un buen funcionamiento, los cuales reciben el agua y la entregan a un conducto que la lleva a la red de alcantarillado.

Proceso de construcción:

- Excavación para posterior instalación de la tubería
- Instalación de las tuberías correspondientes.
- Relleno para cubrir tubería instalada.
- Adecuación de cámara de inspección.
- Compactación del material de relleno
- Construcción de sumideros.

Los sumideros construidos en la vía tiene como dimensiones 1.5\*1.2 mt, la tubería para desalojo del agua desde el sumidero hacia el colector principal con diámetro 6”.

**Figura 33. Excavación para construcción de sumideros.**



**Figura 34. Construcción de sumideros.**



#### 4.1 CONFORMACION DE LA BASE

**4.2.1 Ensayo de laboratorio para el material de base.** Para realizar el control de calidad del material de base, se revisaron los ensayos de granulometría y próctor Realizados por el “LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD “del Ingeniero JOSE LUIS CUAYAL MUÑOS, Recomendados por la secretaria de obras publicas municipal. De los cuales se describe su proceso.

Las muestras de material de base para los ensayos de laboratorio fueron suministradas por la cantera “LA LAGUNA” Y por la cantera “Km 10 VIA SAMANIEGO”.

- **Procedimiento para ensayo de granulometría.** El ensayo de granulometría se realiza de acuerdo a las normas INVIAS de 1998 de la siguiente manera:

- Se toma una muestra representativa del material y se mezcla completamente.
- Se hace un cuarteo del material.
- Se toma la muestra representativa que se obtuvo en el cuarteo y se tamiza a través de la malla 3/8”, para separar el agregado grueso del fino.
- Se toma una muestra representativa del agregado grueso 6500 gr y una muestra representativa del agregado fino de 2000 gr aproximadamente.
- Se lava perfectamente cada una de las muestras.
- Se seca completamente las dos muestras.
- Se tamiza la muestra del material grueso a través de las mallas: 2”, 1 1/2”, 1 “, 3/4” ,1/2” y 3/8”.
- La muestra del agregado fino se tamiza en el tamizador eléctrico durante 5 minutos a través de las mallas número 4, 8, 10, 40,100 y 200.

- Se registran los valores de peso de material retenido en cada una de las mallas mencionadas.

Para el análisis granulométrico se hace necesario tomar también una muestra para humedad, de la siguiente manera:

- Se toma una muestra del material con la humedad que posee en el momento del ensayo de granulometría.
- Se registra el peso de un recipiente pequeño.
- Se coloca la muestra de material en el recipiente y se registra el peso de material más el peso del recipiente.
- Se coloca la muestra a secar en el horno, por un tiempo mínimo de 18 horas.
- Se saca del horno el material y se registra el peso del material seco más el recipiente.
- Se hace el análisis de la humedad del material, de la siguiente manera:

P1 = Peso muestra húmeda + Recipiente.

P2 = Peso muestra seca + Recipiente.

P3 = Peso de recipiente.

Humedad =  $((P1 - P2) / (P2 - P3)) * 100$

- Finalmente con todos los datos anteriores se realiza el análisis de granulometría integrada como se indica en la norma INVE 98.

– **Procedimiento para ensayo de próctor.** El ensayo de Próctor normal o modificado se realiza de acuerdo a la norma I.N.V.E. – 142.

Equipo de ensayo:

- Moldes de compactación, con sus bases y collares de extensión.
- Balanzas.
- Pisones de compactación.
- Tamices de 3/4" y N° 4.
- Horno eléctrico.
- Bandejas metálicas, cucharones, regla enrasadora, mortero de madera, probeta, etc.
- Gato Hidráulico.

Procedimiento:

- Se hace el cuarteo del material para obtener una muestra representativa.
- Se seca la muestra de material, preferiblemente al aire.
- Se disgregan con un mortero de madera los terrones que tenga el material descartando los sobre tamaños. En el caso de emplear el molde grande, si existen partículas superiores a 3/4 "pueden reemplazarse por una cantidad igual en peso de material que pase dicho tamiz y quede retenido en el número 4.
- Se toman varias muestras con el mismo peso (para este caso se tomaron 5 muestras de 6000 gr).

- Se pesa el molde de compactación solo y se registra este valor después se le unen la placa de base y la extensión.
- Se agrega agua a la muestra en una cantidad lo suficientemente pequeña como para que al mezclarla uniformemente con el suelo, la mezcla se desmenuce al soltarla luego de estrujarla con la mano.
- Se pesa el molde de compactación sin el collar de derivación, solo con la base. Se une el collar de derivación y se coloca en una base firme.
- Se coloca una porción de la mezcla húmeda del molde, tal que al compactar el suelo, éste alcance un espesor de 1" aproximadamente, ya que el material se compacta en 5 capas.
- Se compacta la porción de suelo introducida dentro del molde, con el pisón de 10 Lb, mediante 56 golpes. Los golpes deben repartirse uniformemente en toda la superficie de la capa, elevando el mazo del pisón hasta la parte superior de la guía y soltándola libremente, de modo que la altura de caída sea siempre la misma.
- Luego de compactar la primera capa, se compactan las 4 capas restantes de la misma manera.
- Cuando se termina de compactar, el material debe ocupar por lo menos la mitad de la altura del collar de derivación, momento en el cual se retira con mucho cuidado el collar de derivación y se enrasa la muestra compactada.
- Se retira la placa de base del molde, se limpia exteriormente y se pesa. Este valor es el peso del molde más la muestra húmeda compactada.
- Si al peso recién determinado se le descuenta el peso del molde vacío, se obtiene el peso de la muestra húmeda compactada.
- Se toma una muestra de cada punto para determinación de humedad, mediante el proceso de determinación de humedades que se explica en el ensayo de granulometría.
- Se extrae la muestra del cilindro, preferiblemente con un gato.
- Para obtener los diferentes puntos de la curva de compactación de las demás muestras, se procede de igual manera, agregando agua suficiente para que su humedad este entre 2 y 3 % superior con respecto al anterior muestra compactada.
- Finalmente se realiza la curva de compactación y de esta se obtienen la humedad y densidad óptimas de compactación en obra.

**4.2.2 Ejecución del trabajo.** La ejecución del trabajo se realiza de la siguiente manera:

- Transporte y acordonamiento de material de base desde el lugar de carga hasta el sitio de la vía por medio de volquetas.
- Mezcla y extensión del material de las diferentes canteras con el uso del cargador y por métodos manuales.
- Una vez extendido se inicia el proceso de irrigación y compactación con el vibro compactador de 8 toneladas.

**Figura 35. Acordonamiento del material de base.**



**Figura 36. Mezcla del material con cargador.**



**Figura 37. Extendido y aireación del material de base.**



- **Compactación de la base o sub-base.** La compactación de la base se efectuó con un vibro compactador de 8 toneladas en un espesor de 20 y 25 cm en diferentes tramos, Este proceso se realizó después de preparar la subrasante, de llegar a las cotas especificadas y posterior a la irrigación del material con manguera.

Una vez alcanzada la densidad especificada para la capa de base se da por terminada la construcción de esta y se da inicio a la construcción de la losa de concreto hidráulico.

**Figura 38. Irrigación del material de base.**



**Figura 39. Compactación de la base.**



**4.2.3 Control de la obra.** Después de compactada la base el control de la obra se lleva a cabo con las siguientes actividades:

- Chequeo de niveles en la base de acuerdo a las especificaciones del proyecto.
- Ensayos de densidad in situ con el aparato del cono y arena y toma de humedad in situ, trabajo que realizó el “EL LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD” del Ingeniero JOSE LUIS CUAYAL MUÑOS.

- **Chequeo de niveles.** El replanteo en la etapa de construcción de la capa de base se realizó con cinta métrica y otros elementos, colocando las señales correspondientes a las cotas en las cuales se dejaría terminada la capa.

Este proceso de replanteo se realizó constantemente, rectificando las cotas especificadas.

- **Control de Densidades con el cono y arena.** Este método consiste en la determinación del peso seco de cierta cantidad de suelo de la capa cuya densidad se desea conocer así como el volumen del orificio del suelo excavado el cual se mide empleando una arena de características específicas.
- **Descripción del Procedimiento General.** El método de ensayo de cono y arena se especifica en la norma I.N.V.E. – 161. Es el método más generalizado para determinación de densidades de campo.

El equipo para el ensayo es el siguiente:

- Frasco de vidrio, o de otro material con capacidad de un galón.

- Una pieza metálica en forma de cono, formada por una válvula con orificio de 1/2" que se termina en un embudo pequeño en uno de sus extremos y se enrosca en el frasco y otro embudo de mayor diámetro en el lado opuesto.
- Placa metálica de base, con un agujero en el centro, en el cual encaja el embudo del cono mayor.
- Arena de Ottawa o una equivalente (arena del guamo - Tolima).
- Una balanza con sensibilidad de 1 gr y otra de 0.1 gr.
- Tamiz 3/4", martillo, cincel, brocha, cucharón, bandeja metálica, frascos para determinación de densidades, etc.

Para la ejecución del ensayo, se determina en primer lugar la constante del cono y la densidad de la arena.

Para la determinación de la constante del cono:

- Se llena el frasco con la arena y se registra el peso (P1).
- Se coloca la platina en una superficie lisa y plana.
- Se invierte el contenido de arena del frasco, hasta que deje de fluir, momento en el cual se cierra la válvula y se levanta el frasco.
- Se pesa el frasco con la arena que quedó dentro de él (P2).
- La constante del cono es =  $P1 - P2$ .

Para la determinación de la densidad de la arena:

- Se toma un recipiente, cuyo volumen sea conocido.
- Se pesa el recipiente (P1).
- Se llena con la arena a la cual se le determinará la densidad.
- Se enrasa el recipiente y se pesa (P2).
- Se calcula el valor neto de arena en el recipiente ( $P2 - P1$ ).
- Densidad de la arena =  $(P2 - P1) / (\text{Volumen del recipiente})$ .

Procedimiento para determinación de las densidades en el campo.

- o Se lleva el equipo al terreno.
- o Se limpia bien el sitio del ensayo, con una brocha.
- o Se coloca la placa metálica y se comienza a excavar un agujero hasta la profundidad de la capa, colocando el material en un recipiente y pesarlo.
- o Se termina de excavar el agujero y se limpia completamente.
- o Se registra el peso del cono y la arena inicial.
- o El material excavado se tamiza a través de la malla 3/4", y el material que se retiene en ésta, se devuelve al agujero.
- o Se coloca el frasco en la placa, de forma invertida y se abre la válvula para dejar fluir la arena. Cuando la arena termina de fluir, se cierra la válvula y se registra el peso del cono y arena residual.
- o Se toma una muestra del material excavado, para determinación de humedad del material en el sitio.

Con la humedad ya determinada y los pesos registrados se hace el cálculo de las densidades de campo.

**Figura 40. Toma de densidades in situ.**



## 4.2 CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso construcción de un pavimento rígido, donde las losas están constituidas por concreto hidráulico, las cuales pueden tener o no pasadores de Transferencia de carga (dovelas) en las juntas, comprende una serie de actividades, como las siguientes:

- Construcción de obras de drenaje.
- Mejoramiento de la subrasante.
- Construcción de la sub-base o base (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (al no se usa equipo de formaletas deslizantes).
- Colocación de los pasadores de transferencia de carga y anclaje.
- Distribución, compactación, acabado, curado del concreto, elaboración de juntas y sellamiento de éstas.

**4.3.1 Mezcla utilizada.** El tipo de mezcla utilizada es de proporción 1:2:3; en un espesor de 17cm de acuerdo a lo especificado en el proyecto.

Antes de iniciar con la fundición de la placa de concreto se tomaron asentamientos con el cono de abrams, el asentamiento para pavimentos no debe ser mayor a 5 cm; en este caso el asentamiento tomado es de 2.5 cm.

**4.3.2 Construcción de la losa de concreto.** Para la construcción de la losa de concreto hidráulico se utilizo el equipo apoyado sobre formaletas fijas, a continuación se describe su uso en la obra.

- **Construcción de la losa con equipo apoyado sobre formaletas fijas.** En nuestro medio este método es muy utilizado, generalmente para la construcción de vías urbanas. A continuación se describe su uso.
- **Colocación de Formaletas.** Una vez compactada y preparada la capa de base o sub-base de acuerdo a las especificaciones del proyecto se procede a colocar las formaletas de madera común.

La altura de las formaletas debe ser igual al espesor de la losa (18 cm), se colocan sobre la superficie de la base teniendo en cuenta los niveles del proyecto mediante el uso de un hilo. Estas se fijan con estacas de madera, para evitar que se desplacen en el momento de máxima exigencia, que ocurre al vibrar el concreto.

Una vez instalada la cantidad de formaletas que garanticen por lo menos 3 horas de trabajo se procede a la fundición de la placa de concreto. Después de quitar las formaletas a los paños se procede a su limpieza para ser nuevamente utilizadas.

**Figura 41. Colocación de la formaleta.**



- **Instalación de pasadores de carga y anclaje.**

- **juntas transversales.** Los pasadores de transferencia de carga en las juntas transversales, se colocan en la mitad del espesor de la losa en dirección paralela al eje de la vía y sobre un plano paralelo al de la superficie del pavimento cada 35 cm, de acuerdo al proyecto.

En los extremos de cada carril, se colocan los pasadores a la mitad de la distancia especificada. Este anclaje se coloca en acero liso de 7/8", engrasado la mitad mas dos centímetros, permitiendo el deslizamiento de la losa sobre el mismo.

**Figura 42. Instalación pasadores de transmisión de carga junta transversal.**



- **Juntas longitudinales.** Los pasadores de anclaje son de acero corrugado, instalados en la formaleta de las juntas longitudinales cada 100 cm, en agujeros hechos mediante un taladro eléctrico.

El primer y último pasador correspondiente a cada losa se coloca como mínimo a 40 cm de la junta para evitar que el movimiento de las



**Figura 43. pasadores de longitudinal.**

transversal, interfiera con juntas.

**Instalación anclaje junta**

**4.3.3 elaboración del concreto.** para seleccionar el sistema de producción se desarrollaron las siguientes actividades:

- a) Disponibilidad de los equipos necesarios para la fundición de placa.
  - b) Longitud a pavimentar.
  - c) Equipos para el transporte de la mezcla.
  - d) Velocidad de colocación del concreto.
  - e) Ubicación de la fuente de materiales.
- **Colocación del concreto.** Antes de iniciar con la fundición de la losa se irriga la base con agua para evitar que esta absorba agua de la mezcla de concreto.

La colocación, compactación del concreto se debe realizar lo más rápido posible, antes de que transcurran 2 horas después de la mezcla de los materiales.

Después de colocar el concreto se procede al vibrado y compactación con vibrador de inmersión y regla vibratoria con un número de pasadas adecuado (de 2 a 3 veces).

Posterior al vibrado y compactado se procede al texturizado de la superficie y su respectivo terminado.

**Figura 44. Irrigación de la base.**



**Figura 45. Elaboración de la mezcla.**



**Figura 46. Colocación del concreto.**



- **Compactación o vibración del concreto.** La compactación se realiza mediante el uso del vibrador de inmersión, y luego su vibración externa con la regla vibratoria.

**Figura 47. Compactación del concreto con vibrador de aguja.**



**Figura 48. Vibración externa.**



- **Control técnico de la obra.** El control se llevo a cavo mediante el ensayo de asentamiento con el cono de abrams, procurando que el asentamiento de la mezcla de concreto se mantenga alrededor de 2.5 cm, y con la toma de núcleos para el ensayo de compresión, cuyos resultados de resistencia están por encima de los 3000 PSI, especificado en el proyecto.

**Figura 49. Ensayo de asentamiento.**



**Figura 50. Toma de cilindros.**



- **Texturizado de la superficie.** la textura superficial se realiza con el uso de la lona en estado húmedo y de la escoba, cuando su apariencia deje de ser brillante, la cual tiene por objeto proporcionar a la superficie del pavimento características antideslizantes,

Con el proceso anterior se evita el fenómeno de “hidroplaneo”, garantizando la seguridad de circulación de los vehículos.

**Figura 51. Texturizado y apisonado.**



**Figura 53 Texturizado con escoba.**



- **Curado del concreto.** El tiempo de curado del concreto se realiza durante los siete primeros días de colocación del concreto, con lo cual se garantiza la un fraguado adecuado, favorece a la obtención de la resistencia especificada en el proyecto y evita la aparición de fisuras producto de la retracción y fraguado.

**Figura 53 Curado del concreto.**



- **Construcción de juntas.** La construcción de las juntas se lleva a cabo estando el concreto fresco, las juntas transversales son elaboradas por medio de la colocación de platinas de acero de 6 a 8 mm de espesor y con un ancho aproximado de  $\frac{1}{3}$  del espesor de la losa, estas se aseguran por medio de estacas para evitar su flexión, las platinas se untan de aceite para facilitar su retiro evitando se fracturen los bordes de la junta.

Las juntas de construcción se realizan al inicio (no siempre) y finalización de la jornada trasversal de contracción más próxima.

**Figura 54. Platinas 8 mm de espesor.**



**Figura 55. Construcción de sardineles.**



**Figura 56. Fundición de tapas para cámaras de inspección.**



- **Terminados.** Se realizo el terminado de los sumideros, cajas de inspección, sardineles y de las juntas de dilatación.

