

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

PRÁCTICA SUPERVISADA
INFORME TÉCNICO FINAL

**CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO
URBANO**

PAVIMENTACIÓN DE BARRIOS: ARGÜELLO NORTE, LOURDES, VILLA
BELGRANO, VILLA ARGÜELLO Y VILLA ALLENDE PARQUE
SECTOR NOROESTE DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA

Sartori, Federico Andrés

Autor

del Boca, Jorge

Tutor interno

de la Rubia, Daniel

Tutor externo

AFEMA S.A

Entidad Receptora

Córdoba, Agosto 2017

RESUMEN

El presente documento representa el Informe Técnico Final del trabajo desarrollado en el marco de la Práctica Supervisada de la carrera de Ingeniería Civil. El mismo hace referencia a la dirección técnica de la obra de pavimentación urbana en el barrio Villa Belgrano, cuya ejecución estuvo a cargo por la empresa AFEMA S.A.

Ésta obra consiste en la ejecución de pavimentos flexibles y rígidos, conjuntamente con la construcción de cordones cuneta y badenes, es decir aquellas necesarias para garantizar un adecuado escurrimiento de las aguas.

La intención de estas obras en la Ciudad de Córdoba es plasmar principios de urbanización básicos y fundamentales: concretar las líneas y niveles definitivos, asegurar los desagües, permitir la construcción de veredas de carácter permanente, etc.; brindando un mayor grado de consolidación de la urbanización existente.

El informe se presenta en 9 capítulos, comenzando con una descripción del objeto de la realización de la práctica y una breve explicación a modo introductorio sobre conceptos teóricos y de la Empresa receptora, se sigue con una descripción de la obra analizada y de sus etapas constructivas y su respectivo control de calidad, culminando con una proposición final y apreciaciones personales.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

ÍNDICE

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Generalidades de la práctica supervisada.....	10
1.2 Objetivos personales.....	11
1.3 Objetivos del trabajo.....	11
Capítulo 2. LA EMPRESA	12
2.1 Historia.....	13
2.2 Servicios.....	13
2.3 Equipos e Infraestructuras.....	15
2.4 Plantas de asfalto.....	16
2.5 Manual de autocontrol.....	19
2.6 Sistema de Aseguramiento de Calidad.....	19
Capítulo 3. INFRAESTRUCTURA VIAL URBANA	20
3.1 Introducción.....	21
3.2 Características que debe cumplir un buen pavimento.....	21
3.3 Pavimentos flexibles.....	22
3.3.1 Pavimentos flexibles convencionales.....	22
3.4 Pavimentos de hormigón.....	23
3.4.1 Características de los pavimentos rígidos.....	23
3.4.2 Tipos de pavimentos de hormigón.....	25
3.4.2 Elementos componentes del sistema.....	27
3.5 Diferencias entre pavimentos de hormigón y de asfalto.....	29
Capítulo 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA	31
4.1 Obra pavimentación: Argüello Norte, Lourdes, Villa Belgrano, Villa Allende Parque.....	32
4.2 Objeto de la obra.....	34
4.3 Descripción del paquete estructural.....	35
4.4 Instalación del obrador.....	37
4.5 Desagüe de las aguas pluviales.....	37
4.6 Definición de la planialtimetría.....	40
Capítulo 5. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	43
5.1 Limpieza de terreno en zona de calles.....	44
5.2 Relevamiento in situ de conexiones.....	45
5.3 Desmonte.....	46
5.4 Preparación subrasante.....	50

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

5.5 Preparación subbase granular	53
5.6 Preparación base granular	57
5.7 Ejecución cordón cuneta.....	60
5.8 Ejecución carpeta de rodamiento	64
5.9 Ejecución de pavimento de hormigón simple	70
5.10 Señalización.....	75
5.11 Tareas Finales.....	77
Capítulo 6. CONTROL DE CALIDAD	80
6.1 Características generales	81
6.2 Controles en subrasante o base de asiento	81
6.3 Controles en subbase o base granular.....	82
6.3.1 Ensayo Proctor Modificado	82
6.3.2 Control de compactación por el método de la arena.....	86
6.3.3 Control de la curva granulométrica.....	92
6.4 Controles en losa de hormigón.....	94
6.4.1 Controles sobre el hormigón fresco	94
6.4.2 Controles sobre el hormigón endurecido	99
6.5 Controles de cementos asfálticos	100
6.5.1 Condiciones a cumplir.....	102
6.5.2 Ensayo de determinación de la viscosidad mediante viscosímetro rotacional	102
6.5.2.1 Procedimiento.....	103
6.5.2.2 Análisis de resultados y conclusiones	106
6.6 Controles en mezclas bituminosas tipo asfálticas.....	106
6.6.1 Peso unitario de las probetas compactadas.....	109
6.6.2 Densidad máxima teórica de la mezcla sin compactar (Densidad Rice).....	109
6.6.3 Estabilidad y fluencia método Marshall	112
6.6.3.1 Introducción: compresión diametral	112
6.6.3.2 Aparatos	112
6.6.3.3 Moldeo de probeta.....	113
6.6.3.4 Ensayo de estabilidad y fluencia método Marshall	115
6.6.4 Estabilidad residual.....	116
6.6.5 Método para determinar el contenido de asfalto por ignición	117
6.6.5.1 Objeto	117

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.6.5.2 Factor de corrección	117
6.6.5.3 Procedimiento.....	117
6.6.6 Análisis de resultados y conclusiones.....	119
Capítulo 7. MAQUINARIA VIAL.....	120
7.1 Generalidades.....	121
7.2 Motoniveladora Caterpillar 140K.....	122
7.2.1 Componentes.....	123
7.2.2 Producción.....	124
7.2.3 Recomendaciones	125
7.3 Cargador frontal Lonking CDM833.....	126
7.3.1 Producción.....	127
7.4 Vibrocompactador Caterpillar CB534D.....	128
7.4.1 Sistemas vibratorios.....	129
7.5 Terminadora asfáltica Bitelli.....	130
7.5.1 Funciones primarias de la extendedora.....	131
7.5.2 Parámetros que influyen en el extendido.....	133
Capítulo 8. CÓMPUTO DE LOS ELEMENTOS DEL PAVIMENTO.....	135
8.1 Generalidades.....	136
8.2 Cómputo de materiales para abastecimiento	136
8.2.1 Subbase suelo - arena.....	136
8.2.2 Base material 0-20.....	137
8.2.3 Antisol	138
8.3 Cómputo de los trabajos realizados	138
Capítulo 9. CONCLUSIONES	141
BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXOS.....	144

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Imagen 2.1 Plantas de provisión de mezclas asfálticas	14
Imagen 2.2 Infraestructura de la empresa	16
Imagen 2.3 Planta asfáltica Be Tower tipo discontinua	17
Imagen 3.1 Esquema de un pavimento convencional	23
Imagen 3.2 Tipos de pavimentos de hormigón	27
Imagen 3.3 Estructura tipo de un pavimento rígido	28
Imagen 3.4 Distribución de cargas en pavimentos	29
Imagen 4.1 Ubicación de calles en barrio Villa Belgrano	33
Imagen 4.2 Perfil transversal calle Newton y Liebig	36
Imagen 4.3 Perfil transversal calle Gauss	37
Imagen 4.4 Límites de inundabilidad	38
Imagen 4.5 Sentido de escurrimiento en zona de trabajo	39
Imagen 4.6 Determinación de rasante	41
Imagen 4.7 Tramo perfil calle Liebig	41
Imagen 5.1 Limpieza de terreno en calle Gauss	44
Imagen 5.2 Limpieza de terreno en calle Cavendish	44
Imagen 5.3 Limpieza de terreno en calle Liebig	45
Imagen 5.4 Relevamiento de conexiones en calle Liebig	47
Imagen 5.5 Desmonte en calle Liebig	48
Imagen 5.6 Desmonte en calle Gauss	48
Imagen 5.7 Determinación de la cota de subrasante superior a la final	49
Imagen 5.8 Aproximación a la cota de subrasante	50
Imagen 5.9 Equipos para la provisión de agua	51
Imagen 5.10 Humedecimiento en subrasante calle Gauss	52
Imagen 5.11 Vibrocompactador de rodillo liso Dynapac	52
Imagen 5.12 Ejecución subbase en calle Liebig	55
Imagen 5.13 Ejecución subbase en calle Gauss	56
Imagen 5.14 Descarga de material para base en calle Newton	57
Imagen 5.15 Ejecución base granular calle Newton	58
Imagen 5.16 Base granular previo estaqueado final, calle Newton	59
Imagen 5.17 Separadores para la materialización de juntas	61
Imagen 5.18 Metodología seguida para la ejecución de cordones cuneta	63
Imagen 5.19 Equipo imprimador. Distribuidores. Guía del operador	65
Imagen 5.20 Ejecución de la imprimación. Calle Newton y Liebig	66
Imagen 5.21 Distribución, ejecución y compactación de capa arena-asfalto. Calle Newton	67
Imagen 5.22 Aplicación del granceado	68
Imagen 5.23 Equipo para la compactación de la carpeta.	69
Imagen 5.24 Hormigonado de paño en bocacalle	72
Imagen 5.25 Hormigonado en calle Gauss. Terminación mediante cinta	72
Imagen 5.26 Curado de losa mediante antisol	73
Imagen 5.27 Aserrado de juntas	74
Imagen 5.28 Ventana de corte	74
Imagen 5.29 Sellado de junta con brea en caliente	75
Imagen 5.30 Señalización de obra	76
Imagen 5.31 Barrido en calle Newton	77
Imagen 5.32 Vista del muro sostén. Calle Liebig esq. Tycho Brahe	77
Imagen 5.33 Vista de obras terminadas. Calle Newton, Liebig y Gauss	78
Imagen 5.34 Ejecución de ingresos de hormigón	79
Imagen 6.1 Control de compactación por el método de la arena	87
Imagen 6.2 Medición de asentamiento	94
Imagen 6.3 Moldeo de probetas en laboratorio	95
Imagen 6.4 Cámara de curado	95
Imagen 6.5 Prensa del ensayo de rotura	96
Imagen 6.6 Equipo para extracción de testigo	99
Imagen 6.7 Protocolo de calidad de asfalto	102

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Imagen 6.8 Viscosímetro de Brookfield	104
Imagen 6.9 Resultado del ensayo de viscosidad	104
Imagen 6.10 Ensayo de susceptibilidad térmica Asfalto CA-30	105
Imagen 6.11 Gráfico de susceptibilidad térmica Asfalto CA-30	106
Imagen 6.12 Parámetros de la mezcla	110
Imagen 6.13 Preparación de la muestra	110
Imagen 6.14 Determinación del peso de la mezcla	111
Imagen 6.15 Vista de la bomba de vacío y ejecución del ensayo	111
Imagen 6.16 Tensiones producidas a compresión diametral	112
Imagen 6.17 Vista del instrumental usado y probeta moldeada	113
Imagen 6.18 Equipo de compactación y de extracción	114
Imagen 6.19 Esquema explicativo del ensayo	115
Imagen 6.20 Vista del equipo utilizado en laboratorio de Afema S.A	116
Imagen 6.21 Aplicación del ensayo para material: arena - asfalto	118
Imagen 7.1 Especificaciones Motoniveladora 140K	123
Imagen 7.2 Longitud efectiva de la hoja	125
Imagen 7.3 Especificaciones cargador frontal Lonking CMD833	126
Imagen 7.4 Especificaciones dimensionales Vibrocompactador CARTERPILLAR CB534D ..	129
Imagen 7.5 Componentes del sistema vibratorio	130
Imagen 7.6 Vista de una terminadora asfáltica Bitelli	131
Imagen 7.7 Componentes de una terminadora	131
Imagen 7.8 Transferencia de la mezcla	132
Imagen 7.9 Avance longitudinal	132
Imagen 7.10 Transporte transversal	134

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones Be Tower 1500	18
Tabla 3.2 Diferencias entre los pavimentos flexibles y rígidos	30
Tabla 4.1 Características de los barrios	32
Tabla 4.2 Porcentaje de afectación de la obra por barrio	33
Tabla 6.1 Resultados del ensayo Proctor para sub-base	84
Tabla 6.2 Resultados del ensayo Proctor para base	85
Tabla 6.3 Resultados del ensayo del método de la arena	88
Tabla 6.4 Resultado del análisis granulométrico	93
Tabla 6.5 Resultado de ensayos de resistencia a la rotura por compresión	97
Tabla 6.6 Clasificación de acuerdo con la viscosidad a 60°C	101
Tabla 6.7 Resultados del ensayo Marshall	108
Tabla 7.1 Velocidades de operación	124
Tabla 7.2 Longitud efectiva para diferentes ángulos de la hoja	125
Tabla 7.3 Tiempo de Ciclo del Cargador Frontal (Minutos)	127
Tabla 7.4 Velocidades Características del Cargador Frontal	128
Tabla 7.5 Parámetros que influyen en el extendido	134
Tabla 8.1 Cómputo de materiales para sub-base	137
Tabla 8.2 Cómputo de materiales para base	138
Tabla 8.3 Cómputo de materiales. Antisol	138
Tabla 8.4 Cómputo Métrico	139

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

1.1 GENERALIDADES DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA

El presente informe técnico fue resultado de todas las actividades realizadas durante la práctica profesional supervisada. Las tareas llevadas a cabo en este proceso se basaron en resolver una actividad profesional, respondiendo a la formación académica obtenida, implicando de la mejor manera posible una transición del ámbito académico al profesional, lo cual fue acompañado por personas experimentadas y responsables.

Conforme se establece en el Régimen General de Práctica Supervisada dictado por el Honorable Consejo Directivo los objetivos que se pretenden alcanzar son:

- Brindar al estudiante experiencia práctica complementaria en la formación elegida, para su inserción en el ejercicio de la profesión, cualquiera sea su modalidad.
- Facilitar el contacto del estudiante con instituciones, empresas públicas o privadas o profesionales que se desempeñan en el ámbito de los estudios de la disciplina que realizan.
- Introducir en forma práctica al alumno en los métodos reales y códigos relativos a las organizaciones laborales.
- Ofrecer al estudiante y profesores experiencias y posibilidades de contacto con nuevas tecnologías.
- Contribuir con la tarea de orientación del alumno respecto a su ejercicio profesional.
- Desarrollar actividades que refuercen la relación Universidad – Medio Social, favoreciendo el intercambio y enriquecimiento mutuo.
- Redactar informes técnicos convenientemente fundamentados acerca de la práctica propuesta y los resultados de su realización.

En el caso de la práctica presentada, la misma fue llevada al cabo en la empresa constructora vial AFEMA S.A. estuvo bajo la supervisión constante de los ingenieros Daniel de la Rubia y Jorge del Boca, quienes brindaron su tiempo, experiencia, buen ánimo y dedicación.

