

**AUXILIAR DE INGENIERIA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA VIA CALLE 5N, DEL PARQUEADERO DEL BLOQUE D Y DEL PLANTEAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA DEL BLOQUE C DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”.**



**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL – PASANTÍA  
PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

**JOHN EDINSON SÁNCHEZ LÓPEZ  
Cód.: 04021061**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
POPAYÁN  
2010**

**AUXILIAR DE INGENIERIA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA VIA CALLE 5N, DEL PARQUEADERO DEL BLOQUE D Y DEL PLANTEAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA DEL BLOQUE C DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”.**



**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL – PASANTÍA  
PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

**JOHN EDINSON SÁNCHEZ LÓPEZ  
Cód.: 04021061**

**DIRECTOR DE PASANTÍA  
ING: MARGARITA POLANCO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
POPAYÁN  
2010**

**AUXILIAR DE INGENIERIA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA VIA CALLE 5N, DEL PARQUEADERO DEL BLOQUE D Y DEL PLANTEAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA DEL BLOQUE C DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”.**



**JURADO**

---

**Ing. Carlos Alberto Benavidez.**

**DIRECTOR DE PASANTÍA**

---

**Ing. Margarita Polanco de Hurtado.**

## 1. INTRODUCCION.

	Pág.
1. INTRODUCCION.	1
2. INFORMACION DEL PROYECTO.	3
3. ACTIVIDADES INICIALES COMO PASANTE.	5
4. PAVIMENTO RIGIDO DE LA VIA CALLE 5 NORTE DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION”.	6
4.1. GENERALIDADES.	6
4.2. ESTUDIOS REALIZADOS PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO.	9
4.2.1. ESTUDIO DEL TRANSITO.	9
4.2.2. ESTUDIO GEOTECNICO.	11
4.2.2.1. ESTRATIGRAFIA DEL SECTOR DONDE SE CONSTRUIRA EL PAVIMENTO.	13
4.2.2.2. RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE.	15
4.3. DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO.	16
4.3.1. RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE Y DE LA SUB-BASE.	16
4.3.2. DIMENSIONAMIENTO DEL PAVIMENTO.	16
4.3.3. DIMENSIONES SUPERFICIALES DE LAS LOSAS.	17
4.4. JUNTAS RECOMENDADAS.	17
4.4.1. JUNTAS TRANSVERSALES.	18
4.4.2. JUNTAS LONGITUDINALES.	18
4.4.3. SELLADO DE LAS JUNTAS.	18
5. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA VIA CALLE 5 NORTE.	19
5.1. REMOCION DEL MATERIAL ORGANICO DEL TERRENO.	19
5.2. DRENAJE.	21
5.3. ESCOGENCIA DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE MEJORADA Y SUB-BASE GRANULAR.	24

---

5.4. TOPOGRAFIA.	28
5.5. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.	29
5.6. COMPACTACION.	34
5.7. SUB-BASE GRANULAR.	36
5.8. CONSTRUCCION DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEL PAVIMEN- TO RIGIDO.	44
5.9. INSTALACION DE LAS FORMALETAS METALICAS FIJAS.	45
5.10. COLOCACION DE LOS PASADORES O BARRAS PASAJUNTAS.	47
5.11. COLOCACION DEL REFUERZO DE LAS LOSAS DE CONCRETO.	49
5.12. COLOCACION DEL REFUERZO EN LOSAS QUE PRESENTAN ESTRUCTURAS HIDRAULICAS.	50
5.13. ELABORACION Y TRANSPORTE DEL CONCRETO HIDRAULICO.	52
5.14. COLOCACION Y COMPACTACION DEL CONCRETO.	54
5.15. NIVELACION DEL CONCRETO.	57
5.16. ACABADO SUPERFICIAL.	59
5.17. TEXTURA SUPERFICIAL.	60
5.18. CURADO DEL CONCRETO.	62
5.19. CORTE DE JUNTAS.	64
5.20. DESENCOFRADO DE FORMALETAS.	66
5.21. SELLADO DE JUNTAS.	66
5.22. PUESTA EN SERVICIO.	67
5.23. CONSTRUCCION DE LAS OBRAS DE ARTE.	67
5.24. CONTROL DE CALIDAD.	71
5.25. ELABORACION DE PRE-ACTAS Y ACTAS.	76
6. PARQUEADERO DEL BLOQUE D DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION”.	78
6.1. DESCRIPCION DE LOS MATERIALES.	78
6.1.1. AGREGADO GRUESO.	78
6.1.2. ARENA MEDIA.	79
6.1.3. AGUA.	81

6.1.4. CEMENTO.	81
7. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PARQUEADERO DEL BLOQUE D DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION”.	82
7.1. LOCALIZACION Y REPLANTEO.	82
7.2. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.	84
7.3. INSTALACION DE FORMALETAS.	86
7.3.1. VIGAS Y ZAPATAS.	86
7.3.2. COLUMNAS.	87
7.3.3. MUROS DE CARGA.	88
7.4. FUNDICION DE LOS ELEMENTOS DEL PARQUEADERO.	89
7.4.1. VIGAS Y ZAPATAS.	89
7.4.2. COLUMNAS.	92
7.4.3. LOSAS DE CONCRETO.	93
7.4.4. MUROS DE CARGA.	96
7.5. DESENCOFRADO.	97
7.6. CURADO.	97
7.7. ELABORACION DE PRE-ACTAS Y ACTAS.	99
8. PLANTEAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA DEL BLOQUE C DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION”.	99
8.1. GENERALIDADES.	99
8.2. DESCRIPCION DE LOS MATERIALES.	100
8.2.1. LADRILLO.	100
8.2.2. CEMENTO.	101
8.2.3. ARENA GRUESA.	101
8.2.4. AGUA.	102
8.2.5. ICOPOR.	102
8.3. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA MAMPOSTERIA DEL BLOQUE C DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION”.	103
9. CONCLUSIONES.	112
10. RECOMENDACIONES.	115



11. BIBLIOGRAFIA.	118
ANEXOS.	119

## LISTA DE ILUSTRACIONES.

	Pág.
ILUSTRACIÓN N° 1. Ubicación del Conjunto residencial la Estación.	4
ILUSTRACIÓN N° 2. Transito Futuro.	10
ILUSTRACIÓN N° 3. Perfil deducido Tramo A.	14
ILUSTRACIÓN N° 4. Perfil deducido Tramo B.	15
ILUSTRACIÓN N° 5. Solución de diseño de pavimento rígido para la vía Calle 5 norte.	17
ILUSTRACIÓN N° 6. Remoción del material orgánico por medio de la Retroexcavadora CAT 320 B.	20
ILUSTRACIÓN N° 7. Material orgánico presente en la zona.	21
ILUSTRACIÓN N° 8. Desalojo del material orgánico por medio de Volquetas.	21
ILUSTRACIÓN N° 9. Ubicación de la vía Calle 5 norte.	23
ILUSTRACIÓN N° 10. Corte transversal de Filtros.	24
ILUSTRACIÓN N° 11. Análisis Granulométrico de la Sub-base Granular.	26
ILUSTRACIÓN N° 12. Ubicación de cámaras de inspección y sumideros.	30
ILUSTRACIÓN N° 13. Extensión del material de Subrasante con Bulldozer D 6 D.	31
ILUSTRACIÓN N° 14. Vibrocompactador Dinapack CA 15.	31
ILUSTRACIÓN N° 15. Compactación de la Capa de Subrasante.	32
ILUSTRACIÓN N° 16. Cotas Subrasante - Abscisa K0+080.	33
ILUSTRACIÓN N° 17. Cotas Subrasante - Abscisa K0+110.	33
ILUSTRACIÓN N° 18. Vibrocompactador Dinapack CA15.	36
ILUSTRACIÓN N° 19. Vibrocompactador Dinapack CA15 y Motonivela- dora.	37
ILUSTRACIÓN N° 20. Extensión y conformación de la Sub-base granular.	37
ILUSTRACIÓN N° 21. Equipo de Nivelación.	38
ILUSTRACIÓN N° 22. Nivelación de la Sub-base Granular.	38



---

ILUSTRACIÓN N° 23. Cotas Sub-base - Abscisa K0+080.	39
ILUSTRACIÓN N° 24. Cotas Sub-base - Abscisa K0+110.	39
ILUSTRACIÓN N° 25. Compactación de la Sub-base Granular.	40
ILUSTRACIÓN N° 26. Compactador de rodillo pequeño llamado Triciclo.	41
ILUSTRACIÓN N° 27. Tanque Irrigador de Agua.	41
ILUSTRACIÓN N° 28. Interrupción de Trabajos por efecto de las Lluvias.	42
ILUSTRACIÓN N° 29. Escarificación de la Sub-base Granular por exceso de Humedad.	42
ILUSTRACIÓN N° 30. Obtención de la Densidad de la Sub-base Granular.	43
ILUSTRACIÓN N° 31. Modulación de las Losas de Concreto.	45
ILUSTRACIÓN N° 32. Formaletas Metálicas.	46
ILUSTRACIÓN N° 33. Demarcación de los Niveles de la Formaleta Metálica.	47
ILUSTRACIÓN N° 34. Colocación de los Pasadores de la Junta Transversal.	48
ILUSTRACIÓN N° 35. Colocación de los Pasadores de la Junta Longitudinal.	49
ILUSTRACIÓN N° 36. Colocación del refuerzo de las Losas.	50
ILUSTRACIÓN N° 37. Armado de las Parrillas de refuerzo.	51
ILUSTRACIÓN N° 38. Refuerzo de las Cámaras de Inspección.	51
ILUSTRACIÓN N° 39. Refuerzo de los Sumideros.	52
ILUSTRACIÓN N° 40. Camión Mezclador (Mixers).	53
ILUSTRACIÓN N° 41. Vaciado del Concreto.	55
ILUSTRACIÓN N° 42. Distribución del Concreto.	55
ILUSTRACIÓN N° 43. Vibrado interno del Concreto.	56
ILUSTRACIÓN N° 44. Vibrado externo del Concreto.	56
ILUSTRACIÓN N° 45. Nivelación del Concreto.	58
ILUSTRACIÓN N° 46. Enrace en los bordes de la Losa de Concreto.	58
ILUSTRACIÓN N° 47. Aplicación de Sikafilm.	59
ILUSTRACIÓN N° 48. Implementación de la Madona.	60

---

ILUSTRACIÓN N° 49. Implementación del Lienzo para el Microtexturizado.	61
ILUSTRACIÓN N° 50. Implementación del Rayador para el Macrotexturizado.	61
ILUSTRACIÓN N° 51. Finalización del Macrotexturizado.	62
ILUSTRACIÓN N° 52. Curado Químico.	63
ILUSTRACIÓN N° 53. Curado Húmedo.	63
ILUSTRACIÓN N° 54. Cortadora de Hormigón.	64
ILUSTRACIÓN N° 55. Cimbrado de Losas para el Corte.	65
ILUSTRACIÓN N° 56. Corte de las Losas de Concreto.	65
ILUSTRACIÓN N° 57. Retiro de Formaletas.	66
ILUSTRACIÓN N° 58. Conformación del Sardinel.	68
ILUSTRACIÓN N° 59. Instalación de Formaleta y Vaciado del Concreto.	68
ILUSTRACIÓN N° 60. Vibrado del Concreto del Sardinel.	69
ILUSTRACIÓN N° 61. Compactación de la Superficie de Apoyo del Andén.	69
ILUSTRACIÓN N° 62. Instalación de Formaleta y Transporte del Concreto.	70
ILUSTRACIÓN N° 63. Acabado Superficial del Sardinel.	70
ILUSTRACIÓN N° 64. Acabado Superficial del Andén.	71
ILUSTRACIÓN N° 65. Ensayo de Asentamiento con el Cono o Slump.	73
ILUSTRACIÓN N° 66. Toma de Cilindros.	74
ILUSTRACIÓN N° 67. Toma de Vigas.	74
ILUSTRACIÓN N° 68. Muestras de Cilindros y Vigas de Concreto.	75
ILUSTRACIÓN N° 69. Formato de Acta para pagos a Contratistas.	77
ILUSTRACIÓN N° 70. Agregado Grueso procedente de Conexpe.	78
ILUSTRACIÓN N° 71. Análisis Granulométrico del Agregado grueso.	79
ILUSTRACIÓN N° 72. Arena de Puerto Tejada.	80
ILUSTRACIÓN N° 73. Análisis Granulométrico de la Arena de Puerto Tejada.	80
ILUSTRACIÓN N° 74. Agua para mezcla del Concreto.	81
ILUSTRACIÓN N° 75. Cemento Argos Tipo I.	82
ILUSTRACIÓN N° 76. Remoción y Desalojo del Material Orgánico.	83

ILUSTRACIÓN N° 77. Puentes e Hiladeros del Parqueadero.	83
ILUSTRACIÓN N° 78. Conformación de la Subrasante.	84
ILUSTRACIÓN N° 79. Compactación del soporte de las Vigas y Zapatas.	85
ILUSTRACIÓN N° 80. Adecuación del Solado de limpieza y de los castillos de las Vigas.	85
ILUSTRACIÓN N° 81. Muros de Carga.	86
ILUSTRACIÓN N° 82. Conformación de Vigas.	86
ILUSTRACIÓN N° 83. Instalación de formaletas para Vigas y Zapatas.	87
ILUSTRACIÓN N° 84. Instalación de Formaletas y de Puntales Metálicos.	88
ILUSTRACIÓN N° 85. Adecuación del Collarín y de los Plomos.	88
ILUSTRACIÓN N° 86. Adecuación del Collarín y de la Formaleta.	89
ILUSTRACIÓN N° 87. Recubrimiento de los Castillos de Acero.	90
ILUSTRACIÓN N° 88. Vaciado y Vibrado interno del Concreto.	91
ILUSTRACIÓN N° 89. Nivelación del Concreto.	91
ILUSTRACIÓN N° 90. Acabado Superficial del Concreto.	91
ILUSTRACIÓN N° 91. Fundición de las Columnas.	92
ILUSTRACIÓN N° 92. Chequeo de Plomos.	93
ILUSTRACIÓN N° 93. Compactación de la Superficie de Apoyo de las Losas.	93
ILUSTRACIÓN N° 94. Verificación del espesor de las Losas.	94
ILUSTRACIÓN N° 95. Malla de Refuerzo de las Losas.	94
ILUSTRACIÓN N° 96. Vaciado y vibrado interno del Concreto de las Losas.	95
ILUSTRACIÓN N° 97. Nivelación de las Losas de Concreto.	95
ILUSTRACIÓN N° 98. Acabado Superficial de las Losas de Concreto.	96
ILUSTRACIÓN N° 99. Juntas de Construcción.	96
ILUSTRACIÓN N° 100. Fundición de Muros de Carga.	97
ILUSTRACIÓN N° 101. Curado de columnas.	98
ILUSTRACIÓN N° 102. Curado del Concreto del Parqueadero.	98
ILUSTRACIÓN N° 103. Ladrillo Farol.	100

ILUSTRACIÓN N° 104. Cemento Argos Tipo I.	101
ILUSTRACIÓN N° 105. Arena de Puerto Tejada.	101
ILUSTRACIÓN N° 106. Agua para mezcla.	102
ILUSTRACIÓN N° 107. Icopor.	102
ILUSTRACIÓN N° 108. Transito.	103
ILUSTRACIÓN N° 109. Planta General Arquitectónica.	104
ILUSTRACIÓN N° 110. Demarcación con Cimbra.	104
ILUSTRACIÓN N° 111. Colocación de las Reglas Metálicas.	105
ILUSTRACIÓN N° 112. Preparación del Mortero.	106
ILUSTRACIÓN N° 113. Conformación de Hiladas.	107
ILUSTRACIÓN N° 114. Referenciación Horizontal.	108
ILUSTRACIÓN N° 115. Terminado de Hiladas.	108
ILUSTRACIÓN N° 116. Trabado de Juntas.	109
ILUSTRACIÓN N° 117. Terminado de Muros.	109
ILUSTRACIÓN N° 118. Muros Divisorios.	110
ILUSTRACIÓN N° 119. Chequeo en Escuadra.	110
ILUSTRACIÓN N° 120. Chequeo con Plomo.	111
ILUSTRACIÓN N° 121. Chequeo con Codal.	111

### LISTA DE TABLAS.

	<b>Pág.</b>
TABLA N° 1. Comparación entre Pavimentos.	7
TABLA N° 2. Propiedades físicas y químicas de la Sub-base Granular de Ecocivil.	25
TABLA N° 3. Artículo INV 300. Requisitos de los Agregados para Afirmados, Sub-bases Granulares y Bases Granulares.	27



## 1. INTRODUCCION.

El Consorcio AMT (constituido por la unión de las empresas CONSTRUCTORA ALPES LTDA, MADECONS S.A Y TRAMETAL LTDA), junto con su personal profesional, brindan a estudiantes de Ingeniería Civil, la oportunidad de ser participantes activos de todos los procesos que se han desarrollado al interior de la obra que ejecutan; de esta manera permitieron la realización del Trabajo de Grado, Modalidad Pasantía; en los procesos constructivos de la vía calle 5N, que tienen a su cargo y en el desarrollo de las diversas etapas constructivas tanto del parqueadero del bloque D, así como de la mampostería interna del bloque C, que hacen parte fundamental del **“Conjunto Residencial la Estación”**.

El trabajo de grado en la modalidad Pasantía brindo el espacio ideal para poder complementar de manera integral los conocimientos adquiridos en la formación como Ingeniero Civil en la Universidad del Cauca. Con la práctica y la experiencia que se adquirió en el tiempo de ejecución de las obras, se obtuvieron las herramientas necesarias para tener un buen desempeño en el campo profesional y así exaltar la labor que como Universidad realiza el Alma Mater a la cual pertenezco.

En el desarrollo y construcción de las obras, se tuvo participación directa en cada una de las distintas fases de las mismas; en lo cual fui supervisado y guiado por los ingenieros de la entidad, quienes fueron mis profesores en esta última etapa de la carrera.

El realizar el trabajo de grado en la modalidad de pasantía, tuvo como objetivo primordial la adquisición de experiencia en el campo laboral, lo cual es fundamental en el buen desempeño como profesional de la ingeniería, en donde se colocaron en práctica los conocimientos adquiridos en cada una de las áreas de la ingeniería, así como se adquirieron nuevas y valiosas experiencias en el desarrollo de los diversos trabajos realizados; cumpliendo así con el artículo N° 10 de la Resolución N° 281 del 10 de Junio de 2005 del Consejo de Facultad, el cual



solicita a los estudiantes de último semestre presentar un trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil, por medio de la escogencia de una de las tres modalidades existentes, las cuales son: Trabajo de Investigación, Pasantía o Practica Profesional y Práctica Social; en este caso el trabajo de grado se desarrollo por medio de la modalidad de Pasantía o Practica Profesional.

## 2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO.

El conjunto residencial “La Estación”, se localiza en el sector norte de la ciudad de Popayán, se ubica cerca al Barrio Bolívar, entre la Avenida Mosquera y la Avenida Champagnat carrera 9 y ente la calle 5N y calle 7N. El proyecto se desarrollara en un lote con un área total de 12.287 m<sup>2</sup> y un área a construir de 31.721 m<sup>2</sup>. Se considera como un proyecto que brinda comodidad, seguridad, funcionalidad, tranquilidad, descanso y valorización. El acceso principal, tanto peatonal como vehicular, del conjunto se ubica sobre la calle 5N, vía de dos carriles que permite tener acceso al conjunto por la carrera 9 o Avenida Champagnat y por la Avenida Mosquera.

La construcción consta de 4 torres de 8 pisos, cada torre dotada con 8 apartamentos por piso, una entrada general, patio interior común a los 8 apartamentos, una amplia zona de acceso por cada 4 apartamentos, sótanos de parqueaderos, dos ascensores uno por cada cuatro apartamentos y dos zonas internas de escaleras.

El conjunto estará dotado de todos los servicios públicos: redes de alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial, redes de energía, redes de gas domiciliario, vías pavimentadas, redes telefónicas y televisión por cable e internet, redes contra incendios y sistema de vigilancia y seguridad.

El promotor del proyecto es la Sociedad Inversiones y Desarrollos S.A, y la construcción la ejecuta el Consorcio AMT, que es una alianza de tres empresas relacionadas con el campo de la construcción. El proyecto está aprobado por la curaduría urbana N° 1, a través de la Licencia de Construcción # 3120 con vigencia de tres años.





Ilustración Nº 1. Ubicación del Conjunto residencial la Estación.

### 3. ACTIVIDADES INICIALES COMO PASANTE.

Se realizó una inducción, la cual estuvo a cargo de uno de los ingenieros del Consorcio AMT, en la cual se tuvo un reconocimiento preliminar de la obra y de las diversas actividades desarrolladas en ella. Se observó que estaban realizando trabajos concernientes al mejoramiento de la subrasante del pavimento rígido de la calle 5 norte, en cuanto al parqueadero del bloque D, se encontraban adecuando formaletas para la fundición de vigas y zapatas de cimentación. Además, en el bloque D se comenzaban a efectuar los trabajos concernientes al proceso de estucado de los apartamentos, así como en el bloque C, se adelantaban trabajos para posteriormente realizar la fundición de la segunda planta de este. Todo esto, encaminado a la escogencia de un tema en específico a desarrollar dentro de la pasantía.

Se recibieron instrucciones por parte del Consorcio AMT, acerca de las labores a realizar, las cuales se presentarán más adelante; posteriormente, se procedió a la revisión del proyecto y diseño realizado para la construcción del pavimento rígido de la vía calle 5 norte, junto con sus respectivos planos.

Posteriormente se procedió, al estudio de los diversos ensayos realizados, a los materiales a utilizar en la construcción del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación” y establecer su cumplimiento de acuerdo a las normas que los rigen.

Además, consecutivamente se tuvo acceso a los planos de diseño de las diversas zonas de parqueadero, así como de los planos arquitectónicos del bloque C del “Conjunto residencial la Estación”.

#### 4. PAVIMENTO RIGIDO DE LA VIA CALLE 5 NORTE DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION”.

##### 4.1. Generalidades:

Un pavimento se puede considerar como una estructura, constituida por varias capas de materiales seleccionados, diseñada y construida técnicamente con el objeto de brindar el tránsito de vehículos de una manera rápida, cómoda, segura, eficiente y económica.