**Figura 57. Terminado de sumideros.**



**Figura 58. Terminado de las cámaras de inspección.**



**Figura 59. Terminado de sardineles.**



**Figura 60. Panorámica actual de la vía.**



#### **4.4 ESTADO ACTUAL DE LA VÍA**

La ejecución de la obra continúa con las siguientes actividades en los últimos 60 metros:

- Fundición de la losa de concreto.
- Construcción de sardinales.
- Acabado de los sumideros.
- Acabado de cajas de inspección.

Dentro de la obra esta pendiente el sellado de las juntas y sus respectivos terminados.

**1. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700249/02, PROYECTO  
No. 52-838-0009, CONSECUTIVO 6957 PAVIMENTACION DE VIA  
PERIMETRAL PLAZA DE MERCADO SANTA MARIA EN  
TUQUERRES, NARIÑO.**

**5.1 ESTADO INICIAL DE LA VIA**

El día lunes 25 de noviembre de 2002 se inicio el control y supervisión de la obra, la cual desarrolla actividades como la Mezcla y extensión de material para base proveniente de las canteras “LA LAGUNA” y “Km 10 VIA SAMANIEGO”, en la última capa por medios manuales.

Las actividades desarrolladas antes del proceso de mezcla y extensión se describen a continuación:

- Conformación de la subrasante por medio de mano de obra.
- Transporte y acordonamiento de material para base en volquetas.
- Extensión del material por medios manuales.
- Mezcla de material de las diferentes canteras.
- Irrigación del material extendido.
- Compactación de material en la primera capa (espesor 10 cm).
- Construcción de las obras de drenaje adecuadas.

Después de la ejecución de estas actividades se procede a la mezcla y extensión de material de base en la segunda capa (espesor 15cm ).

El recorrido general de la obra se lleva a cavo con la identificación de niveles en la base, materializados por medio de estacas en madera común. Los cuales deben estar desacuerdo con las especificaciones del proyecto.

**5.2 CONFORMACION DE LA BASE**

**5.2.1 Ensayo de laboratorio para el material de base.** Para realizar el control de calidad del material de base, se revisaron los ensayos de laboratorio estipulados en el convenio, encontrando los laboratorios de granulometría y próctor del material de base proveniente de la cantera “LA LAGUNA”.

Los datos de los ensayos fueron suministrados por el “LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD” del Ingeniero JOSE LUIS CUAYAL MUÑOS de los cuales se describe su proceso Y análisis.

• **Procedimiento y análisis del ensayo de granulometría.** El ensayo de granulometría se realiza de acuerdo a las normas INVIAS de 1998 de la siguiente manera:

- Se toma una muestra representativa del material y se mezcla completamente.
- Se hace un cuarteo del material.
- Se toma la muestra representativa que se obtiene en el cuarteo y se tamiza a través de la malla 3/8", para separar el agregado grueso del fino.
- Se toma una muestra representativa del agregado grueso de 6500 gr y una muestra representativa del agregado fino de 2000 gr aproximadamente.
- Se lava perfectamente cada una de las muestras.
- Se seca completamente las dos muestras.
- Se tamiza la muestra del material grueso a través de las mallas: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2" y 3/8".
- La muestra del agregado fino se tamiza en el tamizador eléctrico durante 5 minutos a través de las mallas número 4, 8, 10, 40, 100 y 200.
- Se registran los valores de peso de material retenido en cada una de las mallas mencionadas.

Para el análisis granulométrico se hace necesario tomar también una muestra para humedad, de la siguiente manera:

- Se toma una muestra del material con la humedad que posee en el momento del ensayo de granulometría.
- Se registra el peso de un recipiente pequeño.
- Se coloca la muestra de material en el recipiente y se registra el peso de material más el peso del recipiente.
- Se coloca la muestra a secar en el horno, por un tiempo mínimo de 18 horas.
- Se saca del horno el material y se registra el peso del material seco más el recipiente.
- Se hace el análisis de la humedad del material, de la siguiente manera:

P1 = Peso muestra húmeda + Recipiente.

P2 = Peso muestra seca + Recipiente.

P3 = Peso de recipiente.

Humedad =  $((P1 - P2) / (P2 - P3)) * 100$ .

- Finalmente con todos los datos anteriores se realiza el análisis de granulometría integrada como lo indica la norma INVE 98.

• **Procedimiento y análisis para ensayo de próctor.** El ensayo de Próctor normal o modificado se realiza de acuerdo a la norma I.N.V.E. – 142. Equipo de ensayo:

- Moldes de compactación, con sus bases y collares de extensión.

- Balanzas.
- Pisones de compactación.
- Tamices de 3/4" y N° 4.
- Horno eléctrico.
- Bandejas metálicas, cucharones, regla enrasadora, mortero de madera, probeta, etc.
- Gato Hidráulico.
  
- Procedimiento:
- Se hace cuarteo de material para obtener una muestra representativa.
- Se seca la muestra de material, preferiblemente al aire.
- Se disgregan con un mortero de madera los terrones que tenga el material descartando los sobre tamaño. En el caso de emplear el molde grande, si existen partículas superiores a 3/4 "pueden reemplazarse por una cantidad igual en peso de material que pase dicho tamiz y quede retenido en el número 4.
- Se toman varias muestras con el mismo peso, aproximadamente 6000 grms.
- Se pesa el molde de compactación solo y se registra este valor después se le unen la placa de base y la extensión.
- Se agrega agua a la muestra en una cantidad lo suficientemente pequeña como para que al mezclarla uniformemente con el suelo, la mezcla se desmenuce al soltarla luego de estrujarla con la mano.
- Se pesa el molde de compactación sin el collar de derivación, solo con la base, se une el collar de derivación y se coloca en una base firme.
- Se coloca una porción de la mezcla húmeda del molde, tal que al compactar el suelo, éste alcance un espesor de 1" aproximadamente, ya que el material se compacta en 5 capas.
- Se compacta la porción de suelo introducida dentro del molde, con el pisón de 10 Lb, mediante 56 golpes. Los golpes deben repartirse uniformemente en toda la superficie de la capa, elevando el mazo del pisón hasta la parte superior de la guía y soltándola libremente, de modo que la altura de caída sea siempre la misma.
- Luego de compactar la primera capa, se compactan las 4 capas restantes de la misma manera.
- Cuando se termina de compactar, el material debe ocupar por lo menos la mitad de la altura del collar de derivación, momento en el cual se retira con mucho cuidado el collar de derivación y se enrasa la muestra compactada.
- Se retira la placa de base del molde, se limpia exteriormente y se pesa.
- Este valor es el peso del molde más la muestra húmeda compactada.
- Si al peso recién determinado se le descuenta el peso del molde vacío, se obtiene el peso de la muestra húmeda compactada.
- Se toma una muestra de cada punto para determinación de humedad, mediante el proceso de determinación de humedades que se explica en el ensayo de granulometría.
- Se extrae la muestra del cilindro, preferiblemente con un gato.

- Para obtener los diferentes puntos de la curva de compactación de las demás muestras, se procede de igual manera, agregando agua suficiente para que su humedad este entre 2 y 3 % superior con respecto al anterior muestra compactada.
- Finalmente se realiza la curva de compactación y de esta se obtienen la humedad y densidad optimas de compactación en obra.

**5.2.2 Ejecución del trabajo.** La ejecución del trabajo se realiza con las siguientes actividades:

- Mezcla de material de las diferentes canteras por medios manuales.
- Extensión del material de mezcla con mano de obra no calificada.
- Irrigación del material extendido.
- Compactación del material de base con el vibro compactador de 8 toneladas.
- Replanteo de niveles en la base.

- **Mezcla y extensión de material.** El día lunes 25 de noviembre de 2002 se realiza la mezcla y extensión de material para base proveniente de las canteras "LA LAGUNA" y "Km10 VIA SAMANIEGO", proceso que selle va a cabo con el uso de mano de obra no calificada.

Estas actividades fueron interrumpidas durante los días 16 – 26 de Diciembre de 2003, puesto que las condiciones climáticas no fueron favorables y saturaron el material extendido en un espesor de 5 cm, mirándose así la necesidad de levantar y secar el material durante este periodo de tiempo.

**Figura 61. Mezcla de material para base.**



**Figura 62. Extendido y aireación del material de base.**



**Figura 63. Material saturado.**



**Figura 64. Levantamiento y secado de material saturado.**



- **Compactación de la base o sub-base.** La compactación de la base se efectuó con un vibro compactador de 8 toneladas en un espesor de 25 y 30 cm en diferentes tramos, en esta etapa el espesor a compactar es de 15 cm. Este proceso se realizó después de preparar la subrasante, de llegar a las cotas especificadas y posteriores a la irrigación del material con manguera.

Una vez alcanzada la densidad especificada para la capa de base se da por terminada la construcción de esta y se da inicio a la construcción de la losa de concreto hidráulico.

**Figura 65. compactación de la base.**



**5.2.3 Control de la obra.** Después de compactada la base el control de la obra se lleva a cabo con las siguientes actividades:

- Chequeo de niveles en la base de acuerdo a las especificaciones el proyecto.
- Ensayos de densidad in situ con el aparato del cono y arena y toma de humedad in situ, trabajo que realizo el “EL LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD” del Ingeniero JOSE LUIS CUAYAL MUÑOS.

- **Chequeo de niveles.** El replanteo en la etapa de construcción de la capa de base se realizó con cinta métrica y otros elementos, colocando las señales correspondientes a las cotas en las cuales se dejaría terminada la capa.

Este proceso de replanteo se realizo constantemente, rectificando las cotas especificadas.

**Figura 66. Replanteo de niveles**



- **Control de Densidades con el Cono y Arena.** Este método consiste en la determinación del peso seco de cierta cantidad de suelo de la capa cuya densidad se desea conocer así como el volumen del orificio del suelo excavado el cual se mide empleando una arena de características específicas.
- **Descripción del Procedimiento General.** El método de ensayo de cono y arena se especifica en la norma I.N.V.E. – 161. Es el método más generalizado para determinación de densidades de campo.

El equipo para el ensayo es el siguiente:

- Frasco de vidrio, o de otro material con capacidad de un galón.
- Una pieza metálica en forma de cono, formada por una válvula con orificio de 1/2" que se termina en un embudo pequeño en uno de sus extremos y se enrosca en el frasco y otro embudo de mayor diámetro en el lado opuesto.
- Placa metálica de base, con un agujero en el centro, en el cual encaja el embudo del cono mayor.
- Arena de Ottawa o una equivalente (arena del guamo - Tolima).
- Una balanza con sensibilidad de 1 gr y otra de 0.1 gr.
- Tamiz 3/4", martillo, cincel, brocha, cucharón, bandeja metálica, frascos para determinación de densidades, etc.

Para la ejecución del ensayo, se determina en primer lugar la constante del cono y la densidad de la arena.

Para la determinación de la constante del cono:

- Se llena el frasco con la arena y se registra el peso (P1).
- Se coloca la platina en una superficie lisa y plana.
- Se invierte el contenido de arena del frasco, hasta que deje de fluir, momento en el cual se cierra la válvula y se levanta el frasco.
- Se pesa el frasco con la arena que quedó dentro de él (P2).
- La constante del cono es  $= P1 - P2$ .

Para la determinación de la densidad de la arena:

- Se toma un recipiente, cuyo volumen sea conocido.
- Se pesa el recipiente (P1).
- Se llena con la arena a la cual se le determinará la densidad.
- Se enrasa el recipiente y se pesa (P2).
- Se calcula el valor neto de arena en el recipiente ( $P2 - P1$ ).
- Densidad de la arena  $= (P2 - P1) / (\text{Volumen del recipiente})$ .

Procedimiento para determinación de las densidades en el campo.

- Se lleva el equipo al terreno.
- Se limpia bien el sitio del ensayo, con una brocha.
- Se coloca la placa metálica y se comienza a excavar un agujero hasta la profundidad de la capa, colocando el material en un recipiente y pesarlo.
- Se termina de excavar el agujero y se limpia completamente.
- Se registra el peso del cono y la arena inicial.
- El material excavado se tamiza a través de la malla 3/4", y el material que se retiene en ésta, se devuelve al agujero.
- Se coloca el frasco en la placa, de forma invertida y se abre la válvula para dejar fluir la arena. Cuando la arena termina de fluir, se cierra la válvula y se registra el peso del cono y arena residual.
- Se toma una muestra del material excavado, para determinación de humedad del material en el sitio.

Con la humedad ya determinada y los pesos registrados se hace el cálculo de las densidades de campo.

**Figura 67. Toma de densidades in situ.**



## **5.2 CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO**

El proceso construcción de un pavimento rígido, donde las losas están constituidas por concreto hidráulico, las cuales pueden tener o no pasadores de transferencia de carga (dovelas) en las juntas, comprende una serie de actividades, como las siguientes:

- Construcción de obras de drenaje.
- Mejoramiento de la subrasante.
- Construcción de la sub-base o base (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (al no se usa equipo de formaletas deslizantes).
- Colocación de los pasadores de transferencia de carga y anclaje.
- Distribución, compactación, acabado, curado del concreto.
- Elaboración de juntas y sellamiento de éstas.

**5.3.1 Mezcla utilizada.** El tipo de mezcla utilizada es de proporción 1:2:2.5; en un espesor de 18cm de acuerdo a lo especificado en el proyecto.

Antes de iniciar con la fundición de la placa de concreto se tomaron asentamientos con el cono de abrams, el asentamiento para pavimentos no debe ser mayor a 5 cm; en este caso el asentamiento tomado es de 2.5 cm.

**Figura 68. Toma de asentamientos.**



**Figura 69. Toma de cilindros.**



**5.3.2 Construcción de la losa de concreto.** Para la construcción de la losa de concreto hidráulico se utilizó el equipo apoyado sobre formaletas fijas, a continuación se describe su uso en la obra.

- **Construcción de la losa con equipo apoyado sobre formaletas fijas.** En nuestro medio este método es muy utilizado, generalmente para la construcción de vías urbanas. A continuación se describe su uso.
- **Colocación de Formaleta.** Una vez compactada y preparada la capa de base o sub-base de acuerdo a las especificaciones del proyecto se procede a colocar las formaletas de madera común.

La altura de las formaletas debe ser igual al espesor de la losa (18 cm), se colocan sobre la superficie de la base teniendo en cuenta los niveles del proyecto mediante el uso de un hilo. Estas se fijan con estacas de madera, para evitar que se desplacen en el momento de máxima exigencia, que ocurre al vibrar el concreto.

Una vez instalada la cantidad de formaletas que garanticen por lo menos 3 horas de trabajo se procede a la fundición de la placa de concreto.

Después de quitar las formaletas a los paños se procede a su limpieza para ser nuevamente utilizadas.

**Figura 70. Colocación de la formaleta.**



- **Instalación de pasadores de carga y anclaje.**
  - **Juntas transversales.** Los pasadores de transferencia de carga en las juntas transversales, se colocan en la mitad del espesor de la losa en dirección

paralela al eje de la vía y sobre un plano paralelo al de la superficie del pavimento cada 35 cm, de acuerdo al proyecto.

En los extremos de cada carril, se colocan los pasadores a la mitad de la distancia especificada. Este anclaje se coloca en acero liso de 7/8", engrasado la mitad mas dos centímetros, permitiendo el deslizamiento de la losa sobre el mismo.

**Figura 71. Instalación pasadores de transmisión de carga junta transversal.**



- **Juntas longitudinales.** Los pasadores de anclaje son de acero corrugado, instalados en la formaleta de las juntas longitudinales cada 100 cm, en agujeros hechos mediante un taladro eléctrico.

El primer y último pasador correspondiente a cada losa se coloca como mínimo a 40 cm de la junta transversal, para evitar que interfiera con el movimiento de las juntas.

**Figura 72. Instalación pasadores de anclaje junta longitudinal.**



**5.3.3 Elaboración del concreto.** Para seleccionar el sistema de producción se desarrollaron las siguientes actividades:

- Disponibilidad de los equipos necesarios para la fundición de placa.
  - Longitud a pavimentar.
  - Equipos para el transporte de la mezcla.
  - Velocidad de colocación del concreto.
  - Ubicación de la fuente de materiales.
- **Colocación del concreto.** Antes de iniciar con la fundición de la losa se irriga la base con agua para evitar que esta absorba agua de la mezcla de concreto.

La colocación, compactación del concreto se debe realizar lo más rápido posible, antes de que transcurran 2 horas después de la mezcla de los materiales. Después de colocar el concreto se procede al vibrado y compactación con vibrador de inmersión y regla vibratoria con un número de pasadas adecuado (de 2 a 3 veces).

Posterior al vibrado y compactado se procede al texturizado de la superficie y su respectivo terminado.

**Figura 73. Elaboración de la mezcla.**



**Figura 74. Colocación del concreto.**



- **Compactación o vibración del concreto.** La compactación se realiza mediante el uso del vibrador de inmersión, y luego su vibración externa con la regla vibratoria.

**Figura 75. Compactación del concreto con vibrador de aguja.**



**Figura 76. Vibración externa.**



- **Control técnico de la obra.** El control se lleva a cabo mediante el ensayo de asentamiento con el cono de abrams, procurando que el asentamiento de la mezcla de concreto se mantenga alrededor de 2.5 cm, y con la toma de núcleos para el ensayo de compresión, cuyos resultados de resistencia están por encima de los 3000 psi, especificado en el proyecto.