Dicha práctica fue desarrollada en base a una obra contratada para la municipalidad de Córdoba que consiste en la pavimentación de barrios: Argüello norte, Lourdes, Villa Belgrano, Villa Argüello y villa Allende parque sector noroeste de la ciudad de Córdoba. Su principal objetivo es lograr una significativa mejora en las condiciones del drenaje superficial de aguas pluviales, como así también para el tránsito vehicular, peatonal y sus conectividades; reduciendo además los costos actuales de mantenimiento (perfilado de calles de firme natural). Complementariamente, quedaran materializadas las líneas de vereda, contribuyendo así a incrementar la consolidación de las urbanizaciones existentes.

Esta obra reviste un carácter de gran importancia para la ciudad, ya que favorece al desarrollo urbano, permitiendo que el mismo sea de manera adecuada y ordenada. Además brinda una solución en múltiples aspectos, tales como mejorar conectividad, principalmente en épocas lluviosas ocurre que existen zonas que son intransitables con todos los problemas aparejados que esto trae, o la mejora en las condiciones de drenaje, de modo de solucionar en muchos casos problemas a

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

ciertas viviendas, que en algunas ocasiones resultaba inundadas. Todo ello permite satisfacer las necesidades económicas, sociales y de movilidad de la población, redundando en una mejora significativa en la calidad de vida en general.

1.2 OBJETIVOS PERSONALES

Entre los objetivos del desarrollo de la Práctica Profesional Supervisada, se pueden distinguir los siguientes:

- Completar la formación académica con experiencia laboral asesorada y supervisada.
- Aplicar a un proyecto los conocimientos, habilidades y destrezas aprendidas en la carrera profesional.
- Comprender la responsabilidad que implicó el desarrollo de una actividad profesional y toda la decisión tomada en cada paso de un proyecto.
- Tomar conciencia sobre los plazos de obra y conceptos técnico-económicos que se manejan en esta clase de obras.
- Interactuar con el personal de la obra para lograr un buen desenvolvimiento en el campo laboral.
- Adquirir habilidades en el manejo y control de obras.
- Analizar los problemas que se presentan a diario en la obra, de manera de incursionar en la toma de decisiones en cada paso de un proyecto.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO

Se enuncian los siguientes objetivos específicos:

- Aprender en detalle el método constructivo de una obra vial urbana.
- Realizar tareas de dirección técnica, entre las cuales se destaca la nivelación y replanteo planialtimétrico del terreno.
- Controlar el funcionamiento y trabajo de la maquinaria necesaria para la obra.
- Realizar el trabajo de manera tal que se cumplan las exigencias durante la inspección.
- Controlar el trabajo realizado mediante la ejecución de ensayos de laboratorio.
- Realizar el cómputo de los trabajos efectuados de la obra.
- Efectuar el control de materiales; realizar ensayos de recepción de materiales, ensayos para el control de calidad, etc.

CAPÍTULO 2. LA EMPRESA

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

2.1 HISTORIA

Hace más de 50 años comenzaron las actividades de la Empresa con el objetivo de actuar sobre la demanda de crecimiento de la red vial de la provincia. Los volúmenes de tránsito en aumento, por un lado debido a los diferentes sectores productivos y por otro a la ubicación mediterránea de la provincia, solicitaron una mayor infraestructura de transporte. La respuesta de la Empresa fue ejecutar obras de pavimentación, en zonas rurales y urbanas, de diferente magnitud según el caudal de vehículos a satisfacer en cada caso.

La especialidad desde un principio fue la construcción de pavimentos flexibles, principalmente la elaboración y colocación de mezcla asfáltica. A lo largo del tiempo esto se fue capitalizando, con la incorporación de tecnología en equipos y una estructura de producción, que permitieron a la Empresa consolidarse en el rubro. Luego se respondió a la necesidad de desempeñarse en pavimentos rígidos y de esta forma amplió la capacidad de acción para llevar a cabo las obras. En los últimos años se agregó la producción de hormigón elaborado, con sus requerimientos de calidad y servicio de entrega, como un nuevo desafío a cumplir.

Actualmente la empresa está presente como uno de los referentes en el rubro, manteniendo el objetivo que tiene desde sus comienzos. La trayectoria de esta idea se manifiesta a través de diferentes obras de importancia realizadas a lo largo del tiempo. Además, constantemente se están implementando mejoras, para continuar con el desarrollo de la infraestructura vial y de esta forma mejorar la calidad de vida de la sociedad.

2.2 SERVICIOS

a. DESMONTE Y LIMPIEZA

Consiste en la limpieza de la superficie del terreno natural destinado a la ejecución de modificaciones posteriores.

Comprende el desbosque, destronque, desmalezamiento y limpieza del terreno dentro de los límites de todas las superficies destinadas a la ejecución de desmontes, terraplenes, abovedamientos, cunetas, zanjas y préstamos para extracción de materiales. Estas tareas una vez realizadas se suelen medir por metro cuadrado de superficie trabajada.

b. MOVIMIENTO DE SUELOS

Se trata de la ejecución de desmonte y terraplén con el objetivo de lograr en el terreno la geometría buscada tanto en planta como en altura.

Comprende los trabajos de extracción, transporte, acopio, colocación, distribución, riego y compactación de material para lograr las condiciones deseadas. Cada una de estas tareas está atada a equipos y recursos necesarios para su cumplimiento. Una vez cumplidas las exigencias de calidad el movimiento de suelos se mide por metro cúbico de desmonte o terraplén ejecutado por tonelada de material colocada.

c. MEZCLA ASFÁLTICA

La empresa brinda el servicio de provisión en planta de los diferentes tipos de mezcla asfáltica (Imagen 2.1).

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

La mezcla asfáltica, según el producto a elaborar, puede estar compuesta por piedra triturada, arena de trituración, arena silíceo y cemento asfáltico. Entre las diferentes aplicaciones se encuentra la construcción de base negra, carpeta de rodamiento y también se lo utiliza para bacheos. El producto se entrega en caliente a más de 150 °C y la provisión se mide por tonelada.



Imagen 2.1 Plantas de provisión de mezclas asfálticas

d. HORMIGÓN ELABORADO

La empresa brinda el servicio de provisión de hormigón elaborado de los diferentes tipos del material, para la variedad de aplicaciones que satisface en el rubro. El hormigón de cemento portland es un material compuesto por cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aditivos y agua. La provisión, que consiste en la elaboración, transporte y entrega, se brinda de tal forma de lograr una mezcla con características uniformes. Para ello se realiza un control de calidad sobre las materias primas y el producto entregado. La unidad de medida utilizada a la hora de proveer el hormigón es el metro cúbico. En caso de ser necesario la empresa cuenta con el servicio de bombeo, para colocar el material en lugares donde el camión no puede acceder.

e. CARTELERÍA

El servicio consiste en la provisión de cartelería vial, tanto la necesaria para el futuro camino como la provisoria de obra. También se ofrece, de ser necesario, la colocación de carteles.

En planta se producen los carteles necesarios para las obras viales, de precaución, reglamentarios e informativos, los cuales cumplen con los códigos correspondientes según la normativa que se sigue en cada jurisdicción. Puede tratarse de una obra en una ruta nacional, provincial o una calle dentro de una ciudad, por lo tanto serán diferentes los requerimientos a cumplir.

f. OTROS SERVICIOS

- Bombeo de hormigón elaborado

Es el servicio en el cual se bombea el hormigón elaborado desde el camión al punto donde se desea colocar.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Consiste en la instalación de la bomba en la posición donde se estaciona el camión, luego se dispone la cañería desde allí al punto donde se desea colocar el hormigón. En este trabajo se mide la cantidad de horas de servicio de bombeo que se provee al cliente.

- **Obras de arte**

Son todas las estructuras que hacen a un correcto drenaje de la superficie afectada a la obra vial en cuestión. Entre otras se encuentran, alcantarillas, cunetas, sifones, etc.

Entre los diferentes ítems de las obras viales se encuentra la ejecución de obras de arte, nuevas o adaptadas a la nueva obra a construir. El objetivo es mantener el correcto escurrimiento del agua en caso de lluvias o mejorarlo de ser necesario.

- **Ejecución de bases granulares**

Las bases granulares son elementos del paquete estructural de un pavimento que cumplen diversas funciones. Se encuentran debajo de la mezcla asfáltica en pavimento flexible y de la losa de hormigón en pavimento rígido.

Generalmente se construyen con material seleccionado y deben satisfacer determinadas exigencias de calidad para verificar su ejecución. Se miden por metro cúbico de elemento construido o por tonelada de material colocado.

- **Ejecución de carpeta de rodamiento de pavimento flexible**

Esta es la principal actividad de la empresa y consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de mezcla asfáltica.

Se cuenta con la estructura necesaria compuesta por materias primas, equipos, personal capacitado y control de calidad, para lograr una carpeta de rodamiento acorde a las exigencias del comitente correspondiente.

- **Ejecución de carpeta de rodamiento de pavimento rígido**

La empresa posee la capacidad para construir la losa de hormigón de los pavimentos rígidos.

Se cuenta con la estructura necesaria compuesta por materias primas, equipos, personal capacitado y control de calidad, para lograr una carpeta de rodamiento acorde a las exigencias del comitente correspondiente.

2.3 EQUIPOS E INFRAESTRUCTURA

La Empresa, imagen 2.2, cuenta con una planta permanente donde se encuentran instaladas las plantas asfálticas y de hormigón, se dispone de la zona de acopio de materiales y circulación de máquinas y camiones. También allí se ubica el taller de los equipos, taller de cartelería, laboratorio y administración.

- **Planta asfáltica**

Se encuentran en funcionamiento dos plantas asfálticas. Una de ellas, la que posee mayor capacidad de producción y es más moderna, es la que realiza la mayor elaboración de mezcla asfáltica. La misma es del tipo de producción discontinua. Esta planta es la que dosifica de las materias primas a los camiones mezcladores donde se elabora el hormigón.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- Equipos de obra

Los diferentes ítems son ejecutados con la maquinaria necesaria para lograr el volumen de trabajo en el tiempo esperado.

- Laboratorio

Es donde se lleva a cabo el control de calidad de las materias primas y productos elaborados para cumplir las exigencias correspondientes según el comitente para el cual se trabaja.

- Taller

La empresa posee un taller donde se lleva a cabo un mantenimiento preventivo y reactivo de todos los equipos que posee la empresa.

- Taller de cartelería

Allí se lleva a cabo la producción de carteles para la señalización vertical de las diferentes obras.

- Administración

Desde este establecimiento se programan todos los trabajos que ejecuta la empresa y se administran los recursos necesarios para llevarlos a cabo.



Imagen 2.2 Infraestructura de la empresa

2.4 PLANTAS DE ASFALTO

Actualmente la empresa cuenta con dos plantas de asfalto, una de tipo discontinuo y otra, la más antigua, del tipo continuo, la cual incorpora el material según la velocidad de las cintas transportadoras de material. Una de las plantas, tipo Terex, presenta un cierto grado tecnológico, contando con un sistema informático en el cual se introducen las mezclas con los porcentajes de cada material componente y solo se requiere realizar verificaciones del pastón seco y de la mezcla en caliente en laboratorio. Ambas plantas elaboran las mezclas en caliente, por lo que resulta necesario un proceso previo de secado y calentamiento de los áridos, que no existe en el caso de plantas de mezclas en frío. Se usa en este caso cemento asfáltico, lo que a su vez justifica el calentamiento al cual son sometidos los áridos, necesario para la mezcla, ya que se debe reducir la viscosidad del betún.

La nueva planta, como se ve en la imagen 2.3, corresponde al tipo discontinuo; más precisamente teniendo en cuenta sus especificaciones queda catalogada bajo la denominación Be Tower 1500. La nueva generación de plantas de asfalto Marini fue

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

diseñada para combinar las características tradicionales de rendimiento y tecnología con altos niveles de resistencia, así como fácil operación y mantenimiento, manteniendo toda la sencillez esencial. La BE TOWER define el concepto de facilidad de transporte con sus módulos en el tamaño de los contenedores que hacen que el traslado a una operación un proceso rápido, fácil y económico y por lo tanto más seguro. Todas las piezas están protegidas de la intemperie, daños accidentales y robo de los componentes.

Otro factor clave en esta nueva planta es su montaje rápido para iniciar la operación, con la consiguiente reducción de costes para el propietario, gracias al pre-cableado eléctrico para cada módulo que ofrece las siguientes ventajas:

- Requisitos de reducción del espacio en el suelo (hasta un 40% menos en comparación con una planta tradicional con secador / filtro / recuperación de finos en nivel del suelo)
- Sin helicoidales en el suelo
- Ductos de gases (módulos cortos e integrados)
- Base de acero para reducir costes con obra de ingeniería

En cualquier momento, siempre que sea necesario, pueden ser adicionados opcionales como RAP para el mezclador (hasta 40%), kits de mezcla de asfalto tibio y mucho más.

La planta de discontinua puede ser suministrada con el silo de almacenamiento de mezcla, instalado abajo o al lado del mezclador.

La cabina de control está equipada con componentes de gran fiabilidad y larga vida útil, como el ordenador industrial, que puede operar en altas temperaturas de trabajo. El software es el fiable y probado Cybertronic 500, que puede ser personalizado y actualizado de forma rápida y económica.

En resumen la Be Tower fue diseñado por Marini para asegurar un alto rendimiento, al tiempo que proporciona una tecnología de contenido e innovación donde el mantenimiento se hace más fácil para los técnicos de la planta.

Esta planta de dosificación proporciona una excelente relación costo / beneficio con bajos costos de transporte, montaje y mantenimiento. Sin duda, es una inversión segura y rentable, con alta calidad.

En la siguiente tabla se resumen las especificaciones de la planta Be Tower.



Imagen 2.3 Planta asfáltica Be Tower tipo discontinua

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Tabla 2.1 Especificaciones Be Tower 1500

<i>Type</i>	BE TOWER 1500
<i>MAX output</i>	120 t/h
<i>Plant capacity at 3% H2O</i>	120 t/h
<i>Plant capacity at 5% H2O</i>	95 t/h
<i>Cold feeders: capacity and number</i>	on customer request
<i>Type drying drum</i>	E 180 (L=7.5 m/D=1.80 m)
<i>Burner power output</i>	7 MW
<i>Capacity of recovered fines hopper</i>	15.4 t
<i>Filter surface</i>	413 m ²
<i>Screen surface total area</i>	4 sel.= 14.6 m ² / 5 sel.= 17.6 m ²
<i>Screening</i>	4 (5 as an option) + 1 separate by-pass
<i>Hot aggregate bins</i>	17.3 t
<i>Mixer content</i>	1.5 t
<i>Imported filler Storage</i>	on customer request
<i>Bitumen storage</i>	on customer request
<i>HMA storage silo / compartments</i>	<ul style="list-style-type: none"> • direct loading • 30 t in 1 compartment (under mixer) • 2 x 30 t in 2 compts (storage on side) • 36 t + 45 t (as an option, storage on side)
<i>Recycling</i>	30% RAP into mixer

El plantista juega un rol fundamental en el proceso productivo, ya que es él, como primer observador, quien establece si la mezcla cumplirá o no con los parámetros, llevando a cabo correcciones durante la producción para encaminarla a las exigencias establecidas. Por supuesto, que el control de calidad de la empresa no recae en este puesto, sino que luego las mezclas son sometidas a diversos ensayos por parte del laboratorio, como así también previamente los materiales que la constituyen. Pero si vale recalcar esta primera observación realizada por el plantista, en prácticamente todos los casos acompañado por el laboratorista encargado de

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

mezclas asfálticas, que detecta las primeras anomalías que en muchos casos se pueden resolver ajustando velocidades de cinta, o variando la temperatura a la que se trabaja; anticipándose así a posibles disconformidades futuras de la mezcla y evitando una posible sanción por el comitente.