Un pavimento rígido es una estructura constituida básicamente por losas de concreto hidráulico apoyadas directamente sobre la capa subrasante o sobre una capa de materiales seleccionados denominada *sub-base* del pavimento rígido; debido a la alta rigidez de la losa comparada con la rigidez de las capas subyacentes, se puede considerar que los esfuerzos son absorbidos por ella. Las deflexiones inducidas por el tránsito son prácticamente nulas debido a la magnitud del área de distribución de las cargas y el alto módulo de elasticidad de los materiales componentes. La superficie se encuentra dividida en losas mediante juntas con el fin de evitar, por un lado, las fisuras que aparecerían por la retracción del hormigón y las variaciones termo-higrométricas y, por otro, para facilitar el alabeo.

Para realizar la construcción de un pavimento rígido, se debe comenzar por tener previamente el diseño respectivo de éste; cuyo objetivo es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo de vida promedio de 20 años.

En un principio se presentaron dos alternativas distintas para el diseño del pavimento a INDESA S.A, elaboradas por: la ING. Margarita Polanco y el ING. Carlos Alberto Benavides; dichas propuestas dan solución a la pavimentación de la calle 5 norte, por medio de un pavimento flexible o por un pavimento rígido. INDESA S.A y el consorcio AMT, estudiaron las propuestas y tomaron la decisión de realizar la pavimentación de la calle 5 norte con un pavimento rígido; para

llegar a esta conclusión se estableció un paralelo entre las dos propuestas, teniendo en cuenta los siguientes factores:

**Tabla N° 1. Comparación entre Pavimentos.**

<b><u>Pavimentos de Concreto Hidráulico.</u></b>	<b><u>Pavimento de asfalto.</u></b>
Costo inicial (construcción), para uso en vías de tráfico medio y pesado, es casi siempre igual o menor al de uno de asfalto.	Los pavimentos flexibles no tienen la misma durabilidad que tienen los pavimentos de concreto.
Costo final (al pasar la vida útil) es, normalmente, menor que en el de los de asfalto.	Costo final de los pavimentos flexibles, considerando el mismo período de vida útil de los pavimentos rígidos, es bastante alto.
Mayor vida útil (mínimo de 20 años).	Vida útil 10 años (con mantenimiento permanente).
La calidad de la superficie se mantiene durante muchos años, conservándose íntegra la estructura del pavimento.	Los baches, hundimientos y ahuellamientos son frecuentes y generan daños en los vehículos.
Resisten los ataques químicos (aceites, grasas, combustibles).	Se afectan fuertemente por los mismos productos.
Mayores resistencias mecánicas y de abrasión; además la resistencia mecánica del material aumenta con la edad.	Los pavimentos de asfalto se deforman y deterioran, perjudicando el confort y la seguridad. La resistencia baja, en especial, en climas calientes.
Estructuras de pavimentación menores (máximo dos capas).	Exige mayores excavaciones y movimientos de tierra por ser una estructura multicapa.
Necesita poco mantenimiento y conservación, por lo cual no se interrumpe la circulación de los vehículos.	Exige mantenimiento rutinario y reparaciones, alterando el tránsito vehicular y elevando sus costos de operación.
Mayor seguridad al deslizamiento por la textura que se le dá a la superficie.	La superficie es lisa y escurridiza cuando está húmeda.
Mejor difusión de la luz, lo cual permite tener 30% de economía en los costos de iluminación de la vía.	Superficie oscura que no refleja la luz. Mayores gastos de iluminación.
Mejores características de drenaje superficial: es casi impermeable, escurre mejor el agua superficial y las estructuras de drenaje son más simples.	Absorbe la humedad con rapidez y la retiene por lo cual se necesitan sistemas de drenaje más eficientes y mayor abatimiento del nivel freático.
Mantienen íntegra la superficie de rodadura y no la afecta la intemperie.	Las temperaturas altas y las lluvias fuertes generan pérdida del material.
Mayor visibilidad horizontal y por ende más seguridad al conducir.	La visibilidad es reducida durante la noche y cuando las condiciones climáticas son adversas.
Mejor distribución de las presiones a la fundación. Soporta fácilmente las sobrecargas imprevistas y el tránsito pesado y canalizado.	Las sobrecargas imprevistas y el tránsito canalizado dañan el pavimento, e inclusive la subrasante.



Métodos de diseño aceptados mundialmente y poco variables.	Los métodos de diseño son numerosos y variables.
Permiten la instalación de equipos de precisión.	Por su deformabilidad, no dan un soporte confiable a los equipos de precisión.
Fáciles de construir. Se pueden hacer con equipos y recursos municipales.	Pocos municipios tienen plantas de asfalto.
No requiere mano de obra especializada ni equipos sofisticados. En muchas obras los equipos son reducidos, semi-mecánicos y con bajo consumo de combustible.	Muchos equipos grandes, y con gran consumo de combustibles petróleo.
El concreto se hace con materiales locales, comunes en la naturaleza y en el mercado, la mezcla se hace en frío y la energía que se consume es eléctrica.	El asfalto es un derivado del petróleo, además de que normalmente la mezcla es en caliente, gastando, así, combustibles y divisas.

Para la adecuación y construcción de la vía calle 5 norte, se efectuó en primer lugar los estudios pertinentes para la elaboración del diseño del pavimento rígido por parte de los ingenieros anteriormente descritos; ellos fueron los encargados de ejecutar las respectivas investigaciones, para determinar cada una de las variables que rigen el diseño como son: los antecedentes, el tránsito, estudio geotécnico, diseño de la estructura de pavimento rígido (por medio del método de la PCA) y las diferentes juntas recomendadas, así como el acero de refuerzo requerido para algunas de las losas de concreto hidráulico del pavimento rígido.

Dicho diseño fue solicitado por INDESA S.A, entidad contratante y gestora del proyecto; el cual fue diseñado por: la ING. Margarita Polanco y el ING. Carlos Alberto Benavides. El consorcio AMT (entidad contratista), fue la encargada de adelantar todos los procesos concernientes a la construcción y adecuación del pavimento rígido; la empresa CONCREVALLE LTDA, desempeño dentro de este proceso, la etapa de fundición de las losas de concreto hidráulico garantizando el módulo de rotura de diseño, y siendo supervisados en su labor por el consorcio AMT.

## **4.2. Estudios realizados para el Diseño del Pavimento Rígido.**

Para la elaboración del diseño del pavimento rígido de la vía calle 5 norte, por parte de la ING. Margarita Polanco y el ING. Carlos Alberto Benavides, fue necesario establecer una serie de estudios concernientes al terreno de la futura vía calle 5 norte, que comunica la avenida Mosquera con la carrera 9 o autopista norte entre propiedades de INDESA S.A y COMFACAUCA Popayán.

Como primera medida se realizó una inspección visual preliminar sobre toda la longitud del terreno en cuestión, que aproximadamente es de 200.0 mts; para luego establecer los parámetros a seguir dentro de los estudios correspondientes a la elaboración del diseño. A continuación se hablara de manera general de los estudios realizados por los ingenieros mencionados anteriormente.

### **4.2.1. Estudio del Tránsito.**

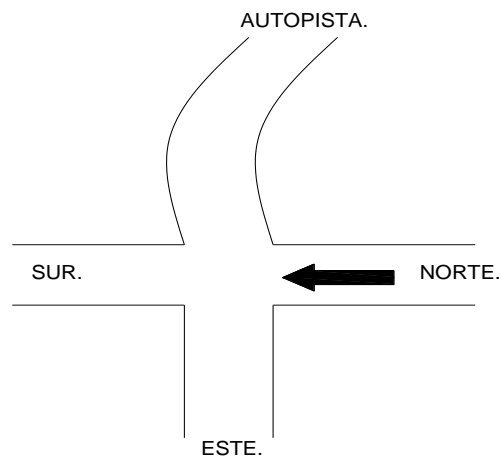
Para el análisis del tránsito futuro aproximado de esta vía, se efectuó un Programa de Conteos e inspecciones de campo que busca realizar un estudio detenido de los volúmenes de tránsito de cada uno de los movimientos vehiculares que se presentan en el área de influencia de la vía.

Dichas mediciones de volúmenes de tránsito se efectuaron en las intersecciones de la carrera 6 o Avenida Mosquera con la calle 7N, y con la calle 1N frente a la lotería del cauca. En total se tomaron 10 movimientos, empleando para esta labor formatos de conteo donde se registraba la información respectiva, discriminando entre Autos, Busetas, Buses, y los diversos tipos de camiones.

El criterio básico empleado en la programación de los conteos ejecutados dentro de los estudios realizados por los ingenieros diseñadores, fue el de obtener un cubrimiento espacial y en el tiempo de las condiciones de tráfico en la zona de estudio, suficiente para identificar sus variaciones básicas y obtener o inferir para cada movimiento, información aplicable a los tráficos desviados hacia la nueva vía.

La evaluación de los datos obtenidos por medio de la información registrada por los conteos de los volúmenes del tránsito, arrojo a los diseñadores los siguientes patrones de tránsito:

- Ocurrencia de altas demandas o “picos” bastante pronunciados de “entrada” a comienzos de la mañana y de la tarde y/o de “salida” al final de dichos periodos.
- Los patrones de tránsito están relacionados por los viajes, con base en el lugar de residencia y con propósito de trabajo o estudio, los cuales, por su naturaleza, responden a horarios más o menos fijos.
- Los “picos” de la tarde en general más acentuados que los de la mañana y del mediodía, en atención a la concentración de la demanda en periodos más cortos, y resultan generalmente en la demandas máximas dentro del ciclo diario.
- El tránsito que proviene del norte de la ciudad por la carrera 6 aporta el 5% del tránsito.



**Ilustración N° 2. Transito Futuro.**

- El transito que proviene del Este hacia la autopista aporta un 5% del tráfico a la vía objeto del estudio. Hacia el Sur cambiaría un 5%.
- El trafico actual desde la autopista hacia el norte cambiaría su costumbre de viaje en un 10%, al igual que el trafico que viene desde la autopista hacia el

Este; es decir hacia la galería del Barrio Bolívar. El tráfico que va hacia el Sur cambiaría en un 10%.

- Los vehículos que hoy circulan desde el norte hacia la autopista podían cambiar en un 15%.
- Respecto a los vehículos que hoy cruzan usando por la calle 2N desde la carrera 6 a la calle 9 y viceversa cambiarían en un 50%.

De acuerdo a todo el estudio realizado, los ingenieros diseñadores del proyecto determinaron que aunque se espera que la mayor utilización de la vía sea por vehículos livianos también es posible que haya tráfico pesado, esto debido a que en el sector no existen restricciones vehiculares; por lo tanto, los diseñadores tuvieron en cuenta en el estudio, un tránsito pesado adicional al tránsito normal, correspondiente a vehículos pesados distribuidores de mercancías, bebidas, víveres y recolectores de basura, con una frecuencia diaria inicial de 5 vehículos C2 grande, y 5 vehículos C3.

Lo expuesto anteriormente, garantiza un buen funcionamiento del pavimento rígido; no solo con su tránsito normal sino que podrá resistir sin problemas, eventuales cambios de utilización no contempladas en el proyecto, los cuales sino se prevén pueden deteriorar rápidamente e incluso destruir la estructura del pavimento.

Según los cálculos efectuados por los diseñadores del proyecto; basados en los datos recolectados durante el desarrollo del estudio de tránsito, arrojan como resultado un tránsito total estimado en 17 millones de vehículos, en un periodo de diseño de 20 años, para la estructura de pavimento rígido de la vía calle 5 norte.

#### **4.2.2. Estudio Geotécnico.**

Las solicitaciones a las que se encuentra sometida la cimentación de una estructura de pavimento son específicas y muy diferentes de las que tiene que soportar un suelo como cimiento de otra estructura cualquiera. Por lo tanto se hace necesario la programación de una serie de estudios de campo y de





laboratorio, inspecciones y recorridos de la zona del proyecto; evaluar y analizar dicha información con el fin de establecer una serie de normas de tipo geotécnico a las cuales se debe ceñir el proyecto y el procedimiento constructivo.

Los aspectos anteriormente mencionados hacen parte de lo que comúnmente se denomina un **estudio geotécnico**, mediante el cual se recopila toda la información acerca del terreno de fundación del pavimento; con lo cual los diseñadores del proyecto toman las decisiones más convenientes, para determinar los tipos de materiales que se pueden utilizar para la construcción de las distintas capas de la estructura, los posibles métodos de mejoramiento o estabilización y el procedimiento constructivo más acorde con los recursos disponibles en la región.

De acuerdo a la inspección del terreno, previamente realizada por los diseñadores, se hace necesario conocer con precisión la **estratigrafía del subsuelo y las propiedades físicas y mecánicas** de los estratos que lo componen; ambas informaciones provienen de investigaciones realizadas en el **campo** y en el laboratorio respectivamente.

El estudio geotécnico se basa en la exploración del suelo, esto se lleva a cabo por medio de perforaciones o sondeos, los cuales son un medio muy importante para realizar el muestreo; el cual debe realizarse con el mayor cuidado, debido a que es preciso obtener muestras representativas o sea muestras que representen acertadamente los suelos hallados en el campo, tanto en su composición como en sus condiciones in situ; ya que sobre dichas muestras se realizarán los ensayos de laboratorio que determinarán las propiedades del suelo en estudio, así como instituir su posible comportamiento bajo las cargas aplicadas.

Al realizar la inspección visual a toda la zona en donde se desarrollara el proyecto; se obtendrá no solo la información correspondiente al tipo de suelo superficial existente (ya sea pantanoso, arcilloso, arenoso o rocoso), sino de acuerdo a dicha inspección, se elegirá el tipo de equipos más adecuados para el desarrollo de los sondeos. Los sondeos conjuntamente con la inspección visual del terreno y las características de cada una de las muestras de los diferentes estratos dan la información requerida para establecer la estratigrafía del suelo.

En los ensayos de laboratorio se manejan dos tipos diferentes de muestras, las cuales son:

**Muestras alteradas:** son muestras representativas del suelo que conservan totalmente su composición mineralógica y algo de su humedad natural, pero no conservan las demás condiciones que tenían en el terreno.

**Muestras inalteradas:** son muestras representativas del suelo que conservan las condiciones que tenían en su estado natural. Las mejores muestras inalteradas son aquellas en que su humedad y composición mineralógica no han sufrido cambio alguno y su relación de vacíos y su estructura son semejantes a las que tenían in situ.

En el terreno correspondiente a la calle 5 norte, se realizó la respectiva inspección visual por parte de los ingenieros diseñadores del proyecto, en la cual se determinó que dicho terreno era pantanoso y que se obtendrían muestras representativas del suelo por medio de 4 apiques distribuidos a lo largo de toda la longitud de la futura vía. Con dichas muestras, se logró determinar las características que poseen los suelos de subrasante, en especial la resistencia y la humedad de la misma; así como establecer el perfil estratigráfico del terreno, por medio de los sondeos realizados durante el desarrollo del estudio.

De acuerdo, a los ensayos realizados a las muestras representativas del suelo donde se construirá el pavimento rígido, se concluyó por parte de los diseñadores del proyecto, que en esta zona predominan dos tipos de suelo distintas, las cuales son: un suelo fino color amarillo y un suelo fino color gris con vetas amarillas, cuya clasificación SUCS es MH y CH respectivamente. Cabe resaltar que la resistencia de estos suelos está comprendida entre 1% y 2%.

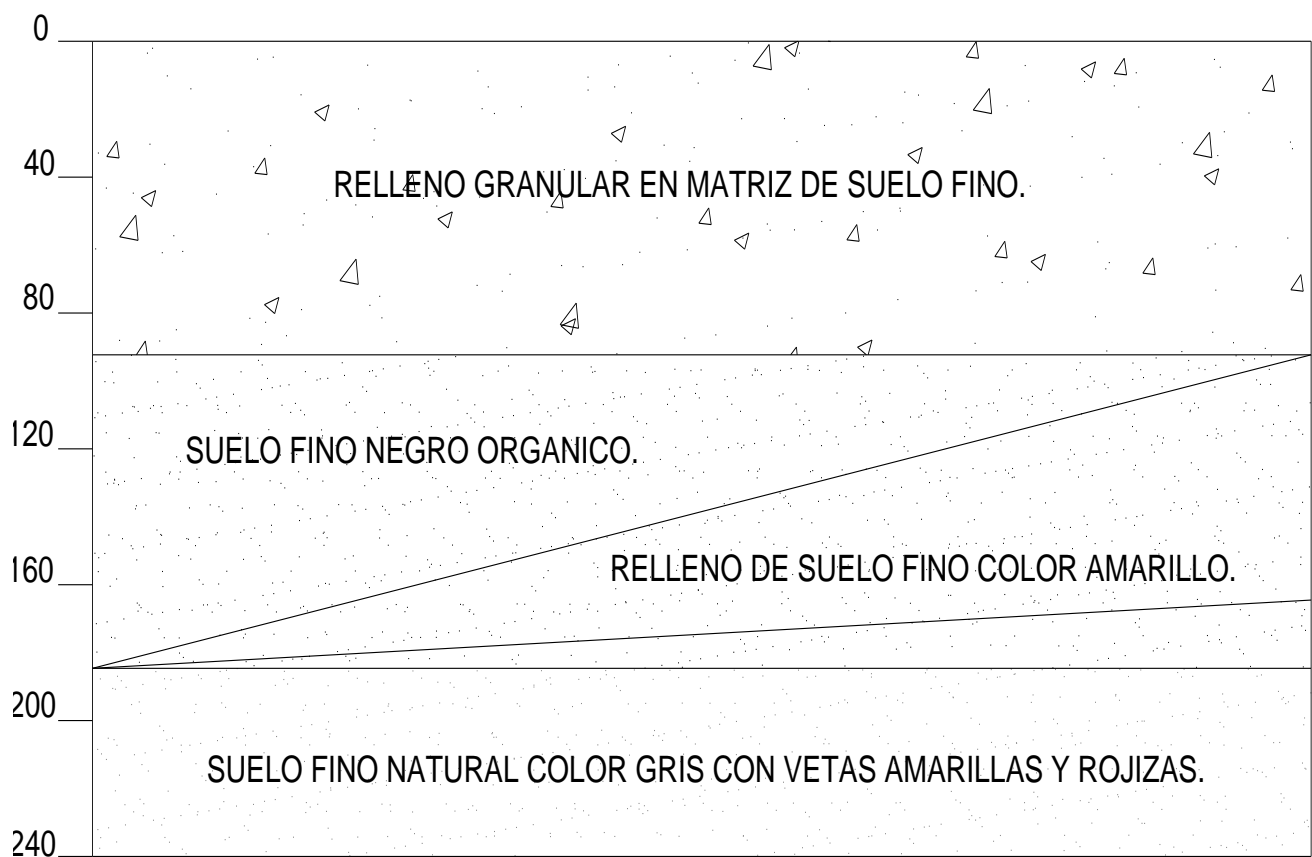
#### **4.2.2.1. Estratigrafía del sector donde se construirá el pavimento.**

A partir de la información obtenida en el campo, se puede concluir que esta vía, tiene dos tramos, con perfiles de suelo algo diferentes, aunque se aclara que en

ambos la primera capa de suelo natural no orgánico es la misma. Dichos tramos se denominan *tramo A* y *tramo B*.

**Tramo A:**

Ubicado en el sector occidental de la vía, el cual corresponde aproximadamente a la mitad de la vía más cercana a la Autopista Norte; cuyo perfil de suelos está conformado por rellenos y suelos finos de consistencia baja, los cuales presentan un CBR comprendido entre 1% y 2%. El perfil estratigráfico de este tramo, se puede considerar constituido por tres estratos de suelo así:



**Ilustración N° 3. Perfil deducido Tramo A.**

**Tramo B:**

Ubicado en el sector oriental o tramo correspondiente a la otra mitad de la vía más cercana a la Avenida Mosquera; cuyo perfil de suelos está conformado por un

relleno y un suelo fino de consistencia blanda, el cual presenta un CBR comprendido entre 1% y 2%. El perfil estratigráfico de este tramo, se puede considerar constituido por dos estratos de suelo así:



**Ilustración N° 4. Perfil deducido Tramo B.**

#### **4.2.2.2. Resistencia de la subrasante.**

Por medio del estudio geotécnico, se determinó que el suelo de subrasante original tiene valores de CBR comprendidos entre 1.0% y 2.2%, valores de resistencia muy bajos, que desde el punto de vista práctico no pueden servir como subrasante de apoyo a estructuras de pavimento.

De acuerdo a lo anterior, los diseñadores del proyecto recomendaron estabilizar el terreno por medio de la remoción del suelo orgánico presente en el lugar; así como cubrir todo el perímetro de la calzada, su berma y un ancho adicional de 1mts, con un Geotextil Tejido PAVCO T2100 o similar, sobre el cual descansara el material de subrasante mejorada de 40 cms de espesor. Además, establecieron que en todas las zonas del proyecto, se implementara un CBR de diseño de la subrasante igual al 3%.

Todo esto garantizara uniformidad estructural en la zona del proyecto y evitara deformaciones posteriores que afectaran las estructuras.

### **4.3. Diseño del Pavimento Rígido.**

La ING. Margarita Polanco y el ING. Carlos Alberto Benavides, autores intelectuales del diseño del Pavimento rígido de la calle 5 N, utilizaron el método de la Portland Cement Association PCA para determinar los espesores a emplear en el pavimento, la sub-base y la subrasante mejorada que conformaran la calle 5 norte.

#### **4.3.1. Resistencia de la subrasante y de la sub-base.**

Se adopto por recomendación del estudio geotécnico, un valor de CBR de diseño de 3% y por correlación se determino el valor de Modulo de Reacción de 28.0 Mpa/m. Además, se estableció un espesor de 20 cms, para la capa de sub-base granular; con el fin de uniformizar el apoyo a la losa de concreto y lo más importante controlar futuros problemas de bombeo.