**Figura 77. Ensayo de asentamiento.**



**Figura 78. Toma de cilindros.**



- **Texturizado de la superficie.** la textura superficial se realiza con el uso de la lona en estado húmedo y de la escoba, cuando su apariencia deje de ser brillante, la cual tiene por objeto proporcionar a la superficie del pavimento características antideslizantes,

Con el proceso anterior se evita el fenómeno de “hidroplaneo”, garantizando la seguridad de circulación de los vehículos.

**Figura 79. Apisonado del concreto.**



**Figura 80. Texturizado con lona.**



- **Curado del concreto.** El tiempo de curado del concreto se realiza durante los siete primeros días de colocación del concreto, con lo cual se garantiza la un fraguado adecuado, favorece a la obtención de la resistencia especificada en el proyecto y evita la aparición de fisuras producto de la retracción y fraguado.

**Figura 81 Curado del concreto.**



- **Construcción de juntas.** La construcción de las juntas se lleva a cabo estando el concreto fresco, las juntas transversales son elaboradas por medio de la colocación de platinas de acero de 6 a 8 mm de espesor y con un ancho aproximado de  $\frac{1}{3}$  del espesor de la losa, estas se aseguran por medio de estacas para evitar su flexión, las platinas se untan de aceite para facilitar su retiro evitando se fracturen los bordes de la junta.

Las juntas de construcción se realizan al inicio (no siempre) y finalización de la jornada transversal de contracción más próxima.

**Figura 82. Platinas 8 mm de espesor.**



- **construcción obras de arte.** La construcción de obras como cunetas, bordillos, sumideros, entre otros, se constituyen en elementos importantes para la evacuación de las aguas lluvias que corren por la superficie de la calzada.

**Figura 83. Instalación malla para sardineles.**



**Figura 84. Construcción de sardineles.**



**Figura 85. Construcción de sumideros.**



**Figura 86. Construcción cunetas.**



- **Terminados.** Se realiza el terminado de los sumideros, sardineles, bordillos y juntas de dilatación.

### 5.3 ESTADO ACTUAL DE LA VÍA

La ejecución de la obra continúa con las siguientes actividades en los últimos 40 metros:

- Fundición de la losa de concreto.
- Construcción de sardinales.
- Acabado de los sumideros.
- Acabado de las cunetas.

Dentro de la obra esta pendiente el sellado de las juntas y sus respectivos terminados.

**Figura 87. Estado actual de la vía.**



**1. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO FIP-700252/02, PROYECTO NO. 52-838-0011, CONSECUTIVO 7240, PAVIMENTACION DE LA CARREA 16 ENTRE CALLES 17 Y 20 EN TUQUERRES, NARIÑO.**

**6.1 ESTADO INICIAL DE LA OBRA**

El día lunes 25 de noviembre de 2002 se inicio el control y supervisión de la obra, la cual desarrolla actividades como la extensión y compactación del material de base en los últimos 20 mts. Después de haber conformado la subrasante, construido la red de alcantarillado y las obras de drenaje adecuadas.

La extensión y compactación del material se realizan mediante el uso de mano de obra no calificada y un vibro compactador de 8 toneladas.

El recorrido general de la obra se lleva a cavo con la identificación de niveles en la base, materializados por medio de estacas en madera común. Los cuales deben estar desacuerdo con las especificaciones del proyecto.

**6.2 CONFORMACION DE LA BASE**

**6.2.1 Ensayo de laboratorio para el material de base.** Para realizar el control de calidad del material de base, se revisaron los ensayos de laboratorio estipulados en el convenio, encontrando los laboratorios de granulometría y próctor del material de base proveniente de la cantera "km 10 vía Samaniego".

Los datos de los ensayos fueron suministrados por el "LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD" del Ingeniero JOSE LUIS CUAYAL MUÑOS de los cuales se describe su proceso, análisis y resultados obtenidos.

• **Procedimiento y análisis del ensayo de granulometría.** El ensayo de granulometría fue realizado de acuerdo a las normas INVIAS de 1998 de la siguiente manera:

- Se toma una muestra representativa del material y se mezcla completamente.
- Se hace un cuarteo del material.
- Se toma la muestra representativa que se obtiene en el cuarteo y se tamiza a través de la malla 3/8", para separar el agregado grueso del fino.
- Se toma una muestra representativa del agregado grueso de 6500 gr y una muestra representativa del agregado fino de 2000 gr aproximadamente.

- Se lava perfectamente cada una de las muestras.
- Se seca completamente las dos muestras.
- Se tamiza la muestra del material grueso a través de las mallas: 2", 1 ½", 1", ¾", ½" y ⅜".
- La muestra del agregado fino se tamiza en el tamizador eléctrico durante 5 minutos a través de las mallas número 4, 8, 10, 40, 100 y 200.
- Se registran los valores de peso de material retenido en cada una de las mallas mencionadas.

Para el análisis granulométrico se hace necesario tomar también una muestra para humedad, de la siguiente manera:

- Se toma una muestra del material con la humedad que posee en el momento del ensayo de granulometría.
- Se registra el peso de un recipiente pequeño.
- Se coloca la muestra de material en el recipiente y se registra el peso de material más el peso del recipiente.
- Se coloca la muestra a secar en el horno, por un tiempo mínimo de 18 horas.
- Se saca del horno el material y se registra el peso del material seco más el recipiente.
- Se hace el análisis de la humedad del material, de la siguiente manera:
- $P1 = \text{Peso muestra húmeda} + \text{Recipiente.}$
- $P2 = \text{Peso muestra seca} + \text{Recipiente.}$
- $P3 = \text{Peso de recipiente.}$
- $\text{Humedad} = ((P1 - P2) / (P2 - P3)) * 100$
- Finalmente con todos los datos anteriores se realiza el análisis de granulometría integrada como lo indica la norma INVE 98.

- **Procedimiento y análisis para ensayo de próctor.** El ensayo de Próctor normal o modificado se realiza de acuerdo a la norma I.N.V.E. – 142.

Equipo de ensayo:

- Moldes de compactación, con sus bases y collares de extensión.
- Balanzas.
- Pisones de compactación.
- Tamices de ¾" y N° 4.
- Horno eléctrico.
- Bandejas metálicas, cucharones, regla enrasadora, mortero de madera, probeta, etc.
- Gato Hidráulico.

Procedimiento:

- Se hace cuarteo de material para obtener una muestra representativa.

- Se seca la muestra de material, preferiblemente al aire.
- Se disgregan con un mortero de madera los terrones que tenga el material descartando los sobre tamaño. En el caso de emplear el molde grande, si existen partículas superiores a 3/4 " pueden reemplazarse por una cantidad igual en peso de material que pase dicho tamiz y quede retenido en el número 4.
- Se toman varias muestras con el mismo peso, aproximadamente 6000 grms.
- Se pesa el molde de compactación solo y se registra este valor después se le unen la placa de base y la extensión.
- Se agrega agua a la muestra en una cantidad lo suficientemente pequeña como para que al mezclarla uniformemente con el suelo, la mezcla se desmenuce al soltarla luego de estrujarla con la mano.
- Se pesa el molde de compactación sin el collar de derivación, solo con la base, se une el collar de derivación y se coloca en una base firme.
- Se coloca una porción de la mezcla húmeda del molde, tal que al compactar el suelo, éste alcance un espesor de 1" aproximadamente, ya que el material se compacta en 5 capas.
- Se compacta la porción de suelo introducida dentro del molde, con el pisón de 10 Lb, mediante 56 golpes. Los golpes deben repartirse uniformemente en toda la superficie de la capa, elevando el mazo del pisón hasta la parte superior de la guía y soltándola libremente, de modo que la altura de caída sea siempre la misma.
- Luego de compactar la primera capa, se compactan las 4 capas restantes de la misma manera.
- Cuando se termina de compactar, el material debe ocupar por lo menos la mitad de la altura del collar de derivación, momento en el cual se retira con mucho cuidado el collar de derivación y se enrasa la muestra compactada.
- Se retira la placa de base del molde, se limpia exteriormente y se pesa. Este valor es el peso del molde más la muestra húmeda compactada.
- Si al peso recién determinado se le descuenta el peso del molde vacío, se obtiene el peso de la muestra húmeda compactada.
- Se toma una muestra de cada punto para determinación de humedad, mediante el proceso de determinación de humedades que se explica en el ensayo de granulometría.
- Se extrae la muestra del cilindro, preferiblemente con un gato.
- Para obtener los diferentes puntos de la curva de compactación de las demás muestras, se procede de igual manera, agregando agua suficiente para que su humedad este entre 2 y 3 % superior con respecto al anterior muestra compactada.
- Finalmente se realiza la curva de compactación y de esta se obtienen la humedad y densidad optimas de compactación en obra.

**6.2.3 Ejecución del trabajo.** Una vez transportado el material de base desde el sitio de carga al sitio de la obra, La ejecución y culminación del trabajo se realizo

mediante su extensión por métodos manuales y compactación con vibro compactador de 8 toneladas en los últimos 20mts.

**Figura 88. Extendido y aireación del material de base**



- **Compactación de la base o sub-base.** Posterior a la irrigación del material, La compactación de la base se efectuó con un vibro compactador de 8 toneladas en un espesor de 25 y 35 cm, en diferentes tramos, Este proceso se realizó después de haber preparado la subsanaste y de llegar a las cotas especificadas en el proyecto.

Una vez compactado el material y alcanzada la densidad especificada para la capa de base, se procede a la fundición de la losa de concreto.

**Figura 89. Compactación de la base**



**6.2.3 Control de la obra.** Después de haber alcanzado los niveles adecuados mediante la compactación del material, se realiza el control de la obra con la toma de densidades in situ (cono y arena), recomendado por la interventoría que realiza la secretaria de obras publicas municipal, trabajo efectuado por el “LABORATORIO DE INGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD” del Ingeniero JOSE LUIS CUAYAL MUÑOZ.

- **Chequeo de niveles.** Se realiza un recorrido general de la obra, verificando los niveles alcanzados en la base, los cuales se encuentran materializados por medio de estacas en madera común y señalados al lado y lado de la vía.
- **Control de Densidades con el Cono y Arena.** Este método consiste en la determinación del peso seco de cierta cantidad de suelo de la capa, cuya densidad se desea conocer, así como el volumen del orificio excavado el cual se mide empleando una arena de características específicas.
- **Descripción general del Procedimiento.** El método de ensayo de cono y arena se especifica en la norma I.N.V.E. – 161. Es el método más generalizado para determinación de densidades de campo.

El equipo para el ensayo es el siguiente:

- Frasco de vidrio, o de otro material con capacidad de un galón.

- Una pieza metálica en forma de cono, formada por una válvula con orificio de 1/2" que se termina en un embudo pequeño en uno de sus extremos y se enrosca en el frasco y otro embudo de mayor diámetro en el lado opuesto.
- Placa metálica de base, con un agujero en el centro, en el cual encaja el embudo del cono mayor.
- Arena de Ottawa o una equivalente (arena del guamo - Tolima).
- Una balanza con sensibilidad de 1 gr y otra de 0.1 gr.
- Tamiz 3/4", martillo, cincel, brocha, cucharón, bandeja metálica, frascos para determinación de densidades, etc.

Para la ejecución del ensayo, se determina en primer lugar la constante del cono y la densidad de la arena.

Para la determinación de la constante del cono:

- Se llena el frasco con la arena y se registra el peso (P1).
- Se coloca la platina en una superficie lisa y plana.
- Se invierte el contenido de arena del frasco, hasta que deje de fluir, momento en el cual se cierra la válvula y se levanta el frasco.
- Se pesa el frasco con la arena que quedó dentro de él (P2).
- La constante del cono es =  $P1 - P2$ .

Para la determinación de la densidad de la arena:

- Se toma un recipiente, cuyo volumen sea conocido.
- Se pesa el recipiente (P1).
- Se llena con la arena a la cual se le determinará la densidad.
- Se enrasa el recipiente y se pesa (P2).
- Se calcula el valor neto de arena en el recipiente ( $P2 - P1$ ).
- Densidad de la arena =  $(P2 - P1) / (\text{Volumen del recipiente})$ .

Procedimiento para determinación de las densidades en el campo.

- Se lleva el equipo al terreno.
- Se limpia bien el sitio del ensayo, con una brocha.
- Se coloca la placa metálica y se comienza a excavar un agujero hasta la profundidad de la capa, colocando el material en un recipiente y se pesa.
- Se termina de excavar el agujero y se limpia completamente.
- Se registra el peso del cono y la arena inicial.
- El material excavado se tamiza a través de la malla 3/4", y el material que se retiene en ésta, se devuelve al agujero.
- Se coloca el frasco en la placa, de forma invertida y se abre la válvula para dejar fluir la arena. Cuando la arena termina de fluir, se cierra la válvula y se registra el peso del cono y arena residual.

- Se toma una muestra del material excavado, para determinación de humedad del material en el sitio.

Con la humedad ya determinada y los pesos registrados se hace el cálculo de las densidades de campo.

**Figura 90. Toma de densidades in situ.**



### **6.3 CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO**

El proceso construcción de un pavimento rígido, donde las losas están constituidas por concreto hidráulico, las cuales pueden tener o no pasadores de transferencia de carga (dovelas) en las juntas, comprende una serie de actividades, como las siguientes:

- Construcción de obras de drenaje.
- Mejoramiento de la subrasante.
- Construcción de la sub-base o base (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (al no se usa equipo de formaletas deslizantes).
- Colocación de los pasadores de transferencia de carga y anclaje.
- Distribución, compactación, acabado, curado del concreto, elaboración de juntas y sellamiento de éstas.

**6.3.1 Mezcla utilizada.** El tipo de mezcla utilizada es de proporción 1:2:3; en un espesor de 17cm de acuerdo a lo especificado en el proyecto.

Antes de iniciar con la fundición de la placa de concreto se tomaron asentamientos con el cono de abrams, el asentamiento para pavimentos no debe ser mayor a 5 cm; en este caso el asentamiento tomado es de 2.5 cm.

**Figura 91. Elaboración de la mezcla.**



**Figura 92. Medida del asentamiento.**



**Figura 93. Cilindros de prueba**



**6.3.2 Construcción de la losa de concreto.** Para la construcción de la losa de concreto hidráulico se utilizó el equipo apoyado sobre formaletas fijas, a continuación se describe su uso en la obra.

- **Construcción de la losa con equipo apoyado sobre formaletas fijas.** En nuestro medio este método es muy utilizado, generalmente para la construcción de vías urbanas. A continuación se describe su uso.
- **Colocación de Formaletas.** Una vez compactada y preparada la capa de base o sub-base de acuerdo a las especificaciones del proyecto se procede a colocar las formaletas de madera común.

La altura de las formaletas debe ser igual al espesor de la losa (17 cm), se colocan sobre la superficie de la base teniendo en cuenta los niveles del proyecto mediante el uso de un hilo. Estas se fijan con estacas de madera, para evitar que se desplacen en el momento de máxima exigencia, que ocurre al vibrar el concreto.

Una vez instalada la cantidad de formaletas que garanticen por lo menos 3 horas de trabajo se procede a la fundición de la placa de concreto. Después de quitar las formaletas a los paños se procede a su limpieza para ser nuevamente utilizadas.

**Figura 94. Colocación de la formaleta**



- **Instalación de pasadores de carga y anclaje.**

- **Juntas transversales.** Los pasadores de transferencia de carga en las juntas trasversales, se colocan en la mitad del espesor de la losa en dirección paralela al eje de la vía y sobre un plano paralelo al de la superficie del pavimento cada 35 cm, de acuerdo al proyecto.

En los extremos de cada carril, se colocan los pasadores a la mitad de la distancia especificada. Este anclaje se colocó en acero liso de 7/8", engrasado la mitad más dos centímetros, permitiendo el deslizamiento de la losa sobre el mismo.

**Figura 95. Instalación pasadores de transmisión de carga junta transversal**



- **Juntas longitudinales.** Los pasadores de anclaje son de acero corrugado, instalados en la formaleta de las juntas longitudinales cada 100 cm, en agujeros hechos mediante un taladro eléctrico.

El primer y ultimo pasador correspondiente a cada losa se coloca como mínimo a 40 cm de la junta transversal, para evitar que interfiera con el movimiento de las juntas.

**Figura 96. Instalación pasadores de anclaje junta longitudinal**



**6.3.3 Elaboración del concreto.** para seleccionar el sistema de producción se desarrollaron las siguientes actividades:

- Disponibilidad de los equipos necesarios para la fundición de placa.
  - Longitud a pavimentar.
  - Equipos para el transporte de la mezcla.
  - Velocidad de colocación del concreto.
  - Ubicación de la fuente de materiales.
- **Colocación del concreto.** Antes de iniciar con la fundición de la losa se irriga la base con agua para evitar que esta absorba agua de la mezcla de concreto.

La colocación, compactación del concreto se debe realizar lo más rápido posible, antes de que transcurran 2 horas después de la mezcla de los materiales.

Después de colocar el concreto se procede al vibrado y compactación con vibrador de inmersión y regla vibratoria con un número de pasadas adecuado (de 2 a 3 veces).

Posterior al vibrado y compactado se procede al texturizado de la superficie y su respectivo terminado.