2.5 MANUAL DE AUTOCONTROL

Para el seguimiento de la ejecución de la obra la Empresa cuenta con un Manual de Autocontrol fundado en una política de calidad:

Política de la Calidad de AFEMA S.A.

- Anteponer el cumplimiento de las especificaciones a cualquier otro objetivo.
- Desarrollar los documentos necesarios de seguimiento de los procesos para garantizar que se cumplirán dichas especificaciones y que ello podrá ser verificado en cualquier momento.
- Actualizar esos documentos permanentemente perfeccionándolos en función de la experiencia que dará su uso.
- Fomentar la capacitación del personal como forma de incrementar la eficiencia colectiva, el desarrollo individual y lograr el compromiso con la Calidad de todos los niveles de la organización.
- Alentar y asesorar a los proveedores y subcontratistas para que desarrollen y practiquen un sistema de calidad compatible con el de la Empresa.
- Y, en fin, dedicar los mayores esfuerzos para lograr el éxito de la gestión encomendada en el tiempo y con las cualidades esperadas.

2.6 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD (S.A.C.)

La empresa cuenta con un sistema general de Autocontrol de Calidad, en la cual existe un Sistema de Aseguramiento de Calidad, que sirve como control interno dentro de la propia empresa. La empresa no solo provee a las reparticiones públicas, las cuales aseguran el cumplimiento de los pliegos, mediante controles rutinarios, con inspectores; sino también a clientes privados, como pueden ser Countries o planes de viviendas, los cuales al no tener un plan de control, solicitan informes en referencia a las tareas realizadas.

En el Plan General de Autocontrol, se presenta en forma ordenada las actividades de control realizadas sobre los diferentes elementos de la empresa con el fin de servir de guía en la presentación de informes al Comitente.

CAPÍTULO 3. INFRAESTRUCTURA VIAL URBANA

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

3.1 INTRODUCCIÓN

La implementación de programas de pavimentación resulta una actividad primordial para el desarrollo sostenible de los centros urbanos. Los pavimentos facilitan la conectividad entre los centros comerciales y los residenciales, el acceso a los servicios de salud, seguridad y transporte, y ayudan significativamente con la evacuación y el drenaje de aguas pluviales. Esto permite satisfacer las necesidades económicas, sociales y de movilidad de la población, redundando en una mejora significativa en la calidad de vida en general.

Mediante el desarrollo de planes de pavimentación urbana se pueden lograr importantes beneficios, entre los que se destacan:

- La accesibilidad permanente bajo cualquier condición climática.
- Mayor seguridad vial.
- El desarrollo de emprendimientos comerciales e inmobiliarios.
- La integración sociocultural de los vecinos.

La importancia de un pavimento de acceso a una localidad no sólo radica en los beneficios que trae consigo, sino que por otro lado, su ausencia puede significar la completa aislación, con las problemáticas que ello representa. Esta función de acceso cobra relevancia con la discontinuidad de los servicios ferroviarios de pasajeros que en otros tiempos cubrían esa necesidad.

Se conoce como pavimento al conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía, obtenida por el movimiento de tierras, y sus principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, al intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las capas inferiores los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

En otras palabras el pavimento es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos por el proyecto.

3.2 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE CUMPLIR UN BUEN PAVIMENTO

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones, debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes del intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinalmente, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios.
- Debe ser durable.
- Debe ser económico.

3.3 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Son aquellos cuyo ligante es el Cemento Asfáltico (C.A.). Su denominación responde a que admiten deformaciones 10 veces mayores que los pavimento rígidos. Existen varios tipos de pavimentos flexibles, pero sólo explicará aquellos denominados convencionales:

3.3.1 Pavimentos Flexibles convencionales

En la imagen 3.1 se representa un esquema de este tipo de pavimento, los cuales son sistemas de capas sucesivas donde los materiales superiores son de mejor calidad a medida que la intensidad de los esfuerzos es mayor. Cuentan con las siguientes capas componentes (citados en orden desde la superficie hacia abajo):

- **Capa de Rodamiento:** es de concreto asfáltico (mezcla de materiales granulares ligados con CA). Debe ser suficientemente resistente para soportar la distorsión debida al tráfico y proveer una superficie de rodamiento lisa y resistente al deslizamiento. Además, debe ser impermeable para evitar la penetración de agua en las capas inferiores. Para favorecer el escurrimiento del agua, tiene una pendiente transversal (bombeo) de 1,5% a 2,5%. Su espesor varía entre los 2 y los 5 cm. El CA aporta cohesión verdadera a la mezcla, es decir que no presentar variaciones con la humedad. Además, es capaz de tomar esfuerzos de tracción bajos. Tiene respuesta viscoelástica, es decir que a cargas de baja duración se comporta en forma elásticas mientras que a cargas de larga duración y con alta temperatura presenta grandes deformaciones plásticas (permanentes).
- **Riego de liga:** es una emulsión asfáltica que se usa para asegurar la unión de dos superficies asfálticas (Carpeta de Rodamiento y Base Asfáltica). Tiene que ser una capa muy delgada, debe dar uniformidad a la superficie y debe ser de rotura rápida (es decir que se evapore inmediatamente).
- **Base asfáltica:** también está hecha con concreto asfáltico, pero contiene agregados de mayor tamaño y una menor cantidad de asfalto y por lo tanto no requiere tan alta calidad como la carpeta de rodamiento. De esta forma, reemplazando una parte de la carpeta de rodamiento con la base asfáltica se obtiene un diseño más económico. Sirve para lograr la compactación adecuada en la carpeta de rodamiento. Su espesor varía entre 5 y 10 cm.
- **Riego de imprimación:** es una emulsión asfáltica que se usa para unir una superficie granular con otra asfáltica. Tiene que ser de rotura lenta para que penetre en la capa granular y llene los vacíos y forme una superficie impermeable. Estas emulsiones se aplican en forma de spray (pulverizadas).

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- Base granular y Sub-Base granular: es una mezcla de áridos y suelo compactados. La base granular puede estar compuesta por áridos de trituración u otros áridos no tratados. La sub-base generalmente tiene un porcentaje mayor de finos. Tienen una función económica. La sub-base impide que los materiales de la base y la subrasante se mezclen. También, cuando en la subrasante hay cambios volumétricos (por cambios de humedad o por heladas), la sub-base absorberá esas deformaciones para que no afecten a la capa de rodamiento. Ambas capas (base y sub-base) deben transmitir con una intensidad adecuada las cargas del tránsito hacia la subrasante. Además deben drenar el agua infiltrada y la capilar. Los espesores suelen estar comprendidos entre 10 y 30 cm.
- Subrasante: es el suelo de fundación compactado a la densidad cercana a la correspondiente a la humedad óptima, en una capa de aproximadamente 15-30cm.
- Suelo de fundación o Núcleo de terraplén: es el suelo natural.

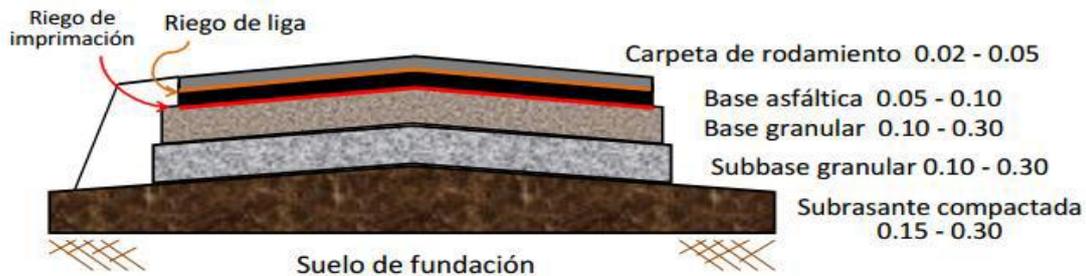


Imagen 3.1 Esquema de un pavimento convencional

3.4 PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

El pavimento de hormigón constituye una excelente opción para las obras viales urbanas, puesto que ofrece numerosas ventajas para vías con tráficos de diferente caudal. Es una solución estructural durable y eficiente, su construcción representa una fuente de trabajo para personal local, y son perfectamente adaptables a pequeños proyectos.

3.4.1 Características de los pavimentos rígidos

- Aspectos económicos

Una de las principales razones que motiva la elección del hormigón en vías urbanas es su durabilidad. Por ello, se convierte en una solución ideal para proyectos de pavimentación, ya que permite destinar los recursos disponibles en la ampliación de la red pavimentada, minimizando la necesidad de utilizarlos en el mantenimiento de las calzadas en servicio.

En los últimos años, esta alternativa experimentó una gran evolución tecnológica, tanto en el diseño como en su construcción, lo que permitió optimizar el empleo de los recursos necesarios, incrementado su competitividad a costo inicial frente a otras

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

soluciones, y resultando muy ventajosa cuando en el análisis se incorporan los costos de mantenimiento y conservación.

Otro aspecto a destacar es el desarrollo de las nuevas técnicas de restauración de pavimentos de hormigón que permiten, bajo un costo razonable, llevar la calzada a una condición de semi-nueva, extendiendo su vida útil más allá de la originalmente prevista en el diseño.

▪ Aspectos constructivos

Desde el punto de vista constructivo, actualmente se encuentran disponibles una gran variedad de equipamientos que pueden seleccionarse en función de la envergadura del proyecto a ejecutar. En este sentido, para pequeñas obras de pavimentación, la ejecución se puede efectuar con tecnologías convencionales de construcción compuestas, en general, por moldes fijos y regla o viga vibratoria. Esto posiciona a la solución como una opción fácilmente accesible, tanto desde el punto de vista del equipamiento necesario, como de la capacitación requerida para su ejecución.

Alternativamente, y en función del tamaño del proyecto a ejecutar, se puede optar por tecnologías constructivas de mayor complejidad, como el empleo de terminadoras de rodillos, o pavimentadoras de encofrados deslizantes, que brindan una significativa mejora en la calidad de la terminación, aumentando los rendimientos productivos y reduciendo los costos de ejecución.

Otra ventaja que ofrecen estos pavimentos es la posibilidad de aplicar distintas texturas durante la etapa de terminación, en función de los índices de fricción requeridos en servicio, incrementando de esta manera la seguridad vial y reduciendo las tasas de siniestralidad.

Cuando las necesidades y exigencias se combinan con la estética, esta solución ofrece, mediante la técnica de hormigón estampado, la posibilidad de lograr una amplia gama de terminaciones y colores, que permiten perfeccionar el estilo arquitectónico de la vía de acuerdo con la condición de servicio y el uso.

▪ Aspectos técnicos

En lo que respecta a cuestiones estructurales, una de las principales ventajas de los pavimentos de hormigón es que, debido a su elevada rigidez, son capaces de distribuir las cargas aplicadas en mayores superficies. Esta particularidad los convierte en una alternativa especialmente conveniente para zonas donde los suelos cuentan con baja capacidad de soporte, y también en aquellas arterias en las que se prevea la circulación de vehículos pesados.

En materia de seguridad vial, cabe destacar que en este tipo de pavimentos no se produce el clásico ahuellamiento, que frecuentemente presentan otras alternativas por la acción repetitiva de las cargas de tránsito y que resulta sumamente peligroso, ya que el agua acumulada en la zona de circulación incrementa el riesgo de deslizamiento y la consiguiente pérdida de control del vehículo, causando accidentes.

Asimismo, en zonas de giros o donde se produce aceleración y frenado, como por ejemplo las intersecciones, los esfuerzos tangenciales a los que se encuentra

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

sometida la superficie del pavimento pueden originar distorsiones u ondulaciones localizadas. Dado que el hormigón no fluye plásticamente, estos fenómenos no se presentan en las calzadas, lo que convierte al pavimento rígido en una solución ideal en vías urbanas, ya que allí estos esfuerzos se manifiestan en forma frecuente.

Otro aspecto a destacar es que los pavimentos de hormigón no son afectados por el derramamiento de combustibles, que habitualmente se presenta en las zonas por donde se desplazan los vehículos de transporte público.

▪ Aspectos ambientales

Los pavimentos de hormigón ofrecen también singulares ventajas en su desempeño ambiental. Una de ellas radica en su color claro, que permite una mayor reflexión de la radiación solar, disminuyendo el efecto de Isla Urbana de Calor. Esto es de gran importancia, ya que el empleo de superficies claras reduce la temperatura media del ambiente en los conglomerados urbanos, disminuyendo el consumo de energía eléctrica asociado con la refrigeración de los interiores y permitiendo reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Vinculado a su color claro, deben mencionarse además, las mejores condiciones de visibilidad nocturna que se alcanzan con esta solución, ya que permiten una mayor reflexión de la luz suministrada por los vehículos y las luminarias. En el caso de arterias urbanas esto se traducirá en un ahorro en la energía destinada al alumbrado público, además de brindar mejor seguridad vial por el incremento de la visibilidad.

Otro beneficio es su elevada durabilidad. Este aspecto incide de manera significativa en el plano de la sostenibilidad, ya que en un Análisis de Ciclo de Vida, el impacto ambiental de la fase constructiva se distribuye a lo largo de un período de vida en servicio más prolongado.

3.4.2 Tipos de pavimentos de hormigón

Básicamente existen tres tipos de pavimentos de hormigón que pueden emplearse para estructuras nuevas, reconstrucción o como recubrimiento de pavimentos existentes (Imagen 3.2):

- Hormigón simple con juntas.
- Hormigón armado con juntas.
- Continuamente armado.

La opción, casi con exclusividad, más empleada en nuestro país es la de hormigón simple con juntas. Ello se debe a la confiabilidad de esta combinación y a su mejor relación costo-eficiencia. En estos casos, el pavimento se divide en paneles o losas mediante la ejecución de juntas transversales separadas entre 3,5 m y 6,0 m. Estas juntas se colocan con el fin de controlar la ubicación de las fisuras, y absorber los movimientos de expansión y contracción del hormigón de la calzada.