#### **4.3.2. Dimensionamiento del pavimento.**

Por medio de los lineamientos del método de diseño de Pavimentos rígidos de la PCA, los ingenieros diseñadores establecen el dimensionamiento de la estructura de pavimento. Para un concreto hidráulico producido en planta lo ideal es que garantice un Modulo de rotura mínimo de 40.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

En la siguiente ilustración se muestra el diseño de la estructura de pavimento rígido; con un espesor de 20.0 cms de losa de concreto apoyada sobre la sub-base granular de 20.0 cms de espesor; las cuales cumplen con los criterios generales de diseño del método, debido a que los consumos de fatiga y erosión son menores del valor admisible de 100%. Presentándose entonces en el diseño de la vía una reserva, que garantiza su normal funcionamiento al manifestarse eventuales cargas superiores a las contempladas originalmente.

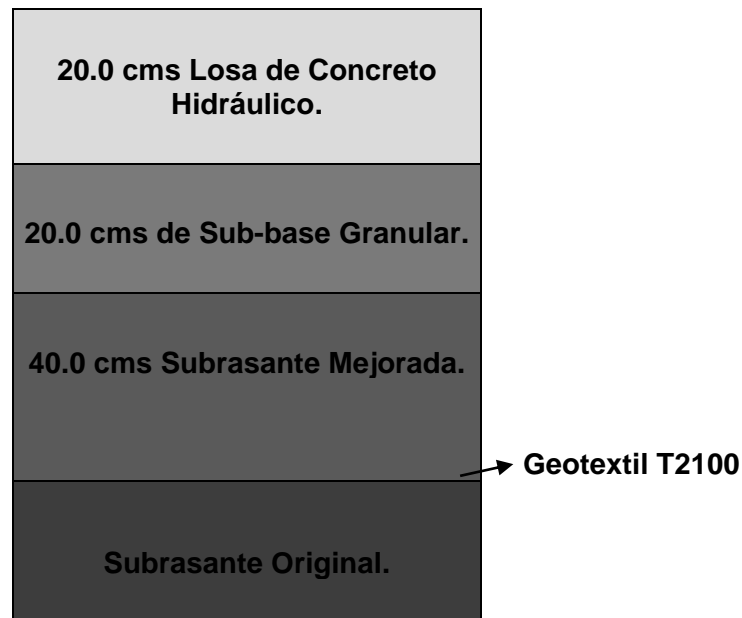


Ilustración N° 5. Solución de diseño de pavimento rígido para la vía calle 5 norte.

#### 4.3.3. Dimensiones superficiales de las losas.

Con el objetivo de controlar la fisuración del concreto, mantener la capacidad estructural y la calidad del pavimento y así mismo para dividir el pavimento en tramos lógicos; los diseñadores del proyecto recomendaron losas cuya longitud máxima sea de 4.0m y su ancho sea el correspondiente al ancho de cada carril. Teniendo en cuenta, que se debe cumplir con la relación de esbeltez (Longitud/ancho), que debe estar comprendida en el rango (1 – 1.3).

#### 4.4. Juntas recomendadas.

Los ingenieros diseñadores del proyecto proponen para esta vía, el diseño y construcción de juntas; consideradas como el punto más débil de un pavimento rígido. Las principales consideraciones que deben cumplir las juntas son:

- Buena localización, controlando el agrietamiento previsto causado por cualquier factor.
- Proteger adecuadamente a la sub-base contra la acción del agua, controlando el fenómeno de bombeo y/o deflexión excesiva en los bordes de la junta.
- Transmitir adecuadamente las cargas de una losa a otra, evitando la pérdida en la calidad de rodamiento y fallas por deformaciones excesivas.

Las juntas estipuladas por los diseñadores para el pavimento rígido son:

#### **4.4.1. Juntas transversales:**

Cuando las losas están sujetas a retracción o compresión, por disminución o aumento de temperatura; y su movimiento está restringido por la fricción, ocasionan agrietamientos transversales en las losas de concreto. Una manera de controlar estos agrietamientos consiste en disminuir la longitud de las losas mediante la implementación de estas juntas. Las juntas transversales se dividen en: *Junta transversal de Contracción*, *Junta transversal de construcción* y *Juntas de expansión*.

#### **4.4.2. Juntas longitudinales:**

Estas juntas son empleadas con el objeto de controlar el agrietamiento de las losas de concreto, causado por el alabeo. Las juntas longitudinales se dividen en: *Junta de Contracción* y *Junta de construcción*.

#### **4.4.3. Sellado de las Juntas:**

La ranura que se hace a la losa para la construcción de la junta debe sellarse para impedir la entrada del agua a la estructura, así como la obstrucción ocasionada por cuerpos extraños dentro de la junta, que pueden obstaculizar su buen desempeño.

El material sellante que se utilice debe cumplir con los siguientes requisitos:

- *Impermeabilidad:* Debe impedir el paso de agua hacia la subrasante y/o sub-base.
- *Deformabilidad:* Debe acomodarse a los movimientos que ocurran en la junta.
- *Resiliencia:* Debe tener la propiedad de recuperar su forma original, cuando la sollicitación cesa.
- *Adherencia:* Debe permanecer adherida a la superficie del concreto de modo que no se desprege por la acción de los esfuerzos a que se encuentra sometido, en especial los inducidos por los cambios de temperatura.
- *Baja o nula susceptibilidad térmica:* La viscosidad no debe sufrir variaciones altas con el cambio de temperatura.
- *Durable:* Las propiedades no deben cambiar durante la vida útil de la estructura.
- *Resistente:* Debe evitar la penetración de materiales sólidos incompresibles.

El sistema de sellado de juntas para pavimentos de Concreto debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, el arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, los solventes, los rayos ultravioletas, la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

## **5. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA VÍA CALLE 5 NORTE.**

### **5.1. Remoción del material orgánico del terreno:**

Una vez concluido el diseño del pavimento rígido de la vía calle 5 norte, se procede a realizar el acondicionamiento del terreno, implementando las siguientes actividades: remoción de material orgánico presente en la zona, así como la



colocación de filtros longitudinales y transversales, para el abatimiento del nivel freático.

El proceso constructivo se inicia realizando el descapote y el respectivo corte, cargue y desalojo del material de remoción del lote donde se proyecta la vía calle 5 norte; el equipo utilizado para dicha labor fue una retroexcavadora CAT 320 B y unas volquetas, los cuales trabajaron en conjunto. Dicha retroexcavadora removía el material orgánico presente en la zona y lo depositaba en las volquetas para su respectivo desalojo; la capacidad de cada volqueta era de  $8.0\text{m}^3$ , logrando desalojar en total  $4032\text{m}^3$  de material en la zona. Una de las razones más importantes para realizar el reemplazo del suelo de sub-rasante, fue debido a que los resultados de los ensayos del estudio geotécnico realizados a este suelo dieron un CBR comprendido entre 1.0% y 2.2%, lo que indica valores muy bajos de resistencia; que desde el punto de vista práctico no pueden servir como sub-rasante de apoyo a estructuras de pavimento.



**Ilustración N° 6. Remoción del material orgánico por medio de la Retroexcavadora CAT 320 B.**



**Ilustración N° 7. Material orgánico presente en la zona.**



**Ilustración N° 8. Desalojo del material orgánico por medio de Volquetas.**

## **5.2. Drenaje:**

Parte del agua que cae sobre el suelo de subrasante, del lugar en qué se construirá una vía terrestre, escurre por la superficie, parte se infiltra y parte se evapora. En el caso de la futura vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se observo por parte de los ingenieros proyectistas, un terreno con altas zonas pantanosas, indicando altos niveles de agua freática. Lo que conlleva a pensar en el abatimiento del nivel freático en toda la longitud de la futura vía; para esto se implemento un buen sistema de drenaje, el cual garantizara estabilidad a la vía.

Un buen sistema de drenaje, es el que le proporciona al agua el mejor trato posible brindándole una circulación cómoda para ella y segura para la estabilidad de la vía. Esto se logra mediante la construcción de económicos y prácticos sistemas de drenaje, en este proyecto se implementaron los siguientes:

- *Drenaje superficial:*
  - Pendiente superficial o bombeo.
  - Bordillos.
  - Alcantarillas.
- *El sub-drenaje:*
  - Filtros o sub-drenes.
  - Drenes horizontales.

Para la estabilización del nivel freático de la subrasante del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se implementaron los siguientes filtros:

- *Filtro en piedra con Geotextil  $\varnothing = 6$ ”.*

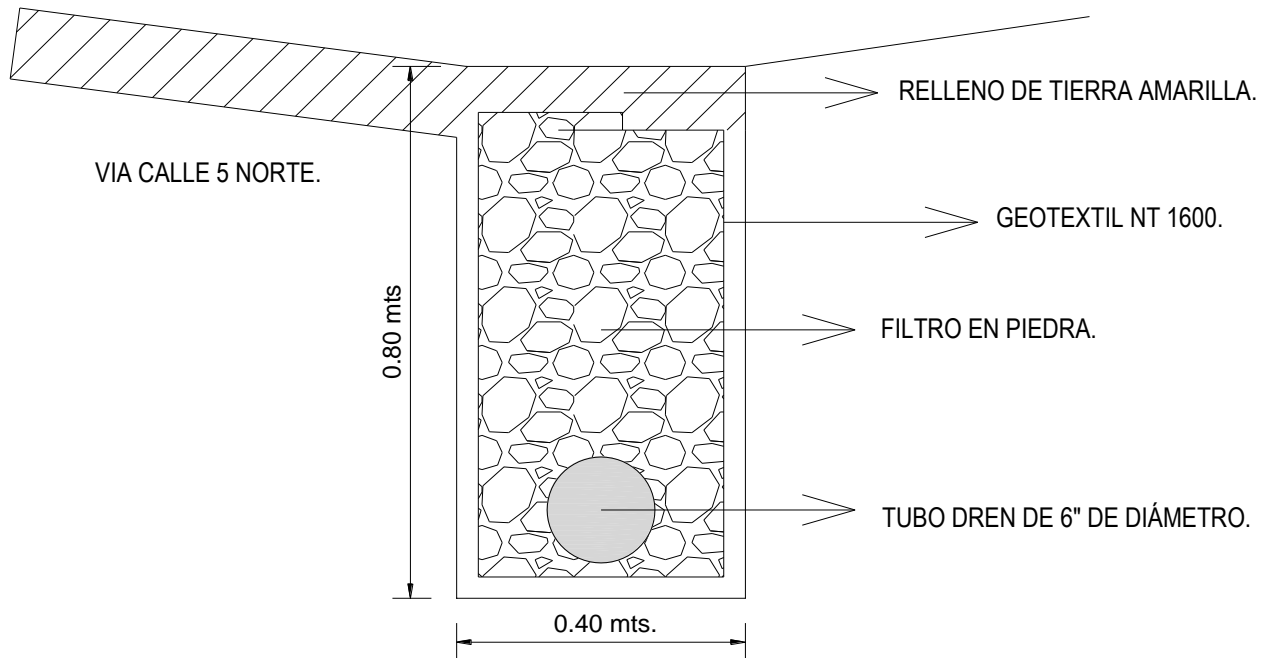
Se basa en la construcción de filtros laterales, por el lado izquierdo de la vía calle 5 norte, es decir en los linderos de los lotes entre COMFACAUCA e INDESA S.A; dichos filtros se construyeron con un ancho de excavación de 0.40mts y una altura de 0.80mts. Para su adecuación se instalo un Geotextil Pavco NT 1600, en todo el contorno y a lo largo del filtro; el cual se conforma de material mal gradado y un tubo dren (tubo PVC perforado de  $\varnothing = 6$ ”), luego se sello con una capa de 15cmts de tierra amarilla que se compacto por medio de un saltarín.

- Filtro en piedra con Geotextil  $\phi = 2\frac{1}{2}$ ".

Se basa en la construcción de filtros transversales al eje de la vía, desde la margen derecha de la vía calle 5 norte hasta encontrar el filtro lateral. Estos filtros son idénticos a los anteriores tanto en los materiales implementados como en sus prácticas constructivas, lo único en lo que difieren es en el diámetro del tubo dren que implementan.



Ilustración N° 9. Ubicación de la vía Calle 5 norte.



**Ilustración N° 10. Corte transversal de Filtros.**

### **5.3. Escogencia de los materiales de subrasante mejorada y sub-base granular:**

Para la escogencia del material de mejoramiento de la subrasante que se requiere en la construcción del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, el Consorcio AMT, se baso en los lineamientos y requisitos exigidos en las especificaciones del artículo INV 230 – 07. De acuerdo a lo anterior se llego a la determinación de utilizar el material de roca muerta como capa de subrasante mejorada, cuya cantera radica en pueblillo.

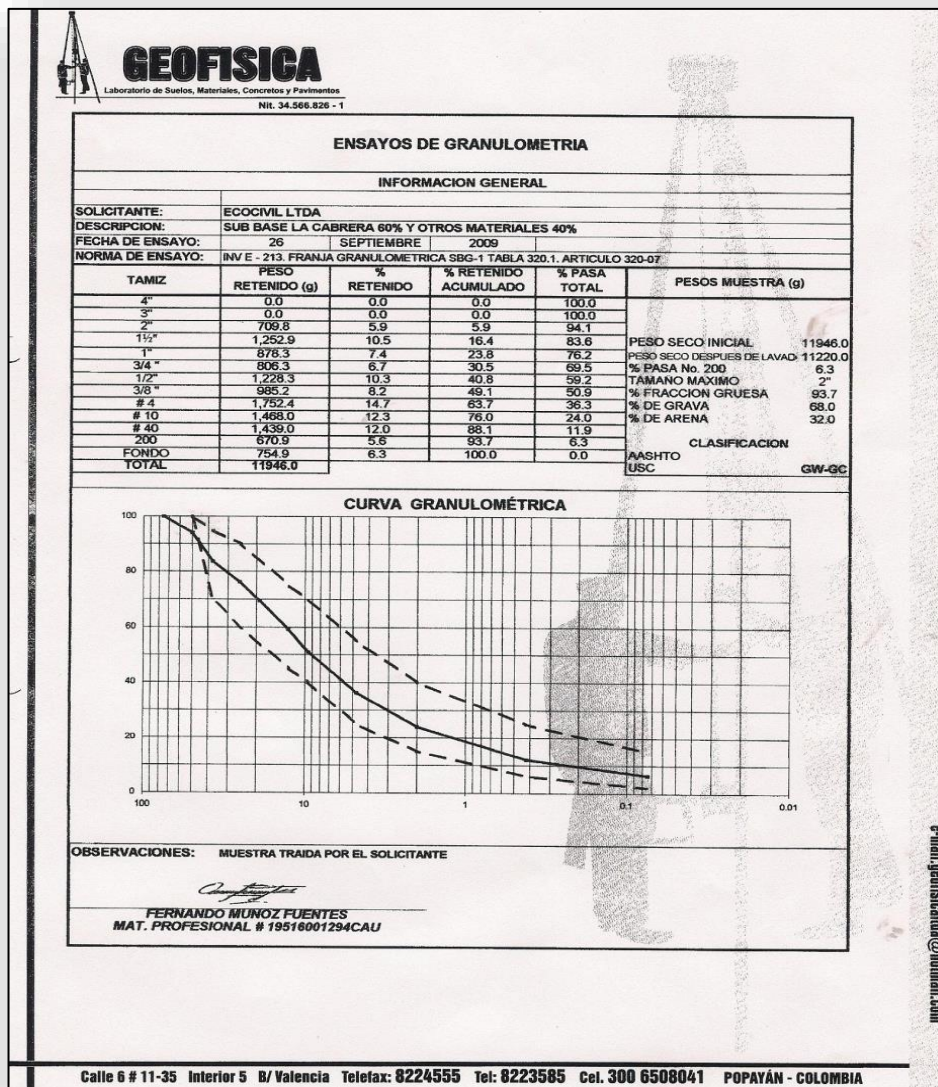
Para la escogencia del material de sub-base granular que se requiere en la construcción del pavimento rígido de la vía calle 5N, se efectuó una serie de ensayos, los cuales fueron: granulometría, durabilidad, dureza, limpieza, geometría de partículas, resistencia del material, límites de Atterberg, equivalente de arena y densidad en el terreno; de acuerdo al material que mas cumpliera con los requisitos establecidos por el artículo INV 300-07; que llevo a la determinación de utilizar el material de sub-base granular proveniente de Ecocivil.

**Tabla N° 2. Propiedades físicas y químicas de la Sub-base Granular de Ecocivil.**

<b>Ensayo.</b>	<b>Norma.</b>	<b>Resultado.</b>	<b>Especificación.</b>	<b>Grado de aceptabilidad.</b>
<b>Granulometría.</b>	INV E-213.	Se ajusta a la franja granulométrica SBG-1.	Artículo INV 320. Tabla 320.1	Cumple.
<b>Desgaste en la máquina de los ángeles (%).</b>	INV E-218.	27%.	≤50.	Cumple.
<b>Perdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio.</b>	INV E-220.	4.14%.	≤12.	Cumple.
<b>Limite liquido (%).</b>	INV E-125.	22.69%.	≤40.	Cumple.
<b>Índice de plasticidad (%).</b>	INV E-126.	3.76%.	≤6.	Cumple.
<b>Equivalente de arena (%).</b>	INV E-133.	69%.	≥25.	Cumple.
<b>Resistencia del material CBR (%).</b>	INV E-148.	107.8%.	≥30.	Cumple.

Fuente: Consorcio AMT.

Cabe resaltar que la granulometría del material de sub-base granular empleado en la construcción del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se ajustó mejor a la franja granulométrica SBG-1 de la tabla 320.1 de las especificaciones del artículo INV 320 - 07.



**Ilustración N° 11. Análisis Granulométrico de la Sub-base Granular.**

Una vez determinadas las fuentes de material a utilizar, se procede a trasladar dichos materiales a la obra por medio de volquetas cuya capacidad es de 8m<sup>3</sup>; habiendo colocado en obra 1246m<sup>3</sup> de material suelto de relleno para la sub-rasante y 820m<sup>3</sup> de material suelto para sub-base granular de Ecocivil (triturado 3/4", pasante 3/8").

Tabla N° 3. Artículo INV 300. Requisitos de los Agregados para Afirmados, Sub-bases Granulares y Bases Granulares.

ENSAYO.	NORMA DE ENSAYO INV	NT1			NT2			NT3	
		AFIRMADO	SUBBASE GRANULAR.	BASE GRANULAR.	AFIRMADO	SUBBASE GRANULAR.	BASE GRANULAR.	SUBBASE GRANULAR.	BASE GRANULAR.
Composición.									
Granulometría.	E-213	Tabla 311.1	Tabla 320.1	Tabla 330.1	Tabla 311.1	Tabla 320.1	Tabla 330.1	Tabla 320.1	Tabla 330.1
Dureza.									
Desgaste en la máquina de los ángeles (gradación a).									
- En seco, 500 revoluciones (%).	E-218	≤50	≤50	≤40	≤50	≤50	≤40	≤50	≤35
- En seco, 100 revoluciones (%).		-	-	≤8	-	-	≤8	-	≤7
- Después de 48h de inmersión, 500 revoluciones (%).		-	-	≤55	-	-	≤55	-	≤50
- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones.		-	-	≤2	-	-	≤2	-	≤2
Desgaste en el equipo Micro-Deval (%).	E-238	-	-	-	-	≤35	≤30	≤30	≤25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de finos.									
- Valor en seco (KN).	E-224	-	-	-	-	-	≥70	-	≥90
- Relación húmedo/seco (%).		-	-	-	-	-	≥75	-	≥75
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable (%).	E-211	-	≤2	≤2	-	≤2	≤2	≤2	≤2
Durabilidad.									
Perdidas en el ensayo de solidez en sulfatos.									
- Sulfato de sodio (%).	E-220	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12
- Sulfato de magnesio (%).		≤18	≤18	≤18	≤18	≤18	≤18	≤18	≤18
Limpieza.									
Límite líquido (%).	E-125	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40	-	≤40	-
Índice de plasticidad (%).	E-126	4 - 9	≤6	≤3	4 - 9	≤6	0	≤6	0
Equivalente de arena (%).	E-133	-	≥25	≥30	-	≥25	≥30	≥25	≥30
Valor de azul de metilo (1).	E-235	-	-	≤10	-	-	≤10	-	≤10
Contracción lineal.	E-127	Artículo 311	-	-	Artículo 311	-	-	-	-
Geometría de las partículas.									
Índices de alargamiento y aplanamiento (%).	E-230	-	-	≤35	-	-	≤35	-	≤35
Porcentaje de caras fracturadas (una cara).	E-227	-	-	≥50	-	-	≥50	-	≥60
Angularidad de la fracción fina.	E-239	-	-	-	-	-	≥35	-	≥35
Resistencia del material.									
CBR (%) Nota: porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión. Método D.	E-148	≥15	≥30	≥80	≥15	≥30	≥80	≥30	≥100

(1) El ensayo de valor de azul de metilo solo será exigido cuando el equivalente de arena del material de base granular sea inferior a 30, pero igual o superior a 25.



#### 5.4. Topografía:

La tarea del topógrafo es previa al inicio de un proyecto, ya que al ejecutar un buen levantamiento plani-altimétrico del terreno y de hechos existentes (elementos inmóviles y fijos al suelo); plasma en un plano topográfico el terreno a construir y de esta manera facilitar el diseño de la pavimentación de la calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”.

El topógrafo de la obra, se encargó de realizar los trabajos que incluyen el levantamiento de una poligonal, cuyos vértices son bases de topografía, con su respectivo chequeo de cierre y control de cotas por medio de una nivelación de precisión; toma de topografía en el área lateral al proyecto según los posibles cambios en el diseño en planta y ampliación de la sección transversal; ejecutando un levantamiento detallado de la vía a construir.

Realizado el proyecto de acuerdo a los datos obtenidos por medio de los estudios previos del terreno, el topógrafo se encarga de hacer el replanteo del mismo; lo cual consistió en plasmar en el terreno, el eje de la vía de la calle 5 norte del “conjunto residencial la Estación”, siguiendo los parámetros de diseño de los planos de la vía. Para ejecutar esta labor fue necesario contar con los datos concernientes al cuadro de elementos de curvas del eje de la vía.