**Figura 97. Elaboración de la mezcla**



**Figura 98. Colocación y extensión del concreto**



- **Compactación o vibración del concreto.** La compactación se realiza mediante el uso del vibrador de inmersión, y luego su vibración externa con la regla vibratoria.

**Figura 99. Compactación del concreto con vibrador de aguja**



**Figura 100. Vibración externa**



- **Control técnico de la obra.** El control se lleva a cabo mediante el ensayo de asentamiento con el cono de abrams, procurando que el asentamiento de la mezcla de concreto se mantenga alrededor de 2.5 cm, y con la toma de núcleos para el ensayo de compresión.

Se tiene en cuenta el vibrado interno y externo, así como también el curado del concreto

**Figura 101. Ensayo de asentamiento**



**Figura 102. Toma de cilindros**



- **Texturizado de la superficie.** La textura superficial se realiza con el uso de la lona en estado húmedo y de la escoba, cuando su apariencia deje de ser brillante, la cual tiene por objeto proporcionar a la superficie del pavimento características antideslizantes.

Con el proceso anterior se evita el fenómeno de “hidroplaneo”, garantizando la seguridad de circulación de los vehículos.

**Foto 103. Texturizado y apisonado de la superficie.**



- **Curado del concreto.** El tiempo de curado del concreto se realiza durante los siete primeros días de colocación del concreto, con lo cual se garantiza la un fraguado adecuado, favorece a la obtención de la resistencia especificada en el proyecto y evita la aparición de fisuras producto de la retracción y fraguado.

**Figura 104. Curado del concreto**



· **Construcción de juntas.** La construcción de las juntas se lleva a cabo estando el concreto fresco, las juntas transversales son elaboradas por medio de la colocación de platinas de acero de 6 a 8 mm de espesor y con un ancho aproximado de  $\frac{1}{3}$  del espesor de la losa, estas se aseguran por medio de estacas para evitar su flexión, las platinas se untan de aceite para facilitar su retiro evitando se fracturen los bordes de la junta.

Las juntas de construcción se realizan al inicio (no siempre) y finalización de la jornada trasversal de contracción más próxima.

**Figura 105. Colocación platinas 8 mm de espesor.**



**Figura 106. Formaleta sardinel**



**Figura 107. Fundición sardinel**



- **Acabados.** Se realizo el terminado de los sumideros, cajas de inspección, sardineles y de las juntas de dilatación.

**Figura 107. Terminado de sumideros**



**Figura 108. Terminado de las cámaras de inspección**



- **Sellado de juntas.** El sellado de las juntas se debe hacer una vez se termine el proceso de curado y antes de que el pavimento sea abierto al tráfico, es decir, en periodos en que el pavimento no sea utilizado.

Los materiales de sello, pueden ser líquidos, los cuales permiten el vaciado en sitio, adaptándose a las irregularidades de las juntas.

**Figura 109. Sellado de las juntas**



- **Obras adicionales.** Se construye como obra adicional al proyecto una cazuela de 50\*60 cm, para la evacuación de las aguas lluvias al final de la plazuela de empalme de la vía.

**Figura 110. Construcción de cañuela**



**Figura 111. Panorámica de la vía terminada sector 1.**



**Figura 112. Panorámica de la vía terminada sector 2.**



## **2. SUPERVISION Y CONTROL CONVENIO 189-02, MEJORAMIENTO DE LA VIA TUQUERRES – OSPINA CON EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

### **7.1 LOCALIZACION Y REPLANTEO**

Las actividades de localización y replanteo del proyecto se iniciaron con un recorrido general para identificar los puntos de importancia. Después del reconocimiento del terreno se comienza con la ubicación de los elementos importantes del diseño y se materializan por medio de estacas.

El día martes 21 de enero de 2003 se realiza la localización y replanteo de la vía teniendo en cuenta los niveles existentes.

### **7.2 CONFORMACION DE LA SUBRASANTE**

Teniendo en cuenta que la subrasante es la parte del terreno sobre la cual se apoya el pavimento, se busca su mejoramiento para garantizar la estabilidad de la obra.

Esta debe soportar los esfuerzos producidos por el tráfico, de tal manera que la estructura del pavimento no se vea afectada.

La conformación de la subrasante se dio a través de la ejecución de varios procedimientos tales como: escarificación, remoción del material existente, perfilado y retiro de la capa vegetal, de tal manera que el pavimento se apoye sobre una estructura regular, homogénea, resistente a la erosión que puede generar el agua, y fácil de transitar en el proceso de contracción de la obra.

**Figura 113 Estado inicial de la vía**



**7.2.1 Equipo.** La maquinaria y equipos utilizados en los distintos procesos fueron:

- **Compactador Cilíndrico:** Se utilizó un compactador cilíndrico con un peso de 8 Toneladas, para dar el perfil adecuado a la subrasante.
- **Volquetas:** Para el transporte del material sobrante hacia el lugar de disposición final.
- **Herramienta menor:** Como picas, palas, buggis entre otros.

**7.2.2 Movimiento de Tierras.** A través del movimiento de tierras se conforma la superficie de la subrasante, para llegar a las cotas especificadas en el proyecto.

La conformación de la subrasante tuvo lugar mediante la utilización de mano de obra no calificada.

Al final del proceso se obtuvo una superficie uniforme, apta para la extensión y compactación de la base, con bombeos y pendientes de acuerdo a las especificaciones.

**Figura 114. Perfilado de la vía por métodos manuales**



**Figura 115. Desalojo de material del sitio**



**7.2.3 Excavación y cambio de tubería.** La excavación y cambio de tubería de la red de acueducto se realizó por medio de mano de obra no calificada y herramienta menor.

Este proceso se realizó debido a que la red de acueducto presentaba cierto grado de deterioro y teniendo más de 40 años de servicio.

**Figura 116. Excavación y cambio de tubería**



**7.2.4 Obras de drenaje.** Para la evacuación de las aguas lluvias que corre por la superficie del pavimento, cunetas y bordillos se construyeron cuatro sumideros con capacidad y condiciones adecuadas para un buen funcionamiento, los cuales reciben el agua y la entregan a un conducto que la lleva a la red de alcantarillado. Como obra adicional al proyecto se construyó una cámara de inspección para la conexión de los conductos de los sumideros.

Proceso de construcción:

- Excavación para posterior instalación de la tubería
- Instalación de las tuberías correspondientes.
- Relleno para cubrir tubería instalada.
- Construcción de cámara de inspección.
- Compactación del material de relleno
- Construcción de las cajas de sumideros.

Los sumideros construidos en la vía tiene como dimensiones 1.5\*1.3 mt, Y la tubería para desalajo del agua desde el sumidero hacia el colector principal con diámetro 6”

**Figura 117. Construcción de sumideros**



**Figura 118. Construcción cámara de inspección**



## 7.3 CONFORMACION DE LA BASE

**7.3.1 Ensayo de laboratorio para el material de base.** Para realizar el control de calidad del material de base, se hicieron ensayos de granulometría y próctor, de los cuales se describe su proceso.

Las muestras para la realización de los ensayos fueron suministradas por la cantera del señor LIBARDO CASTILLO las cuales se llevaron directamente al laboratorio.

• **Procedimiento para ensayo de granulometría.** El ensayo de granulometría se realiza de acuerdo a las normas INVIAS de 1998 de la siguiente manera:

- Se toma una muestra representativa del material y se mezcla completamente.
- Se hace un cuarteo del material.
- Se toma la muestra representativa que se obtuvo en el cuarteo y se tamiza a través de la malla 3/8", para separar el agregado grueso del fino.
- Se toma una muestra representativa del agregado grueso 6500 gr y una muestra representativa del agregado fino de 2000 gr aproximadamente.
- Se lava perfectamente cada una de las muestras.
- Se seca completamente las dos muestras.
- Se tamiza la muestra del material grueso a través de las mallas: 2", 1 ½", 1", 3/4", 1/2" y 3/8".
- La muestra del agregado fino se tamiza en el tamizador eléctrico durante 5 minutos a través de las mallas número 4, 8, 10, 40, 100 y 200.
- Se registran los valores de peso de material retenido en cada una de las mallas mencionadas.

Para el análisis granulométrico se hace necesario tomar también una muestra para humedad, de la siguiente manera:

- Se toma una muestra del material con la humedad que posee en el momento del ensayo de granulometría.
- Se registra el peso de un recipiente pequeño.
- Se coloca la muestra de material en el recipiente y se registra el peso de material más el peso del recipiente.
- Se coloca la muestra a secar en el horno, por un tiempo mínimo de 18 horas.
- Se saca del horno el material y se registra el peso del material seco más el recipiente.
- Se hace el análisis de la humedad del material, de la siguiente manera:

P1 = Peso muestra húmeda + Recipiente.

P2 = Peso muestra seca + Recipiente.

P3 = Peso de recipiente.

Humedad =  $\frac{(P1 - P2)}{(P2 - P3)} * 100$

▪ Finalmente con todos los datos anteriores se realiza el análisis de granulometría integrada como se indica en la norma INVE 98.

**Figura 119 Cuarteo para muestra representativa**



**Figura 119. Tamizado de material a través de la malla 3/8**



**Figura 120. Lavado de material fino**



**Figura 121. Lavado de material grueso**



**Figura 122. Tamizado agregado grueso**



**Figura 123. Tamizado de agregado fino**



· **Procedimiento para ensayo de próctor.** El ensayo de Próctor normal o modificado se realiza de acuerdo a la norma I.N.V.E. – 142.

Equipo de ensayo:

- Moldes de compactación, con sus bases y collares de extensión.
- Balanzas.
- Pisones de compactación.
- Tamices de 3/4" y N° 4.
- Horno eléctrico.
- Bandejas metálicas, cucharones, regla enrasadora, mortero de madera, probeta, etc.
- Gato Hidráulico.

Procedimiento:

- Se hace cuarteo de material para obtener una muestra representativa.
- Se seca la muestra de material, preferiblemente al aire.
- Se disgregan con un mortero de madera los terrones que tenga el material descartándolos sobre tamiz. En el caso de emplear el molde grande, si existen partículas superiores a 3/4 " pueden reemplazarse por una cantidad igual en peso de material que pase dicho tamiz y quede retenido en el número 4.
- Se toman varias muestras con el mismo peso (para este caso se tomaron 4 muestras de 6000 gr).
- Se pesa el molde de compactación solo y se registra este valor, después se le unen la placa de base y la extensión.
- Se agrega agua a la muestra en una cantidad lo suficientemente pequeña como para que al mezclarla uniformemente con el suelo, la mezcla se desmenuce al soltarla luego de estrujarla con la mano.
- Se pesa el molde de compactación sin el collar de derivación, solo con la base. Se une el collar de derivación y se coloca en una base firme.
- Se coloca una porción de la mezcla húmeda del molde, tal que al compactar el suelo, éste alcance un espesor de 1" aproximadamente, ya que el material se compacta en 5 capas.
- Se compacta la porción de suelo introducida dentro del molde, con el pisón de 10 Lb, mediante 56 golpes. Los golpes deben repartirse uniformemente en toda la superficie de la capa, elevando el mazo del pisón hasta la parte superior de la guía y soltándola libremente, de modo que la altura de caída sea siempre la misma.
- Luego de compactar la primera capa, se compactan las 4 capas restantes de la misma manera.
- Cuando se termina de compactar, el material debe ocupar por lo menos la mitad de la altura del collar de derivación, momento en el cual se retira con mucho cuidado el collar de derivación y se enrasa la muestra compactada.
- Se retira la placa de base del molde, se limpia exteriormente y se pesa, Este valor es el peso del molde más la muestra húmeda compactada.

- Si al peso recién determinado se le descuenta el peso del molde vacío, se obtiene el peso de la muestra húmeda compactada.
- Se toma una muestra de cada punto para determinación de humedad, mediante el proceso de determinación de humedades que se explica en el ensayo de granulometría.
- Se extrae la muestra del cilindro, preferiblemente con un gato.
- Para obtener los diferentes puntos de la curva de compactación de las demás muestras, se procede de igual manera, agregando agua suficiente para que su humedad este entre 2 y 3 % superior con respecto al anterior muestra compactada.
- Finalmente se realiza la curva de compactación y de esta se obtienen la humedad y densidad optimas de compactación en obra.

**Figura 124. Muestra para en sayo de próctor**



**Figura 125. Muestras de 6000 gr para ensayo de próctor**



**Figura 126 Mezcla con agua del material de ensayo**



**Figura 127. Compactación de una capa de material en el Cilindro**



**7.3.2 Ejecución del trabajo.** La ejecución del trabajo comenzó con el transporte y acordonamiento de material de base desde el lugar de carga hasta el sitio de la vía por medio de volquetas, luego se procedió a su extensión por métodos manuales, una vez extendido comenzó el proceso de compactación con vibro compactador de 8 toneladas posterior a su irrigación con manguera.

**Figura 128. Acordonamiento del material de base**



**Figura 129. Extendido y aireación del material de base**



- **Compactación de la base o sub-base.** La compactación de la base se efectuó con un vibro compactador de 8 toneladas en un espesor de 25 cm, Este

proceso se realizó después de preparar la subrasante, de llegar a las cotas especificadas y posterior a la irrigación del material con manguera.

Una vez alcanzada la densidad especificada para la capa de base se da por terminada la construcción de esta y se da inicio a la construcción de la losa de concreto hidráulico.

**Figura 130. Irrigación del material de base**



**Figura 131. Compactación de la base**



**7.3.3 Control de la obra.** Después de compactada la base, se chequearon niveles, se realizaron los ensayos de densidad in situ con el aparato del cono y arena, y la toma de humedad en la obra, entre otras actividades.

- **Chequeo de niveles.** El replanteo en la etapa de construcción de la capa de base se realizó con cinta métrica y otros elementos, colocando las señales correspondientes a las cotas en las cuales se dejaría terminada la capa.

Este proceso de replanteo se realizó constantemente, rectificando las cotas especificadas.

- **Control de Densidades con el Cono y Arena.** Este método consiste en la determinación del peso seco de cierta cantidad de suelo de la capa cuya densidad se desea conocer así como el volumen del orificio del suelo excavado el cual se mide empleando una arena de características específicas.

- **Descripción del Procedimiento General.** El método de ensayo de cono y arena se especifica en la norma I.N.V.E. – 161. Es el método más generalizado para determinación de densidades de campo.

El equipo para el ensayo es el siguiente:

- Frasco de vidrio, o de otro material con capacidad de un galón.
- Una pieza metálica en forma de cono, formada por una válvula con orificio de 1/2" que se termina en un embudo pequeño en uno de sus extremos y se enrosca en el frasco y otro embudo de mayor diámetro en el lado opuesto.
- Placa metálica de base, con un agujero en el centro, en el cual encaja el embudo del cono mayor.
- Arena de Ottawa o una equivalente (arena del guamo - Tolima).
- Una balanza con sensibilidad de 1 gr y otra de 0.1 gr.
- Tamiz 3/4", martillo, cincel, brocha, cucharón, bandeja metálica, frascos para determinación de densidades, etc.

Para la ejecución del ensayo, se determina en primer lugar la constante del cono y la densidad de la arena.

Para la determinación de la constante del cono:

- Se llena el frasco con la arena y se registra el peso (P1).
- Se coloca la platina en una superficie lisa y plana.
- Se invierte el contenido de arena del frasco, hasta que deje de fluir, momento en el cual se cierra la válvula y se levanta el frasco.
- Se pesa el frasco con la arena que quedó dentro de él (P2).
- La constante del cono es =  $P1 - P2$ .

Para la determinación de la densidad de la arena:

- Se toma un recipiente, cuyo volumen sea conocido.

- Se pesa el recipiente (P1).
- Se llena con la arena a la cual se le determinará la densidad.
- Se enrasa el recipiente y se pesa (P2).
- Se calcula el valor neto de arena en el recipiente (P2 – P1).
- Densidad de la arena =  $(P2 - P1) / (\text{Volumen del recipiente})$ .

Procedimiento para determinación de las densidades en el campo.

- Se lleva el equipo al terreno.
- Se limpia bien el sitio del ensayo, con una brocha.
- Se coloca la placa metálica y se comienza a excavar un agujero hasta la profundidad de la capa, colocando el material en un recipiente y pesarlo.
- Se termina de excavar el agujero y se limpia completamente.
- Se registra el peso del cono y la arena inicial.
- El material excavado se tamiza a través de la malla 3/4", y el material que se retiene en ésta, se devuelve al agujero.
- Se coloca el frasco en la placa, de forma invertida y se abre la válvula para dejar fluir la arena. Cuando la arena termina de fluir, se cierra la válvula y se registra el peso del cono y arena residual.
- Se toma una muestra del material excavado, para determinación de humedad del material en el sitio.

Con la humedad ya determinada y los pesos registrados se hace el cálculo de las densidades de campo.

**Figura 132. Toma de densidades in situ**



## 7.4 CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

El proceso construcción de un pavimento rígido, donde las losas están constituidas por concreto hidráulico, las cuales pueden tener o no pasadores de transferencia de carga (dovelas) en las juntas, comprende una serie de actividades, como las siguientes:

- Construcción de obras de drenaje.
- Mejoramiento de la subrasante.
- Construcción de la sub-base o base (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (si el diseño lo requiere).
- Una capa deslizante si fuere necesario.
- Instalación de formaletas (al no se usa equipo de formaletas deslizantes).
- Colocación de los pasadores de transferencia de carga y anclaje.
- Distribución, compactación, acabado, curado del concreto, elaboración de juntas y sellamiento de éstas.