Un factor importante que condiciona el desempeño de este tipo de pavimentos es la transferencia de carga a través de las juntas, que puede lograrse por trabazón de agregados y el empleo de pasadores. Una mala transferencia de carga contribuye a

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

problemas tales como el escalonamiento de las juntas, la erosión de las bases por eyección de agua con suelo fino (bombeo) y roturas de las esquinas.

3.4.2.1 De Hormigón Simple con juntas

Las juntas transversales se practican para favorecer la formación de las fisuras por retracción por fragüe en los lugares donde se desea, de manera que la misma sea controlada. Para vincular las losas en dirección longitudinal, se colocan en coincidencia con las juntas transversales hierros pasadores, los cuales transfieren los esfuerzos de corte de una losa a la otra pero no esfuerzo axial. Son hierros lisos, de 20 a 25 mm de diámetro que se colocan cada 50 cm aproximadamente. Se colocan anclados en una losa (empotrados) y libres en la otra (engrasados por ejemplo; precaución de no cortarlos con guillotina pues se deforman y producen anclaje). Las juntas longitudinales son para controlar las deformaciones que sufre el hormigón debido a los gradientes térmicos que producen su curvatura. En dirección transversal, en coincidencia con la junta longitudinal, se colocan barras de unión, las cuales transmiten tanto corte como axial de manera que ambas losas trabajen en forma monolítica. Estos son hierros nervurados de 12 mm y se empotran en ambas losas. Los paños de este tipo de pavimento tienen una longitud de entre 5 y 7 metros.

3.4.2.2 De Hormigón Reforzado con juntas

Se incorpora una armadura en el tercio central de la losa de hormigón. Esto no incrementa la capacidad de carga de la losa, sino que simplemente limita la fisuración (la distribuye en una longitud mayor), permitiendo un mayor espaciamiento entre las juntas transversales.

3.4.2.3 De hormigón Reforzado continuos

En este caso se aumenta el refuerzo de armadura de manera que se logra un pavimento sin juntas. Es característico de este tipo de pavimentos la formación de fisuras transversales a intervalos relativamente cortos, las cuales son sostenidas por el refuerzo y no deben preocupar siempre y cuando estén uniformemente distribuidas.

3.4.2.4 De hormigón pretensado

Consiste en aumentar la rigidez de la losa de hormigón mediante el pretensado. De esta forma, se obtienen distancias entre juntas de hasta 200 metros. Su costo los vuelve prácticamente inaplicables, salvo para longitudes muy reducidas.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

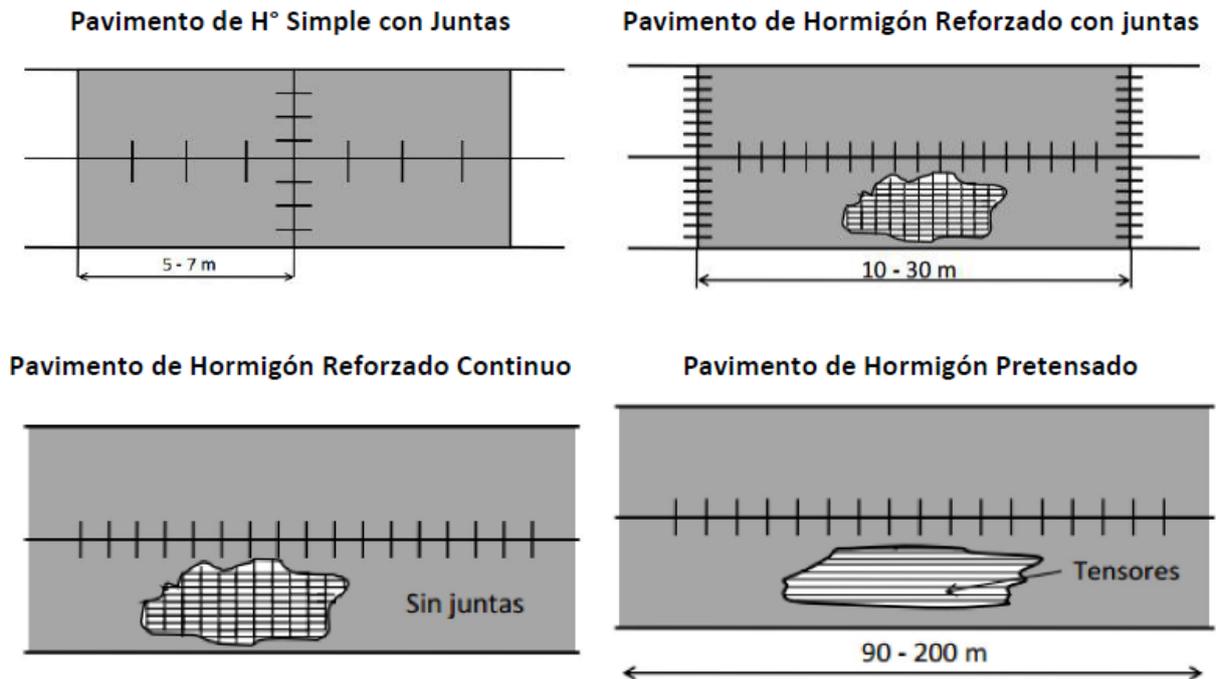


Imagen 3.2 Tipos de pavimentos de hormigón

3.4.3 Elementos componentes del sistema

En general, el paquete estructural de un pavimento de hormigón se encuentra conformado por la calzada de hormigón, que en la mayoría de los casos apoya sobre una base convenientemente preparada, y por otros elementos necesarios para garantizar la transferencia de carga, el control de fisuración y el drenaje de la estructura (Imagen 3.3).

- **Calzada de hormigón**
Es la capa superior del sistema que funciona como superficie de rodadura y brinda, en gran medida, la capacidad estructural requerida.
- **Base**
Es la capa ubicada inmediatamente debajo de la calzada. Su función principal es la prevención de la erosión de la interfaz losa-apoyo. Permite distribuir mejor las cargas, favorece el drenaje subsuperficial, protege a la subrasante de la acción de heladas, garantiza un soporte uniforme, y establece una plataforma de trabajo para la construcción de la calzada.
- **Subbase**
En algunas situaciones puede indicarse una segunda capa entre la subrasante y la calzada para un mejor control de los cambios volumétricos, favorecer el subdrenaje y generar una plataforma de trabajo menos susceptible a la condición climática y apta para la circulación de vehículos de obra.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- **Subdrenaje**

Su función es la de eliminar rápidamente el agua que se infiltra en la estructura del pavimento. No suelen ser habituales en pavimentos urbanos.

- **Juntas**

Delimitan el tamaño de las losas, contribuyen en el proceso de transferencia de carga, permiten el movimiento relativo de las losas, y facilitan la división y sectorización de la construcción. Asimismo, permiten controlar la formación de fisuras intermedias, tanto a edad temprana como en servicio.

- **Transferencia de cargas**

Es la habilidad de una junta para transferir parte de la carga aplicada en una losa hacia la contigua. Ello se logra a través del mecanismo de trabazón de agregados, entre las caras de la fisura que se desarrolla por debajo de la junta, mediante la colocación de pasadores, o por la combinación de ambos mecanismos.

- **Cordón cuneta - banquetas. Soporte de borde**

El empleo de cordones monolíticos / vinculados a la calzada de hormigón otorga un beneficio estructural adicional, al conferir un soporte adicional a los bordes del pavimento. De esta manera se reducen las tensiones y deflexiones generadas por la aplicación de las cargas de tránsito, permitiendo aumentar la capacidad del pavimento o reducir los espesores mínimos necesarios.

El soporte adicional también puede conseguirse mediante la utilización de cordones cuneta, carriles para estacionamiento, el ensanche de carriles y en caso de pavimentos en zonas sub-urbanas o rurales, mediante el empleo de banquetas vinculadas de hormigón.

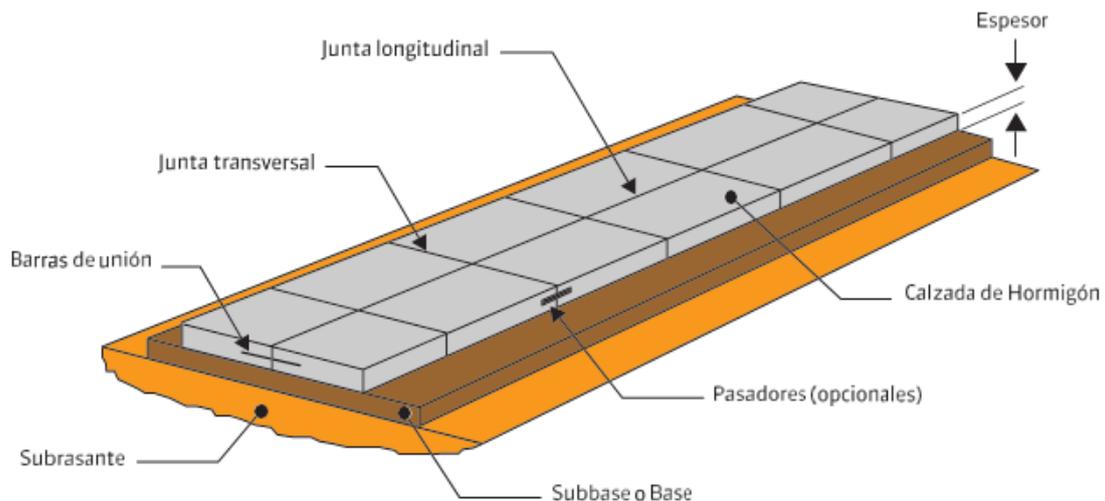


Imagen 3.3 Estructura tipo de un pavimento rígido

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

3.5 DIFERENCIAS ENTRE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN Y DE ASFALTO

Su principal diferencia es cómo cada uno de ellos transmite las cargas a la subrasante (Imagen 3.4). La alta rigidez de la losa de concreto le permite mantenerse como una placa y distribuir las cargas sobre un área mayor de la subrasante, transmitiendo presiones muy bajas a las capas inferiores. Por sí misma, la losa proporciona la mayor parte de la capacidad estructural del pavimento rígido.

El pavimento flexible, está construido con materiales débiles y menos rígidos (que el hormigón), más deformables, que transmiten a la subrasante las cargas de manera más concentrada, distribuyendo el total de la carga en menos área de apoyo. Por lo tanto, el pavimento flexible normalmente requiere más capas y mayores espesores para resistir la transmisión de cargas a la subrasante. En la tabla 3.1 se detallan otros factores distintivos que caracterizan a los pavimentos.

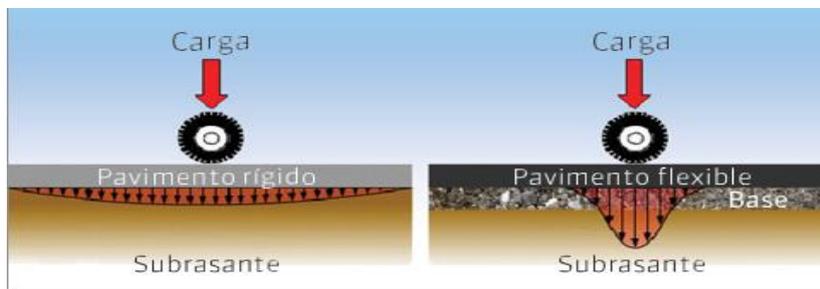


Imagen 3.4 Distribución de cargas en pavimentos

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Tabla 3.3 Diferencias entre los pavimentos flexibles y rígidos

	PAVIMENTO RÍGIDO	PAVIMENTO FLEXIBLE
COSTO DE CONSTRUCCIÓN	MAYOR	MENOR
COSTO DE BACHEO	ALTO	BAJO
COSTO DE REHABILITACIÓN	MÁS COSTOSA	MENOS COSTOSA
AHUELLAMIENTO	NO	SÍ
ADHERENCIA	QUÍMICA	FÍSICA
DEFORMACIÓN	10 VECES MENOR	10 VECES MAYOR
JUNTAS	SI NECESITAN	NO NECESITAN
COLOR-REFLEXIÓN	CLARO – ALTA REFLEXIÓN	OSCURO – BAJA REFLEXIÓN
MANTENIMIENTO INICIAL	BAJO	ALTO
COMODIDAD DE CIRCULACIÓN	MENOR	MAYOR

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

4.1 OBRA: “PAVIMENTACION BARRIOS: ARGÜELLO NORTE, LOURDES, VILLA BELGRANO, VILLA ARGÜELLO Y VILLA ALLENDE PARQUE”.

La ejecución de la obra de pavimento en los barrios: Arguello Norte, Lourdes, Villa Belgrano, Villa Arguello y Villa Allende Parque, ubicados al Noreste de la ciudad de Córdoba; cuyo costo será financiado por la Subsecretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda; dependiente de la Secretaria de Obras Publicas del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios tiene como objetivo lograr una significativa mejora en el drenaje superficial de aguas pluviales, mejorando además el tránsito vehicular y peatonal, y reduciendo los costos actuales de mantenimiento (perfilado de calles de firme natural). Adicionalmente, quedarán materializadas las líneas de vereda, brindando un mayor grado de consolidación de la urbanización existente.

Las principales características de estos barrios se resumen a continuación:

Tabla 4.1 Características de los barrios

Barrio	Sup. [Has]	Nº Viviendas	Población [hab]	Valor Inmueble	Hacinamiento	Estud Univer
Argüello Norte	367,1	2.686	12.327	Bajo	Alto	Bajo
Lourdes	8,5	153	801	s/d	s/d	s/d
Villa Belgrano	258	1.368	5.253	Alto	Medio	Alto
Villa Argüello	s/d	2.879	11.002	Alto	Medio	Alto
Villa Allende Pque	155,6	760	3.169	s/d	s/d	s/d

En la tabla anterior (Tabla 4.1) se indican los valores de superficies, número de viviendas, población, valor del inmueble, hacinamiento y nivel de estudios que caracterizan a cada uno según datos disponibles del último censo de población (2001).

Las calles, que en el presente informe se analizaron, se ubican en el barrio Villa Belgrano. A continuación se enumeran la totalidad de las mismas según proyecto:

Ejecución de cordón cuneta y carpeta asfáltica

- Liebig e/T. Brahe y Gauss
- Berzelius e/T. Brahe y Gauss
- Cavendish e/final y Gauss
- Newton e/final y Gauss
- Balard e/T. Brahe y Gauss
- T. Mann e/Tycho Brahe y T Brahe
- Lagrange e/Nepper y Borelli
- Borelli e/Lagrange yLasalle
- Pje Mlot,Rihet y s/N y Pje s/calle D' Alembert
- Pasaje Torricelli desde Abbe

Ejecución de cordón cuneta y pavimento H° con cordón unificado

- Tycho Brahe e/ Boyle y Balard

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- Gauss e/ Liebig y Balard
- Ejecución de carpeta asfáltica en:
- Pasaje Lasalle

El proyecto comprende la construcción de calles con perfiles viales tipo y la ejecución de la misma está a cargo de la empresa AFEMA S.A. bajo la inspección de la Municipalidad de Córdoba.