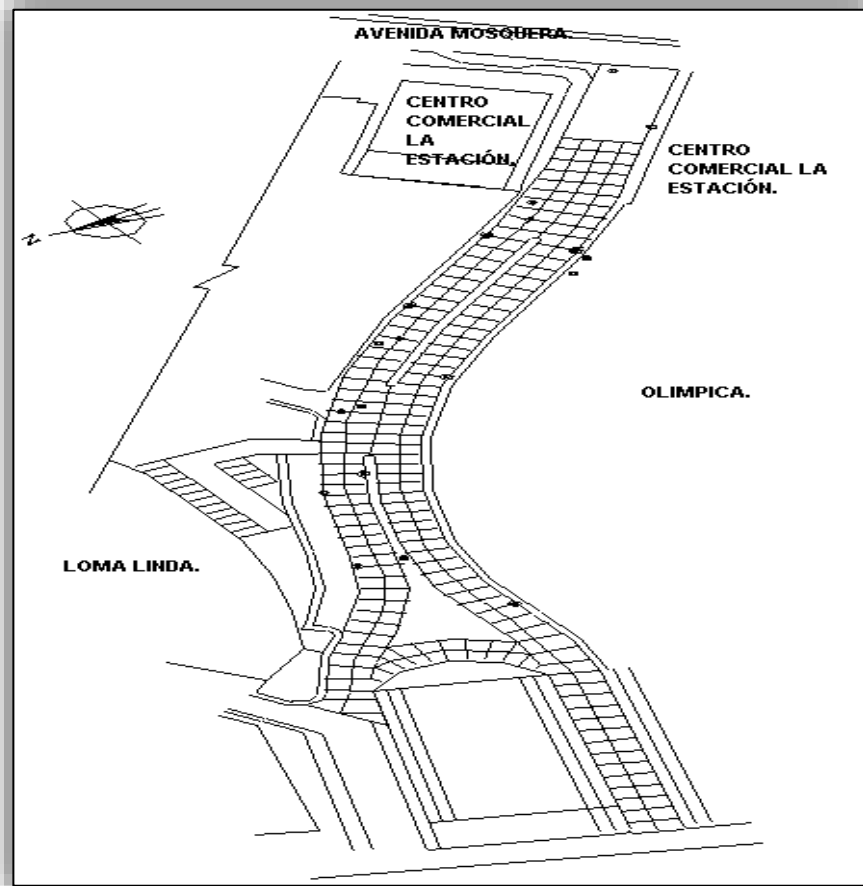
El replanteo del eje de la vía, se efectuó por medio de la localización directa y posteriormente su nivelación, labor que ejecuta el topógrafo de la obra mediante el implemento del tránsito, estacas, plomadas, puntillas, maceta, nivel de precisión, cinta y la mira. Para ejecutar el replanteo se necesitó fundamentalmente la cartera de tránsito, la cartera de nivelación del eje de la vía y el cuadro de elementos de las curvas que se presentan en la vía; el eje de la vía se absciso cada 10 mts en tramos rectos y en las cuerdas de la curva se absciso cada 5mts, utilizando el tránsito y la cinta para localizar exactamente de PI a PI, las abscisas correspondientes a estos tramos con sus respectivas distancias; de esta manera se plasmó en el terreno por medio de estacas y puntillas, el eje de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”.

### **5.5. Mejoramiento de la subrasante:**

El mejoramiento de la capa de sub-rasante, se realizo una vez que se ha extendido previamente el Geotextil tejido Pavco T2100 sobre toda la longitud de la vía calle 5N, el cual cubre la calzada y un ancho adicional de 1,0 m para que permita su doblez perimetral sobre la capa superior de relleno.

Una vez realizada la remoción del material orgánico presente en la futura calle 5 norte y de efectuar el acondicionamiento del sistema de sub-drenaje, se procede a ejecutar el respectivo relleno, que en un principio se considero fuera de tierra amarilla, proveniente del sector de pueblillo. En total se trasladaron hasta la obra 681m<sup>3</sup> de tierra amarilla, material que se extendió a lo largo de la vía con un bulldozer D6 y fue compactado con un vibrocompactador Dinapack CA15.

Previamente se cuenta con el diseño del alcantarillado sanitario y pluvial de la obra del “conjunto residencial La Estación”, contiguo a la vía calle 5N; para la adecuada ubicación y construcción tanto de las cámaras de inspección, sumideros y tuberías que se proyectan sobre el pavimento rígido de la vía de la calle 5N.



**Ilustración N° 12. Ubicación de cámaras de inspección y sumideros.**

Como el material de tierra amarilla presento alta plasticidad debido a su humedad natural, entonces se opto por cambiar a roca muerta para efectuar el respectivo relleno. Este nuevo material es proveniente del sector de pueblillo con el cual se completo el cuerpo de terraplén de la calle 5 norte; para la adecuación del material se implemento un bulldozer D6D que tendió el material a lo largo y ancho de la vía, logrando conformar la subrasante mejorada de espesor de 40cmts, la cual fue compactada por medio del vibrocompactador Dinapack CA15, en dos capas de 20cmts; el material anteriormente extendido debía poseer la humedad óptima para su adecuada compactación, con lo cual se obtiene la densidad requerida por el previo estudio geotécnico realizado durante el diseño. En total se trasladaron

1246m<sup>3</sup> de material suelto de relleno para la sub-rasante; el cual se transporto hasta la obra por medio de volquetas cuya capacidad es de 8m<sup>3</sup>.



**Ilustración N° 13. Extensión del material de Subrasante con Bulldozer D 6 D.**

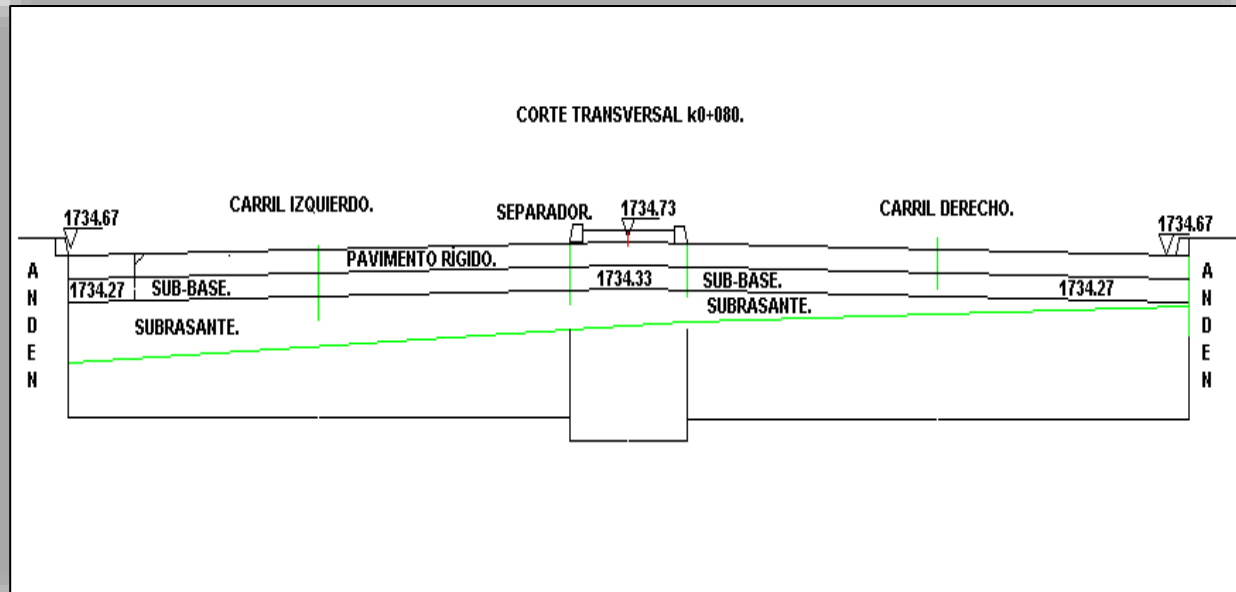


**Ilustración N° 14. Vibrocompactador Dinapack CA 15.**

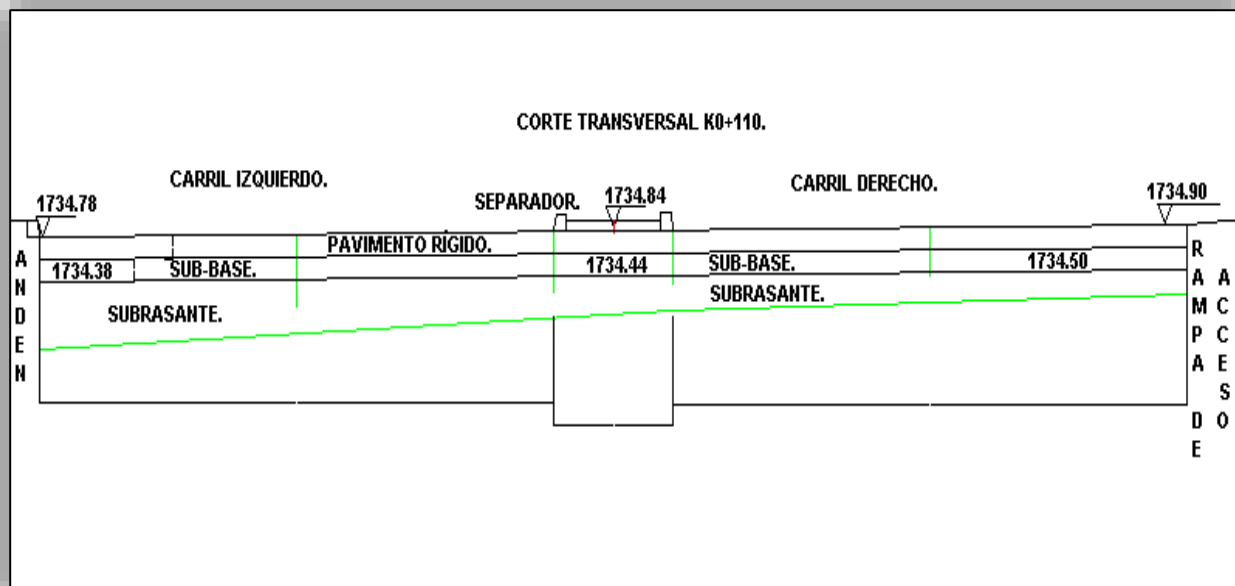


**Ilustración N° 15. Compactación de la Capa de Subrasante.**

Cabe resaltar que se niveló el terreno con la adecuada supervisión e instrucción del topógrafo de la obra, el cual se aseguró de llevar hasta su espesor correspondiente a la capa de subrasante, mediante la implementación del nivel de precisión y la mira fue estableciendo correctamente las respectivas cotas a las cuales debía llegar la correspondiente capa. Como ejemplo se establece las cotas que pertenecen a la abscisa K0+080 y K0+110 de la capa de subrasante de la vía calle 5 norte.



**Ilustración N° 16. Cotas Subrasante - Abscisa K0+080.**



**Ilustración N° 17. Cotas Subrasante - Abscisa K0+110.**

En algunas partes del terreno de la vía se presentaron fallos muy pronunciados que propiciaron labores más radicales para estabilizar el terreno, las cuales fueron el desalojo del barro existente, así como la adecuación y colocación de un colchón de piedra (sobretamaño), Geotextil tejido y material de sub-base de Ecocivil, el cual se compacta con vibrocompactador Dinapack y saltarín para las zonas donde no había acceso por el vibrocompactador.

Al terminar el proceso de extendido y compactación del material de mejoramiento de la subrasante, se procede a realizar el ensayo de densidad en el terreno, para verificar la eficiencia del proceso de compactación y de esta manera lograr la densidad requerida por el diseñador, para así controlar indirectamente la resistencia del suelo.

Una vez determinados los parámetros que garanticen la calidad del proceso de compactación de la subrasante, se procede a la adecuación respectiva de la sub-base granular de la calle 5 norte.

### **5.6. Compactación:**

La compactación es un proceso que influye en el comportamiento de todas y cada una de las capas de una estructura de pavimento, y a excepción de unas buenas características de drenaje es el factor que más influye en la estabilidad y durabilidad de estas estructuras civiles, ya que su vida útil dependerá en gran parte del grado de compactación especificado en el diseño, así como de su control para su cumplimiento en obra.

La compactación debe ser realizada con estrictos controles de calidad a objeto de evitar asentamientos diferenciales que pueden afectar al pavimento. Si bien el pavimento rígido transmite bajas presiones a los suelos de fundación, requiere de una plataforma uniforme y bien compactada.

Durante el desarrollo de la compactación del material granular, en la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”; se observó cómo llevar a cabo una adecuada compactación. Entre los aspectos vistos se establecen los siguientes:

- El operador del vibrocompactador debe conducirlo a lo largo de la longitud de la vía teniendo en cuenta que el rodillo liso debe estar bien ubicado, al momento de activar la vibración del equipo.
- El operario debe implementar la velocidad de vibración adecuada para la compactación del material de lo contrario este se puede fracturar incrementando los finos.
- El operario debe conducir el vibrocompactador a una velocidad pertinente ni muy rápido, ni muy lento para lograr distribuir la presión del rodillo liso en todo el espesor de la capa.
- Al terminar una pasada, la siguiente debe comenzar en la mitad de la franja compactada en la pasada inmediatamente anterior.
- La compactación no debe realizarse cuando el material no posea la humedad requerida por el estudio geotécnico, de lo contrario el material granular se parte y no obtendrá la compactación ideal, si está seco; o puede enlodarse todo si está muy húmedo. De cualquiera de las dos formas se estaría echándolo a perder el material incurriendo en sobrecostos.
- El éxito de una buena compactación también radica en la adecuada mezcla del material, logrando una indicada distribución granulométrica, lo que ocurrirá en la reducción más o menos rápida de los vacíos. Lo anterior se visualiza en cambios de volumen de importancia, ligados a pérdida de volumen de aire.

El equipo utilizado para realizar el proceso de compactación tanto a la subrasante como a la sub-base granular que conforman la estructura del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”; fue un vibrocompactador Dinapack CA15.





**Ilustración N° 18. Vibrocompactador Dinapack CA 15.**

#### **5.7. Sub-base granular:**

Al estar conformada y compactada la capa de sub-rasante, se procede a la adecuación y construcción de una capa de sub-base de 20cms de espesor, con el fin de proporcionar un apoyo uniforme al pavimento rígido y lo más importante controlar futuros problemas de bombeo.

Una vez que el material de sub-base es transportado y colocado en la obra por parte del contratista, comienza la conformación de la misma por medio de la motoniveladora que se encarga de mezclar, extender y dejar con un determinado espesor el material granular, para luego ser compactado por el vibrocompactador y lograr la densidad requerida por el estudio geotécnico.



Ilustración N° 19. Vibrocompactador Dinapack CA15 y Motoniveladora.



Ilustración N° 20. Extensión y conformación de la Sub-base granular.



**Ilustración N° 21. Equipo de Nivelación.**



**Ilustración N° 22. Nivelación de la Sub-base Granular.**

Cabe resaltar que la motoniveladora, nivelo el terreno con la adecuada supervisión e instrucción del topógrafo de la obra, el cual se aseguro de llevar hasta su espesor correspondiente a la capa de sub-base granular; mediante la implementación del nivel de precisión y la mira, fue estableciendo correctamente las respectivas cotas a las cuales debía llegar la correspondiente capa en todo el contorno de la vía. Como ejemplo se establece las cotas que pertenecen a la abscisa K0+080 y K0+110 de la capa de sub-base de la vía calle 5 norte.

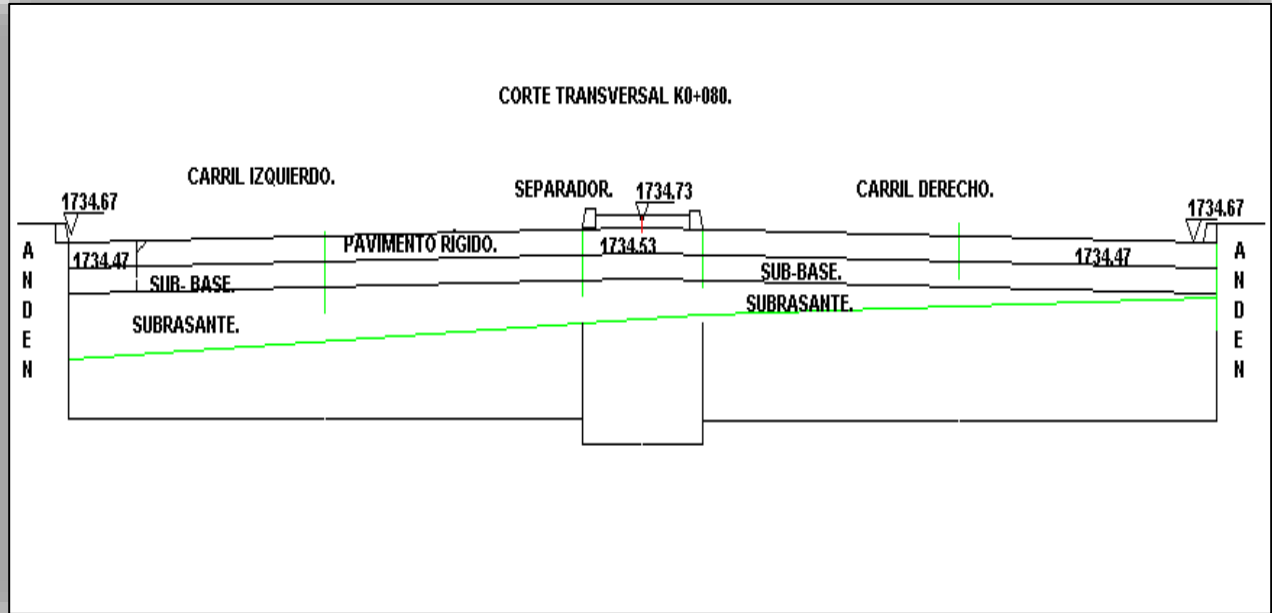


Ilustración N° 23. Cotas Sub-base - Abscisa K0+080.

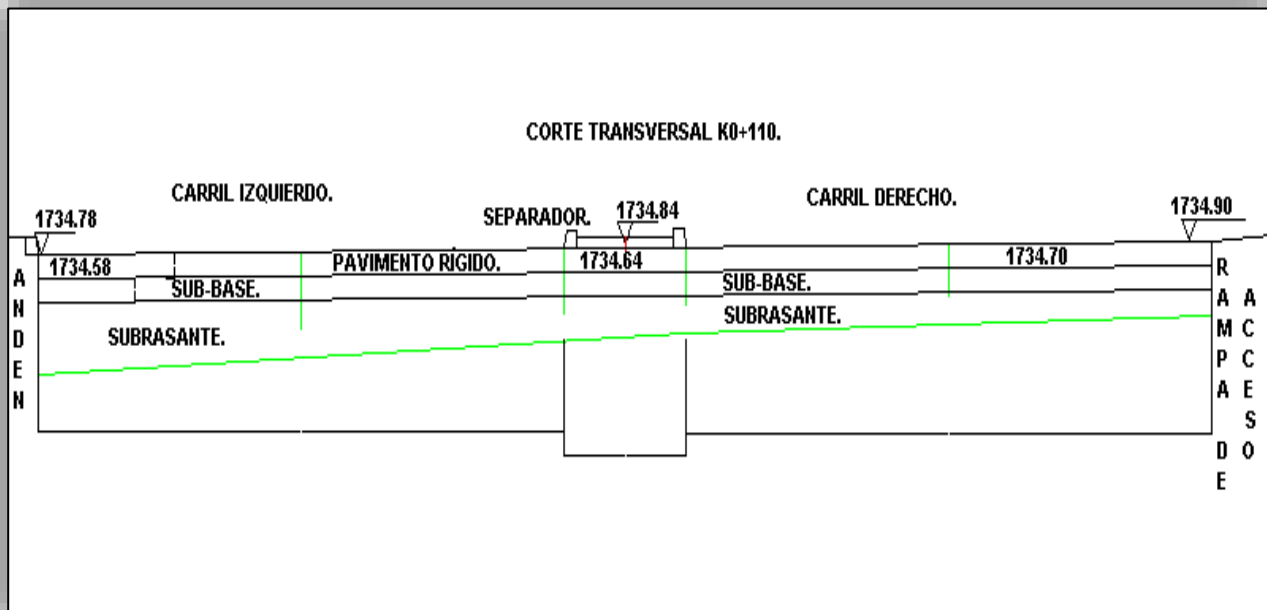


Ilustración N° 24. Cotas Sub-base - Abscisa K0+110.

En la compactación del material se encuentra el éxito de la estructura del pavimento, debido a que la durabilidad y estabilidad de la estructura depende en un alto grado del estado de compactación proporcionado a cada una de las capas que lo conforman. Por lo anterior, se tuvo un específico seguimiento y control al proceso de compactación, implementando para esta actividad personal calificado y con experiencia suficiente en el desarrollo del proceso.



**Ilustración N° 25. Compactación de la Sub-base Granular.**

Para lograr la compactación requerida, se paso varias veces el vibrocompactador sobre el material de sub-base granular, teniendo en cuenta de que este debía poseer la humedad optima para obtener la densidad requerida de acuerdo al estudio realizado; cuando la capa de sub-base tenía demasiada humedad se utilizaba un compactador de rodillo pequeño de 13 a 14 Ton llamado triciclo, para retirarla a medida que compactaba el material granular. Cuando el material granular se encontraba seco, este se humedecía por medio de un tanque irrigador de agua, el cual esparcía el agua en toda la longitud de la vía calle 5 norte; estos procesos se ejecutaron con la previa inspección y orientación del ingeniero residente encargado.



**Ilustración N° 26. Compactador de rodillo pequeño llamado Triciclo.**



**Ilustración N° 27. Tanque Irrigador de Agua.**

Uno de los principales impedimentos para lograr la densidad requerida para esta capa fue la intensidad de las lluvias que no permitían realizar una adecuada compactación, por lo tanto se procedió a esperar que mejorara un poco el tiempo; luego se escarifico y extendió todo el material por medio de la motoniveladora para ser oreado. Al lograr secar el material, este se extiende nuevamente para ser compactado por el vibrocompactador, dejando una capa con un espesor de 20cms y logrando una densidad igual o mayor al 95% del proctor modificado.



**Ilustración N° 28. Interrupción de Trabajos por efecto de las Lluvias.**



**Ilustración N° 29. Escarificación de la Sub-base Granular por exceso de Humedad.**

Se realizó un control de calidad del proceso de compactación elaborando ensayos de densidad del material (método del cono y la arena) por parte del laboratorio Geofísica, para obtener el grado de compactación y determinar si cumple, al ser mayor o igual al 95% del proctor modificado; así como establecer que se cumple con los diversos requisitos de los ensayos expuestos en el artículo 300 de la norma INV.