**7.4.1 Mezcla de prueba.** Se realizó una mezcla de prueba 1:2:3; una vez medidas las proporciones de agregados y cemento se procedió a mezclarlos en la obra agregándole una cantidad de agua conocida la cual se controlaba midiendo el asentamiento del concreto por medio del cono de abrams, el asentamiento para pavimentos no debe ser mayor a 5 cm; en caso contrario se debe repetir el ensayo, en este caso el asentamiento tomado es de 2.5 cm.

**Figura 133. Materiales para mezcla de prueba**



**Figura 134. Elaboración de mezcla**



**Figura 135. Medida del asentamiento**



**Figura 136. Cilindros de prueba**



**Figura 137. Curado de cilindros**



**Figura 138. Recubrimiento con azufre**



**Figura 139. Ensayo de compresión**



**7.4.2 Construcción de la losa de concreto.** Para la construcción de la losa de concreto hidráulico se utilizó el equipo apoyado sobre formaletas fijas en un espesor de 18 cm, a continuación se describe su uso en la obra.

- **Construcción de la losa con equipo apoyado sobre formaletas fijas.** En nuestro medio este método es muy utilizado, generalmente para la construcción de vías urbanas. A continuación se describe su uso.

- **Colocación de Formaletas.** Una vez compactada y preparada la capa de base o sub-base de acuerdo a las especificaciones del proyecto se procede a colocar las formaletas de madera común.

La altura de las formaletas debe ser igual al espesor de la losa (18 cm), se colocan sobre la superficie de la base teniendo en cuenta los niveles del proyecto mediante el uso de un hilo. Estas se fijan con estacas de madera, para evitar que se desplacen en el momento de máxima exigencia, que ocurre al vibrar el concreto.

Una vez instalada la cantidad de formaletas que garanticen por lo menos 3 horas de trabajo se procede a la fundición de la placa de concreto. Después de quitar las formaletas a los paños se procede a su limpieza para ser nuevamente utilizadas.

**Figura 140. Colocación de la formaleta**



- **Instalación de pasadores de carga y anclaje.**

• **Juntas transversales.** Los pasadores de transferencia de carga en las juntas trasversales, se colocan en la mitad del espesor de la losa en dirección paralela al eje de la vía y sobre un plano paralelo al de la superficie del pavimento cada 35 cm, de acuerdo al proyecto.

En los extremos de cada carril, se colocan los pasadores a la mitad de la distancia especificada. Este anclaje se colocó en acero liso de 7/8", engrasado la mitad más dos centímetros, permitiendo el deslizamiento de la losa sobre el mismo.

**Figura 141. Instalación pasadores de transmisión de carga junta transversal**



- **Juntas longitudinales.** Los pasadores de anclaje son de acero corrugado, instalados en la formaleta de las juntas longitudinales cada 100 cm, en agujeros hechos mediante un taladro eléctrico.

El primer y último pasador correspondiente a cada losa se coloca como mínimo a 40 cm de la junta transversal, para evitar que interfiera con el movimiento de las juntas.

**Figura 142. Instalación pasadores de anclaje junta longitudinal**



**7.4.3 Elaboración del concreto.** para seleccionar el sistema de producción se desarrollaron las siguientes actividades:

- Disponibilidad de los equipos necesarios para la fundición de placa.
- Longitud a pavimentar.
- Equipos para el transporte de la mezcla.
- Velocidad de colocación del concreto.
- Ubicación de la fuente de materiales.

- **Colocación del concreto.** Antes de iniciar con la fundición de la losa se irriga la base con agua para evitar que esta absorba agua de la mezcla de concreto. La colocación, compactación del concreto se debe realizar lo más rápido posible, antes de que transcurran 2 horas después de la mezcla de los materiales.

Después de colocar el concreto se procede al vibrado y compactación con vibrador de inmersión y regla vibratoria con un número de pasadas adecuado (de 2 a 3 veces).

Posterior al vibrado y compactado se procede al texturizado de la superficie y su respectivo terminado.

**Figura 142. Elaboración de la mezcla**



**Figura 143. Colocación del concreto**



- **Compactación o vibración del concreto.** La compactación se realiza mediante el uso del vibrador de inmersión, y luego su vibración externa con la regla vibratoria.

**Figura 144. Compactación del concreto con vibrador de aguja**



**Figura 145. Vibración externa**



- **Control técnico de la obra.** El control se llevo a cavo mediante el ensayo de asentamiento con el cono de abrams, procurando que el asentamiento de la mezcla de concreto se mantenga alrededor de 2.5 cm, y con la toma de núcleos para el ensayo de compresión, cuyos resultados de resistencia están por encima de los 3000 psi, especificado en el proyecto.

**Figura 146. Ensayo de asentamiento**



**Figura 147. Toma de cilindros**



- **Texturizado de la superficie.** La textura superficial se realiza con el uso de la lona en estado húmedo y de la escoba, cuando su apariencia deje de ser brillante, la cual tiene por objeto proporcionar a la superficie del pavimento características antideslizantes.

Con el proceso anterior se evita el fenómeno de “hidroplaneo”, garantizando la seguridad de circulación de los vehículos.

**Figura 148. Texturizado y terminado con lona**



**Figura 149. Texturizado con escoba**



- **Curado del concreto.** El tiempo de curado del concreto se realiza durante los siete primeros días de colocación del concreto, con lo cual se garantiza la un

fraguado adecuado, favorece a la obtención de la resistencia especificada en el proyecto y evita la aparición de fisuras producto de la retracción y fraguado.

**Figura 150. Curado del concreto**



- **Construcción de juntas.** La construcción de las juntas se lleva a cabo estando el concreto fresco, las juntas transversales son elaboradas por medio de la colocación de platinas de acero de 6 a 8 mm de espesor y con un ancho aproximado de  $\frac{1}{3}$  del espesor de la losa, estas se aseguran por medio de estacas para evitar su flexión, las platinas se untan de aceite para facilitar su retiro evitando se fracturen los bordes de la junta.

Las juntas de construcción se realizan al inicio (no siempre) y finalización de la jornada trasversal de contracción más próxima.

**Figura 151. Platinas 8 mm de espesor.**



**Figura a152. Formaleta sardinel**



**Figura 153. Fundición sardinel**



**Figura 154. Fundición de tapas para cámaras de inspección**



- **Terminados.** Se realiza el terminado de los sumideros, cajas de inspección, sardineles y de las juntas de dilatación.

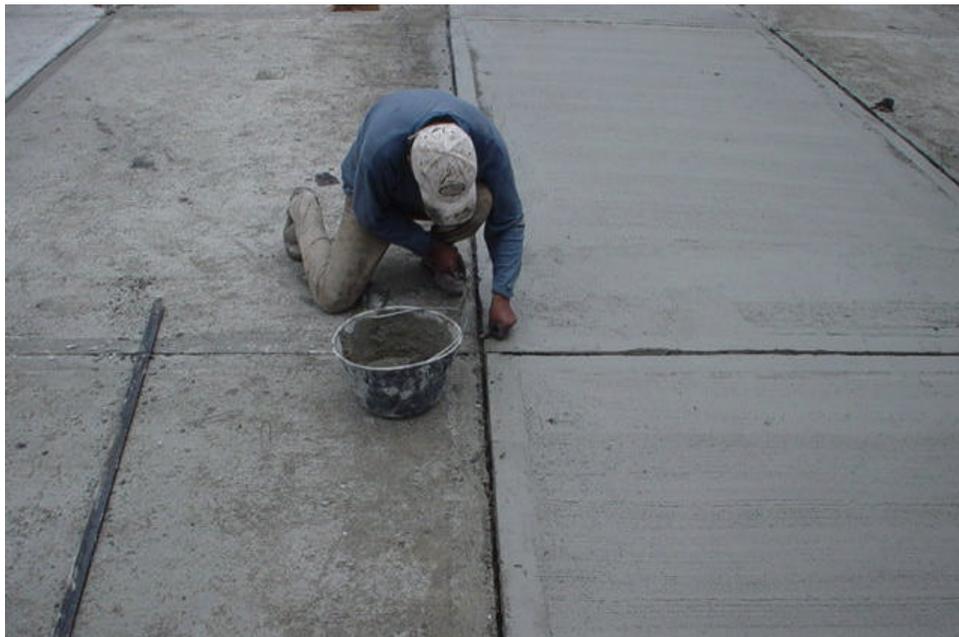
**Figura 155. Terminado de sumideros**



**Figura 156. Terminado de las cámaras de inspección**



**Figura 157. Terminado de las juntas**



- **Sellado de juntas.** El sellado de las juntas se debe hacer una vez se termine el proceso de curado y antes de que el pavimento sea abierto al tráfico, es decir, en periodos en que el pavimento no sea utilizado.

Los materiales de sello, pueden ser líquidos, los cuales permiten el vaciado en sitio, adaptándose a las irregularidades de las juntas.

**Figura 158. Sellado de las juntas.**



**Figura 159. Panorámica de la vía terminada.**



## **8. CONCLUSIONES**

Es conveniente irrigar los materiales de base con la cantidad de agua adecuada según los resultados de humedad obtenidos en los ensayos para así densificar bien la capa de base.

Las etapas posteriores de mantenimiento son tan importantes como la ejecución misma de la obra puesto que un adecuado mantenimiento garantiza la durabilidad de la obra.

El tratamiento de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos de laboratorio es sencillo y de fácil aplicación, pero cualquier error en el registro puede traer consigo la aceptación de materiales que no cumplan con las especificaciones señaladas o por el contrario rechazar materiales de buena calidad.

El mantenimiento y rehabilitación de las vías es de gran importancia para quienes transitan en ellas, es por esto que en el municipio de Túquerres se adelantan proyectos que van en procura del bienestar de la ciudadanía, lo cual brinda una mejor calidad de vida.

## 9. BIBLIOGRAFIA

BOWLES, E. J. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. Santa Fe de Bogota D.C. Editorial McGRAW -HILL.

LONDOÑO, C. A. Especificaciones de construcción para pavimentos de concreto. Medellín, ICPC, 1998. 10 p. (ICPC. Notas técnicas 4-26-771).

MUÑOZ RICAURTE, G. Pavimentos de concreto hidráulico. San Juan de Pasto, Universidad de Nariño, Editorial Universitaria. 1 Ed.2002.

REPUBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico. Santa Fe de Bogota D.C. Noviembre de 2002.

SALAZAR CANO, R. Acueductos. San Juan de Pasto, Universidad de Nariño, Editorial Universitaria, 2002.



**ANEXOS**

**Anexo A. Granulometría integrada de base, Cantera La Laguna**

GRANULOMETRÍA INTEGRADA DE BASE

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍAS URBANAS TUQUERRES FECHA NOVIEMBRE 11 DE 2002  
LOCALIZACIÓN CANTERA LA LAGUNA SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE  
DESCRIPCIÓN MATERIAL PARA BASE

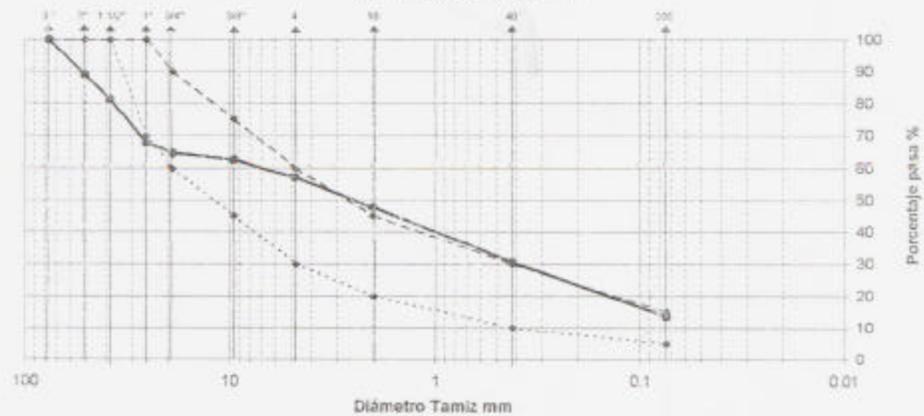
GRADACION

| Tamiz    | Peso Reten Acumulado | % Retenido Acumulado | % Pasa Parcial | % Pasa Integrado |
|----------|----------------------|----------------------|----------------|------------------|
| 3"       | -                    | -                    | -              | 100              |
| 2"       | -                    | -                    | -              | 89               |
| 1 1/2"   | 1790.0               | 18.75                | 81.25          | 81.25            |
| 1"       | 3104.0               | 32.51                | 67.49          | 67.49            |
| 3/4"     | 3403.0               | 35.04                | 64.36          | 64.36            |
| 3/8"     | 3588.0               | 37.56                | 62.42          | 62.42            |
| 4        | 87.4                 | 8.66                 | 91.34          | 57.01            |
| 10       | 238.9                | 23.67                | 76.33          | 47.65            |
| 40       | 515.5                | 51.07                | 48.93          | 30.54            |
| 200      | 791.4                | 78.40                | 21.60          | 13.48            |
| Pasa 200 | 218.0                |                      |                |                  |

PESO SECO TOTAL

Peso Seco Total 3547.1 grs  
Peso Seco muestra 3/8" 1008.4 grs  
Módulo de Finura 2.53  
Coeficiente Uniformidad (Cu) \_\_\_\_\_  
Diámetro efectivo \_\_\_\_\_ mm

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES

Límite Líquido % NL  
Límite Plástico % NP  
Índice de Plasticidad % 0.00

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
CONTROL DE CALIDAD  
ING. ALVARO AGUIRRE  
M. S. E. D. S. C. A. L. M. U. N. O. Z. I. C.  
L. I. C. C. M. T. 2. 517. 363

Anexo B. Granulometría integrada de base, Km 10 vía a Samaniego

GRANULOMETRÍA INTEGRADA DE BASE

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍAS URBANAS TÚCUEERES  
LOCALIZACIÓN CANTERA KM 10 - VÍA SAMANIEGO  
DESCRIPCIÓN MATERIAL PARA BESE

FECHA NOVIEMBRE 26 DE 2002  
SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE

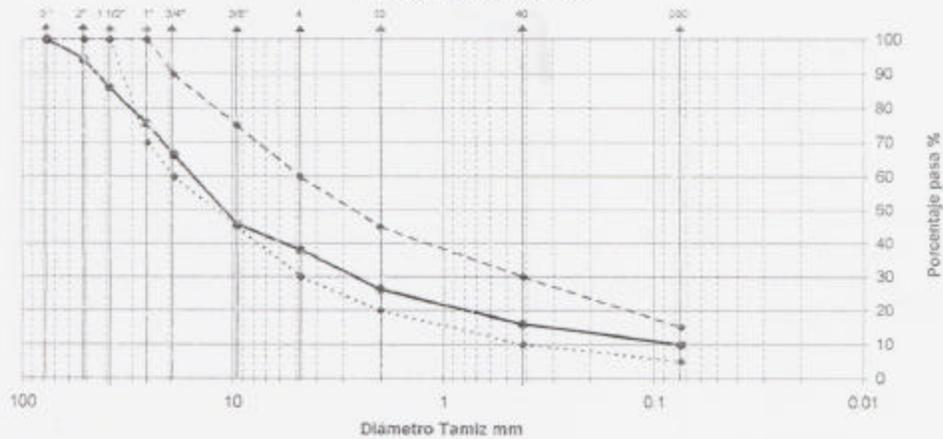
GRADACION

| Tamiz    | Peso Reten Acumulado | % Retenido Acumulado | % Pasa Parcial | % Pasa Integrado |
|----------|----------------------|----------------------|----------------|------------------|
| 3"       | -                    | -                    | -              | 100              |
| 2"       | -                    | -                    | -              | 94               |
| 1 1/2"   | 1861.4               | 14.13                | 85.87          | 85.87            |
| 1"       | 3245.4               | 24.64                | 75.36          | 75.36            |
| 3/4"     | 4437.4               | 33.69                | 66.31          | 66.31            |
| 3/8"     | 7138.4               | 54.20                | 45.80          | 45.80            |
| 4        | 145.0                | 16.88                | 63.12          | 38.07            |
| 10       | 398.9                | 42.71                | 57.29          | 26.24            |
| 40       | 563.3                | 65.57                | 34.43          | 15.77            |
| 200      | 672.7                | 78.30                | 21.70          | 9.94             |
| Peso 200 | 186.4                |                      |                |                  |

PESO SECO TOTAL

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Peso Seco Total               | 13170.4 grs |
| Peso Seco muestra 3/8"        | 859.1 grs   |
| Módulo de Finura              | 2.94        |
| Coefficiente Uniformidad (Cu) |             |
| Diámetro efectivo             | mm          |

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Limite Líquido %        | = 29.54 |
| Limite Plástico %       | = 26.62 |
| Índice de Plasticidad % | 2.92    |

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD  
JOSE LUIS CUSYAN MURCOZ I.C.  
L.I.C.C. N.º 1294