El proyecto está caracterizado con el fin de mantener una identidad del barrio, motivo por el cual no fue posible cambiar algunos aspectos del proyecto original, fundamentalmente con el perfil del cordón cuneta adoptada.



Imagen 4.1 Ubicación de calles en barrio Villa Belgrano

Tabla 4.2 Porcentaje de afectación de la obra por barrio

Barrio	% benef	Sup. [Has]	Nº Viviendas	Población [hab]
Argüello Norte	15	55	403	1.849
Lourdes	100	8,5	153	801
Villa Belgrano	25	65	342	1.313
Villa Argüello	5	s/d	144	550
Villa Allende Pque	50	38,9	380	1.585

En la Tabla 4.2 se aprecia, por cada barrio de la obra de pavimentación, el porcentaje afectado por la misma y su correspondiente población y número de viviendas beneficiadas lo que da un total de 1.422 viviendas y 6.098 habitantes.

Además, dentro del límite de los barrios citados se ubican dos centros de salud municipales, y cuatro establecimientos educacionales (uno municipal y tres provinciales del nivel inicial y primario).

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

La empresa deberá proveer todos los materiales y equipos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos contratados. El Sistema de Contratación será por "Unidad de Medida" previsto en el Artículo 100 del Decreto 1665/57.

La Municipalidad de Córdoba cobrará a los vecinos frentistas beneficiados con el pavimento en concepto de "contribución por mejoras" de acuerdo a la Ordenanza 6960/79-Art. 24-Inc "a". El Plazo de ejecución de la presente obra es de 360 (Trescientos Sesenta) días calendarios.

4.2 OBJETO DE LA OBRA

Comprendió la provisión, colocación y puesta en servicio de todos los materiales enunciados en el proyecto de la obra, en un todo de acuerdo a lo estipulado en la Memoria Descriptiva, planos, pliegos y planillas que lo integraron.

Los trabajos a ejecutar en virtud del contrato celebrado, son los siguientes:

- a) Nivelación completa de la traza con el objeto de abalizar los vértices y puntos de la traza y la colocación de mojoneros como puntos fijos para la ejecución de la obra.
- b) Ejecución de sondeos a lo largo de la obra con el objeto de precisar la posición de la infraestructura existente y que pueda ser afectada por la obra.
- c) Rotura, extracción y traslado del material que fuera necesario.
- d) El movimiento de suelo que fuera necesario para llegar a cota de apoyo del paquete estructural proyectado.
- e) El desmantelamiento y extracción de todo elemento que obstaculice la ejecución de la obra (árboles, postes de Ho o madera con sus respectivos sostenes, alambrados, veredas, etc.) y su posterior reposición.
- f) Los trabajos necesarios para el mantenimiento y reposición de cañería de agua, gas, cloaca, alumbrado público, semáforos, teléfonos, etc. que puedan encontrarse en la calle y que afecten la realización de la obra, o que fueran afectadas por ella.
- g) El movimiento de suelo que fuera necesario para llegar a cota de apoyo del paquete estructural proyectado.
- h) Preparación y compactación de la subrasante en 0.15 metros de espesor, según los perfiles transversales indicados en planos.
- i) Ejecución de las sub- bases y bases granulares y carpeta asfáltica incluyendo la provisión de los materiales, según los perfiles transversales indicados en planos
- j) Ejecución del cordón cuneta y bocacalles de hormigón simple de 0.15 m de espesor de acuerdo a lo indicado en planos de proyecto, incluyendo la provisión de los materiales.
- k) La conservación de las obras durante su ejecución y durante el plazo de garantía.
- l) Todos los trabajos necesarios para la completa y correcta terminación de las obras a ejecutar, en correspondencia a los que aquellas estén destinadas.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

4.3 DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

En función de lo establecido en los apartados anteriores, el paquete estructural fue diferente según el tipo de pavimento que se realizó, ya sea rígido o flexible.

Para los pavimentos, enmarcado en la categorización de flexibles, el paquete estructural tuvo un espesor total de 32cm, formado por:

- Subrasante: su espesor fue de 15 cm conformada por el suelo natural del lugar sin materia vegetal.
- Subbase: su espesor fue de 15 cm; materializada con suelo arena, el cual corresponde a suelos limo-arenosos con una dosificación 20-80 (20% de suelo – 80% de arena).
- Base Granular: de 12 cm de espesor; constituida por material tipo 0-20.
- Carpeta Asfáltica: su espesor fue de 5cm.

Las cunetas fueron construidas con hormigón, ubicado sobre la subbase granular, previamente compactada.

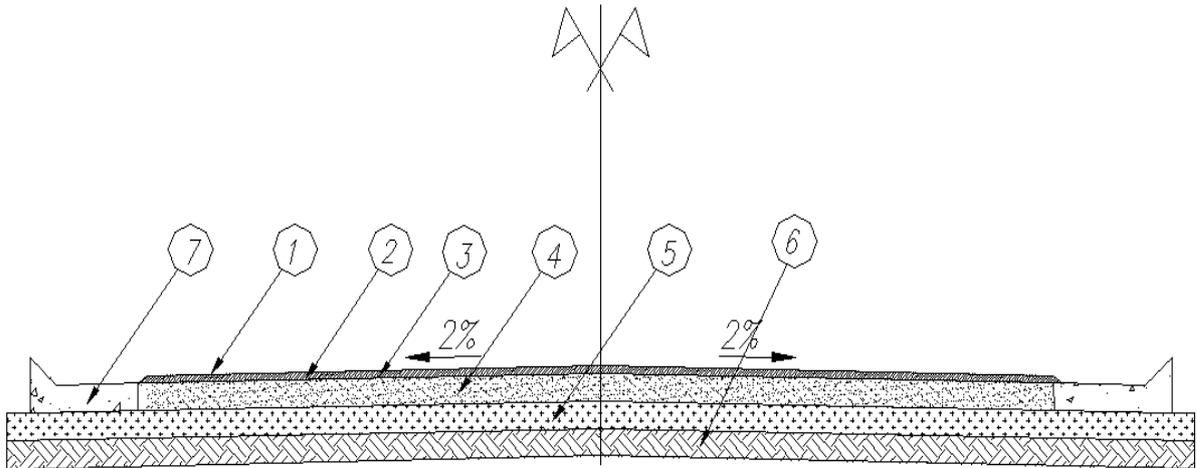
Para los pavimentos del tipo rígido, el paquete estructural estuvo compuesto por:

- Subrasante: su espesor fue de 15 cm conformada por el suelo natural del lugar sin materia vegetal.
- Subbase: su espesor fue de 15 cm; materializada con suelo arena, el cual corresponde a suelos limo-arenosos con una dosificación 20-80 (20% de suelo – 80% de arena).
- Losa de hormigón de 15 cm de espesor con cordón cuneta unificado.

Las bocacalles y badenes estuvieron constituidas por carpetas de hormigón simple de 15cm de espesor, asentadas sobre la subbase granular. Las imágenes 4.2 y 4.3 muestran un corte transversal de las calles, el cual permite observar el paquete estructural para un determinado perfil tipo.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

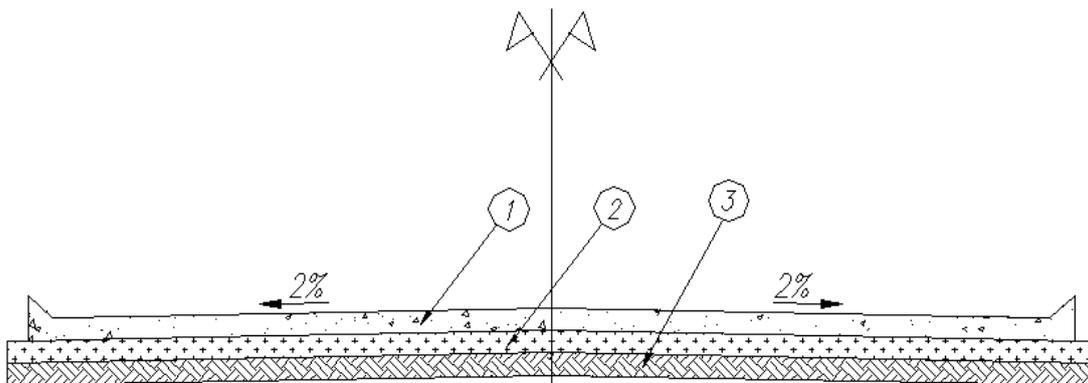


- ① Carpeta asfáltica de 0,05mts. de espesor compactado. Cemento asfáltico de penetración 50-60. Compactación al 98 % de la densidad Marshall con densificación de 50 golpes por cara de la probeta.
- ② Riego de liga con asfalto diluído ER-1 a razón de 0,2 a 0,5 lts/m².
- ③ Imprimación con asfalto diluído EM-1 a razón de 1,0 a 1,5 lts/m².
- ④ Base granular de 0,12mts. de espesor compactado con densificación igual o superior al 98% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; con C.B.R. no inferior al 80% a dicho valor de densificación.
- ⑤ Sub-base de suelo-arena (80%de arena silíceas - 20% de suelo seleccionado) de 0,15mts. de espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; con C.B.R. no inferior al 40% de dicho valor de densificación.
- ⑥ Sub-rasante compactada en 0,15mts. de espesor densificada al 90% del Ensayo AASHO T-180; constituida por suelos con densidad no inferior a 1,50kg/m³ en el ensayo AASHO T-99.
- ⑦ Cordón cuneta de hormigón de 0,15mts de espesor.

Imagen 4.2 Perfil transversal calle Newton y Liebig

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



- ① Pavimento de Hormigón simple con cordón-cuneta unificado de 0,15m. ó 0,18m de espesor según proyecto.
- ② Sub-base de suelo-arena (80% de arena silícea - 20% de suelo seleccionado) de 0,15m. de espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180.
- ③ Sub-rasante compactada en 0,15m. de espesor con densificación igual o superior al 90% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; constituida por suelos con densidad no inferior a 1,5kg/m³ en el ensayo AASHO T-99.

Imagen 4.3 Perfil transversal calle Gauss

4.4 INSTALACIÓN DEL OBRADOR

Al tratarse de obras viales de pequeña envergadura los requerimientos a la hora del diseño del obrador son pocas, sólo fue necesario contar con una casilla para el alojamiento de los instrumentos y herramientas manuales de trabajo y baños químicos. Teniendo en cuenta que no era necesario el alojamiento permanente del personal, los requerimientos de espacio físico no fueron de gran magnitud; todos ellos se ubicaron en espacios privados. Las máquinas empleadas fueron guardadas a la intemperie.

4.5 DESAGÜE DE LAS AGUAS PLUVIALES

Uno de los principales inconvenientes que se presentaron a la hora de garantizar un correcto desagüe de las aguas fue la topografía accidentada con fuertes desniveles, tal es el caso de las calles Liebig y Gauss, en donde fue necesario realizar algunas modificaciones en el proyecto original.

El trazado se desarrolló en topografía accidentada, en una zona urbana con viviendas consolidadas; presentando en algunas situaciones cotas de umbrales y de

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

desagües pluviales muy bajas si se las relaciona con la cota del terreno natural. Todo ello, implicó condicionantes en la rasante, situación que hizo, por ejemplo, descender 10 cm a rasante en calle Liebig respecto del proyecto original.

Este aspecto, es de gran relevancia dado que un incorrecto desagüe de las aguas de lluvia implica el mal funcionamiento del pavimento proyectado, sin importar que en su aspecto estructural se haya realizado adecuadamente. De esto la Dirección de Obras Viales de la Municipalidad de Córdoba, en “Normas para la presentación de Proyectos de Infraestructura Vial y de drenaje”, destaca dos funciones a cumplir:

- *Función básica:* Para calles locales, colectoras y arteriales el límite admisible asegura que viviendas residenciales, edificios públicos, industriales y comerciales no deben ser inundados. La altura máxima de inundación admisible es el nivel de paso de los edificios, jardines, playas y toda zona fuera de los edificios que no esté protegida. La altura de agua sobre el fondo de la cuneta o badén no debe sobrepasar los 0,50m.
- *Función complementaria:* Para calles locales el límite admisible es tal que no se debe sobrepasar la altura del cordón aun cuando se pueda alcanzar el coronamiento.

El escurrimiento de las aguas de lluvia fue garantizado por pendientes longitudinales superiores a la mínima (0.3%). El desagüe de las mismas se hizo a través de cunetas, a partir de las cuales son conducidas y luego arrojadas al Río Suquía. El viaje del agua de las calles Liebig, Cavendish y Newton llegan a las cunetas de la calle Gauss, a partir de la cual son conducidas hasta su destino final. Sólo un pequeño tramo de la calle Liebig, consecuencia de los fuertes desniveles, desemboca en la cuneta de la calle Tycho Brahe.

El detalle de los límites de inundabilidad se muestra en la imagen 4.4.

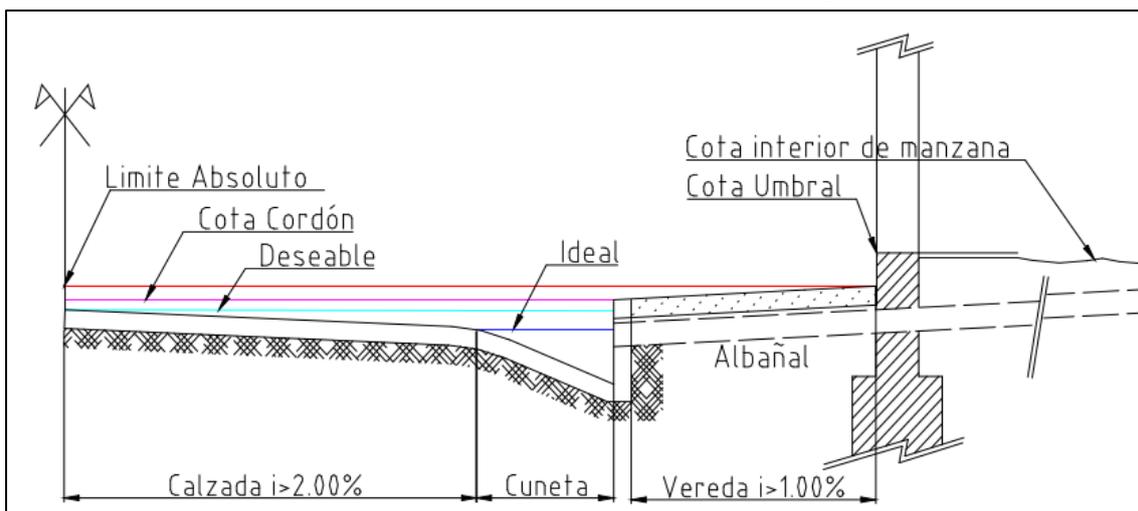


Imagen 4.4 Límites de inundabilidad

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

La correcta determinación de rasantes y sus pendientes dependió de la adecuada definición del escurrimiento de las aguas. En la siguiente imagen se muestra el sentido de escurrimiento de las aguas superficiales en la zona trabajada.