**Ilustración N° 30. Obtención de la Densidad de la Sub-base Granular.**

Una vez se concluye con el proceso constructivo de la capa de sub-base granular y al lograr obtener el grado de compactación requerido para el material, se procede a tener el visto bueno por la interventoría de la alcaldía para proceder con la adecuación y construcción de las losas de concreto del pavimento rígido por la entidad contratada CONCREVALLE LTDA; durante esta inspección el personal de



interventoria examino por medio visual y tangible toda la longitud de la vía, tomando muestras en diversos puntos de la superficie de la capa de sub-base de la vía calle 5 norte, para realizar la prueba de ensayo del método del cono y la arena; por consiguiente establecer una evaluación general de la capa de sub-base y de esta manera dar un dictamen de aprobación a la siguiente etapa constructiva.

#### **5.8. Construcción de las losas de concreto del pavimento rígido:**

Teniendo el visto bueno por parte de la Alcaldía Municipal de Popayán, se procede por parte de CONCREVALLE LTDA, a la previa inspección del terreno donde se fundirán las losas de concreto del pavimento rígido, así como se ultiman detalles constructivos entre los ingenieros del consorcio AMT y de la empresa CONCREVALLE LTDA; de acuerdo a lo anterior se establece la fecha de iniciación de las actividades concernientes a la instalación y adecuación de formaletas metálicas para la posterior fundición de las losas de concreto.

Como requisito fundamental para el inicio de los trabajos correspondientes a la construcción del pavimento rígido, se debe poseer por parte del Consorcio AMT y de la empresa CONCREVALLE LTDA, los planos correspondientes al diseño de la modulación de las losas de concreto, donde se encuentre la ubicación de las losas de concreto y sus medidas, detalles de juntas y elementos de refuerzo; de surgir cambios en el transcurso de la construcción, pedir la debida revisión y aprobación del diseñador.

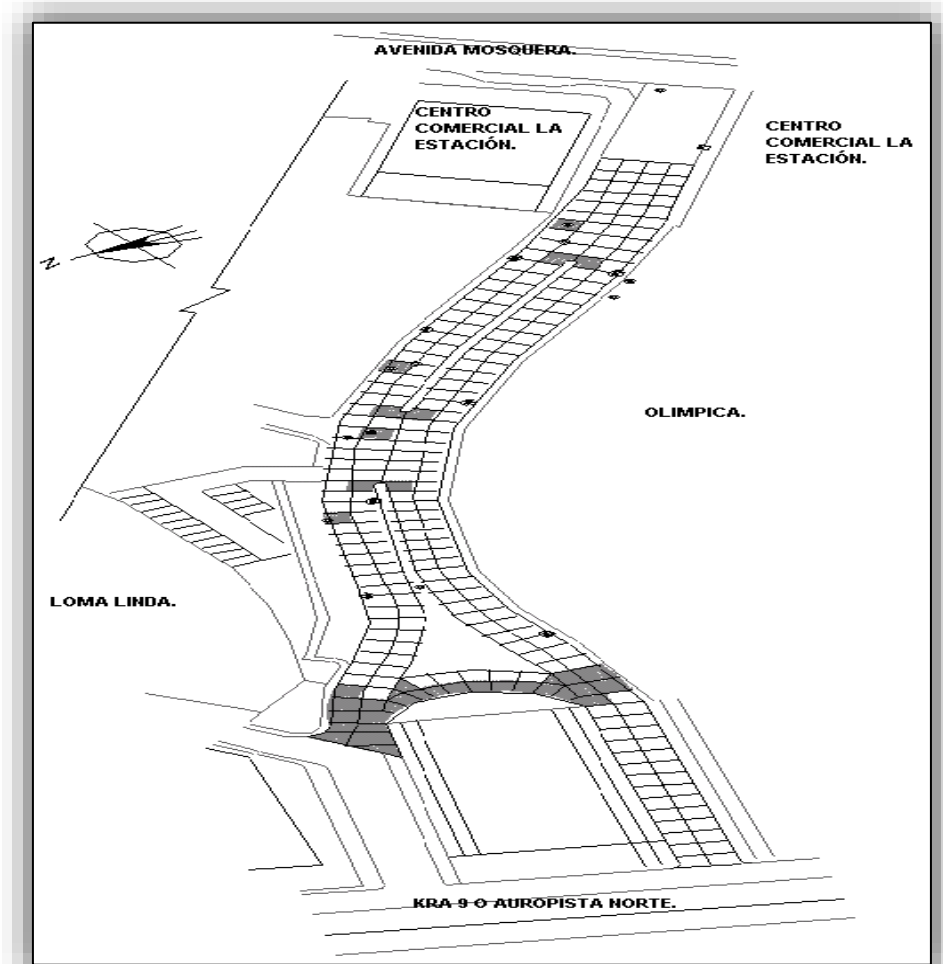


Ilustración N° 31. Modulación de las Losas de Concreto.

### 5.9. Instalación de las formaletas metálicas fijas:

Terminada la construcción de la capa de sub-base granular se procede a la colocación de las formaletas con el fin de mantener el concreto en su lugar durante el proceso de endurecimiento y servir de guía y riel para los equipos de terminado de las losas. La colocación de las formaletas se inicia con el levantamiento topográfico para asegurar los niveles especificados, para lo cual se deben utilizar estacas de referencia o varillas de acero colocadas a ambos lados de la vía a pavimentar.

La formaleta empleada en la construcción de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial La Estación” fue metálica, la cual posee una altura libre de 20 cm que corresponde al espesor de diseño de las losas. Estas deben ser rígidas, rectas, sin torceduras y deben tener los orificios precisos para la colocación de las barras indicadas en los planos del proyecto. La formaleta es limpiada, aceitada, alineada y asegurada con varillas de acero a la base con el fin de que una vez colocada sea capaz de impedir el desplazamiento vertical u horizontal, así como resistir la presión del concreto y la vibración del equipo sin deformarse.



**Ilustración N° 32. Formaletas Metálicas.**

Con la ayuda del topógrafo se logro plasmar sobre la vía las modulaciones de las losas del pavimento rígido, utilizando el transitó, la cinta, el martillo y varillas de acero. Consecutivamente se procede a materializar los niveles superiores respectivos de la losa de concreto, los cuales deben coincidir con los niveles de las formaletas, sobre las varillas de acero previamente instaladas, implementando para esta labor el nivel de precisión, la mira y un lápiz de color que demarca dichas varillas; para efectuar posteriormente la instalación de las formaletas metálicas sobre el tramo conformado, de acuerdo a lo estipulado por el diseñador en los planos.



**Ilustración N° 33. Demarcación de los Niveles de la Formaleta Metálica.**

Una vez conformado un tramo de la vía se procede a verificar los niveles de las formaletas y del terreno por medio del nivel de precisión y la mira, la cual se hizo pasar por diferentes puntos de las formaletas, así como sobre el soporte (sub-base) de las losas, mediante la implementación del nylon, el cual se extiende perpendicularmente al eje de la vía entre formaletas, para luego colocar la mira en diversos puntos de las losas y de esta manera establecer que se cumpla tanto con el espesor del pavimento como con las cotas establecidas por el diseño.

Al tener conformadas e instaladas las formaletas, no se debe permitir el tránsito de vehículos diferentes a los de transporte de concreto entre ellas, debido a que pueden moverlas y desnivelarlas. Dichas formaletas poseen una longitud mínima de 3 mts y su altura debe ser igual al espesor de la losa que en este caso es de 20 cms, además cuentan con 5 agujeros laterales los cuales sirven como soporte y guía a los pasajuntas de las losas de concreto.

#### **5.10. Colocación de los pasadores o barras pasajuntas:**

Los pasadores de cortante, pasajuntas o barras de amarre se colocan siguiendo la posición especificada en el diseño y a medida que avanza la colocación del concreto. Los pasadores en las juntas transversales y longitudinales, se deben colocar en la mitad del espesor de la losa, así como realizar el engrase de los pasadores transversales (varillas de acero liso); para evitar la adhesión con el

concreto y permitir de esta forma la transferencia de las cargas entre las losas adyacentes.

La armadura transversal o pasadores transversales se construyen con barras de acero liso, de diámetro 1 pulgada, con una longitud de 45 cm y espaciadas centro a centro 30cms, dichos pasadores deben estar libres de rebabas cortantes que restrinjan su deslizamiento libre dentro del concreto. Los pasadores pueden ser colocados en las juntas transversales por medio de canastillos metálicos de sujeción, lo suficientemente sólidas y con uniones soldadas que se fijan a la base de un modo firme. Estas canastillas conservan las barras en la posición correcta durante el transporte, la manipulación y principalmente durante la colocación y acabado del hormigón. De esta forma los pasadores quedan dispuestos a la mitad del espesor de la losa, paralelos entre sí y al eje de la calzada; con una mitad a cada lado de la junta, además se deja una referencia precisa en la formaleta metálica que define dicha posición a la hora de realizar el corte de la junta. De esta manera se va plasmando en el terreno lo estipulado en el diseño del pavimento rígido de la calle 5 norte.



**Ilustración N° 34. Colocación de los Pasadores de la Junta Transversal.**

Las barras de amarre proyectadas en el diseño, usadas en las juntas longitudinales, se construyen con barras de acero corrugado de diámetro de 1/2 pulgada, con una longitud de 75 cms y espaciadas centro a centro 60cms. Las varillas se deben hacer pasar a través de orificios hechos en las formaletas metálicas destinadas para conformar la junta longitudinal; de esta manera las barras de amarre quedan dispuestas a la mitad del espesor de la losa, con una mitad a cada lado de la junta, así como paralelas entre sí y perpendiculares a la formaleta. Además, dichas barras se insertan en la formaleta, de manera que una mitad permanezca embebida dentro de la losa de concreto y la otra esté por fuera.



**Ilustración N° 35. Colocación de los Pasadores de la Junta Longitudinal.**

#### **5.11. Colocación del refuerzo de las losas de concreto:**

En el diseño y modulación de las losas de concreto del pavimento rígido, se proyectan una serie de losas que necesitan la implementación de parrillas de refuerzo, las cuales se componen de varillas de acero corrugado de diámetro 1/2 pulgada, que son aseguradas con alambre dulce y espaciadas en ambas direcciones cada 30 cms; conformando de esta manera una cuadrícula que compone la parrilla de las losas, que debe ser instalada previamente al vaciado del concreto hidráulico. Según los planos de modulación del diseño del pavimento

rígido, se hace necesaria la implementación de parrillas de refuerzo en las losas de concreto, cuando se tengan las siguientes características:

- Losas que no cumplan la relación de esbeltez largo/ancho comprendida entre el rango (1 - 1.3).
- Losas de forma irregular (no rectangular).
- Losas con presencia de cámaras de inspección.



**Ilustración N° 36. Colocación del refuerzo de las Losas.**

#### **5.12. Colocación del refuerzo en losas que presentan estructuras hidráulicas:**

En el diseño y modulación de las losas de concreto del pavimento rígido, se presentan cámaras de inspección dentro de las mismas losas, las cuales deben ser reforzadas por medio de una parrilla, que se compone de varillas de acero corrugado de diámetro  $\frac{1}{2}$  pulgada, que son aseguradas con alambre dulce y espaciadas en ambas direcciones cada 30 cms; conformando de esta manera una cuadrícula que compone la parrilla de las losas, que debe ser instalada previamente al vaciado del concreto hidráulico; además por medio de un soporte de acero se garantiza la altura a la cual debe quedar la parrilla de refuerzo, la cual establece el diseño del pavimento rígido del “Conjunto residencial la Estación”, sea de 12.5 cms, medidos desde la sub-base granular que es el apoyo de las losas del concreto hidráulico.



**Ilustración N° 37. Armado de las Parrillas de refuerzo.**

Las cámaras de inspección deben ser aisladas, debido a que éstas presentan un comportamiento distinto al pavimento que se construye; para esto se implemento triplex e icopor, los cuales se situaban alrededor de todo el perímetro de dichas cámaras, permitiendo así el aislamiento de esta estructura hidráulica y facilitando de esta manera la construcción de la junta de expansión posterior.



**Ilustración N° 38. Refuerzo de las Cámaras de Inspección.**

A los sumideros presentes dentro del diseño del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se les proporciono parrillas de refuerzo para maximizar la durabilidad y resistencia de la base de la tapa del mismo. Estas parrillas de refuerzo se conforman de varillas de acero corrugado de diámetro  $1/2$



pulgada, que son aseguradas con alambre dulce y espaciadas en ambas direcciones cada 25 cms; conformando de esta manera una cuadrícula que compone la parrilla de la base de la tapa de los sumideros, que debe ser instalada previamente al vaciado del concreto; además se le proporciono a éstas un recubrimiento de 2 cms por retracción y temperatura, utilizando elementos prefabricados en concreto, los cuales se realizaban con moldes de forma rectangular comúnmente llamados “panelas” en madera que tenían la altura establecida. Cabe resaltar que las tapas de los sumideros fueron provistas de acero de refuerzo de diámetro  $1/2$  pulgada, para maximizar su durabilidad.



Ilustración N° 39. Refuerzo de los Sumideros.

### 5.13. Elaboración y transporte del concreto hidráulico:

En un principio el Consorcio AMT, considero fabricar en obra el concreto hidráulico correspondiente para la pavimentación de la calle 5 norte, ya que poseía tanto los materiales como la mezcladora pertinente para realizar dicha actividad; pero debido a las múltiples demandas, en la elaboración de concreto que el “Conjunto

residencial la Estación” estaba teniendo, en la construcción del bloque C del mismo, impedían la realización de esta posibilidad; por lo tanto la empresa CONCREVALLE LTDA, fue la encargada de ejecutar la fabricación del mismo en una planta de concreto, obteniendo así un concreto premezclado bajo rigurosas condiciones de calidad, garantizando su óptimo rendimiento y resistencia.

La empresa CONCREVALLE LTDA, al ser la encargada de la fabricación del concreto premezclado para la pavimentación de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, posee todo el estudio pertinente para encontrar la dosificación de mezcla del concreto que garantice el módulo de rotura de 40 Kg/cm<sup>2</sup>, establecido por los diseñadores para la estructura de pavimento rígido.

Una vez elaborado el concreto en planta, es necesario su transporte al sitio de colocación; el sistema de transporte utilizado por la empresa CONCREVALLE LTDA, fue mediante la implementación de camiones mezcladores (mixer) con capacidad entre 6 y 8 m<sup>3</sup>, los cuales agitan la mezcla de concreto por medio del tambor, para evitar la segregación, la pérdida de agua, disminución del grado de trabajabilidad y la contaminación de la misma. Este es el método más seguro y utilizado para transportar hormigón en trayectos largos y es poco vulnerable en caso de un retraso.



**Ilustración N° 40. Camión Mezclador (Mixers).**

#### 5.14. Colocación y compactación del concreto:

Todas las actividades concernientes a la fundición de las losas de concreto del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, deben realizarse de manera rápida y durante el periodo en que la mezcla todavía es trabajable; utilizando diversos tipos de equipos manuales o mecánicos, como los siguientes:

- Regla vibratoria.
- Vibrador de inmersión.
- Codal.
- Madona, flotador o frotacho metálico.
- Llanas metálicas.
- Lienzo.
- Peine de cerdas metálicas, rayador o cepillo de texturizado.
- Cortadora o sierra de disco.

Previamente a la colocación del concreto premezclado, se deben haber instalado las formaletas metálicas, así como haber dispuesto tanto los canastillos metálicos, como los pasadores de 1 y 1/2 pulgada, para la elaboración de las juntas transversales y longitudinales respectivamente.

Posteriormente se satura la superficie de apoyo (sub-base granular) de las losas del pavimento rígido de la vía calle 5 norte; sin que se presenten charcos, para efectuar el vaciado del concreto. La mezcla se vació directamente del camión mezclador (mixer), sobre la superficie de apoyo (sub-base), en el tramo del carril de la vía calle 5 norte, que se dispuso a fundir.



**Ilustración N° 41. Vaciado del Concreto.**

La máxima caída libre de la mezcla desde el mixer es de 1.50 mts, procurando que la descarga del concreto premezclado, sea lo más cerca posible del lugar de colocación final, para evitar en lo posible el exceso de manipulación del mismo.

El concreto premezclado una vez descargado se distribuye por medio de palas, de tal forma que quede con un ligero sobreespesor con respecto a la altura de las formaletas, para contrarrestar el asentamiento que se produce durante el proceso de compactación.



**Ilustración N° 42. Distribución del Concreto.**

Una vez distribuido y extendido uniformemente el concreto, se procede a ejecutar el proceso de compactación del mismo, utilizando en un principio la vibración

interna por medio de vibradores de agujas; para ejecutar esta labor se introduce varias veces el vibrador en diversos puntos del concreto extendido sobre el tramo de carril a construir; teniendo previo cuidado de abarcar toda el área de losa a fundir.



**Ilustración N° 43. Vibrado interno del Concreto.**

Inmediatamente después se procede a realizar el vibrado externo, por medio de una regla vibratoria que previamente es instalada en el ancho de la losa, la cual se apoya sobre las formaletas metálicas. La regla vibratoria posee dos cables a lado y lado de sus extremos, el cual es desenvuelto y asegurado sobre la formaleta metálica; en la longitud de la losa que se desea compactar.



**Ilustración N° 44. Vibrado externo del Concreto.**

La regla vibratoria se mueve en el sentido horizontal por efecto de la palanca y polea que enrosca el cable previamente anclado a la formaleta; mientras está es deslizada sobre la superficie del concreto, permite la transmisión de la vibración sobre todo el espesor de la losa, dándole homogeneidad a la mezcla, evitando así la segregación y permitiendo un mejor acomodo de partículas; dejando un alisado inicial sobre la superficie del hormigón.

Por medio del uso de palas se va sacando el hormigón en exceso o en caso contrario proporcionando el material necesario, de tal forma que no se presenten oquedades; de esta manera se va logrando una eficiente compactación de todo el concreto premezclado que conforma las losas del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”.

#### **5.15. Nivelación del concreto:**

Es necesario ejecutar esta actividad con el fin de eliminar las imperfecciones causadas durante el proceso de compactación del concreto premezclado, de las losas del pavimento rígido de la vía calle 5 norte. Para ello se utiliza un codal metálico de longitud 3 mts, ancho de 7.5 cms y un espesor de 3.5 cms; el cual se extiende a lo ancho del tramo de carril fundido, manipulado por dos operarios en sus extremos, que lo deslizan por medio de un vaivén de derecha a izquierda a lo largo del tramo de losa compactada previamente y de esta forma darle uniformidad a toda la superficie de la losa de concreto. Cabe resaltar que se realizan las pasadas necesarias con el fin de obtener la nivelación deseada; además los bordes de las losas de concreto del pavimento rígido, se enrasaban usando llanas metálicas para así tener toda la superficie de losa uniforme. Por medio de este proceso se obtiene una superficie lisa, libre de irregularidades, marcas y porosidades.



**Ilustración N° 45. Nivelación del Concreto.**



**Ilustración N° 46. Enrase en los bordes de la Losa de Concreto.**

Previamente a que se nivelen las losas de concreto, se van instalando las barras de amarre que conforman las juntas longitudinales, las cuales se utilizan con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas. Estas varillas se instalan de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente. Inmediatamente después de niveladas las losas de concreto del pavimento rígido, se aplica sobre la superficie de las losas, un producto Sika llamado Sikafilm, el cual es un retardante de evaporación del agua que evita la pérdida de la humedad de la superficie del concreto y actúa como un facilitador de acabado para el pavimento rígido. Su aplicación se realizó por medio de un irrigador de agua o

fumigadora accionada manualmente por un operador, que le dio varias pasadas al área de concreto fundida.



**Ilustración N° 47. Aplicación de Sikafilm.**

#### **5.16. Acabado superficial:**

Una vez colocado, extendido, compactado y nivelado, el concreto de las losas del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”; se somete dicho concreto al proceso de acabado superficial para darle uniformidad a la superficie del pavimento rígido.

Dicho proceso comienza con la utilización del codal metálico y se complementa con el uso de la madona, flotador o frotacho metálico; el cual tiene una superficie metálica, lisa y rígida, provista de un mango largo articulado, además tiene sus bordes ligeramente curvos y chaflanados evitando que se hunda en el concreto dejando surcos.

La madona es manipulada por un operario, el cual la hace deslizar a lo ancho del tramo de carril fundido hasta cubrir toda la longitud de la losa; para el desarrollo de esta actividad se hace resbalar la madona con un movimiento de vaivén de izquierda a derecha de la losa y perpendicular a la formaleta metálica para lograr homogeneidad sobre toda la superficie de la losa del pavimento rígido.



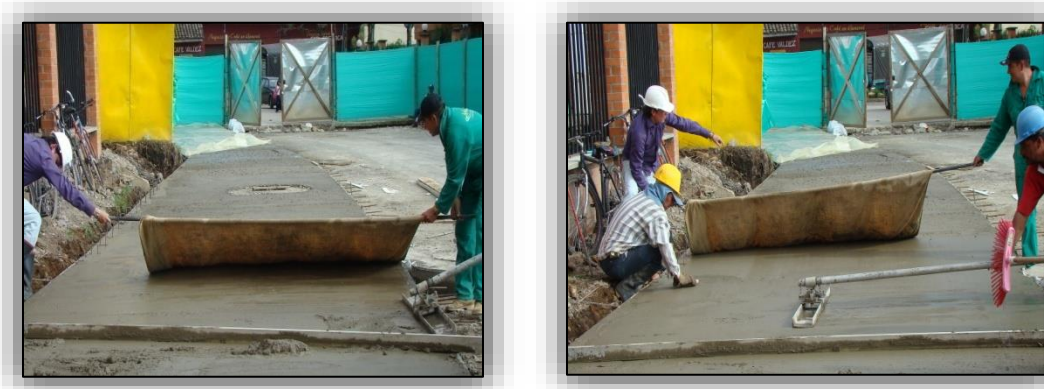


Ilustración N° 48. Implementación de la Madona.

#### 5.17. Textura superficial:

Con la mezcla fresca y cuando aun la superficie de la losa del pavimento rígido tenga una apariencia brillante; se le debe dar al pavimento una textura rugosa adecuada, con el fin de aumentar la adherencia con las llantas vehiculares y de esta forma garantizar la resistencia al deslizamiento.