Anexo C. Granulometría integrada de base, Cantera La Laguna – Samaniego Km 10

GRANULOMETRÍA INTEGRADA DE BASE

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍAS URBANAS TÚQUERRES FECHA DICIEMBRE 6 DE 2002  
LOCALIZACIÓN CANTERA LA LAGUNA - SAMANIEGO KM 10 SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE  
DESCRIPCIÓN MATERIAL PARA BASE: LA LAGUNA 50% - KM 10 SAMANIEGO 50%

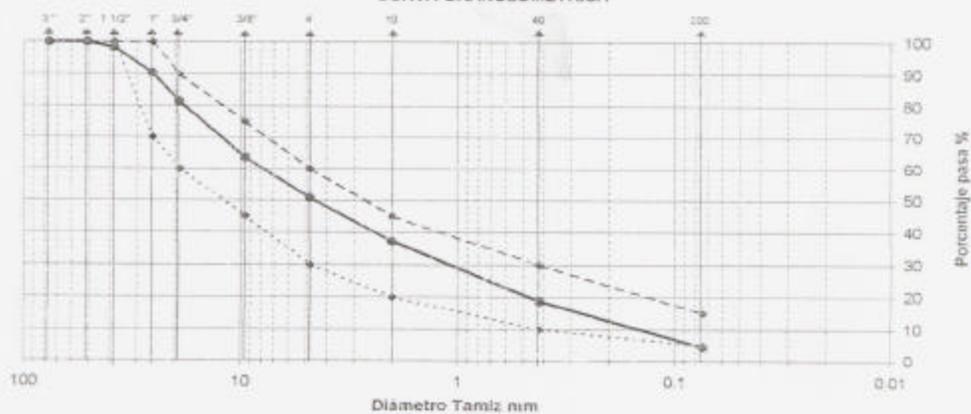
GRADACION

| Tamiz    | Peso Reten Acumulado | % Retenido Acumulado | % Pasa Parcial | % Pasa Integrado |
|----------|----------------------|----------------------|----------------|------------------|
| 3"       | -                    | -                    | -              | 100              |
| 2"       | -                    | -                    | -              | 100              |
| 1 1/2"   | 152.4                | 1.70                 | 98.30          | 98.30            |
| 1"       | 868.4                | 9.65                 | 90.34          | 90.34            |
| 3/4"     | 1670.4               | 18.59                | 81.41          | 81.41            |
| 3/8"     | 3294.4               | 36.55                | 63.45          | 63.45            |
| 4        | 144.0                | 20.04                | 79.95          | 50.73            |
| 10       | 297.0                | 41.34                | 58.66          | 37.22            |
| 40       | 506.2                | 70.45                | 29.55          | 18.75            |
| 200      | 657.8                | 92.95                | 7.05           | 4.48             |
| Pasa 200 | 50.7                 |                      |                |                  |

PESO SECO TOTAL

|                               |                   |
|-------------------------------|-------------------|
| Peso Seco Total               | <u>8986.6</u> grs |
| Peso Seco muestra 3/8"        | <u>718.5</u> grs  |
| Módulo de Finura              | <u>2.41</u>       |
| Coefficiente Uniformidad (Cu) | <u>53.33</u>      |
| Diámetro efectivo             | <u>0.15</u> mm    |

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES

Limite Líquido % = 27.85  
Limite Plástico % = 24.55  
Índice de Plasticidad % = 3.30  
LOS DOS MATERIALES PRESENTAN MUCHO DESGASTE A LOS ANGELES

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD  
ING. ALVARO AGUIRRE  
JOSE LUIS GUAYAL MUÑOZ I.C.  
I.C.C.

Anexo D. Ensayo de compactación, La Laguna

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍAS URBANAS FECHA NOV 11 DE 2002  
 REFERENCIA LA LAGUNA LOCALIZACIÓN TUQUERRES  
 DESCRIPCIÓN RECEBO ARENOSO COLOR MARRÓN SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE

**DATOS DE COMPACTACIÓN**

| Punto No.                             | 1       | 2       | 3       | 4       |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Molde No.                             | 1       | 1       | 1       | 1       |
| Volumen molde cm <sup>3</sup>         | 2139.08 | 2139.08 | 2139.08 | 2139.08 |
| Peso suelo húmedo + molde grs.        | 7238    | 7430    | 7659    | 7414    |
| Peso molde grs.                       | 3014    | 3014    | 3014    | 3014    |
| Peso suelo húmedo grs.                | 4222    | 4416    | 4645    | 4400    |
| Peso unitario seco lb/pe <sup>3</sup> | 109.952 | 114.585 | 117.736 | 106.867 |
| Grado de saturación %                 |         |         |         |         |

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

| Recipiente No.                | 36    | 6     | 21    | 3     |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso húmedo + recipiente grs. | 172.1 | 147.1 | 174.4 | 166.7 |
| Peso seco + recipiente grs.   | 157.7 | 135.0 | 156.5 | 145.4 |
| Peso recipiente grs.          | 37.34 | 37.21 | 37.46 | 39.18 |
| Humedad %                     | 11.96 | 12.37 | 15.04 | 20.05 |

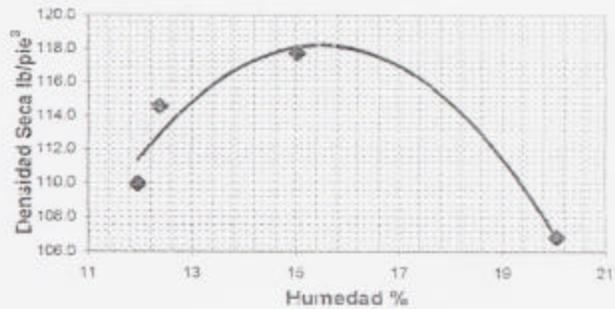
**COMPACTACIÓN DINÁMICA**

Peso del martillo 10 lb  
 Altura de Caída 18 plg  
 No. de capas 5  
 No. de golpes por capa 56

DENSIDAD MÁXIMA 118.2 lb/pe<sup>3</sup>

HUMEDAD ÓPTIMA 15.50 %

**HUMEDAD vs. DENSIDAD SECA**



OBSERVACIONES D.M. = 118.2 x 0.016033 = 1.896 g/cm<sup>3</sup>

LABORATORIO DE INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD  
 Ing. Alvaro Aguirre  
 JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.  
 L.M.C.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍAS URBANAS FECHA NOV 29 DE 2002  
REFERENCIA LA LAGUNA + SAMANIEGO + TRITURADO LOCALIZACIÓN TUQUERRES  
DESCRIPCIÓN MEZCLA DE TRES MATERIALES SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE

#### DATOS DE COMPACTACIÓN

| Punto No.                             | 1       | 2       | 3       | 4       |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Molde No.                             | 2       | 2       | 2       | 2       |
| Volumen molde cm <sup>3</sup>         | 2104.18 | 2104.18 | 2104.18 | 2104.18 |
| Peso suelo húmedo + molde grs.        | 7527    | 7683    | 7674    | 7650    |
| Peso molde grs.                       | 2960    | 2960    | 2960    | 2960    |
| Peso suelo húmedo grs.                | 4567    | 4723    | 4714    | 4690    |
| Peso unitario seco lb/ft <sup>3</sup> | 119.726 | 121.827 | 119.747 | 118.406 |
| Grado de saturación %                 |         |         |         |         |

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

| Recipiente No.                | 25    | 28    | 35    | 9     |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso húmedo + recipiente grs. | 150.7 | 165.8 | 149.2 | 154.3 |
| Peso seco + recipiente grs.   | 137.7 | 148.8 | 133.3 | 137.0 |
| Peso recipiente grs.          | 38.24 | 34.83 | 38.03 | 37.63 |
| Humedad %                     | 13.07 | 14.92 | 16.69 | 17.41 |

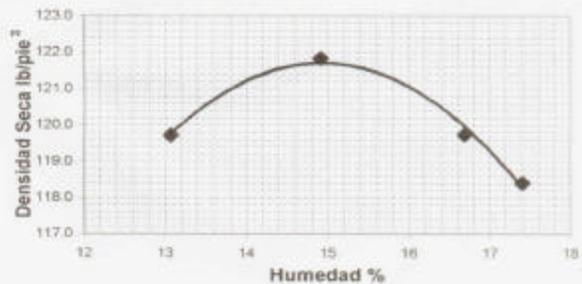
#### COMPACTACIÓN DINÁMICA

Peso del martillo 10 lb  
Altura de Caída 18 pig  
No. de capas 5  
No. de golpes por capa 56

DENSIDAD MÁXIMA 121.7 lb/ft<sup>3</sup>

HUMEDAD ÓPTIMA 14.93 %

#### HUMEDAD vs. DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES D.M. = 121.7 x 0.016033 = 1.951 gr/cm<sup>3</sup>

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD  
*J. S. Cuayal Muñoz*  
JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

Anexo F. Ensayo de compactación, Km 10 - Samaniego

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍAS URBANAS FECHA NOV 27 DE 2002  
 REFERENCIA KM 10 - SAMANIEGO LOCALIZACIÓN TUQUERRES  
 DESCRIPCIÓN RECEBO COLOR HABANO - PLÁSTICO SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE

#### DATOS DE COMPACTACIÓN

| Punto No.                              | 1       | 2       | 3       | 4       |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Molde No.                              | 2       | 2       | 2       | 2       |
| Volumen molde cm <sup>3</sup>          | 2104.18 | 2104.18 | 2104.18 | 2104.18 |
| Peso suelo húmedo + molde grs.         | 7260    | 7410    | 7402    | 7378    |
| Peso molde grs.                        | 2960    | 2960    | 2960    | 2960    |
| Peso suelo húmedo grs.                 | 4300    | 4450    | 4442    | 4418    |
| Peso unitario seco lb/pie <sup>3</sup> | 115.584 | 116.648 | 114.961 | 113.357 |
| Grado de saturación %                  |         |         |         |         |

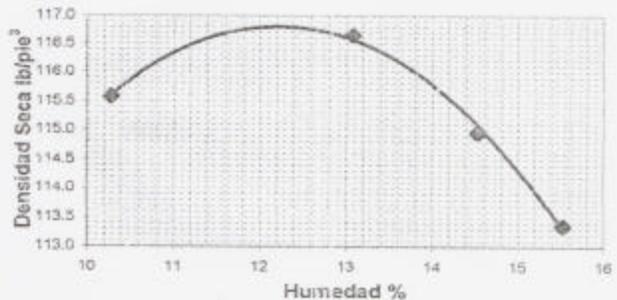
#### CONTENIDO DE HUMEDAD

| Recipiente No.                | 25    | 33    | 12    | 19    |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso húmedo + recipiente grs. | 149.0 | 164.5 | 150.9 | 153.3 |
| Peso seco + recipiente grs.   | 138.7 | 149.8 | 136.5 | 137.7 |
| Peso recipiente grs.          | 38.46 | 37.42 | 37.42 | 37.23 |
| Humedad %                     | 10.28 | 13.08 | 14.53 | 15.53 |

#### COMPACTACIÓN DINÁMICA

Peso del martillo 10 lb  
 Altura de Caída 18 pig  
 No. de capas 5  
 No. de golpes por capa 56  
 DENSIDAD MÁXIMA 116.8 lb/pie<sup>3</sup>  
 HUMEDAD ÓPTIMA 12.22 %

#### HUMEDAD vs. DENSIDAD SECA



#### OBSERVACIONES

D.M. =  $116.8 \times 0.016033 = 1.873$

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD  
 JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

DENSIDAD EN SITIO

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍAS URBANAS SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE  
LOCALIZACIÓN TUQUERRES - NARIÑO FECHA NOV 26 DE 2002  
DESCRIPCIÓN MATERIAL CANTERA LA LAGUNA - KM 10 VIA SAMANIEGO

DATOS DE CAMPO

| Densidad No.                             | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fecha                                    | 26 - XI - 02 |
| Abscisa                                  | K0 + 0.70    | K0 + 0.20    | K0 + 0.40    | K0 + 0.90    | K13 +130     |
| Ubicación                                | C            | D            | D            | I            | C            |
| Profundidad mt                           | 0.12         | 0.14         | 0.12         | 0.10         | 0.12         |
| Peso frasco y arena inicial grs.         | 6656         | 6502         | 6418         | 6364         | 6222         |
| Peso frasco y arena final grs.           | 3980         | 3806         | 3624         | 3706         | 3594         |
| Constante del cono grs.                  | 1740         | 1740         | 1740         | 1740         | 1740         |
| Densidad de la arena grs/cm <sup>3</sup> | 1.35         | 1.35         | 1.35         | 1.35         | 1.35         |
| Volumen del hueco cm <sup>3</sup>        | 694.6        | 706.1        | 632.6        | 678.5        | 657.8        |
| Recipiente No.                           | 121          | 121          | 121          | 121          | 121          |
| Peso suelo húmedo y recipiente grs.      | 1524         | 1608         | 1410         | 1546         | 1536         |
| Peso recipiente grs.                     | 190.0        | 190.0        | 190.0        | 190.0        | 190.0        |
| Peso suelo húmedo grs.                   | 1334         | 1416         | 1220         | 1356         | 1346         |

CONTENIDO DE AGUA

| Recipiente No.                      | 3     | 34    | 10    | 30    | 32    |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso suelo húmedo y recipiente grs. | 152.6 | 151.9 | 166.3 | 156.0 | 151.7 |
| Peso suelo seco y recipiente grs.   | 136.7 | 137.8 | 152.7 | 143.8 | 136.0 |
| Peso recipiente grs.                | 38.13 | 38.33 | 37.42 | 38.06 | 34.91 |
| Humedad %                           | 16.33 | 14.18 | 11.80 | 11.54 | 15.53 |

PESOS UNITARIOS

|                                     |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Densidad húmeda grs/cm <sup>3</sup> | 1.92  | 2.00  | 1.93  | 2.00  | 2.05  |
| Densidad seca grs/cm <sup>3</sup>   | 1.65  | 1.75  | 1.73  | 1.79  | 1.77  |
| Densidad máxima grs/cm <sup>3</sup> | 1.856 | 1.856 | 1.856 | 1.873 | 1.873 |
| Humedad óptima %                    | 14.87 | 14.87 | 14.87 | 12.22 | 12.22 |
| Compactación del terreno %          | 89    | 94    | 93    | 96    | 95    |
| Compactación especificada %         | 95    | 95    | 95    | 95    | 95    |

OBSERVACIONES DENSIDADES 1 - 2 Y 3 MATERIAL CANTERA LA LAGUNA  
DENSIDADES 4 Y 5 MATERIAL CANTERA KM 10 VIA SAMANIEGO  
DENSIDADES 1 Y 2 EL PARTIDERO  
DENSIDADES 3, 4 Y 5 PLAZA DE MERCADO (VIA IPIALES)

LABORATORIO DE INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD  
JOSE LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.  
L.V.C.C.

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

DENSIDAD EN SITIO

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍAS URBANAS SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE  
LOCALIZACIÓN TUQUERRES - NARIÑO FECHA NOV 26 DE 2002  
DESCRIPCIÓN MATERIAL CANTERA LA LAGUNA - KM 10 VÍA SAMANIEGO

DATOS DE CAMPO

| Densidad No.                             | 6            | 7            | 8         | 9            | 10           |
|--|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|
| Fecha                                    | 26 - XI - 02 | 26 - XI - 02 | 0         | 26 - XI - 02 | 26 - XI - 02 |
| Abscisa                                  | K22 + 5.00   | K27 + 5.00   | K3 + 0.00 | K8 + 0.00    | K13 + 130    |
| Ubicación                                | C            | D            | D         | C            | I            |
| Profundidad mt                           | 0.10         | 0.12         | 0.12      | 0.12         | 0.14         |
| Peso frasco y arena inicial grs.         | 8164         | 8072         | 3858      | 5710         | 5776         |
| Peso frasco y arena final grs.           | 3860         | 3624         | 3359      | 3234         | 3260         |
| Constante del cono grs.                  | 1740         | 1740         | 1740      | 1740         | 1740         |
| Densidad de la arena grs/cm <sup>3</sup> | 1.35         | 1.35         | 1.35      | 1.35         | 1.35         |
| Volumen del hueco cm <sup>3</sup>        | 403.0        | 524.4        | 562.2     | 545.2        | 574.8        |
| Recipiente No.                           | 121          | 121          | 121       | 121          | 121          |
| Peso suelo húmedo y recipiente grs.      | 930          | 1218         | 1258      | 1279         | 1374         |
| Peso recipiente grs.                     | 190.0        | 190.0        | 190.0     | 190.0        | 190.0        |
| Peso suelo húmedo grs.                   | 740          | 1028         | 1068      | 1089         | 1184         |

CONTENIDO DE AGUA

| Recipiente No.                      | 12    | 13    | 26    | 17    | 14    |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso suelo húmedo y recipiente grs. | 137   | 162.3 | 131.8 | 152.4 | 150.3 |
| Peso suelo seco y recipiente grs.   | 127.6 | 150.0 | 122.5 | 139.5 | 138.2 |
| Peso recipiente grs.                | 37.42 | 36.98 | 36.13 | 36.06 | 34.91 |
| Humedad %                           | 10.42 | 10.67 | 11.02 | 12.72 | 11.71 |