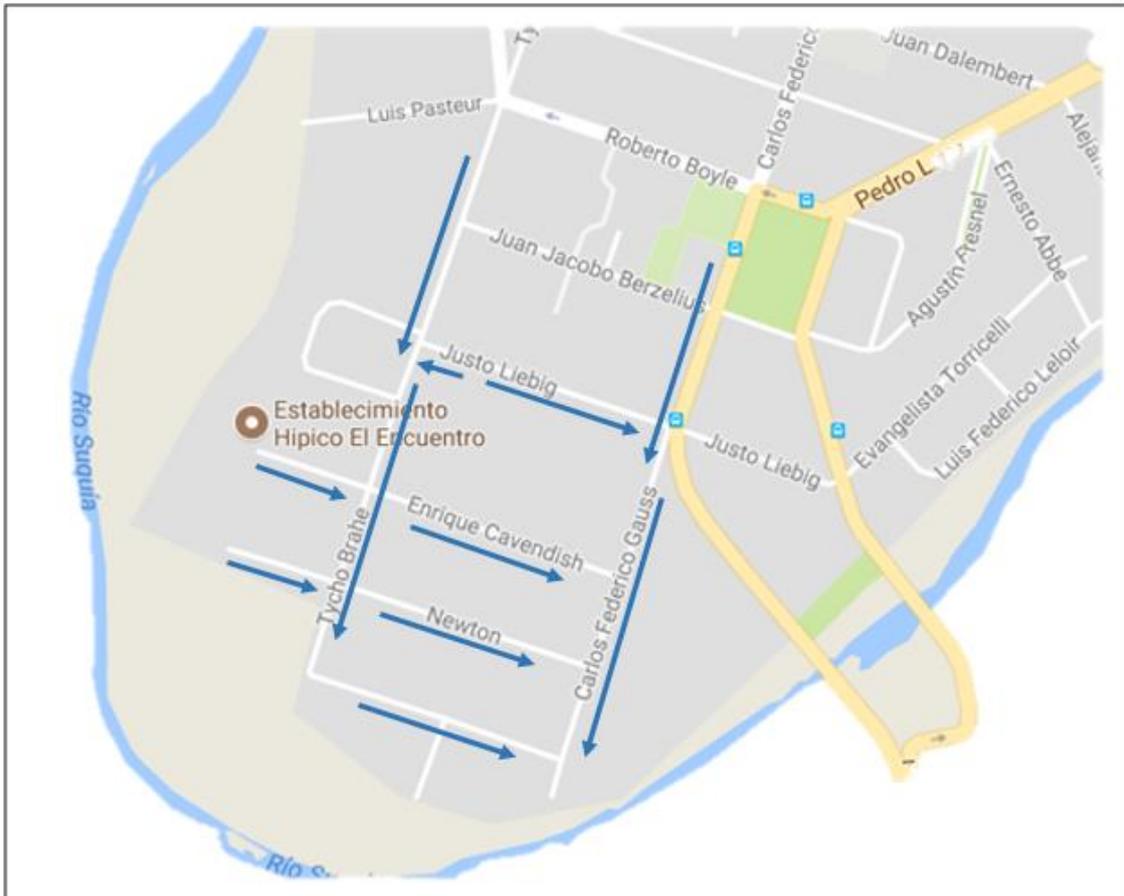


Imagen 4.5 Sentido de escurrimiento en zona de trabajo

Como recomendaciones para un diseño óptimo es necesario que la cota de rasante sea levemente inferior a la cota del terreno natural, lo cual implica una serie de beneficios que se listan a continuación:

- Reducción de costos de construcción, al ser los volúmenes de desmonte pequeños.
- Una diferencia entre cotas excesiva implicará problemas para el calzado de los cordones, taludes muy empinados tanto para el cruce peatonal como para la accesibilidad por parte de los vehículos a las viviendas.
- Facilidad para la compactación de los diversos materiales que constituyen el paquete.
- Facilidad para el manejo de las maquinarias.
- Facilidad para el calzado de los cordones con suelo vegetal, el cual puede

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- suprimir el uso de cargadores con la ventaja de permitir el paso de vehículo limitando de esta manera interferencias en el tránsito.
- El efecto erosivo del agua es menor debido a las menores pendientes.

Grandes diferencias, en un sentido u otro, entre la cota de rasante y la del terreno natural, conducen a inconvenientes de diferente índole:

- El trabajo puede resultar más complejo. Si la diferencia es muy significativa, puede requerirse la construcción de terraplenes. Pueden existir, además, inconvenientes con la presencia del suelo vegetal, a tal punto de que sea necesario efectuar una excavación para luego rellenar con material útil para la construcción de la subrasante, con el posible agravante de que sea insuficiente, en la zona de obra, el suelo disponible para ello. Además, una rasante sobre elevada implica el relleno de terrenos para elevar las viviendas, la extracción y transporte de material para el calzado de cordones, la falta de confinamiento de las cajas, etc. No obstante, en algunos casos y dependiendo de las circunstancias, los factores anteriormente mencionados pueden constituir un aspecto positivo; por ejemplo, la necesidad de distribuir material para incrementar la altura de los terrenos puede ser conveniente en aquellos casos en que la superficie de la zona de acopio es insuficiente.

La importancia de tener en cuenta los factores aquí mencionados radica en el hecho de que no siempre es posible acceder a la cota óptima de la rasante respecto de la del terreno natural, puesto que en la mayoría de los casos los niveles se encuentran condicionados por las pendientes de escurrimiento y, fundamentalmente, por las variaciones de altura que presenta el terreno.

4.6 DEFINICIÓN DE LA PLANIALTIMETRÍA

Por ser un barrio consolidado con sus calles definidas en los parcelarios, el diseño planimétrico de este proyecto no fue desarrollado, por lo que el proyecto se ajustó a los condicionantes y dimensiones existentes. Para posicionar el proyecto en el terreno se ubicaron los respectivos ejes de calles del proyecto entre líneas municipales.

El diseño altimétrico del proyecto contempló la definición de la rasante de las calles Newton, Cavendish, Liebig y Gauss, partiendo de puntos fijos sobre el pavimento existente.

En la determinación de las rasantes se debieron verificar los correctos desagües de las viviendas existentes hacia la calzada y la compatibilidad de altura con las calles perpendiculares en los cruces. Fue por ello que se proyectaron los umbrales y albañales de las viviendas relevadas, en el perfil longitudinal con el fin de trazar correctamente las rasantes. Se debieron proyectar también las calles perpendiculares al eje en cuestión, para lograr el correcto drenaje del agua superficial de todo su entorno. En la imagen 4.6 puede observarse que para la definición de la rasante ésta no podía pasar a más de 15 cm de cualquier desagüe,

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

ya que si ello ocurría se estaría dejando un desagüe por debajo de la línea de agua y por ende no permitiría el flujo. Además debía existir cierto desnivel entre la línea de agua y los umbrales, estimada en 25 cm, por ende la rasante no podía pasar a menos de 10 cm del nivel de cualquier umbral. Además existe un límite máximo al cual debió pasar la rasante de un umbral, relacionado con que sea posible el acceso tanto de vehículos como de personas.

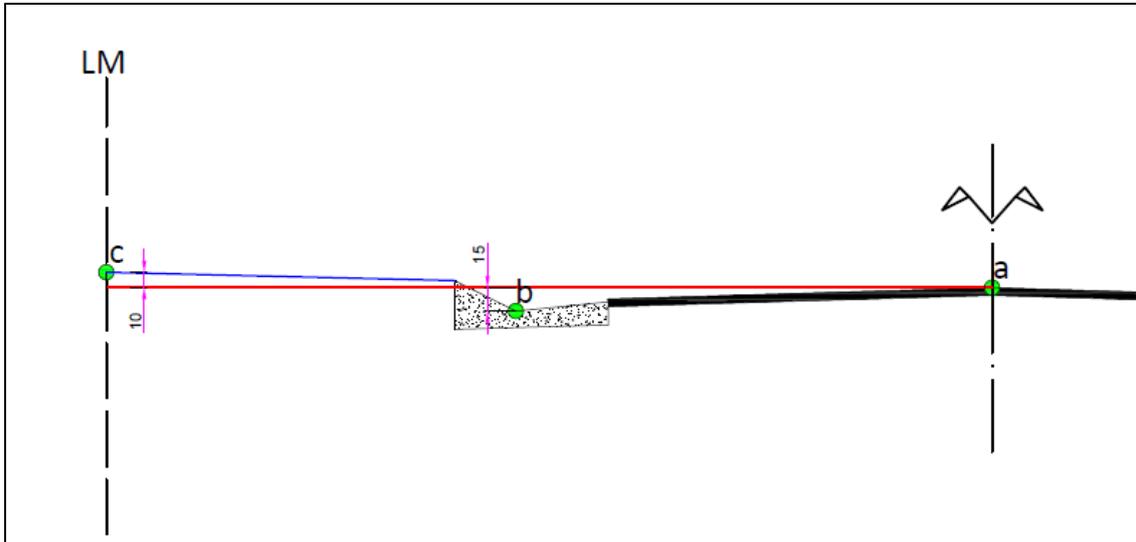


Imagen 4.6 Determinación de rasante

La imagen 4.7 es un tramo de la calle Justo Liebig, donde se observa cómo se cumplió con lo establecido anteriormente, se dejó un desnivel de 12 cm. con el desagüe (menor a 15 cm) y se respetó los 10 cm necesarios para los umbrales.

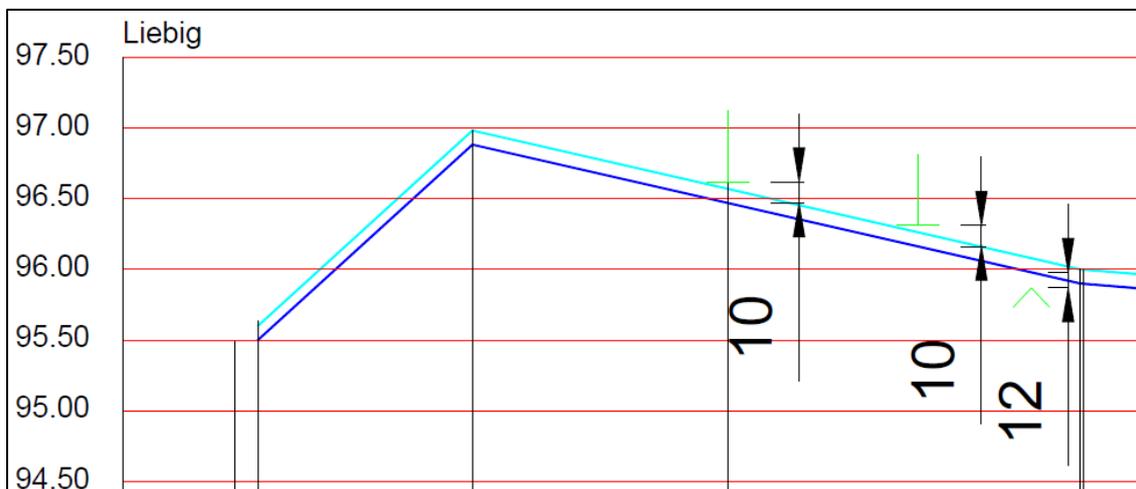


Imagen 4.7 Tramo perfil calle Liebig

Para el replanteo altimétrico, en obra se necesitó replantear la cota de ciertos puntos, como la altura de moldes para el pavimento, fondo de zanja, rasante de bases, pendientes, etc. Para ello se contó con una red de Puntos Fijos Altimétricos y con los planos de proyecto de la obra, los cuales deben estar necesariamente en el mismo sistema de cotas.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

La metodología seguida puede resumirse de la siguiente manera:

- Se estacionó el nivel en un lugar cómodo y dominante de la zona de trabajo, se colocó la mira sobre el punto fijo y se tomó lectura; calculando así el Horizonte instrumental J, sumándole a la cota del Punto Fijo la lectura en la mira.
- Con ello, se determinó la lectura en la mira en el punto a replantear haciendo la resta entre el Horizonte J y el dato de cota de proyecto del punto a replantear.
- Se colocó la mira en el punto a replantear, se tomó lectura y se efectúa la diferencia entre la lectura calculada y la lectura obtenida, esta diferencia será lo que debe desplazarse el punto verticalmente para estar en su posición correcta altimétrica.
- Si la diferencia es positiva, implicó que el punto está alto y se debió bajar, y si es negativo lo inverso.
- Dicho proceso se repitió tantas veces hasta que la lectura calculada sea igual a la lectura obtenida, estando el punto de esta manera en su posición correcta.

En cuanto a la importancia de los errores que puedan derivarse del replanteo se hace una serie de consideraciones:

- Para la ejecución de la subrasante, los errores no son de importancia, siempre y cuando no excedan los 3/4cm. Si el nivel de subrasante es superior al correcto implicaría un menor espesor de subbase, y si tenemos en cuenta el tránsito, que en la mayoría se cataloga como liviano, ello no traería inconveniente en cuando al funcionamiento estructural del mismo. Si el nivel de subrasante es inferior al correcto, implicaría un mayor uso de material de subbase y junto con su relativo bajo costo no generaría inconvenientes. Estos errores se deben fundamentalmente cuando se ejecuta el corte sobre estaca empleando motoniveladora.
- Para la ejecución de la subbase, el error deberá reducirse no excediéndose de 1 cm. Si el nivel de subbase es superior al correcto, todo lo considerado para el ítem subrasante es válido. Cuando sucede lo contrario implicaría un aumento en el espesor de base, y por ende un incremento de los costos. Para el caso de los pavimentos de hormigón un incremento en su espesor sería muy grave considerando el elevado costo del material.
- En la construcción de la base granular, el error también debe ser nulo. Sin embargo, las consecuencias estarán directamente relacionadas al tipo de equipo utilizado para la confección de la carpeta asfáltica. Si se usa una terminadora de asfalto con palpadores, no se conseguirán los espesores teóricos, lo cual puede implicar, según el sentido del error, un déficit de espesor en la carpeta o, por otro lado, el uso innecesario de material, lo que resulta altamente costoso. Si el equipo no dispone de un sistema de palpadores y se limita solo a la distribución de una carpeta de espesor teórico (5 cm en este caso) resultará una superficie irregular, pudiendo dificultar el escurrimiento del agua.

CAPÍTULO 5. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

5.1 LIMPIEZA DE TERRENO EN ZONA DE CALLES

Realizado el replanteo, el paso a seguir consistió en la remoción del suelo vegetal, es decir que, con el objeto de lograr que la superficie fuese apta para iniciar los demás trabajos, se tuvo que demoler y retirar de la zona de trabajo todo material existente no utilizado a fin de llegar a la sección transversal definida, de acuerdo a las especificaciones y disposiciones del proyecto, así como también retirar los escombros, tierra y cualquier otro elemento que obstaculizara la ejecución de la obra. La remoción del suelo vegetal se realizó mediante el uso de motoniveladora y posterior retiro utilizando cargador frontal y camión volcador de 8 m³ de capacidad.