Para lograr dar una textura rugosa al pavimento rígido de la vía calle 5 norte; se utiliza en primer lugar una tela de fique comúnmente llamada lienzo, la cual se hace pasar o deslizar en el sentido longitudinal sobre toda la superficie de las losas del pavimento. El lienzo debe estar húmedo para garantizar que por su peso deje el microtexturizado que se requiere, además debe ser manipulado por dos operarios desde sus extremos y con una adecuada sincronización durante el deslizamiento producido, obteniendo un excelente resultado.



**Ilustración N° 49. Implementación del Lienzo para el Microtexturizado.**

Posteriormente el proceso de texturizado del pavimento rígido, es complementado y terminado por medio de la implementación de un rayador de cerdas de acero o cepillo de texturizado, el cual produce a la superficie de las losas del pavimento rígido unas estrías profundas que garantizan la adhesión entre el pavimento y las llantas vehiculares.



**Ilustración N° 50. Implementación del Rayador para el Macrottexturizado.**

Este proceso es realizado por tres operarios, dos de los cuales ubican sobre las losas de concreto un codal metálico de 3 mts de longitud, el cual sirve de guía al rayador que es manipulado por un operario. El rayado de la superficie del pavimento rígido se efectúa de manera perpendicular al eje de la vía o transversal al sentido del tráfico; las cerdas del rayador se ubican en un extremo de la losa de

concreto, las cuales se halan por medio del operario, de una manera prudente para evitar el exceso en el rayado, el cual es guiado por el cordal previamente puesto sobre la losa fundida. Las estrías producidas por el rayador o cepillo de texturizado, deben tener 2 mm de ancho y entre 0.5 y 1mm de profundidad, con una separación entre 10 y 15 mm.



**Ilustración N° 51. Finalización del Macrottexturizado.**

#### **5.18. Curado del concreto:**

El curado busca evitar la pérdida de agua de la mezcla, aumentando la resistencia, durabilidad y en general todas las propiedades del concreto endurecido. Dicho proceso se realiza inmediatamente después de efectuar el acabado final a las losas de concreto del pavimento rígido de la vía calle 5 norte, y específicamente en el momento en que el concreto pierda la brillantez de su superficie, para protegerlo de la acción del sol, el viento y del lavado que pueda causarle la lluvia; se recomienda que el curado se efectúe por un periodo de siete días.

El curado implementado en el pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, fue químico y húmedo. El curado químico se efectuó por medio de la implementación de Antisol blanco de Sika, el cual viene listo para ser usado; este se aplicó sobre toda la superficie de las losas de concreto del pavimento rígido. Su aplicación se realizó por medio de un irrigador

de agua o fumigadora accionada manualmente por un operador que le dio dos pasadas al área de concreto fundida.



**Ilustración N° 52. Curado Químico.**

El curado húmedo se realizó por medio de la irrigación de agua sobre toda la superficie de las losas de concreto del pavimento rígido, dicha irrigación se realizó por medio de una manguera manipulada por un operador de la empresa CONCREVALLE LTDA. Cabe resaltar que el agua irrigada al concreto es proveniente del acueducto municipal y por lo tanto apta para realizar esta labor.



**Ilustración N° 53. Curado Húmedo.**

### 5.19. Corte de juntas:

El corte de las juntas transversales de las losas del pavimento rígido de la vía calle 5 norte, se realiza por medio de una cortadora de hormigón; la cual consta de un soporte metálico con agarrador, un motor eléctrico, tanque de agua para lubricación, el eje de soporte del disco de corte y el elemento (palanca) que sube y baja el disco de corte.



**Ilustración N° 54. Cortadora de Hormigón.**

Previamente al corte de las juntas, se realizaba un trazado por medio de la cimbra que materializaba el camino o eje que debía seguir la cortadora, para garantizar un perfecto corte y construcción de la junta. El cimbrado se realizaba por medio de la manipulación de dos operarios que plasmaban las juntas establecidas por los planos de modulación del pavimento rígido, los cuales fueron suministrados por el diseñador.



**Ilustración N° 55. Cimbrado de Losas para el Corte.**

El corte de las juntas transversales se iniciaba cuando el concreto presentaba las condiciones de endurecimiento propias para su ejecución; que en la obra del “Conjunto residencial la Estación”, se presentaron en un rango de tres a cuatro horas después de la colocación del concreto y de esta forma no se produzcan agrietamientos o fisuras no controladas.

La cortadora de concreto fue manipulada por un operador competente de la empresa CONCREVALLE LTDA; el cual guía la cortadora por el eje plasmado por medio de la cimbra, teniendo claro la profundidad a la cual debía introducir el disco de corte y suministrando la lubricación necesaria al mismo.



**Ilustración N° 56. Corte de las Losas de Concreto.**

Se realiza un corte inicial con un ancho de 3 mm y a una profundidad de 1/3 del espesor de la losa de concreto con el fin de inducir la falla controlada.

Posteriormente, se realiza un ensanchamiento del corte para poder alojar el material de sello, de acuerdo con los planos del proyecto.

### 5.20. Desencofrado de formaletas:

El retiro de las formaletas metálicas, empleadas en la construcción del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se efectuó luego de transcurridas 24 horas de haber ejecutado el acabado superficial del pavimento.



Ilustración N° 57. Retiro de Formaletas.

Se deben evitar los golpes fuertes y deformaciones bruscas, que puedan producir roturas en los bordes o esquinas de la losa; el desencofrado debe realizarse en el sentido de avance de la pavimentación, al reutilizar las formaletas, estas deben ser limpiadas y aceitadas para garantizar un óptimo desempeño.

### 5.21. Sellado de juntas:

La ranura que se hace a la losa de concreto del pavimento rígido de la vía calle 5 norte, conforma la construcción de la junta, la cual debe sellarse para impedir la penetración del agua y de materiales extraños que atenten contra su buen funcionamiento. El sellado debe realizarse antes de que el pavimento sea puesto en servicio, para lo cual la junta debe limpiarse cuidadosamente y de esta forma eliminar materiales extraños presentes en el interior de ella.

### **5.22. Puesta en servicio:**

La apertura al tránsito vehicular se debe hacer cuando el pavimento tenga la capacidad de recibirlo sin sufrir ningún daño ya sea estructural o funcional, lo cual se refleja al verificar que la resistencia del concreto este cercana al modulo de rotura especificado por el diseño y de esta forma se pueda ofrecer la suficiente comodidad y seguridad al usuario.

### **5.23. Construcción de las obras de arte:**

Esta actividad estuvo a cargo del Consorcio AMT, las cuales comprendían la adecuación y construcción del andén y sardinel del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”.

Para la construcción del andén y sardinel, se utilizo una dosificación de 1:2:3 en volumen suelto; para esta mezcla no se empleo ningún tipo de aditivo. Generalmente, se efectuó en una mezcladora mecánica y se transporto a través de buggy.

El sardinel se construyo, empleando tablas de madera debidamente aceitadas como formaletas, además se reforzó utilizando varillas de acero en forma de U invertida de diámetro 3/8 de pulgada; las cuales se anclaban al concreto por medio de un producto Sika llamado Sikadur - 42 anclaje, este se aplicaba sobre parte de la varilla a anclar y dentro de los agujeros hechos en el pavimento por medio de un taladro que proporcionaba la profundidad y el ancho necesario. Dichas varillas de acero se espaciaban cada 50 cms y se dejo sobresalir por encima del concreto unos 8 cms; además se empleo refuerzo longitudinal de diámetro 1/4 de pulgada, el cual se amarraba con alambre dulce en la parte superior de las varillas de acero en forma de U invertida.





**Ilustración N° 58. Conformación del Sardinel.**

Luego se instalaba la formaleta de madera sobre toda la longitud a fundir y se transportaba el concreto por medio de buggy hasta el lugar indicado. El concreto se vaciaba dentro de las formaletas por medio de palas manipuladas por operarios de la obra; la compactación del concreto se realizaba por medio de vibradores de inmersión, el cual se hacía pasar sobre toda la superficie del sardinel.



**Ilustración N° 59. Instalación de Formaleta y Vaciado del Concreto.**



**Ilustración N° 60. Vibrado del Concreto del Sardinel.**

La construcción del andén de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se realizó teniendo previamente compactada la superficie de terreno sobre la cual se apoyara éste; además se implementó tablas de madera como formaletas, las cuales se instalaron sobre toda la longitud del andén a construir. El concreto empleado para esta actividad se transportó por medio de buggy hasta el lugar indicado, el cual se vaciaba dentro de las formaletas por medio de palas manipuladas por trabajadores del Consorcio AMT; la compactación del concreto se realizaba por medio de vibradores de inmersión, el cual se hacía pasar sobre toda la superficie del andén.



**Ilustración N° 61. Compactación de la Superficie de Apoyo del Andén.**



**Ilustración N° 62. Instalación de Formaleta y Transporte del Concreto.**

La nivelación y el acabado superficial del concreto tanto del andén como del sardinel, se ejecuto por medio de llanas metálicas y palustres respectivamente; los cuales le dieron el nivel necesario y la textura indicada para estas obras de arte. El curado empleado para dichas obras se efectuó por medio de la irrigación de agua, empleando mangueras conectadas a la red del acueducto municipal. Cabe resaltar que el desencofrado de formaletas se efectuó luego de transcurridas 24 horas de haber ejecutado el acabado superficial del concreto.



**Ilustración N° 63. Acabado Superficial del Sardinel.**



**Ilustración N° 64. Acabado Superficial del Andén.**

#### **5.24. Control de calidad:**

El control de calidad del concreto premezclado utilizado por la empresa Concrevalle Ltda, para la construcción del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se llevo a cabo por medio de la toma de muestras de cilindros, siguiendo los parámetros expuestos por las normas NTC 550 y 673; también se realizo la toma de muestras para vigas, siguiendo los parámetros expuestos por la norma NTC 1377 o ASTM C31 y ASTM C78; así como se llevo un control de la manejabilidad del concreto realizando el ensayo de “asentamiento con el cono o slump”, siguiendo la norma NTC 396.

La toma de muestras para los diversos ensayos a realizar al concreto, utilizado para la construcción de las losas del pavimento rígido de la vía calle 5 norte, se efectuó parte por el consorcio AMT (representado por el trabajo de mi pasantía) y parte por el laboratorio Geofisica Ltda.

El control de calidad en la toma de muestras de camiones mezcladores (mixers), se dio mediante la supervisión del cumplimiento de la norma INV E – 401- 07 y específicamente el numeral 4.2.3, el cual indica que las muestras de concreto tomadas a camiones mezcladores, se realiza regularmente durante la descarga de la porción media del concreto; en ningún caso se efectuara en las porciones inicial y final del camión.

Luego de realizada la toma de muestras de concreto al camión mezclador (mixers), se disponía a transportar por medio de buggy, al concreto premezclado, hasta el lugar previamente dispuesto para la realización de los diversos ensayos correspondientes a: el ensayo de asentamiento con el cono o slump, el ensayo de resistencia a la compresión y el ensayo de resistencia a la flexión.

Como primera medida se establecía la manejabilidad del concreto mediante el ensayo de asentamiento con el cono o slump; de esta manera se determinaba si el concreto dispuesto en obra por medio de los camiones mezcladores (mixers) de la empresa Concrevalle Ltda, cumplía con el rango de aceptación del asentamiento comprendido entre 2 y 7 pulgadas.

Para realizar el ensayo de asentamiento con el cono o slump, el tronco de cono se humedece y se coloca en una superficie rígida, plana, húmeda y no absorbente; el tronco de cono se debe llenar con concreto en tres capas de aproximadamente un tercio del volumen del molde. Cada una de estas capas se apisona 25 veces por medio de una varilla lisa que tiene la punta redondeada; una vez compactada la última capa, la superficie superior del tronco de cono se alisa a ras. Inmediatamente después se levanta el tronco de cono sin producir giro o torsión, lo que produce que el concreto al faltarle apoyo se asiente; luego se mide la pérdida de altura del concreto, comúnmente llamado asentamiento, el cual se realiza por medio del tronco de cono y la varilla lisa que se dispone horizontalmente sobre la abertura más pequeña del cono; dicha varilla le sirve de referencia a la cinta métrica, que mide la distancia desde la parte superior del concreto asentado hasta el borde inferior de la varilla.



**Ilustración N° 65. Ensayo de Asentamiento con el Cono o Slump.**

Inmediatamente después de establecer el asentamiento del concreto premezclado dispuesto por Concrevalle Ltda, para la construcción del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se procede a efectuar el llenado de cilindros y vigas de acuerdo a lo estipulado por la norma NTC 550 y 673, para el ensayo de resistencia a la compresión y la norma NTC 1377 o ASTM C31 y ASTM C78, para el ensayo de resistencia a la flexión.

Para el ensayo de resistencia a la compresión, se emplearon tres moldes cilíndricos, los cuales se aceitan en todo su perímetro interno; los cilindros se deben llenar con concreto en tres capas de volumen similar. Cada una de estas capas se apisona 25 veces por medio de una varilla lisa que tiene la punta redondeada; si al retirar la varilla quedan huecos en la capa compactada, estos deben cerrarse golpeando suavemente en las paredes del molde con un martillo de caucho. Una vez compactada la última capa, la superficie superior del cilindro se alisa a ras.



**Ilustración N° 66. Toma de Cilindros.**

Para el ensayo de resistencia a la flexión, se emplearon tres moldes rectangulares, los cuales se aceitan en todo su perímetro interno; dichas vigas se deben llenar con concreto en dos capas de volumen similar. Cada una de estas capas se apisona 50 veces por medio de una varilla lisa que tiene la punta redondeada; si al retirar la varilla quedan huecos en la capa compactada, estos deben cerrarse golpeando suavemente en las paredes del molde con un martillo de caucho. Una vez compactada la última capa, la superficie superior de la viga se alisa a ras.



**Ilustración N° 67. Toma de Vigas.**



**Ilustración N° 68. Muestras de Cilindros y Vigas de Concreto.**

El laboratorio Geofísica, es el encargado de recoger las vigas y cilindros, un día después de su elaboración para conducirlos hasta sus instalaciones. Las vigas y cilindros deben removerse de los moldes después de  $20 \pm 4$  horas de haber sido elaboradas y ser puestas en agua en las piscinas de curado del laboratorio, durante todo el lapso de tiempo necesario antes del ensayo correspondiente.

Las tres vigas deben ser ensayadas en el laboratorio; una a los 7 días y las otras dos a los 28 días. Los tres cilindros tomados, también deben ser ensayados uno de ellos a los 7 días y los dos restantes se ensayan a los 28 días. Cabe resaltar que en algunas ocasiones se tomaron muestras para cuatro vigas y cuatro cilindros lo que le permitió al laboratorio realizar un ensayo a los 60 días.

Uno de los trabajos que desempeñe durante el transcurso de mi pasantía en el Consorcio AMT, fue el de verificar que todo lo expuesto por los planos de diseño se cumpliera por parte de la empresa CONCREVALLE LTDA; además como las fundiciones de concreto para las losas del pavimento rígido, se realizaban día de por medio, debía confirmar que se llevara un adecuado control de calidad del concreto por medio de la realización de los diversos ensayos expuestos anteriormente.

Como las fundiciones de las losas del pavimento rígido, se ejecutaban día de por medio, debía establecer que el personal del laboratorio Geofísica estuviera presente en el momento preciso para que realizaran la toma de muestras, así



como facilitarles el equipo y personal necesario para el transporte del concreto hasta el sitio establecido previamente. Además, debía efectuar por parte del consorcio AMT, la toma de muestras para realizar el ensayo de asentamiento con el cono o slump y el ensayo de resistencia a la compresión.

Cabe resaltar que en cada día de fundición de las losas de concreto del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se efectuaron la toma de muestras necesarias para determinar la manejabilidad del concreto, así como posteriormente por parte del laboratorio Geofísica, establecer la resistencia a la compresión y a la flexión por medio de la toma de cilindros y vigas respectivamente.

Durante el periodo de fundición de las losas de concreto del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se realizaron 13 ensayos de resistencia a la flexión, 11 ensayos de resistencia a la compresión y 13 ensayos de asentamiento con el cono o slump; los cuales dieron dentro del rango de asentamiento previamente establecido.

Todo el proceso anteriormente descrito, se realizo de manera repetitiva hasta la culminación de todas las losas de concreto del pavimento rígido de la vía calle 5 norte. Los ingenieros del Consorcio AMT realizaban constantes revisiones a las losas fundidas para establecer si se aceptaban, arreglaban o demolían; si se llegaba a la determinación de demoler una losa fue por presentar fisuras debidas a la demora en el corte de las juntas, por parte de los operarios de la empresa CONCREVALLE LTDA.

#### **5.25. Elaboración de pre-actas y actas:**

Para la elaboración de pre-actas y actas de pago de las diversas actividades realizadas en la construcción del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se procedía a establecer las cantidades de concreto fundido en la construcción del pavimento, así como determinar la



cantidad de acero de refuerzo empleado tanto en los pasadores como en las parrillas de refuerzo empleadas en algunas losas del pavimento.

De acuerdo a estos datos, obtenidos mediante la medición y el conteo de los diversos elementos empleados dentro de las actividades desarrolladas, durante la construcción de las losas del pavimento rígido de la vía calle 5 norte; se elaboraron diversas pre-actas y actas de pago del avance en las actividades estipuladas y desarrolladas por la empresa CONCREVALLE LTDA.

<b>CONSORCIO AMT</b>		CORTE DE MANO DE OBRA			Fecha	Octubre 4 de 2007
		RC-FT-03			Versión	02
					Páginas	1 de 1
OBRA	CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION (CERRAMIENTO PERIMETRAL N 22)				FECHA	09/01/2009
CONTRATISTA	JOSE LUIS SOLARTE	PERIODO	2 NOV 2009-14 NOV 2009.		NIT No.	
<b>CORTE DE OBRA No.01</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V/UNIT	CANT/PRES	VALOR	CANT/ACUM	V/ ACUMULADO
<b>DESCUENTOS</b>				TOTAL EJECUTADO	\$	-
				ANTICIPO Ó PRESTAMO	\$	-
				DEV RET. GARANTIA	\$	-
				IVA S/U	\$	-
				TOTAL DESCUENTO	\$	-
				NETO A PAGAR	\$	-
				SON:		
<b>CONCEPTO</b>		<b>VALOR</b>				
E.P.S		-				
A.R.P.		-				
IVA (4% UTILIDAD *16%)		-				
RETEFUENTE	1%	-				
AMORTIZACION ANTICIPO		-				
DESCUENTOS PENDIENTES						
PRESTAMO						
RETEGARANTIA	5%	-				
<b>TOTAL DESCUENTO</b>		-				
<b>RETENCION DE GARANTIA</b>						
				RETENCION ANTERIOR		
				RETENC. ESTE PAGO		-
				DEV. RETENCION		-
				<b>NUEVA RETENCION</b>		
<b>ACUMULADO CONTRATO</b>						
				EJECUTADO ANTERIOR		
				EJECUT. ESTE PAGO		-
				<b>VALOR ACUMULADO</b>		
<b>NOMBRE Y FIRMA</b>						
<b>ELABORÓ</b>		<b>APROBÓ</b>			<b>CONTRATISTA</b>	
RESIDENTE DE OBRA		DIRECTOR DE OBRA				

Ilustración N° 69. Formato de Acta para pagos a Contratistas.

## 6. PARQUEADERO DEL BLOQUE D DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”.

### 6.1. Descripción de los materiales:

**6.1.1. Agregado grueso:** Material procedente de cantera que posteriormente se somete a un proceso de trituración mecánica. El triturado usado en la obra fue suministrado por la empresa CONEXPE, con un Tamaño Máximo Nominal 3/4”.



**Ilustración N° 70. Agregado Grueso procedente de Conexpe.**

El Triturado de CONEXPE se ajustó mejor a la franja granulométrica AG-3, cumpliendo con lo especificado por el artículo INV 630-07 y con lo expuesto por la norma INV E-213. Por lo tanto del análisis granulométrico se puede resumir que el material cumple con el tamaño requerido, además se aprecia que el porcentaje de material que pasa el tamiz 200 es de 1.0% por lo tanto se determina que el triturado está libre de finos y se considera como un material limpio y libre de polvo.

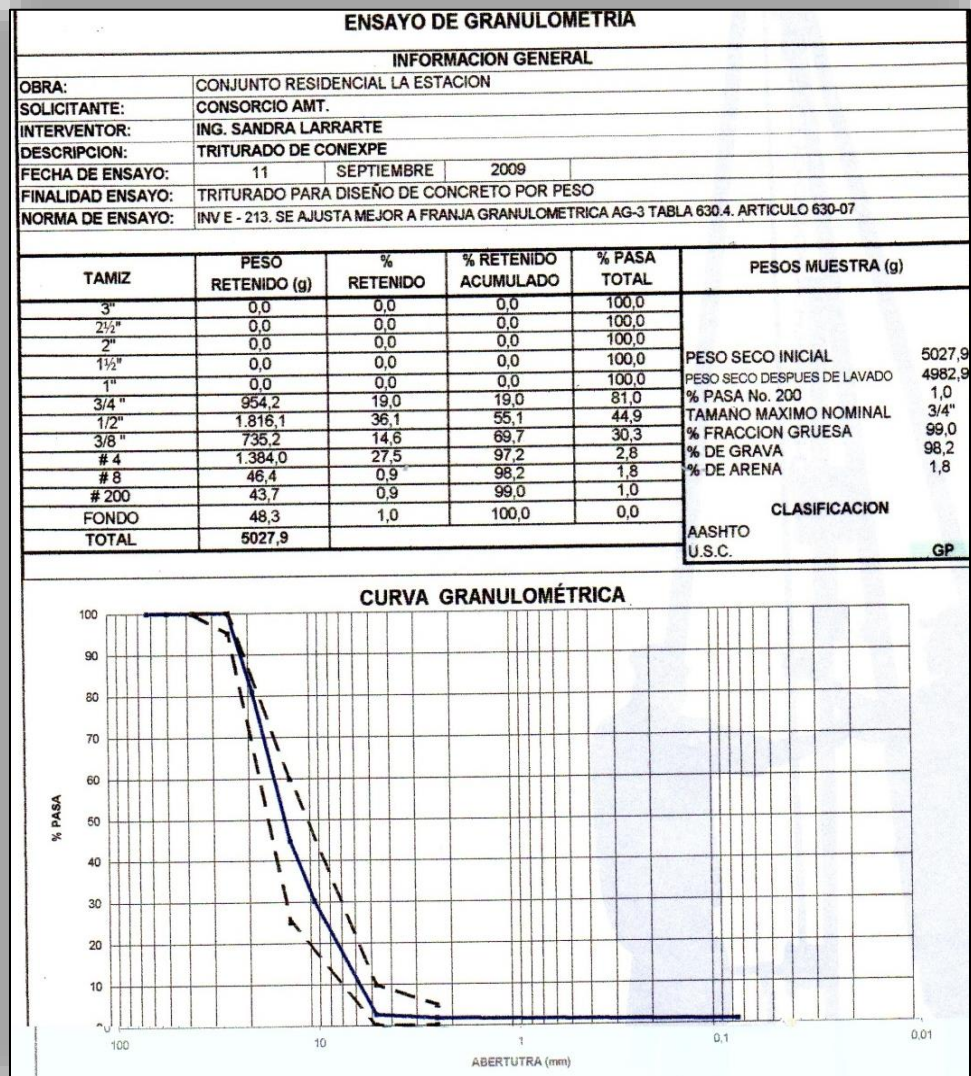


Ilustración N° 71. Análisis Granulométrico del Agregado grueso.