PESOS UNITARIOS

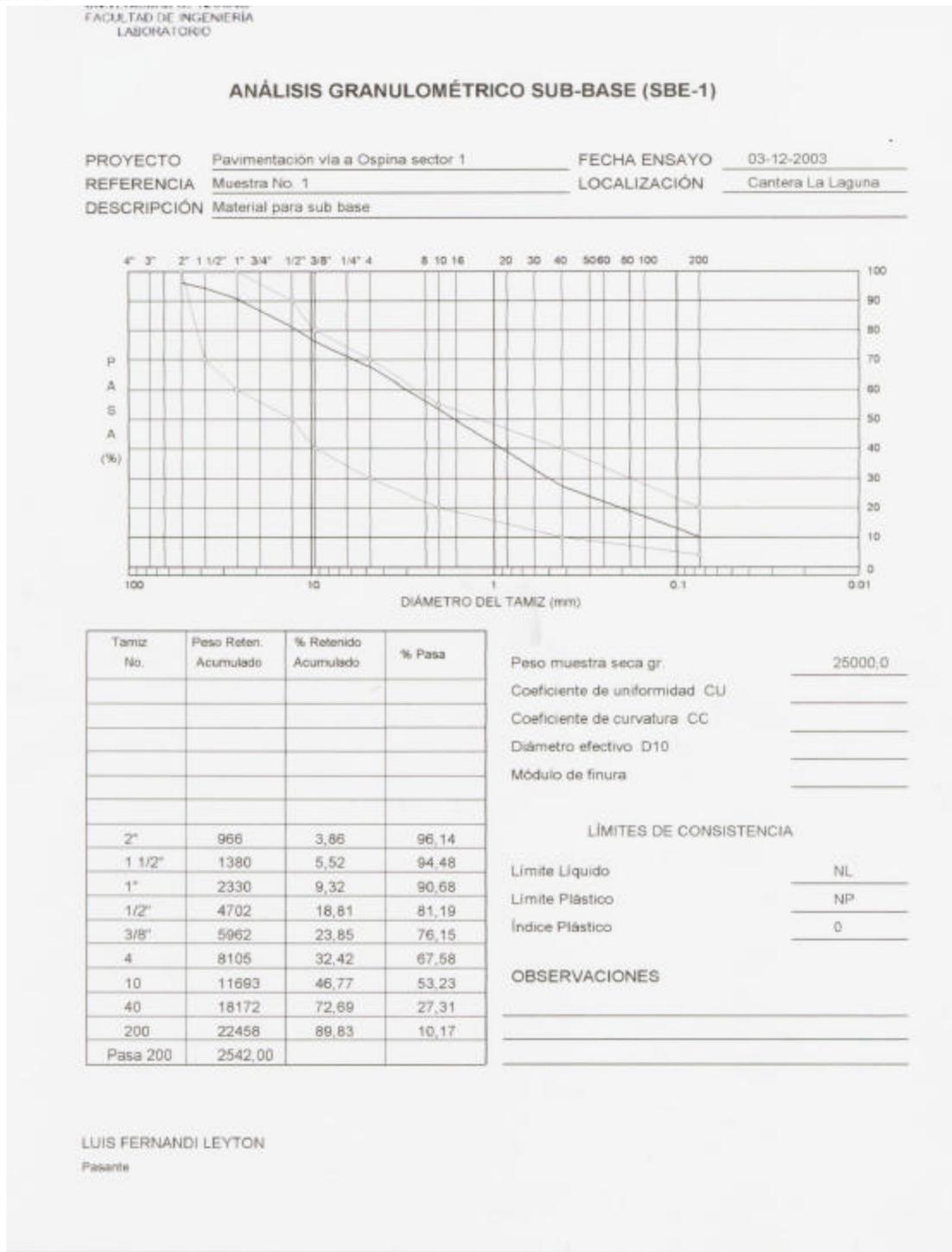
|                                     |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Densidad húmeda grs/cm <sup>3</sup> | 1.84  | 1.96  | 1.90  | 2.00  | 2.06  |
| Densidad seca grs/cm <sup>3</sup>   | 1.66  | 1.77  | 1.71  | 1.77  | 1.84  |
| Densidad máxima grs/cm <sup>3</sup> | 1.858 | 1.856 | 1.856 | 1.873 | 1.873 |
| Humedad óptima %                    | 14.87 | 14.87 | 14.87 | 12.22 | 12.22 |
| Compactación del terreno %          | 90    | 95    | 92    | 95    | 98    |
| Compactación especificada %         | 95    | 95    | 95    | 95    | 95    |

OBSERVACIONES

DENSIDADES 6 Y 7 MATERIAL CANTERA LA LAGUNA.  
DENSIDADES 8, 9 Y 10 MATERIAL CANTERA KM 10 VÍA SAMANIEGO  
DENSIDADES 6 Y 7 MATADERO  
DENSIDADES 8, 9 Y 10 LA QUEMADORA

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD  
JOSÉ LUIS QUAYAL MUÑOZ I.C.  
F.I.C.

# Anexo



V.  
Anexo J. Análisis granulométrico sub – base (SBE 1)

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

PROYECTO Pavimentación vía a Ospina sector 1 FECHA 03-12-2003  
 REFERENCIA Muestra No. 1 LOCALIZACIÓN Cantera La Laguna  
 DESCRIPCIÓN Material para sub base

#### DATOS DE COMPACTACIÓN

| Punto No.                             | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Molde No.                             | 1      | 1      | 1      | 1      |
| Volumen molde cm <sup>3</sup>         | 2132,7 | 2132,7 | 2132,7 | 2132,7 |
| Peso suelo húmedo + molde gr          | 11192  | 11320  | 11340  | 11200  |
| Peso molde gr                         | 6718   | 6718   | 6718   | 6618   |
| Peso suelo húmedo gr.                 | 4474   | 4602   | 4622   | 4582   |
| Peso unitario seco gr/cm <sup>3</sup> | 1,91   | 1,94   | 1,93   | 1,90   |
| Grado de saturación %                 |        |        |        |        |

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

| Recipiente No.               | 71  | 18    | 76    | 33    |
|------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| Peso húmedo + recipiente gr. | 395 | 452   | 422   | 400   |
| Peso seco + recipiente gr.   | 366 | 414   | 385   | 365   |
| Peso recipiente gr.          | 76  | 80    | 90    | 94    |
| Humedad %                    | 10, | 11,38 | 12,54 | 12,92 |

#### HUMEDAD vs DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

LUIS FERNANDI LEYTON  
 Pasante

DENSIDAD EN SITIO

Proyecto \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
Localización \_\_\_\_\_ Solicita \_\_\_\_\_  
Descripción \_\_\_\_\_

| Densidad No.                             | 1        | 2        | 3        |
|--|----------|----------|----------|
| Abscisa                                  | k000+020 | k000+040 | k000+060 |
| Ubicación                                | C        | D        | I        |
| Peso frasco y arena inicial grs.         | 6434     | 6388     | 6348     |
| Peso frasco y arena final grs.           | 3970     | 3700     | 4020     |
| Constante del cono en grs.               | 1740     | 1740     | 1740     |
| Densidad de la arena grs/cm <sup>3</sup> | 1,35     | 1,35     | 1,35     |
| Volumen del hueco cm <sup>3</sup>        | 536,30   | 702,22   | 435,56   |
| Recipiente No.                           | 1        | 1        | 1        |
| Peso suelo humedo y recipiente grs.      | 1320     | 1732     | 1118     |
| Peso recipiente en grs.                  | 190      | 190      | 190      |
| Peso suelo humedo grs.                   | 1130     | 1542     | 928      |
| Humedad %                                | 11       | 11       | 9,8      |

PESOS UNITARIOS

|                                     |       |        |       |
|-------------------------------------|-------|--------|-------|
| Densidad humeda grs/cm <sup>3</sup> | 2,11  | 2,20   | 2,13  |
| Densidad seca grs/cm <sup>3</sup>   | 1,90  | 1,98   | 1,92  |
| Densidad máxima grs/cm <sup>3</sup> | 1,94  | 1,94   | 1,94  |
| Humedad óptima %                    | 11,6  | 11,6   | 11,6  |
| Compactación del terreno %          | 97,85 | 101,97 | 98,94 |
| Compactación especificada %         |       |        |       |

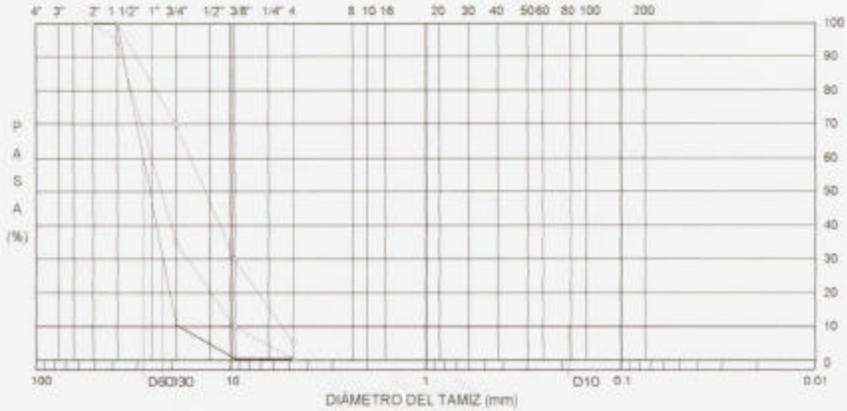
observaciones

---

LUIS FERNANDO LEYTON  
Pasante Universidad de Nariño

**GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO (AG-2)**

PROYECTO Pavimentación vía a Ospina sector 1      FECHA ENSAYO 03-12-2003  
 REFERENCIA Muestra No. 1      LOCALIZACIÓN Ospina  
 DESCRIPCIÓN Triturado para concreto



| Tamiz No. | Peso Reten. Acumulado | % Retenido Acumulado | % Pasa |
|-----------|-----------------------|----------------------|--------|
| 2"        | 0                     | 0,00                 | 100,00 |
| 1 1/2"    | 0                     | 0,00                 | 100,00 |
| 3/4"      | 8792                  | 89,51                | 10,49  |
| 3/8"      | 9790                  | 99,67                | 0,33   |
| 4         | 9796                  | 99,74                | 0,26   |
| Pasa 200  | 28,00                 |                      |        |

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| Peso muestra seca gr.          | 9822   |
| Coefficiente de uniformidad CU | 151,71 |
| Coefficiente de curvatura CC   | 95,33  |
| Diámetro efectivo D10          | 0,184  |
| Módulo de finura               | 1,99   |

LÍMITES DE CONSISTENCIA

|                 |    |
|-----------------|----|
| Límite Líquido  | NL |
| Límite Plástico | NP |
| Índice Plástico | 0  |

OBSERVACIONES

---



---



---

LUIS FERNANDI LEYTON  
 Pasante



## Anexo N. Resistencia a compresión de cilindros de concreto

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO

### RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

PROYECTO Pavimentación via ospina tramo 1  
CONTRATISTA ING. LUIS EDUARDO AGUIRRE

FECHA 22/03/03  
OBRA Pvimentacion via ospina

| Cilindro No. | Referencia        | Dosificación | Fecha Toma | Fecha Ensayo | Edad Dias | Diam. cm | Área cm <sup>2</sup> | Carga kg | Resist. kg/cm <sup>2</sup> | Resist. psi | F'cr psi | Observaciones |
|--------------|-------------------|--------------|------------|--------------|-----------|----------|----------------------|----------|----------------------------|-------------|----------|---------------|
| 1            | Mezclas de prueba | 1-2-3        | 13/03/03   | 21/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 24600    | 133,8                      | 1910,7      |          |               |
| 2            |                   | 1-2-3        | 13/03/03   | 21/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 23200    | 126,2                      | 1802,1      |          |               |
| 3            |                   | 1-2-3        | 13/03/03   | 21/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 22800    | 124,0                      | 1770,7      |          |               |
| 4            |                   | 1-2-3        | 13/03/03   | 21/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 19600    | 106,0                      | 1513,7      |          |               |
| 5            |                   | 1-2-3        | 13/03/03   | 21/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 22700    | 123,4                      | 1762,2      |          |               |
| 6            |                   | 1-2-3        | 13/03/03   | 21/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 24300    | 132,1                      | 1886,4      |          |               |
| 7            |                   | 1-2-3        | 13/03/03   | 21/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 21800    | 117,5                      | 1677,9      |          |               |
| 8            |                   | 1-2-3        | 13/03/03   | 21/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 23600    | 128,3                      | 1832,1      |          |               |
| 9            |                   | 1-2-3        | 14/03/03   | 22/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 21300    | 115,8                      | 1663,6      |          |               |
| 10           |                   | 1-2-3        | 14/03/03   | 22/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 22800    | 122,9                      | 1755,0      |          |               |
| 11           |                   | 1-2-3        | 14/03/03   | 22/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 20900    | 113,6                      | 1622,2      |          |               |
| 12           |                   | 1-2-3        | 14/03/03   | 22/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 22200    | 120,7                      | 1723,6      |          |               |
| 13           |                   | 1-2-3        | 14/03/03   | 22/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 22800    | 124,0                      | 1770,7      |          |               |
| 14           |                   | 1-2-3        | 14/03/03   | 22/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 21700    | 118,0                      | 1685,0      |          |               |
| 15           |                   | 1-2-3        | 14/03/03   | 22/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 23200    | 126,2                      | 1802,1      |          |               |
| 16           |                   | 1-2-3        | 14/03/03   | 22/03/03     | 8         | 15,3     | 183,9                | 22800    | 122,9                      | 1755,0      |          |               |
| 17           |                   | 1-2-3        | 23/02/03   | 22/03/03     | 28        | 15,3     | 183,9                | 42900    | 231,6                      | 3307,2      |          |               |
| 18           |                   | 1-2-3        | 23/02/03   | 22/03/03     | 28        | 15,3     | 183,9                | 44400    | 241,4                      | 3447,2      |          |               |
| 19           |                   | 1-2-3        | 23/02/03   | 22/03/03     | 28        | 15,3     | 183,9                | 44200    | 240,3                      | 3431,5      |          |               |
| 20           |                   | 1-2-3        | 23/02/03   | 22/03/03     | 28        | 15,3     | 183,9                | 46800    | 254,5                      | 3634,3      |          |               |

LUIS FERNANDO LEYTON LOPEZ  
PASANTE UNIVERSIDAD DE NARIÑO

## Anexo O. Densidad en sitio método del cono y arena

ANEXOS Y MATERIALES  
LABORATORIO



### DENSIDAD EN SITIO MÉTODO DEL CONO Y ARENA

PROYECTO Paviment Cra 13 entre calles 27 a 29 - Tuquerres SOLICITADO POR Ing Jorge Luis Garzón

#### DATOS DE CAMPO

| Densidad No.                            | 1        | 2        |  |  |  |  |  |
|---|----------|----------|--|--|--|--|--|
| Fecha                                   | 11-18-02 | 11-18-02 |  |  |  |  |  |
| Material                                | Base     | Base     |  |  |  |  |  |
| Localización                            |          |          |  |  |  |  |  |
| Profundidad mt.                         |          |          |  |  |  |  |  |
| Cota                                    |          |          |  |  |  |  |  |
| Peso frasco y arena inicial gr.         | 5461     | 5441     |  |  |  |  |  |
| Peso frasco y arena final gr.           | 2222     | 2231     |  |  |  |  |  |
| Constante del cono gr.                  | 1775     | 1775     |  |  |  |  |  |
| Densidad de la arena gr/cm <sup>3</sup> | 1,35     | 1,35     |  |  |  |  |  |
| Volumen del hueco cm <sup>3</sup>       | 1084     | 1063     |  |  |  |  |  |
| Recipiente No.                          | 163      | 163      |  |  |  |  |  |
| Peso suelo húmedo y recipiente gr.      | 2280     | 2372     |  |  |  |  |  |
| Peso recipiente gr.                     | 188,6    | 188,6    |  |  |  |  |  |
| Peso suelo húmedo gr.                   | 2091,4   | 2183,4   |  |  |  |  |  |

#### CONTENIDO DE AGUA

| Recipiente No.                     | 112    | 144    |  |  |  |  |  |
|------------------------------------|--------|--------|--|--|--|--|--|
| Peso suelo húmedo y recipiente gr. | 143,01 | 121,96 |  |  |  |  |  |
| Peso suelo seco y recipiente gr.   | 130,37 | 111,60 |  |  |  |  |  |
| Peso recipiente gr.                | 36,3   | 36,5   |  |  |  |  |  |
| Humedad %                          | 13,44  | 13,79  |  |  |  |  |  |

#### PESOS UNITARIOS

|   |       |        |  |  |  |  |  |
|---|-------|--------|--|--|--|--|--|
| Densidad húmeda gr/cm <sup>3</sup>      | 1,93  | 2,05   |  |  |  |  |  |
| Densidad seca gr/cm <sup>3</sup>        | 1,70  | 1,80   |  |  |  |  |  |
| Densidad seca máxima gr/cm <sup>3</sup> | 1,78  | 1,78   |  |  |  |  |  |
| Humedad óptima %                        | 14,3  | 14,3   |  |  |  |  |  |
| Compactación del terreno %              | 95,51 | 101,12 |  |  |  |  |  |
| Compactación especificada %             |       |        |  |  |  |  |  |

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
GEOTECNÓLOGO

## Anexo P. Densidad de sitio método del cono y arena

SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO



### DENSIDAD EN SITIO MÉTODO DEL CONO Y ARENA

PROYECTO Paviment Cra 16 entre calles 17 a 20 - Túquerres SOLICITADO POR Ing Jorge Luis Garzón