Imagen 5.1 Limpieza de terreno en calle Gauss



Imagen 5.2 Limpieza de terreno en calle Cavendish

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.3 Limpieza de terreno en calle Liebig

En las imágenes anteriores se observa la limpieza llevada a cabo en cada una de las calles; la que generó mayor complicaciones fue en calle Justo Liebig debido al avance de las construcciones.

5.2 RELEVAMIENTO IN SITU DE CONEXIONES

Ante la falta de planos que pudieran inferir la ubicación precisa de las conexiones de los distintos servicios fue necesario relevar in situ la posición de las mismas, así poder realizar el desmonte y llegar a la cota de subrasante sin temor de dañarlas. En las imágenes 4.6 se muestran a modo gráfico lo mencionado, como también la rotura de una de ellas y la posterior reparación por parte de la prestadora de servicio, que en este caso se trata de Aguas Cordobesas. La reparación de la misma se realizó poco tiempo después de su rotura evitando de esta manera el malestar por parte de los vecinos.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.4 Relevamiento de conexiones en calle Liebig

5.3 DESMONTE

Para la determinación de la profundidad de excavación, para el caso de la calle Liebig, se realizó el siguiente procedimiento:

- Para dicha calle se identificó la cota de rasante en coincidencia con la calle Tycho Brahe y Gauss, indicada en los planos.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- Conocido el espesor total del paquete estructural, se restó para llegar a la cota de subrasante.
- Se calculó la pendiente del tramo, como la relación entre la diferencia de cotas de extremo y la longitud entre ambos puntos.
- Se determinó la cota de subrasante en cada una de las progresivas.
- Se tomó lectura en el punto fijo más cercano, de cota conocida.
- El horizonte visual correspondiente se obtuvo como la suma entre la cota del PF y la lectura en dicho punto.
- La lectura teórica de subrasante en cada progresiva se calculó como la diferencia entre el horizonte visual y la cota de cada punto.
- La profundidad de desmonte se obtuvo como la diferencia entre la lectura teórica y la lectura real en cada progresiva.

Esta etapa corresponde a la remoción del suelo existente, para llegar aproximadamente a la cota de subrasante. La cota a la cual se llegó, en general debió ser mayor, para luego como última etapa se pueda realizar una aproximación de mayor precisión.

Dada la poca profundidad, se empleó motoniveladora para llevar a cabo el desmonte, guiándose para ello de estacas de madera distanciadas unos 10 y 15 metros. Dado el pequeño volumen de tierra a remover, el trabajo se realizó acordonando el material en el centro de la calzada y su posterior retiro con cargador frontal o minicargadora, dependiendo de su disponibilidad en el momento de realización de los trabajos, y extracción de la cancha con camiones volcadores.

Una vez efectuado el destape con la pala cargadora y motoniveladora, debe perfilarse la calle mediante el uso de la motoniveladora, para emparejar así la superficie de la misma y dar un gálibo aproximado.

En las imágenes 5.5 y 5.6 puede visualizarse el desmonte efectuado en las calles Liebig y Gauss.

Posteriormente, se realizó una aproximación para alcanzar un nivel ubicado entre 3 cm y 4 cm por encima de la cota final de subrasante. Esto permitirá realizar la compactación del suelo, a partir de la cual el nivel experimentará un descenso de entre 2 cm y 3 cm, dando lugar al corte final sobre estaca. En la imagen 5.7 se observa la determinación de la cota final de subrasante por encima del nivel final para luego realizar la compactación según lo dicho anteriormente.

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

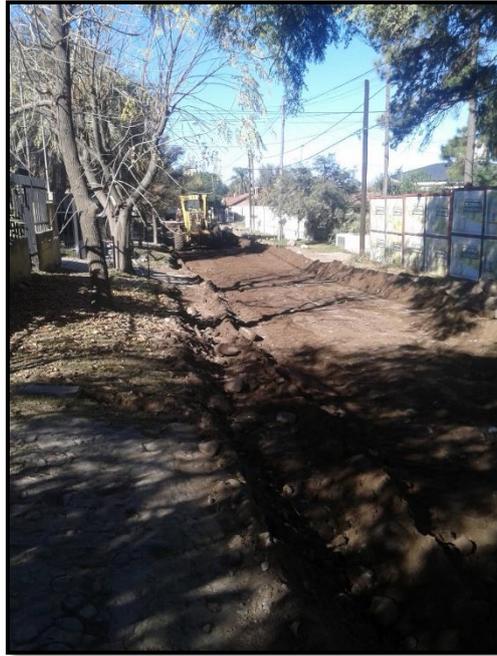


Imagen 5.5 Desmante en calle Liebig



Imagen 5.6 Desmante en calle Gauss

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Es importante que la cota antes de la compactación sea superior a la cota final ya que, de lo contrario, una vez realizado el corte, no podrá elevarse el nivel, puesto que cargar material sobre la subrasante terminada resulta inadmisibile (no se desarrolla adherencia entre ambas capas, fundamentalmente para espesores inferiores a 5cm, dependiendo de las características del suelo). De ese modo, debería procederse a la reconfomación del estrato, lo cual implica la utilización de equipos y mano de obra adicional, o bien a la compensación con un mayor espesor de subbase granular.

Para realizar dicha aproximación, fue conveniente efectuar orificios en el terreno cuya cota de fondo fue la requerida, y colocar cal hidratada en los mismos. Luego, se realizó el corte con motoniveladora, respetando el fondo de dichos agujeros. En caso de que sea necesario elevar el nivel, lo cual puede realizarse en esta etapa sin inconvenientes, pueden efectuarse plataformas con el mismo suelo natural, las cuales indicarán la cota para el terraplén. En la imagen 5.8 se grafica la forma que permitió al operario de la motoniveladora determinar el fin del corte, guiándose para ello mediante el uso de cal; si bien en la imagen se trata de material de subbase, lo mismo es aplicado para subrasante.

También es importante al realizar la aproximación que la diferencia no sea excesiva puesto que, en ese caso, al realizar el corte final, se retiraría una porción considerable del estrato compactado.



Imagen 5.7 Determinación de la cota de subrasante superior a la final

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.8 Aproximación a la cota de subrasante

5.4 PREPARACIÓN SUBRASANTE

A continuación se transcribe lo establecido según el pliego de especificaciones:

ITEM N° II: EXCAVACION Y EJECUCION DE SUBRASANTE

DESCRIPCIÓN

Se considera subrasante aquella porción de superficie que servirá de asiento o fundación a la o las capas de recubrimiento o firme a construir, conformando por lo tanto, la superficie de apoyo de la estructura del pavimento a ejecutarse sobre ella.

Las tareas de este rubro se refieren a la remoción de suelos no aptos o con excesos de humedad, que constituyan el apoyo del paquete estructural.

EXCAVACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA SUBRASANTE

La subrasante será conformada y perfilada mediante nivelación, eliminando irregularidades en todosentido para asegurar espesores correctos y uniformes de las capas que la recubrirán.

La compactación se realizará en capas de 15 cm de espesor se iniciará inmediatamente de extendido el material y se efectuará con pisones neumáticos, planchas o rodillos vibradores, y solo en caso de ser imposible el uso de procedimientos mecánicos la Inspección podrá permitir el empleo de pisones demano. Cada capa de suelo colocada deberá ser compactada hasta obtener el porcentaje de densidad que a continuación se indica con respecto a la máxima establecida por el ensayo que se especifica en la norma de ensayo VN-E-5-93:

TOLERANCIAS

El perfil de la subrasante será conformado y perfilado mediante nivelación eliminando irregularidades en todo sentido, para asegurar espesores correctos y uniformes de las capas que la recubrirán admitiéndose las siguientes tolerancias:

Diferencias de cotas entre bordes de la zona preparada no mayor al 4 o/oo. De no cumplirse, se deberá escarificar y corregir adecuadamente, no admitiéndose depresiones con capas de suelos de menos de 5 cm compactadas o en general con capas que no aseguren adecuadamente la adherencia con el material original.

CÓMPUTO Y CERTIFICACION

El precio será compensación total por la preparación de la superficie a recubrir, la provisión, carga, transporte, descarga y acopio de todos los materiales intervinientes, mezclas y distribución de los materiales, humedecimiento, perfilado y compactación de la mezcla; acondicionamiento, señalización, conservación de los desvíos y riego con agua de los mismos; corrección de los defectos constructivos; y por todo otro trabajo, equipos y herramientas necesarias para la ejecución y conservación de los trabajos especificados y no pagados en otro ítem del contrato.

Los trabajos del presente ítem se medirán y pagarán por metro cúbico (m³) de subrasante preparada y compactada en un espesor de 0,15 o 0,20 metros según se indique en planos.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Una vez alcanzado los niveles adecuados, se preparó la subrasante, que como se mencionó tendrá un espesor de 15 cm. Dicho estrato consistió únicamente en un mejoramiento del suelo natural, ésta se logra a través de una densificación del estrato. Contando con los datos del Ensayo Proctor Modificado para subrasante se pudo obtener la cantidad de agua que fue necesario aplicar, conocida la humedad natural. Además, fueron los valores utilizados como parámetros de comparación al realizar el control de densidades.

Para la conformación de la misma, sobre la cota de subrasante se escarificó en un espesor de 0,15m con motoniveladora, se procedió al humedecimiento y a dar uniformidad a la misma. Se continuó con el perfilado en los laterales, de acuerdo con los perfiles incluidos en los planos del proyecto, y la compactación con la utilización de un rodillo liso vibratorio. En la imagen 5.9 se observan los equipos empleados para la ejecución de las tareas de humedecimiento. En la imagen 5.10 se observa la cancha lista para efectuar la compactación.

Fue importante poder regular el caudal de riego para evitar la acumulación de humedad en puntos singulares, ya que esto podría generar baches, los cuales afectan en general a suelos finos que al no poder drenar en el corto plazo el agua, cualquier esfuerzo que se aplique (tal es el caso del esfuerzo de compactación) será absorbido por la misma dada su incompresibilidad. Con el tiempo el agua drenará por gravedad, dando lugar a un hundimiento y posterior falla del mismo.

El agua de riego se provee por lo general en varias pasadas, a medida que se realizó el mezclado del suelo por medio de motoniveladora, y así llegar a la humedad óptima. Estas acciones dependen mucho de la experiencia que se tenga en los procesos de humedecimiento.



Imagen 5.9 Equipos para la provisión de agua

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.10 Humedecimiento en subrasante calle Gauss

Finalizada esta tarea, y conformada la superficie del terreno mediante la motoniveladora, debe procederse a la compactación propiamente dicha, el cual se hizo con rodillo liso (Imagen 5.11).



Imagen 5.11 Vibrocompactador de rodillo liso Dynapac

Además, la compactación se vio incrementada debido a incrementos en la presión ejercida por el rodillo por efectos vibratorios. La metodología seguida fue comenzando por uno de los extremos y entre pasada y pasada superponiendo la

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

mitad del rodillo en cada una de ellas. En el momento en que la huella del rodillo se marcó con menor intensidad se supone que el grado de compactación alcanzado fue suficiente. Generalmente se trabajó cada 100 metros para los cuales fueron necesarias 10 pasadas.

El paso siguiente consistió en realizar el corte final y así alcanzar los niveles finales del estrato, para lo cual se realiza el estaqueado, permitiendo su visualización por parte del maquinista por medio de cal hidratada. Se relevó tanto las cotas del eje de la calle como de la línea de agua.

La extracción del material se realizó con cargador frontal y minipala cargadora, permitiendo en los momentos en que se la utilizaba mayores interrupciones en el tránsito, teniendo en cuenta el ingreso y egreso de vehículos debido a la presencia de una escuela infantil.

Como tarea final, se debió evaluar la presencia de baches en el estrato. En caso de que se presente un problema de este tipo, deberá retirarse el material y reemplazarlo por otro con humedad adecuada, para efectuar todo el tratamiento detallado hasta aquí. No es recomendable colocar un material de diferente calidad, puesto que presentará un comportamiento mecánico distinto, pudiendo generar inconvenientes en los estratos superiores.

5.5 PREPARACIÓN SUBBASE GRANULAR

A continuación se transcribe lo establecido según el pliego de especificaciones:

ITEM N° III y IV: EJECUCIÓN DE BASES Y/O SUB-BASES GRANULARES

DESCRIPCIÓN

Estos trabajos consisten en la construcción de una base o sub-base constituida por agregados pétreos con o sin la incorporación de suelos. Incluye la provisión de los materiales intervinientes, su procesamiento, transporte y ejecución de la capa correspondiente. Comprende también la extracción de todo elemento que impida formar el paquete estructural.

CÓMPUTO Y CERTIFICACION

El pago por la ejecución de bases o sub-bases medidos en la forma especificada, salvo especificación en contrario que se establezca en el Pliego Particular de cada obra, se realizará a los precios unitarios de contrato por metro cúbico (m³).

Estos precios serán compensación total por la preparación de la superficie a recubrir, la provisión, carga, transporte, descarga y acopio de todos los materiales intervinientes, mezclas y distribución de los materiales, humedecimiento, perfilado y compactación de la mezcla; acondicionamiento, señalización, conservación de los desvíos y riego con agua de los mismos; corrección de los defectos constructivos; y por todo otro trabajo, equipos y herramientas necesarias para la ejecución y conservación de los trabajos especificados y no pagados en otro ítem del contrato.

Para la ejecución de la subbase se utilizó un material compuesto por suelo y arena. Todo el procedimiento descrito para la ejecución de la subrasante también es aplicable para este caso. La diferencia radica en la compactación, ya que se trata de materiales friccionales y por lo tanto los esfuerzos inducidos por efecto de la vibración fueron fundamentales; ya que ellos permitieron un acomodamiento de los granos por medio de trenes de onda que viajan a través del estrato, anulando de esta manera la fricción interna y ocasionando así un reacomodamiento de la estructura interna del material, incrementando su densidad. La maquinaria utilizada

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

fue el vibrocompactador liso empleado para la compactación de la subrasante. Se comenzó por uno de los laterales y desplazándose progresivamente hacia el opuesto, de modo tal que haya una superposición de medio rodillo entre dos pasadas sucesivas.

Análogo al caso anterior, las tareas culminaron con el estaqueado y nivelación definitiva. Es importante aclarar en este caso que la precisión con que se ejecute esta capa es primordial, dado que faltante de material podría implicar incrementos en los espesores de la base o de hormigón, y por ende mayores costos, claro está comparados con el material de subbase. El corte final se realizó poco después de la compactación, esto es así debido a la dificultad de realizar el corte una vez endurecido el material de subbase. Por último se realizó el perfilado final.