**6.1.2. Arena media:** En la obra se utiliza arena lavada de rio, debe estar libre de materiales contaminantes e impurezas orgánicas. Esta debe tener una buena gradación para proporcionar trabajabilidad y adherencia, a la mezcla. La arena con la que se trabaja en la obra es arena limpia de Puerto Tejada.



Ilustración N° 72. Arena de Puerto Tejada.

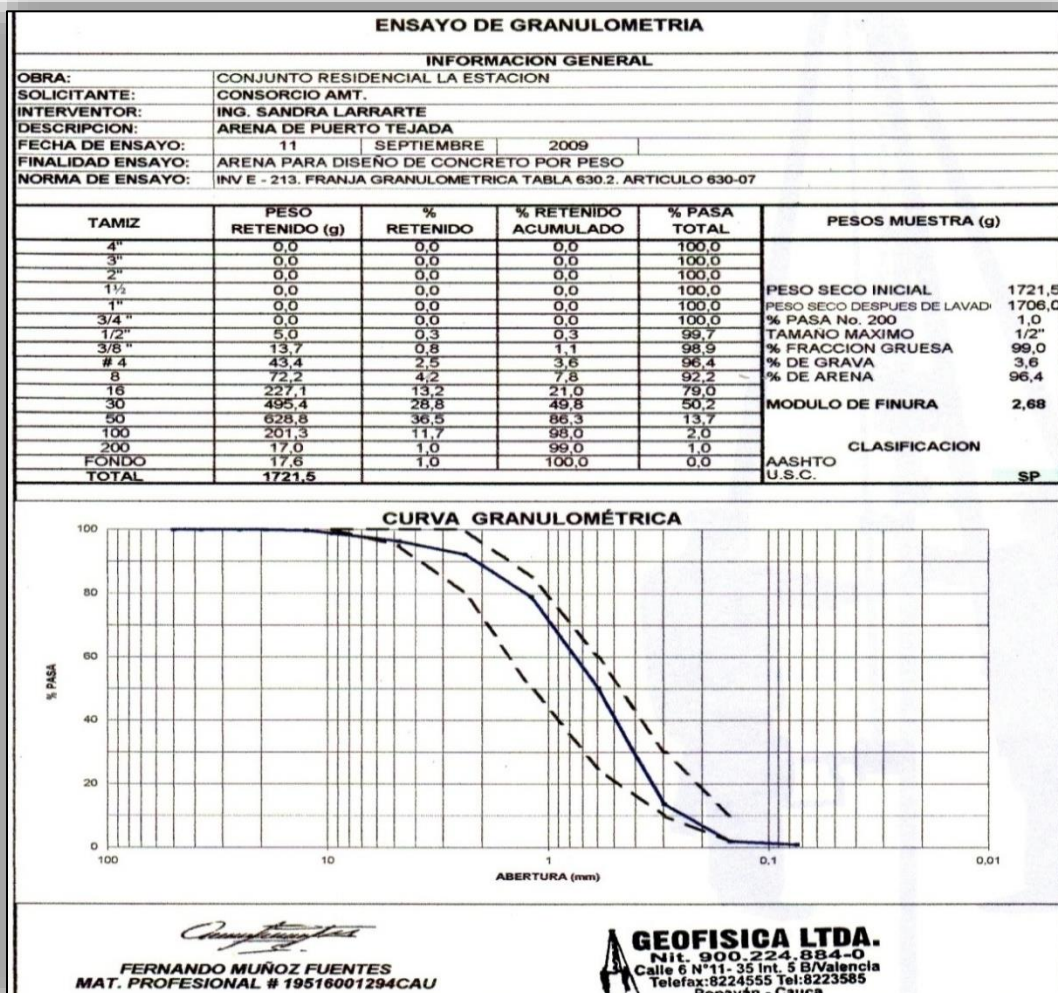


Ilustración N° 73. Análisis Granulométrico de la Arena de Puerto Tejada.

La arena de Puerto Tejada, cumple con lo especificado por el artículo INV 630-07, al ajustarse a la franja granulométrica de la tabla 630.2 del mencionado artículo. Además, se rige por lo estipulado por la norma INV E-213.

**6.1.3. Agua:** El agua en la mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. El agua utilizada era proveniente de la red de acueducto de Popayán, es decir agua apta para el consumo humano, que no tiene sabor u olor notables y por ende adecuada para producir el concreto.



**Ilustración N° 74. Agua para mezcla del Concreto.**

**6.1.4. Cemento:** Se utilizo cemento Portland tipo I Argos, adecuado para el uso común en cualquier tipo de obra, su calor de hidratación es moderado lo que contribuye a una mejor fisuración y por lo tanto a una mayor durabilidad de los concretos. Por sus tiempos de fraguado controlados, ofrece suficiente tiempo para la colocación de las mezclas; además confiere a los concretos estabilidad de volumen, y su finura le permite mayor desarrollo, así mismo se logran mezclas impermeables.

El Cemento Argos Tipo 1, utilizado en la obra del “Conjunto residencial la Estación”, viene en presentación de sacos de 50 kilogramos; además, este tipo de cemento es el que se utiliza en obras de concreto en general, que no requiere propiedades físicas y químicas especiales.



Ilustración N° 75. Cemento Argos Tipo I.

## 7. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PARQUEADERO DEL BLOQUE D DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”.

### 7.1 Localización y replanteo:

Previamente a esta actividad, se efectuó el estudio geotécnico necesario para definir el perfil estratigráfico del suelo correspondiente a esta zona, para así determinar si se cuenta con un terreno adecuado para la correspondiente cimentación.

Como primera medida se procedió a retirar la vegetación, desalojar escombros, y remover el suelo orgánico presente en el área a construir; dicha remoción se ejecuto por medio de la retroexcavadora y las volquetas. Una vez realizado este procedimiento, se procedía con la adecuación e instalación de las tuberías hidráulicas, sanitarias y eléctricas de acuerdo a lo estipulado por los planos de diseño del parqueadero.



**Ilustración N° 76. Remoción y Desalojo del Material Orgánico.**

Previamente a la construcción del parqueadero; el topógrafo de la obra, se encargo de ejecutar los trabajos concernientes a la adecuación, ubicación y materialización de las diversas zonas del parqueadero, de acuerdo a lo estipulado por los planos de diseño. Para efectuar esta labor, el topógrafo de la obra implemento el transito, estacas, plomadas, puntillas, maceta, nivel de precisión, cinta y la mira; dejando así, referenciado el terreno a construir con puentes, hiladeros, estacas y así establecer los correspondientes niveles verticales y horizontales.



**Ilustración N° 77. Puentes e Hiladeros del Parqueadero.**



## 7.2. Acondicionamiento del terreno:

Las losas del parqueadero son de concreto reforzado con una resistencia de diseño a la compresión de 21 Mpa a los 28 días; dichas losas poseen un espesor de 12 cm, las cuales tienen como superficie de apoyo un relleno con roca muerta, la cual estaba libre de material vegetal y basura, que comúnmente es llamado Subrasante.

Como primera medida, se procede a realizar el respectivo relleno para la conformación de la subrasante mejorada que será el soporte de la cimentación de las zonas (1,2 y 3) del parqueadero del “Conjunto Residencial La Estación”; dicho relleno se compacta por medio del vibro-compactador hasta llegar a la cota de trabajo.



**Ilustración N° 78. Conformación de la Subrasante.**

Una vez realizado el mejoramiento de la subrasante se hace la correspondiente referenciación de los niveles horizontales y verticales de los ejes de columnas, vigas y zapatas de cimentación, para su posterior construcción.

Previamente a la construcción de las vigas y zapatas de cimentación se compacta una capa de pequeño espesor de material de relleno proveniente de la obra; dicha compactación se realizó por medio de la rana o saltarín, en el área de las zonas del parqueadero.



**Ilustración N° 79. Compactación del soporte de la Vigas y Zapatas.**

Luego, se efectuó la implementación del solado de limpieza con un concreto pobre, el cual se utilizaba para obtener una superficie uniforme que ayudara a una mejor demarcación y así colocar el respectivo castillo de las vigas de cimentación; las cuales tienen una sección transversal de 30cm x 30cm, con 4 varillas de 5/8" y estribos de 3/8" espaciados cada 15cms, demarcando horizontalmente con hilo de color rojo para ubicar exactamente los castillos.



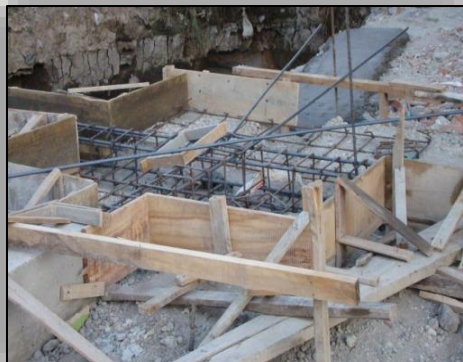
**Ilustración N° 80. Adecuación del Solado de limpieza y de los castillos de las Vigas.**

En algunos sitios de la zona 1 de los parqueaderos según el diseño, se elaboraron muros de carga hasta alcanzar una altura de 3.0 mts, los cuales contaban con 2 parrillas que tenían varillas 3/8" en sentido longitudinal y transversal espaciadas cada 20 cms.



**Ilustración N° 81. Muros de Carga.**

Para construir las zapatas cuadradas, se colocaba la correspondiente parrilla como refuerzo para la retracción y temperatura; dicha parrilla está conformada por varillas de 5/8" en ambos sentidos espaciadas cada 15 cms, amarradas manualmente con alambre dulce. Luego, se procedía a colocar el castillo para la correspondiente columna que contaba con 8 varillas de 5/8" y estribos de 3/8" espaciadas cada 15cms, hasta alcanzar una altura de 3 mts; en la base de dicho castillo, se interceptaba con los castillos de las correspondientes vigas.



**Ilustración N° 82. Conformación de Vigas.**

### **7.3. Instalación de formaletas:**

**7.3.1. Vigas y zapatas:** Las formaletas se realizaron en madera garantizando su verticalidad y horizontalidad utilizando puntales de madera, para así asegurar la tabla colocada a lo largo de la viga y zapata de cimentación. Previamente a la

instalación de las formaletas, estas se impregnaron con aceite para evitar la adhesión con el concreto.



**Ilustración N° 83. Instalación de formaletas para Vigas y Zapatas.**

**7.3.2. Columnas:** Las formaletas se realizaron en madera y estas debían ofrecer estanqueidad, indeformabilidad y resistencia; además, para garantizar su verticalidad se colocó una plomada constituida por un cilindro de concreto en la parte inferior de la columna y asegurado por un alambre desde su parte superior. Dicha verticalidad se lograba midiendo distancias de plomos a lado y lado de la columna; en la obra se colocó el plomo en la parte superior a una distancia de 20 cm, por lo cual había que chequear en la parte inferior esa misma medida.

En la base de las columnas se construyó una plantilla llamada collarín, éste se construyó con el fin de servir de guía en el momento de colocar la formaleta para que se realizara con las dimensiones exactas. Además, las tablas de madera empleadas como formaletas, se aseguraban por medio de puntales metálicos, de tal forma que no se desplazaran durante el vaciado del concreto.



**Ilustración N° 84. Instalación de Formaletas y de Puntales Metálicos.**



**Ilustración N° 85. Adecuación del Collarín y de los Plomos.**

Previamente a la instalación de las formaletas, estas se impregnaron con aceite para evitar la adhesión con el concreto.

**7.3.3. Muros de carga:** Las formaletas utilizadas se realizaron con tableros en madera, asegurándolos con cerchas metálicas en forma vertical y a su vez apuntalándolos con gatos para garantizar su verticalidad, de tal forma que no se desplazaran durante el vaciado del concreto. En la base de los muros se construyó una plantilla llamada collarín, éste se construyó con el fin de servir de guía en el momento de colocar la formaleta para que se realizara con las dimensiones exactas. Previamente a la instalación de las formaletas, estas se impregnaron con aceite para evitar la adhesión con el concreto.



Ilustración N° 86. Adecuación del Collarín y de la Formaleta.

#### 7.4. Fundición de los elementos del Parqueadero:

##### 7.4.1. Vigas y Zapatas:

Como primera medida, se procedió a la fundición de las vigas y zapatas de cimentación, utilizando concreto con una resistencia de 3000 PSI, preparado en obra mecánicamente con una mezcladora de 3 sacos de 50 kgs.

Previamente a la fundición, se humedece la superficie interior de la formaleta de madera de las vigas y zapatas, sin saturarlas. Además se debe garantizar el respectivo recubrimiento de acuerdo al diseño, el cual fue de 2 cms, tanto para los castillos de las vigas como para las parillas de refuerzo de las zapatas. Para garantizar este recubrimiento, se utilizaron elementos prefabricados en concreto, los cuales se realizaban con moldes de madera en forma rectangular comúnmente llamados “panelas” que poseían la altura necesaria.



**Ilustración Nº 87. Recubrimiento de los Castillos de Acero.**

El concreto se transportaba hasta el sitio de fundición por medio de buggy, y se realizaba el respectivo vaciado ayudándose con palas y palustres, además para un buen acomodo del concreto y reducción de vacios se utilizo el vibrado interno, es decir se empleo un vibrador que funciona con un motor eléctrico monofásico; el cual produce la energía de vibración, y a su vez la transmite al concreto a través de una manguera. La vibración se ejecutaba directamente sobre la mezcla de concreto, de tal forma que no tocara la formaleta, y exteriormente se golpeaba está con un martillo de caucho para ayudar con el acomodo de partículas; este proceso se ejecutaba a medida que se iba realizando la fundición de vigas y zapatas de cimentación, hasta llegar a la correspondiente altura de 30 cms. Inmediatamente después se nivelo toda la superficie de la viga y de la zapata de cimentación por medio del codal, para luego realizar el proceso de acabado superficial mediante la implementación de la llana metálica o el palustre, tanto a la viga como a la zapata de cimentación.



**Ilustración N° 88. Vaciado y Vibrado interno del Concreto.**



**Ilustración N° 89. Nivelación del Concreto.**



**Ilustración N° 90. Acabado Superficial del Concreto.**



#### 7.4.2. Columnas:

Después de la anterior actividad se procedió a ejecutar los trabajos correspondientes a la fundición de las columnas del parqueadero; comenzando con la elaboración de collarines en las bases de las columnas, para luego proceder a fundir la columna en toda su longitud. El transporte del concreto hasta el sitio de fundición, se realizo por medio de buggy y baldes; previamente se instalo el andamio correspondiente para facilitar el vaciado del concreto, y luego se realizo tanto el respectivo vibrado interior de este, como el golpeo suave exterior con el martillo de caucho, para garantizar el acomodo de partículas. Además, se verifico que el plomo de cada una de las columnas siempre garantice su verticalidad, de tal forma que el correspondiente vaciado del concreto no desplace la formaleta.



Ilustración N° 91. Fundición de las Columnas.



**Ilustración N° 92. Chequeo de Plomos.**

#### **7.4.3. Losas de concreto:**

Para iniciar con la fundición de las losas de concreto del parqueadero del bloque D del “Conjunto residencial la Estación”, se efectuó previamente un relleno adicional, al mencionado anteriormente, a cada una de las losas de la zona 1,2 y 3; para así garantizar el espesor correspondiente, el cual es de 12 cms. Este relleno se hizo con material proveniente de la obra, el cual se compacto por medio de la rana hasta lograr uniformizar la superficie.



**Ilustración N° 93. Compactación de la Superficie de Apoyo de las losas.**

Se superviso la correcta nivelación del terreno, ya que en todos los sitios el pavimento debía tener un espesor de 12 cms; lo anterior se efectuó mediante el trazado de niveles de hilos, haciéndolos pasar de lado a lado, esto con el fin de revisar toda el área para que mantuviera la altura.



**Ilustración N° 94. Verificación del espesor de las Losas.**

Luego, se verificó que se colocara la malla de refuerzo, la cual consta de barras No. 2 cada 0,20 m c.a.c; el recubrimiento de esta, se garantizó mediante el implemento de las ya mencionadas “panelas” de concreto, que garantizan el recubrimiento.



**Ilustración N° 95. Malla de Refuerzo de las Losas.**

Posteriormente, se realizó el vaciado de concreto, transportándolo por medio de buggy hasta el lugar de fundición. El vaciado se efectuó por medio de palas y palustres, además para un buen acomodo del concreto y reducción de vacios se utilizo el vibrado interno, el cual se ejecutaba en toda la superficie del concreto; de tal forma que no tocara la formaleta.



**Ilustración N° 96. Vaciado y vibrado interno del Concreto de las Losas.**

Inmediatamente después se niveló toda la superficie de la losa de concreto por medio del codal y se le realizó el proceso de acabado superficial mediante la implementación de la llana. Luego, se efectuaron las correspondientes juntas de construcción.



**Ilustración N° 97. Nivelación de las Losas de Concreto.**



**Ilustración N° 98. Acabado Superficial de las Losas de Concreto.**



**Ilustración N° 99. Juntas de Construcción.**

#### **7.4.4. Muros de Carga:**

La fundición de los muros de carga, se inicia con el vaciado del concreto, el cual se transportó hasta el sitio de fundición por medio de buggy y su respectivo vaciado se efectuó por medio de baldes. Previamente se instaló el andamio correspondiente para facilitar el vaciado del concreto, y luego se realizó tanto el respectivo vibrado interior de este, como el golpeo suave exterior con el martillo de caucho, para garantizar el acomodo de partículas.



**Ilustración N° 100. Fundición de Muros de Carga.**

### **7.5. Desencofrado:**

Consiste en el retiro de todo el conjunto de elementos que conforman la obra falsa del parqueadero del bloque D del “Conjunto residencial la Estación”. El desencofrado de las vigas y zapatas se realizaba después de 2 días de la fundición de cada una de ellas; las formaletas de las columnas se desencofraban transcurridas 24 horas de su respectiva fundición.

Los muros de carga fueron desencofrados transcurridos 2 días después de haberse efectuado la fundición de los mismos.

En cada uno de estos elementos estructurales, se inspecciono su correcto desencofrado, ya que de no ser así el elemento estructural podía sufrir cambios en su sección transversal.

### **7.6. Curado:**

El curado se realizó manteniendo un medio húmedo, sobre todos los elementos estructurales que conforman el parqueadero de bloque D, esto se realizo mediante la aplicación frecuente de agua durante cuatro días. La irrigación de agua se efectuó por medio de mangueras que estaban conectadas a la red de acueducto del municipio de Popayán, lo que hace apta la utilización de está para dicha actividad.

En el proceso de curado de las columnas, tan pronto se retiraban sus formaletas, se procedía a rodear toda la longitud de la columna con envolturas de cemento, que al impregnarlas con agua generaban un medio húmedo que favorecía el proceso de curado.



**Ilustración N° 101. Curado de columnas.**

El curado de las vigas, zapatas, losas y muros de concreto del parqueadero del bloque D, se realizó mediante la irrigación de agua por medio de mangueras sobre toda la superficie de concreto, de cada uno de estos elementos estructurales. Lo anterior, se realiza una vez el concreto ha endurecido y durante un periodo de cuatro días.



**Ilustración N° 102. Curado del Concreto del Parqueadero.**

### **7.7. Elaboración de pre-actas y actas:**

Para la elaboración de pre-actas y actas de pago de las diversas actividades realizadas en la construcción del parqueadero del bloque D del “Conjunto residencial la Estación”, se procedía a establecer las cantidades de concreto fundido en la construcción de las columnas, vigas y zapatas de cimentación, muros de carga y losas de concreto del parqueadero. Además, se determinó la cantidad de acero de refuerzo empleado en cada uno de los elementos estructurales del parqueadero del bloque D.

De acuerdo a estos datos, obtenidos mediante la medición y el conteo de los diversos elementos empleados dentro de las actividades desarrolladas, durante la construcción de cada uno de los elementos estructurales del parqueadero; se elaboraron diversas pre-actas y actas de pago del avance en las actividades estipuladas y desarrolladas por los contratistas del Consorcio AMT, (Ver ilustración N° 69).

## **8. PLANTEAMIENTO DE LA MAMPOSTERÍA DEL BLOQUE C DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”.**

### **8.1. Generalidades:**

Los muros se ejecutarán de acuerdo con los diseños, secciones, longitudes y espesores mostrados en los planos de diseño. La mampostería juega un papel muy importante en la construcción, ya que ayuda a dividir unos espacios de otros permitiendo privacidad para los habitantes de los apartamentos de la torre C del “Conjunto residencial La Estación”.

El uso de los elementos de arcilla cocida se conoce desde los albores de la historia; han sido empleados en todas las culturas y se emplean aun en nuestros días; los cuales son cocidos en modernos hornos túnel de control automático y fabricados mediante modernos sistemas de molienda y refinado de arcillas, amasado, moldeado y secado. Las mamposterías construidas con bloques de



arcillas de variadas dimensiones, pueden ser simples o sin refuerzo, confinadas, parcialmente reforzadas o reforzadas; según las exigencias del diseño estructural, del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes y del diseño Arquitectónico de la obra a construir.