#### DATOS DE CAMPO

| Densidad No.                            | 1        | 2        | 3        |  |  |  |  |
|---|----------|----------|----------|--|--|--|--|
| Fecha                                   | 11-18-02 | 11-18-02 | 11-18-02 |  |  |  |  |
| Material                                | Base     | Base     | Base     |  |  |  |  |
| Localización                            |          |          |          |  |  |  |  |
| Profundidad mt.                         |          |          |          |  |  |  |  |
| Cota                                    |          |          |          |  |  |  |  |
| Peso frasco y arena inicial gr.         | 5513     | 5503     | 5484     |  |  |  |  |
| Peso frasco y arena final gr.           | 2558     | 2464     | 2179     |  |  |  |  |
| Constante del cono gr.                  | 1775     | 1775     | 1775     |  |  |  |  |
| Densidad de la arena gr/cm <sup>3</sup> | 1,35     | 1,35     | 1,35     |  |  |  |  |
| Volumen del hueco cm <sup>3</sup>       | 874      | 936      | 1133     |  |  |  |  |
| Recipiente No.                          | 163      | 163      | 163      |  |  |  |  |
| Peso suelo húmedo y recipiente gr.      | 1896     | 1942     | 2325     |  |  |  |  |
| Peso recipiente gr.                     | 188,6    | 188,6    | 188,6    |  |  |  |  |
| Peso suelo húmedo gr.                   | 1707,4   | 1753,4   | 2136,4   |  |  |  |  |

#### CONTENIDO DE AGUA

| Recipiente No.                     | 137    | 140    | 150    |  |  |  |  |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--|--|--|--|
| Peso suelo húmedo y recipiente gr. | 128,36 | 141,77 | 120,69 |  |  |  |  |
| Peso suelo seco y recipiente gr.   | 121,07 | 130,89 | 106,9  |  |  |  |  |
| Peso recipiente gr.                | 34,7   | 36,1   | 36,0   |  |  |  |  |
| Humedad %                          | 8,44   | 11,48  | 16,17  |  |  |  |  |

#### PESOS UNITARIOS

|   |        |       |       |  |  |  |  |
|---|--------|-------|-------|--|--|--|--|
| Densidad húmeda gr/cm <sup>3</sup>      | 1,95   | 1,87  | 1,89  |  |  |  |  |
| Densidad seca gr/cm <sup>3</sup>        | 1,80   | 1,68  | 1,63  |  |  |  |  |
| Densidad seca máxima gr/cm <sup>3</sup> | 1,80   | 1,80  | 1,80  |  |  |  |  |
| Humedad óptima %                        | 13,0   | 13,0  | 13,0  |  |  |  |  |
| Compactación del terreno %              | 100,00 | 93,33 | 90,56 |  |  |  |  |
| Compactación especificada %             |        |       |       |  |  |  |  |

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
GEOTECNÓLOGO

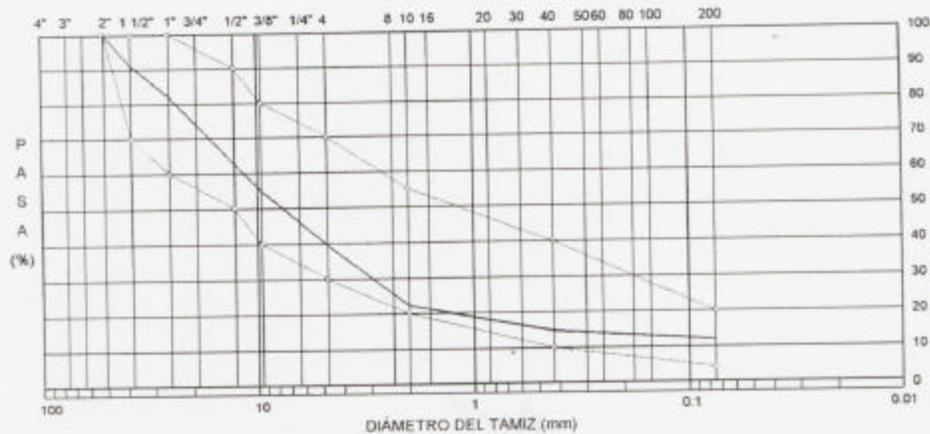
## Anexo Q. Análisis granulométrico Sub – base (SBE – 1)

SISTEMAS Y MATERIALES  
LABORATORIO



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SUB-BASE (SBE-1)

PROYECTO Paviment. Cra 13A entre calles 27 a 29 - Túquerres FECHA ENSAYO 12-20-2002  
 REFERENCIA Material para base LOCALIZACIÓN La Laguna  
 DESCRIPCIÓN Recebo



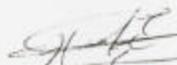
| Tamiz No. | Peso Reten. Acumulado | % Retenido Acumulado | % Pasa |
|-----------|-----------------------|----------------------|--------|
| 2"        | 0                     | 0,00                 | 100,00 |
| 1 1/2"    | 1719                  | 8,91                 | 91,09  |
| 1"        | 3463                  | 17,95                | 82,05  |
| 1/2"      | 7204                  | 37,34                | 62,66  |
| 3/8"      | 8718                  | 45,19                | 54,81  |
| 4"        | 11666                 | 60,47                | 39,53  |
| 10"       | 15005                 | 77,78                | 22,22  |
| 40"       | 16451                 | 85,27                | 14,73  |
| 200"      | 17000                 | 88,12                | 11,88  |
| Pasa 200  | 2292,70               |                      |        |

Peso muestra seca gr. 19292,7  
 Coeficiente de uniformidad CU             
 Coeficiente de curvatura CC             
 Diámetro efectivo D10             
 Módulo de finura           

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido NL  
 Límite Plástico NP  
 Índice Plástico 0

#### OBSERVACIONES

  
 HERNEY LASSO ECHAVARRIA  
 GEOTECNOLOGO

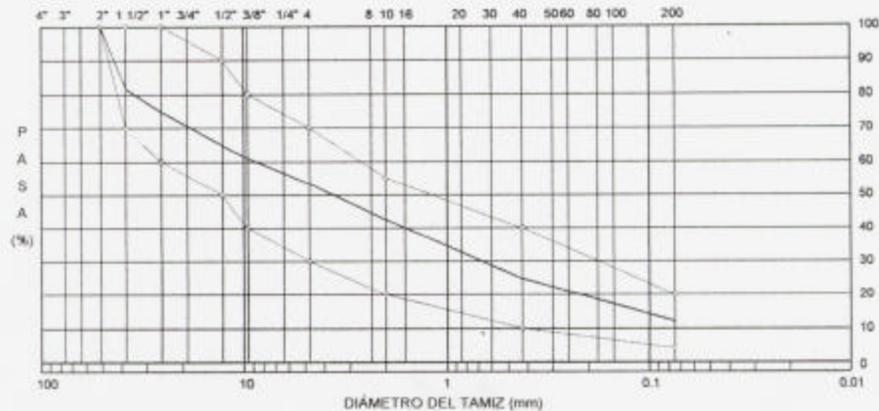
## Anexo R. Análisis granulométrico sub – base (SBE – 1)

SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SUB-BASE (SBE-1)

PROYECTO Paviment. Cra 13A entre calles 27 a 29 - Túquerres FECHA ENSAYO 12-20-2002  
 REFERENCIA Material para base LOCALIZACIÓN La Laguna  
 DESCRIPCIÓN Recebo



| Tamiz No. | Peso Reten. Acumulado | % Retenido Acumulado | % Pasa |
|-----------|-----------------------|----------------------|--------|
| 2"        | 0                     | 0,00                 | 100,00 |
| 1 1/2"    | 3717                  | 18,24                | 81,76  |
| 1"        | 5111                  | 25,08                | 74,92  |
| 1/2"      | 7177                  | 35,22                | 64,78  |
| 3/8"      | 7960                  | 39,06                | 60,94  |
| 4         | 9521                  | 46,72                | 53,28  |
| 10        | 11715                 | 57,49                | 42,51  |
| 40        | 15320                 | 75,18                | 24,82  |
| 200       | 17929                 | 87,98                | 12,02  |
| Pasa 200  | 2450,10               |                      |        |

Peso muestra seca gr. 20379,1

Coefficiente de uniformidad CU                     

Coefficiente de curvatura CC                     

Diámetro efectivo D10                     

Módulo de finura                     

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido                      NL

Límite Plástico                      NP

Índice Plástico                      0

#### OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
GEOTECNÓLOGO

# Anexo T. Resistencia a compresión de cilindros de concreto

SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO

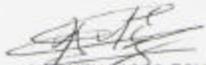


## RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

PROYECTO Pav Cra 13 entre calles 27 a 29 - Túquerres  
 CONTRATISTA Ingeniero Jorge Luis Garzón

FECHA 12-20-2002  
 OBRA

| Cilindro No | Referencia | Dosificación | Fecha Toma | Fecha Ensayo | Edad Dias | Diam. cm | Área cm <sup>2</sup> | Carga kg | Resist. kg/cm <sup>2</sup> | Resist. psi | F' cr psi | Observaciones |
|-------------|------------|--------------|------------|--------------|-----------|----------|----------------------|----------|----------------------------|-------------|-----------|---------------|
| 1           |            |              | 11-07-02   | 11-14-02     | 7         | 15,3     | 183,9                | 34500    | 187,6                      | 2678,9      |           |               |
| 2           |            |              |            | 11-21-02     | 14        | 15,3     | 183,9                | 40000    | 217,5                      | 3105,9      |           |               |
| 3           |            |              |            | 12-05-02     | 28        | 15,3     | 183,9                | 44000    | 239,3                      | 3417,2      |           |               |
| 4           |            |              |            | 12-05-02     | 28        | 15,3     | 183,9                | 43800    | 237,1                      | 3385,8      |           |               |
| 5           |            |              | 11-08-02   | 11-15-02     | 7         | 15,3     | 183,9                | 36400    | 197,9                      | 2826,0      |           |               |
| 6           |            |              |            | 11-22-02     | 14        | 15,3     | 183,9                | 39000    | 206,6                      | 2960,2      |           |               |
| 7           |            |              |            | 11-22-02     | 28        | 15,3     | 183,9                | 45400    | 248,9                      | 3525,7      |           |               |
| 8           |            |              |            | 11-22-02     | 28        | 15,3     | 183,9                | 45400    | 248,9                      | 3525,7      |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |
|             |            |              |            |              |           |          |                      |          |                            |             |           |               |

  
 HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
 GEOTECNÓLOGO

## Anexo S. Densidad en sitio, Plaza de mercado Tuquerres - - Nariño

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

### DENSIDAD EN SITIO

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍAS URBANAS SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE  
LOCALIZACIÓN PLAZA DE MERCADO - TUQUERRES - NARIÑO FECHA ENERO 14 DE 2003  
DESCRIPCIÓN MATERIAL MEZCLA DE LA LAGUNA - SAMANIEGO - TRITURADO

#### DATOS DE CAMPO

|  |             |              |               |             |  |  |
|--|-------------|--------------|---------------|-------------|--|--|
| Densidad No.                             | 1           | 2            | 3             | 4           |  |  |
| Fecha                                    | 14 - 1 - 03 | 14 - 1 - 03  | 14 - 1 - 03   | 14 - 1 - 03 |  |  |
| Abscisa                                  | entre 5 y 6 | entre 9 y 10 | entre 18 y 19 | en 28       |  |  |
| Ubicación                                | I           | C            | D             | C           |  |  |
| Profundidad mt                           | 0.10        | 0.11         | 0.10          | 0.10        |  |  |
| Peso frasco y arena inicial grs.         | 7002        | 6970         | 6946          | 6910        |  |  |
| Peso frasco y arena final grs.           | 4350        | 4286         | 4303          | 4262        |  |  |
| Constante del cono grs.                  | 1740        | 1740         | 1740          | 1740        |  |  |
| Densidad de la arena grs/cm <sup>3</sup> | 1.35        | 1.35         | 1.35          | 1.35        |  |  |
| Volumen del hueco cm <sup>3</sup>        | 675.6       | 699.3        | 668.9         | 672.6       |  |  |
| Recipiente No.                           | 121         | 121          | 121           | 121         |  |  |
| Peso suelo húmedo y recipiente grs.      | 1614        | 1684         | 1686          | 1612        |  |  |
| Peso recipiente grs.                     | 190.0       | 190.0        | 190.0         | 190.0       |  |  |
| Peso suelo húmedo grs.                   | 1424        | 1494         | 1496          | 1422        |  |  |

#### CONTENIDO DE AGUA

|                                     |       |       |       |       |  |  |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Recipiente No.                      | 4     | 10    | 17    | 19    |  |  |
| Peso suelo húmedo y recipiente grs. | 123.1 | 156.1 | 123.2 | 148.4 |  |  |
| Peso suelo seco y recipiente grs.   | 114.3 | 141.4 | 110.0 | 133.4 |  |  |
| Peso recipiente grs.                | 36.00 | 37.43 | 38.13 | 37.23 |  |  |
| Humedad %                           | 11.24 | 14.14 | 18.37 | 15.60 |  |  |

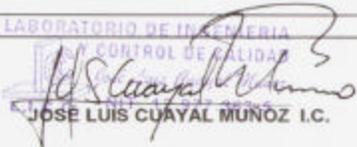
#### PESOS UNITARIOS

|                                     |       |       |       |       |  |  |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Densidad húmeda grs/cm <sup>3</sup> | 2.11  | 2.14  | 2.24  | 2.11  |  |  |
| Densidad seca grs/cm <sup>3</sup>   | 1.89  | 1.87  | 1.89  | 1.83  |  |  |
| Densidad máxima grs/cm <sup>3</sup> | 1.951 | 1.951 | 1.951 | 1.856 |  |  |
| Humedad óptima %                    | 14.93 | 14.93 | 14.93 | 14.87 |  |  |
| Compactación del terreno %          | 97    | 96    | 97    | 99    |  |  |
| Compactación especificada %         | 97    | 97    | 97    | 97    |  |  |

#### OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

  
JOSÉ LUIS CUAYAL MUÑOZ I.C.

## Anexo G. Granulometría agregado grueso, Cantera de Pilcuán

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD

### GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

PROYECTO PAVIMENTACIÓN VÍA URBANAS - TÚQUERRES      FECHA NOV. 11 DE 2002  
LOCALIZACIÓN CANTERA DE PILCUÁN      SOLICITA ING. ALVARO AGUIRRE  
DESCRIPCIÓN TRITURADO

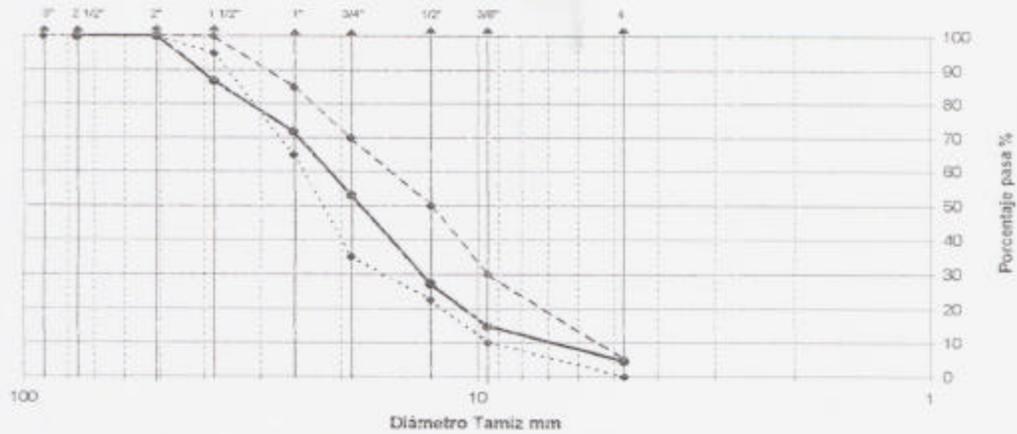
#### GRADACION

| Tamiz  | Peso Retenido | Peso Ret Acumulado | % Retenido Acumulado | % Pasa |
|--------|---------------|--------------------|----------------------|--------|
| 3 1/2" | -             | -                  | -                    | -      |
| 3"     | -             | -                  | -                    | 100.00 |
| 2"     | 0.00          | 0.00               | 0.00                 | 100.00 |
| 1 1/2" | 1500.92       | 1500.92            | 13.24                | 86.76  |
| 1"     | 1707.43       | 3208.35            | 29.30                | 71.70  |
| 3/4"   | 2123.11       | 5331.46            | 47.03                | 52.97  |
| 1/2"   | 2930.69       | 8262.15            | 72.88                | 27.12  |
| 3/8"   | 1368.28       | 9630.43            | 85.21                | 14.79  |
| 4      | 1189.04       | 10829.47           | 95.52                | 4.48   |
| Pasa 4 | 505.9         | 11335.36           | 4.48                 | 0.00   |

#### PESO SECO TOTAL

Peso Seco Total 11338.36 grs.

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



#### OBSERVACIONES

---



---



---

LABORATORIO DE INGENIERÍA  
Y CONTROL DE CALIDAD  
JOSE LUIS QUAYAL MUÑOZ I.C.  
L.I.C.



**Anexo U.**