Los muros divisorios del Bloque C del “Conjunto residencial la Estación”, son confinados y se caracterizan por estar amarrados por columnas y vigas y pueden resistir cargas horizontales y verticales; estos se construyeron con ladrillo farol N° 6, utilizando un mortero de pega, el cual tiene una dosificación 1:4

## 8.2. Descripción de los materiales:

**8.2.1. Ladrillo:** Bloque de arcilla o cerámica cocida, empleado en la construcción y para revestimientos decorativos. Los ladrillos pueden secarse al sol, pero se acostumbra a secarlos en hornos; estos tienen un costo bastante bajo, resisten la humedad y el calor y pueden durar en algunos casos más que la piedra.

La mampostería interna del bloque D del “Conjunto residencial la Estación”, se construyó con ladrillo farol de perforación horizontal de la ladrillera Lago Verde N° 6, con un Ancho: 10 cm, Alto: 20 cm y un Largo: 30 cm. Los ladrillos de las dimensiones mostradas en los planos, son prensados a máquina, sólidos, bien cocidos, de forma y dimensiones regulares, textura compacta, exentos de terrones, hendiduras, grietas, resquebrajaduras, de color uniforme y con sus estrías nítidas, y uniformes.



Ilustración N° 103. Ladrillo Farol.

**8.2.2. Cemento:** Cemento Portland tipo I Argos, adecuado para el uso común en cualquier tipo de obra, su calor de hidratación es moderado lo que contribuye a una mejor fisuración y por lo tanto a una mayor durabilidad de los concretos. Por sus tiempos de fraguado controlados, ofrece suficiente tiempo para la colocación de las mezclas, confiere a los concretos estabilidad de volumen; su finura le permite mayor desarrollo, así mismo se logran mezclas impermeables, además que proporciona una mayor retención de agua a los morteros mejorando su plasticidad.



**Ilustración N° 104. Cemento Argos Tipo I.**

**8.2.3. Arena gruesa:** agregado fino resultante de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados ligados, proveniente de la fuente extraída naturalmente de Puerto Tejada (Ver Ilustración N° 73. Análisis Granulométrico de la Arena de Puerto Tejada).



**Ilustración N° 105. Arena de Puerto Tejada.**

**8.2.4. Agua:** El agua en la mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. El agua utilizada para la mampostería era proveniente de la red de acueducto de Popayán, es decir agua apta para el consumo humano, que no tiene sabor u olor notables.



**Ilustración N° 106. Agua para mezcla.**

**8.2.5. Icopor:** El "Icopor" como es llamado en algunas regiones es un producto conformado por celdillas cerradas de color blanco llenas de aire, que le dan su característica de liviano, presentado comercialmente en forma de bloques, láminas y perlas. El icopor se utiliza generalmente como un perfecto aislante, amortiguando los ruidos externos, razón por la cual es utilizado en los muros divisorios entre apartamentos.



**Ilustración N° 107. Icopor.**

### 8.3. Proceso Constructivo de la Mampostería del Bloque C del “Conjunto residencial la Estación”:

Para el planteamiento de los apartamentos del bloque C del “Conjunto residencial la Estación”, se necesitó la colaboración del topógrafo de la obra, el cual mediante la implementación del tránsito, la escuadra, cinta, estacas y puntillas; estableció desde la cimentación del bloque C, estacas testigos que referencian los ejes de los planos arquitectónicos de diseño del bloque C del “Conjunto residencial la Estación”.

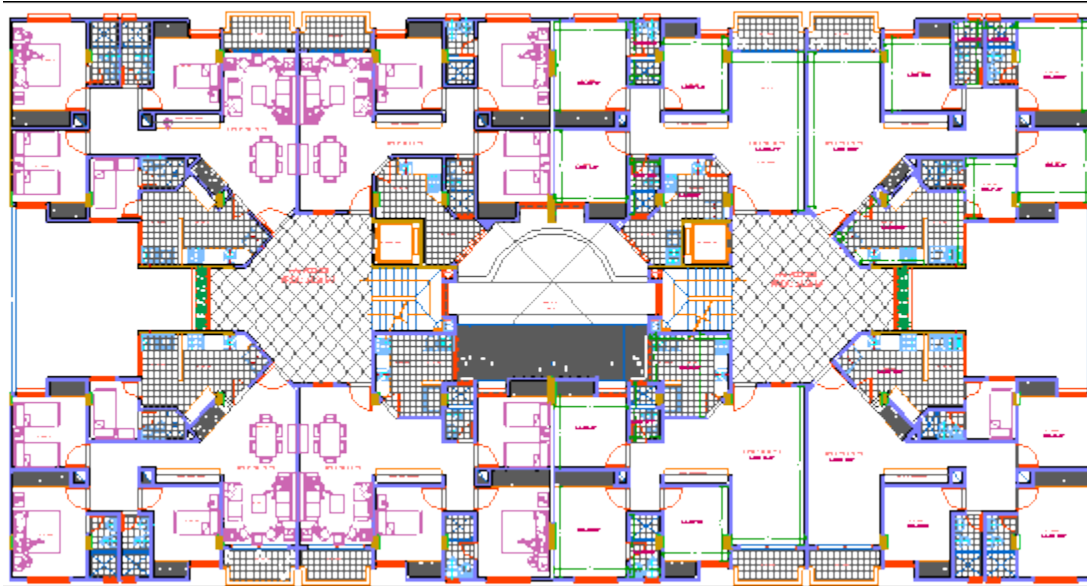


**Ilustración N° 108. Transito.**

Para colocar dichas referencias en el terreno, el topógrafo de la obra por medio del tránsito trazo paralelas a los ejes de los planos arquitectónicos; y los dejó referenciados en el terreno por medio de estacas testigo. Dichas paralelas y puntos de referencias se efectuaron con el fin de tener una base exacta a la hora de realizar el planteamiento de la mampostería de bloque C del “Conjunto residencial la Estación”.

Previamente al inicio de los trabajos de mampostería, el topógrafo establece y plasma en cada piso del bloque C, los ejes y paramentos guías de los muros de cada apartamento; guiándose por los planos arquitectónicos de diseño. Para realizar dicho planteamiento, el topógrafo se ubica en los ejes de referencia con el tránsito y desde estos puntos, traslada un punto del eje trazado en la cimentación

hasta un lugar en cada piso para realizar el planteamiento de los muros; este procedimiento es llamado transitar.



**Ilustración N° 109. Planta General Arquitectónica.**

Una vez colocados los puntos de referencia en cada piso el topógrafo de la obra comenzaba a plasmar en el piso los ejes y paramentos de los muros; mediante la implementación del tránsito y puntillas que ayudaban a establecer los ejes. Los ejes y paramentos de los muros se demarcaban por medio de la cimbra, la cual es un hilo que deja un trazo rojizo en la superficie a demarcar.



**Ilustración N° 110. Demarcación con Cimbra.**

Previamente a la localización de los muros de los apartamentos del bloque C, los trabajadores debían quitar los sobrantes de mortero o concreto endurecido, ya sea barriendo o picando si es necesario, para dar uniformidad a la superficie, pues la losa de entrepiso debe estar limpia y exenta de elementos extraños, para dar lugar a la correspondiente demarcación de la superficie, lo que consiste en templar un hilo de color rojo demarcando donde se colocara las hiladas de ladrillo farol, procedimiento denominado cimbra, la cual debe estar con escuadra y con una perfecta horizontalidad. Cabe resaltar que la demarcación de un apartamento se denomina plantilla.

Luego, se procedía a ubicar las reglas metálicas en cada extremo para obtener la verticalidad requerida la cual se garantizaba colocando la respectiva plomada; posteriormente se preparaba el mortero tipo M, el cual tenía una resistencia de  $175 \text{ Kg/cm}^2$ . El mortero usado "como pega" llenará completamente los espacios entre los elementos de mampostería y tendrá una composición tal, que su resistencia en estado endurecido se aproxime, lo más posible, a la de los elementos de mampostería que une Agua potable, para hidratación del aglutinante y para darle al mortero plasticidad.

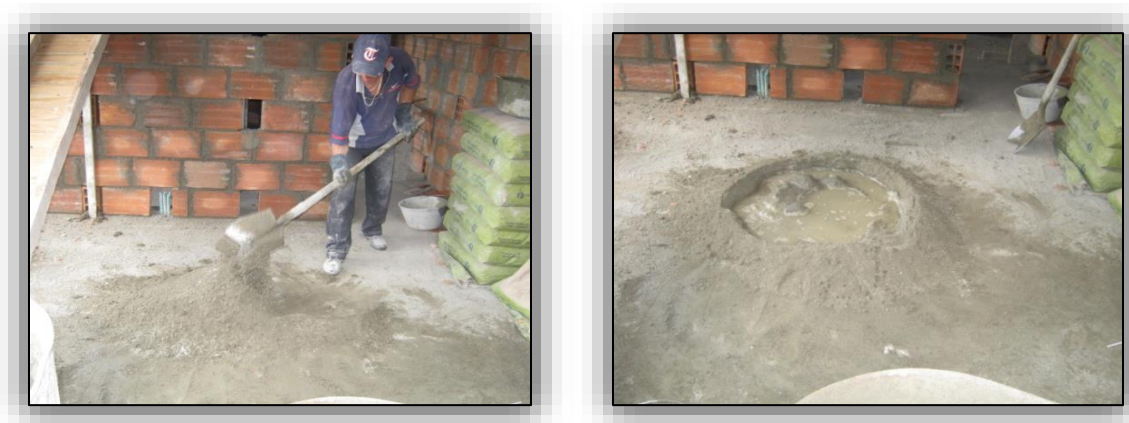


**Ilustración N° 111. Colocación de las Reglas Metálicas.**

El ayudante preparaba la mezcla a utilizar de tal manera que alcanzara para el muro que se pensaba levantar, ya que esta no se puede dejar más de 2 horas

después de preparada, pues pierde sus características. Cabe resaltar que la dosificación del mortero de pega fue de 1:4.

Después de ubicada la arena gracias a la torre grúa, la cual la transportaba hasta el piso en el que se necesitara; se llevaba hasta el lugar de mezcla por medio de buggy, posteriormente se extendía con una pala formando un círculo, en donde se procedía a descargar el cemento que se aplicaba a la arena. El trabajador proseguía a mezclar con una pala hasta completar 3 vueltas de esta; luego se extendía en forma de círculo, una cierta parte de esta mezcla y se aplicaba agua hasta encontrar la consistencia requerida para la pega.



**Ilustración N° 112. Preparación del Mortero.**

Con un palustre se colocaba el mortero en la superficie demarcada anteriormente, humedeciéndola previamente, para evitar que le robe agua al mortero de pega; posteriormente se ubicaba el ladrillo farol en forma de sogá, de tal manera que la cara que está en contacto con el mortero es la longitud correspondiente al ancho del ladrillo que es 10 cms.



**Ilustración N° 113. Conformación de Hiladas.**

De esta manera se colocaba la primera hilada de ladrillos, efectuando las juntas horizontales y verticales que deben ser de más o menos 1.5 cms. Luego, se prosigue a colocar un ladrillo al inicio y al final del muro a levantar en forma perpendicular a la primera hilada, para amarrarle el nylon y este sirva de referencia y garantice una perfecta horizontalidad en la próxima hilada, de esta manera se continúa con este procedimiento hasta llegar a la correspondiente altura ocupada por el muro, ya sea hasta el nervio o placa del sistema de losa aligerada.





**Ilustración N° 114. Referenciación Horizontal.**



**Ilustración N° 115. Terminado de Hiladas.**

La colocación de las hiladas debe estar dispuesta de tal manera que el aparejo debe ser trabado de tal forma que las juntas verticales no coincidan con las de la hilada inmediatamente anterior. A medida que avanza la pega se debe eliminar la rebaba interior y exterior y reutilizar el mortero no contaminado, además se debe ir chequeando con la ayuda de una plomada la verticalidad del muro.



**Ilustración N° 116. Trabado de Juntas.**

Los muros siempre cuenta con una cara más importante, la cual será aquella por la cual se coloquen, aplomen, hilen o nivelen las piezas (ladrillo o bloque), utilizando pegas de mortero horizontales y verticales uniformes; esto debido a que en el momento de revisar el trabajo terminado, esta cara debe contar con estas características.



**Ilustración N° 117. Terminado de Muros.**

Los muros divisorios entre apartamentos, se construyeron con ladrillo farol de perforación horizontal de la ladrillera Lago Verde. Dichos muros divisorios poseen doble muro, dejando entre ellos un espacio de 2.5 cms, para la adecuación de laminas de icopor en toda la longitud del mismo; habiendo utilizado en total por muro divisorio construido 12 hojas de icopor, para garantizar el aislamiento acústico entre apartamentos.



**Ilustración N° 118. Muros Divisorios.**

Una vez, contruidos los muros, se procedía por parte del Consorcio AMT, a la respectiva revisión de los mismos por medio de la escuadra, el plomo y el codal en forma vertical, horizontal y oblicua, esta última con el fin de determinar, si se presentaban ondulaciones en los muros.



**Ilustración N° 119. Chequeo en Escuadra.**



**Ilustración N° 120. Chequeo con Plomo.**



**Ilustración N° 121. Chequeo con Codal.**

Al realizar un buen planteamiento, un adecuado levantamiento y construcción de los muros que conforman los apartamentos de los pisos del bloque C del “conjunto residencial la Estación”; se facilita y garantiza un buen desarrollo de las diversas actividades siguientes a la mampostería.

## 9. CONCLUSIONES.

- La práctica de pasantía como auxiliar de ingeniería en el proceso constructivo del pavimento rígido de la vía calle 5N, del parqueadero del bloque D y del planteamiento de la mampostería del bloque C del “Conjunto residencial la Estación”; ha sido una gran experiencia tanto a nivel profesional como personal, la primera por poder aplicar y mejorar conceptos sobre los diversos procesos construcción y la segunda por la formación de un mejor carácter y toma de decisiones.
- Durante el transcurso de la pasantía, se aprendieron y aplicaron diversos criterios relacionados con la debida compactación que deben poseer las capas de subrasante y sub-base granular, para poder ser el soporte de una estructura de pavimento rígido.
- Durante la fundición de las diversas losas de concreto del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, se supervisaron los distintos procesos constructivos que son consecutivos y dependientes entre ellos, para obtener un producto final de buena calidad.
- Se inspecciono el cumplimiento de las diversas especificaciones constructivas de los paños de losa y de las juntas transversales, longitudinales y de expansión del diseño del pavimento rígido, por parte de Concrevalle entidad contratada por el Consorcio AMT para ejecutar esta labor.
- Se superviso el cumplimiento de la norma INV E - 401 - 07 y específicamente el numeral 4.2.3, en el proceso de toma de muestras de camiones mezcladores (mixers), por parte del laboratorio Geofisica Ltda.
- Se superviso el debido desarrollo y cumplimiento en la toma de muestras de cilindros, siguiendo los parámetros expuestos por las normas NTC 550 y 673; también se inspecciono la toma de muestras para vigas, siguiendo los

parámetros expuestos por la norma NTC 1377 o ASTM C31 y ASTM C78; análogamente en cada toma de muestras, se controló la manejabilidad del concreto realizando el ensayo de “asentamiento con el cono o slump”, siguiendo la norma NTC 396. Procedimientos llevados a cabo por parte del laboratorio Geofísica Ltda, para establecer un debido control de calidad del concreto premezclado producido por la empresa Concrevalle Ltda.

- Se inspeccionó el cumplimiento en el debido proceso por parte de la empresa Concrevalle Ltda, en las actividades concernientes a la instalación de formaletas metálicas, colocación de pasadores, colocación de refuerzo en losas, así como en el vaciado, compactación, nivelación, acabado y curado del concreto del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”.
- Uno de los procesos que determina el éxito en la fundición de las losas de concreto del pavimento rígido de la vía calle 5 norte del “Conjunto residencial la Estación”, es la elaboración oportuna del corte de juntas, ya que la demora en su ejecución conlleva a la fisuración de las losas.
- Junto al ingeniero residente, al ingeniero director de obra y al representante legal del Consorcio AMT, se realizaron revisiones periódicas a las losas del pavimento rígido para establecer su aceptación o rechazo.
- Se supervisó el debido proceso constructivo del parqueadero del bloque D del “Conjunto residencial la Estación”, mediante la inspección y cumplimiento de lo estipulado por los planos de diseño de los mismos.
- Se inspeccionó el cumplimiento en el debido proceso por parte de los trabajadores del maestro de obra, en las actividades concernientes a la adecuación de formaletas de madera, colocación del refuerzo en vigas, zapatas, columnas, losas y muros de carga, así como en el vaciado,

compactación, nivelación, acabado y curado del concreto del parqueadero del bloque D del “Conjunto residencial la Estación”.

- Se vivencio y aprendió tanto el planteamiento de la mampostería como la forma en que deben realizarse los chequeos pertinentes para la aceptación o rechazo de los muros de la mampostería del bloque C del “Conjunto residencial la Estación”, mediante la implementación del plomo y la escuadra.
- Ejecutar la función de pasante me permitió complementar de manera práctica, los soportes teóricos aprendidos en el alma mater; durante este transcurso surgieron inconvenientes de los cuales tuve el criterio necesario para dar soluciones, lo que me permitirá como profesional un mejor desempeño en el campo laboral.
- Implementar un estricto control de calidad en una obra, genera resultados satisfactorios tanto para los clientes como para los ingenieros, ganando prestigio en el gremio de constructores lo que permite ser competitivos en el campo laboral.

## 10. RECOMENDACIONES.

- Es recomendable en este tipo de obras, tener un buen control de calidad en relación con la mampostería, lo cual se puede lograr estableciendo el siguiente número de pruebas y sus respectivas frecuencias contenidas en las Normas colombianas de diseño y construcción sismo-resistente NSR-98. Título D. Capítulo D.3.8.1 y D.3.8.2.
  - **Mortero de pega:** Para el mortero de pega debe realizarse por lo menos un ensayo de resistencia a la compresión (promedio de 3 probetas) por cada doscientos (200) metros cuadrados de muro o por cada día de pega. Igualmente se debe verificar con frecuencias semanales las condiciones de plasticidad y retención de agua de los morteros de pega usados en la obra.
  - **Mortero de relleno:** Para el mortero de relleno se debe realizar al menos un ensayo de resistencia a la compresión (promedio de 3 probetas) por cada diez (10) metros cúbicos de mortero inyectado o por cada día de inyección.
  - **Unidades de mampostería:** Para las unidades de mampostería se deben realizar los ensayos establecidos de absorción inicial, absorción total, estabilidad dimensional y resistencia a la compresión de por lo menos cinco (5) unidades por cada lote de producción y no menos de una unidad por cada doscientos (200) metros cuadrados de muro.
  - **Muretes:** La resistencia a la compresión de la mampostería,  $f_{m\phi}$ , debe verificarse mediante el ensayo de al menos tres (3) muretes por cada quinientos (500) metros cuadrados de muro o fracción, realizados con los materiales y procedimientos empleados en obra. Para unidades de perforación vertical debe medirse el efecto del



mortero de relleno en la resistencia de la mampostería, mediante ensayos adicionales de muretes inyectados con mortero, en la cantidad y frecuencia apropiadas, a juicio del supervisor técnico, de acuerdo con lo establecido en el Título I, pero en ningún caso en cantidad inferior al 25% del total de especímenes ensayados.

- **Resistencia mínima:** La calidad de la mampostería se considera satisfactoria si se cumplen simultáneamente que el promedio de los resultados de resistencia a la compresión de los morteros de pega, morteros de relleno, unidades y muretes es mayor o igual a la resistencia especificada, y ningún valor individual es inferior al 80% de la resistencia especificada.
  - **Medidas correctivas:** Si no se cumple uno o varios de los requisitos anteriores deben tomarse de inmediato las medidas necesarias para aumentar el promedio de las subsiguientes evaluaciones de resistencia.
  - **Resultados de resistencia bajos:** Si algún resultado individual de resistencia a la compresión de los morteros de pega, morteros de relleno, unidades y muretes es inferior al 80% del valor especificado deben tomarse las medidas necesarias para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no se haya comprometido. En caso de confirmarse que la mampostería es de baja resistencia y si los cálculos indican que la capacidad de soportar carga de la estructura se ha reducido significativamente se puede apelar al ensayo de extracción de porciones cortadas de los muros afectados. En tal caso deben tomarse 3 porciones por cada lote afectado.
- Es recomendable organizar y concientizar a los trabajadores de tal manera que se implementen actividades de reciclaje, ya que este tipo de obra genera muchos desperdicios; aunque se trata de realizar los respectivos

controles, esta actividad es un poco compleja; pero conllevaría a mejorar el medio ambiente y a obtener dinero adicional.

- Pienso que para un buen desempeño laboral es conveniente no solo realizar llamados de atención por actos indisciplinados a los trabajadores; sino también realizarles reconocimientos con estímulos por su buen trabajo, estas actividades los motiva y anima, lo cual genera un buen ambiente laboral.
- Durante el desarrollo de la pasantía, note que los trabajadores en algunas ocasiones no querían obedecer las órdenes hechas por el pasante, basándose en que ellos tenían más experiencia y por tanto aducían saber o tener mayor dominio del tema, lo cual hizo necesario aclararles sobre la importancia de la justificación teórica y el porqué de las cosas, para que de esta manera tengan un manejo adecuado sobre ellos.



## **11. BIBLIOGRAFIA.**

- Arenas L. Hugo L. Teoría de los Pavimentos. Unicauca.
- Rivera L. Gerardo A. Concreto Simple. Unicauca. 1992.
- Polanco F. Luis Fernando. Construcción I. Unicauca. 2000.
- Normas Colombianas de diseño y construcción sismo-resistente NSR-98. Título D.
- Instituto Nacional de Vías. Especificaciones INVÍAS.
- Normas Técnicas Colombianas NTC. Ingeniería civil y arquitectura.
- “Manual de productos SIKA”. 2007.



## **ANEXOS**



**ANEXO 1:**

**CARTA DE APROBACION DE LA SOLICITUD DE PASANTIA POR PARTE DEL  
CONSORCIO AMT.**



**ANEXO 2:**

**CARTA DE CERTIFICACION DE HORAS CUMPLIDAS EN EL TRABAJO DE  
GRADO MODALIDAD PASANTIA.**