Del mismo modo que en el caso de la subrasante, debió disponerse de los datos referentes al ensayo Proctor Modificado (humedad óptima y compactación máxima).

En este tipo de suelos es inusual la formación de baches, debido a la alta capacidad de drenaje con la que cuentan los mismos. De todos modos, en caso de que se presente una zona con exceso de humedad, como primera medida podrá dejarse reposar un tiempo prolongado con la posibilidad de que se produzca el saneado del mismo sin intervención.

Terminado el trabajo fue necesario efectuar los controles de calidad correspondientes (análogos al caso de subrasante).

En las imágenes 5.12 y 5.13 se resume la metodología seguida para la ejecución de la subbase, desde la descarga de material hasta su compactación.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.12 Ejecución subbase en calle Liebig

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

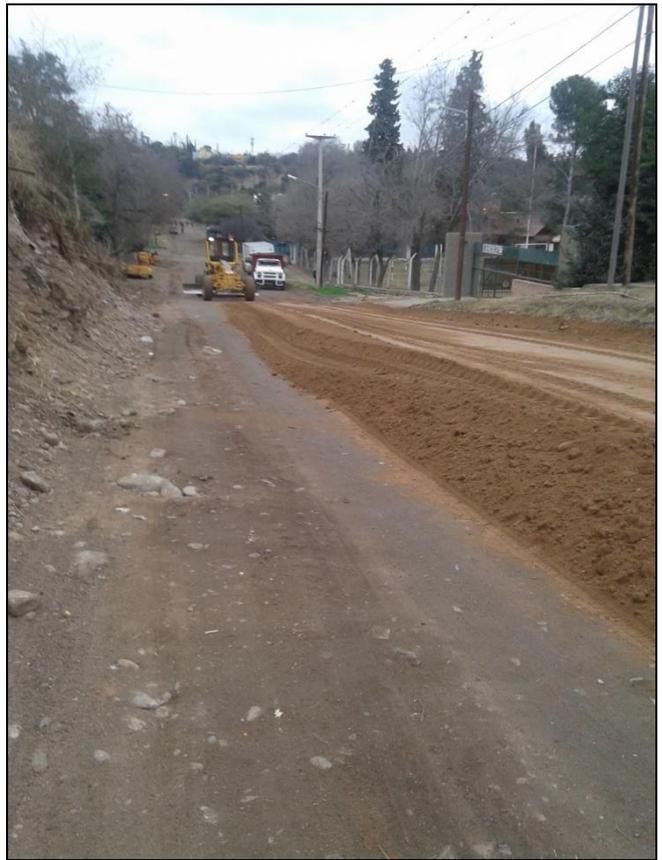


Imagen 5.13 Ejecución subbase en calle Gauss

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

5.6 PREPARACIÓN BASE GRANULAR

El material que compone la base es un material granular tipo 0-20, el cual fue descargado por medio de camiones volcadores, imagen 5.14, de 8 m³ y 25 m³, realizando 8 y 12 paradas respectivamente. Previo a ello fue necesario realizar un riego con el objeto de permitir una mejor distribución de la humedad. La altura de las cunetas se tomó como referencia para efectuar una primera aproximación de niveles.



Imagen 5.14 Descarga de material para base en calle Newton

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

En referencia a lo anterior, debió ponerse especial atención a la metodología empleada para brindar la humedad de compactación, fundamentalmente si la carpeta asfáltica se conforma inmediatamente después de haber terminado la preparación de la base granular ya que, en tal caso, existen mayores posibilidades de que permanezcan baches en la superficie de la misma. Por el contrario, si se trata de concentraciones de agua superficiales, puede ocurrir que las mismas se anulen sin necesidad de intervención luego de un tiempo prolongado.

Posterior a la descarga del material se distribuyó con motoniveladora hasta la altura del cordón, se regó y quedando así listo para la compactación (Imagen 5.15). El corte no se realizó de manera inmediata sino posteriormente (un mes aproximadamente) cuando se ejecutó la carpeta de rodamiento. Antes de proceder a la compactación, fue conveniente realizar un control con nivel óptico y verificar que exista la sobre altura necesaria para realizar el corte posterior, controlando el gálibo transversal y las pendientes de proyecto.



Imagen 5.15 Ejecución base granular calle Newton

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Teniendo en cuenta que se trató de un suelo friccional, resultó favorable utilizar un método por vibración. El procedimiento y la maquinaria empleada fueron análogas a las utilizadas en las etapas previas. En la imagen 5.16 se observa la base granular luego de ser compactada, esperando el momento de realizar el corte final.

Previa ejecución de la carpeta se realizó la nivelación definitiva y el estaqueado final. Es recomendable llevar a cabo esta tarea inmediatamente luego de haber terminado la anterior para evitar el secado de la superficie, lo cual la haría muy dificultosa debido al endurecimiento del material. En esta etapa se colocaron únicamente estacas sobre el eje de la calle, convenientemente distanciadas; las mismas se nivelaron a partir de la cota del cordón cuneta en esa progresiva. El corte en la zona límite con la cuneta pudo realizarse en forma directa, observando el borde interno.

La precisión con la que se lleva a cabo el trabajo es de vital importancia para lograr un espesor adecuado de la carpeta asfáltica, dentro de los límites de tolerancia especificados.

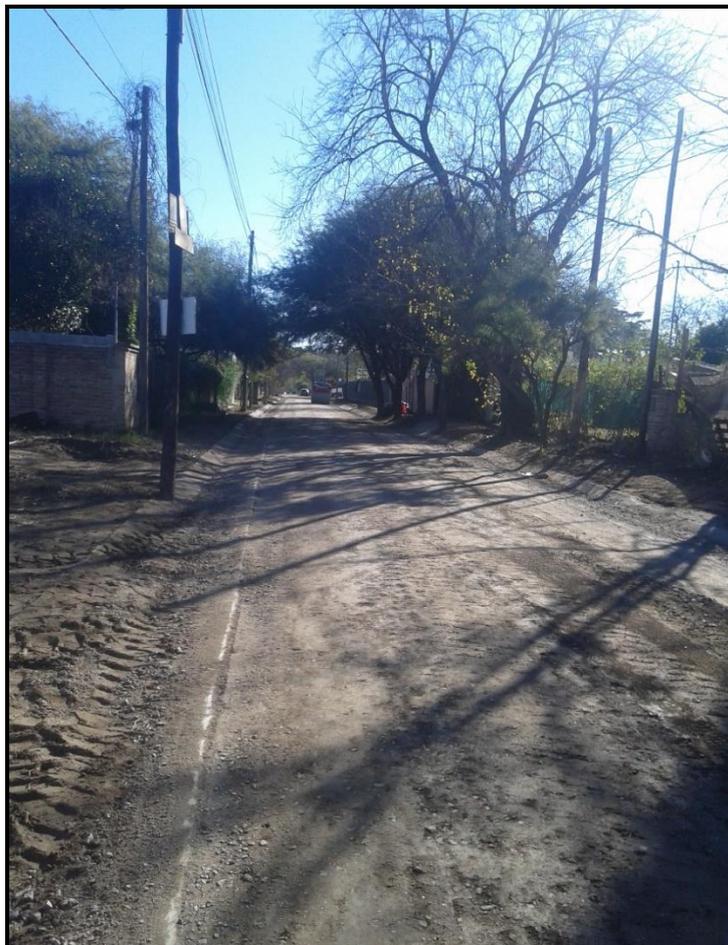


Imagen 5.16 Base granular previo estaqueado final, calle
Newton

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

5.7 EJECUCIÓN CORDÓN CUNETA

El replanteo y nivelación para la colocación de encofrados se materializó mediante la colocación de clavos de hierros bien ubicados y nivelados; la materialización de las líneas se hizo mediante tanza de albañilería colocando los clavos a una distancia igual a la diferencia entre el ancho de vereda y el ancho del cordón.

Posteriormente debió verificarse que la distancia entre cada par de puntos extremos coincidiera con la indicada en planos. Hecho esto, se colocaron clavos sobre la línea de trabajo, en progresivas ubicadas convenientemente (10 m o menos) y se nivelaron de modo tal que la cota del extremo superior del clavo coincidiera con la de los planos, en el punto correspondiente.

Luego debió disponerse una tanza o hilo sujeta en el extremo de cada uno de los clavos, y ello sirvió de guía para la ubicación de los encofrados.

En teoría, debe existir una distancia de 15 cm (igual al espesor de la cuneta) entre la tanza guía y la subbase granular.

Luego de esto se colocó el encofrado de la cuneta. En general, cada uno de ellos posee una longitud de 3 m; los moldes deben alinearse con la tanza y se colocaron de modo tal que la parte superior de los mismos sea paralela a la guía, tratando de que haya coincidencia entre ambas líneas. Para el replanteo y nivelación en dirección transversal, simplemente se ha tomado como referencia el punto ubicado en la línea de agua.

La posición de los moldes se afirmó correctamente para evitar el corrimiento de los mismos durante el colado del hormigón. Para ello se utilizaron clavos de hierro, o bien, material de desperdicio colocado sobre los mismos. Utilizar clavos tuvo la ventaja de una mayor prolijidad; evitó la posterior limpieza de la cancha, una vez retirados los moldes. Por el contrario, este método no permitió en algunas ocasiones asentar correctamente el encofrado, lo cual pudo provocar su desplazamiento arruinando el trabajo realizado.

Se debió agregar material por medio de la cargadora frontal para generar el talud y dar forma al cordón. Previo humedecimiento, se realizó la compactación por medio de pisones. El perfil del cordón es lo que comúnmente se denomina cordón tipo serrano.

Antes del colado se mojó las superficies del encofrado con gasoil permitiendo de esta manera un fácil desencofrado.

La provisión del hormigón lo realizó la misma empresa que ejecuta la obra, por lo tanto los controles de calidad del mismo es realizado en el laboratorio situado en Villa Retiro. El transporte fue realizado en camiones motohormigoneros de 9 m³ de capacidad, capacidad suficiente para realizar aproximadamente entre 40 a 45 metros lineales de cordón. En aquellos casos en que se debió hormigonar últimos tramos de cordones o para la realización de un muro que sirvió de sostén para evitar el colapso del material, pudo encargarse cantidades menores y con ello se evitó el desperdicio de material.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Como se ha mencionado, la calidad del hormigón fue garantizada por la empresa proveedora, de modo que resultaba inadecuado alterar las propiedades del mismo (añadiendo agua, por ejemplo, para lograr mayor trabajabilidad). Debió tenerse en cuenta que si el material de la subbase se encontraba totalmente seco, se produciría la absorción de una porción del agua del hormigón, conduciendo ello a un proceso de fragüe inadecuado. Esto se resolvió mediante el agregado de lonas sobre la base y taludes del cordón. Otro método que suele emplearse consiste en realizar un riego de la superficie de la subbase previo al colado.

La terminación de las cunetas debió ser lo suficientemente lisa como para garantizar el escurrimiento del agua. No obstante, debió tener a su vez cierta rugosidad para colaborar mediante la fricción a la detención de los vehículos.

Una vez colocado el hormigón se efectuó el vibrado del hormigón. En este caso, se han utilizado vibradores de inmersión de eje flexible.

Fue necesario depositar el hormigón tan cerca como sea posible a su lugar final de vaciado, descargándolo directamente desde la canaleta del camión motohormigonero. En zonas con pendientes elevadas, es recomendable utilizar hormigón con una consistencia mayor. Puesto que se trata de pequeñas superficies, el material se distribuyó utilizando una pala cuadrada corta.

La nivelación del hormigón se realizó mediante operaciones de fratachado y mediante regla se definió la línea de agua y las pendientes adecuadas, es decir fue utilizada a modo de guía. Esta operación debe ser terminada antes que el agua de exudación aparezca en la superficie. El fratas hace que los agregados gruesos se embeban, aplana la superficie y elimina los desniveles altos y bajos.

Se procedió luego a efectuar la terminación final de la superficie. Para el caso de losas, resultó adecuado utilizar una cinta flexible de fibra de vidrio, operada mediante dos personas con un movimiento repetitivo y siempre en un mismo sentido. Finalmente se llevó a cabo la materialización de las juntas. En el caso de las cunetas, se utilizaron separadores de 3 mm de espesor, colocados de manera tal que los mismos penetren al menos $\frac{1}{4}$ del espesor de la carpeta. Todo lo explicado puede resumirse en las Imágenes 5.17 y 5.18.



Imagen 5.17 Separadores para la materialización de juntas

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Un aspecto importante, que se observó en general en los trabajos de hormigón, fue el tiempo; fue crítico sincronizar las operaciones, por lo que resultó necesario terminar la excavación y la compactación de la subbase, como así también los trabajos de encofrado, con suficiente anticipación a la llegada del camión motohormigonero. Las demoras para iniciar la descarga crean problemas que pueden reducir la calidad final del hormigón terminado. Fue importante revestir la superficie de los moldes con aceite desencofrante, para facilitar el retiro de los mismos y evitar imperfecciones en el hormigón terminado.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.18 Metodología seguida para la ejecución de cordones cuneta

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

5.8 EJECUCIÓN CARPETA DE RODAMIENTO

A continuación se transcribe lo establecido según el pliego de especificaciones:

ITEM N° V: PROVISION Y COLOCACION DE MEZCLA BITUMINOSA TIPO ASFALTICO (CONCRETO ASFALTICO)

ESPECIFICACIONES GENERALES

Los trabajos de este rubro se refieren a la elaboración, provisión y entrega al pie de planta -usina asfáltica de mezclas bituminosas del tipo concreto asfáltico, densamente graduadas en caliente.

EJECUCION DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE

DESCRIPCION

Los trabajos de este rubro se refieren a la imprimación, riego de liga y ejecución de carpetas asfálticas de mezcla bituminosa del tipo concreto asfáltico, densamente graduadas en caliente, incluidos el transporte y colocación del concreto asfáltico en caliente, en las cantidades, tipos, horarios, días, frecuencias y oportunidades requeridas para las obras.

EJECUCION DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

Se refiere a la ejecución de pavimentos flexibles. Este pavimento será ejecutado mediante el recubrimiento con mezcla asfáltica en caliente, esparcida y distribuida con espesores variables, produciendo una superficie uniforme, con la lisura y rugosidad superficial adecuada.

El sistema de distribución será con terminador asfáltico.

IMPRIMACIÓN:

Este trabajo consistirá en dar una aplicación de material bituminoso imprimador sobre una base previamente preparada y aprobada, de acuerdo con estas especificaciones.

El orden de las operaciones principales en la ejecución de estas imprimaciones será:

Acondicionamiento final de la base a imprimir, verificando su compactación,

Humedad y conformación.

Barrido y soplado.

Aplicación del material bituminoso imprimador

Clausura y librado al tránsito.

Reparación de deformaciones y baches.

CARPETA ASFÁLTICA

Se refiere a la ejecución de pavimentos flexibles, por medio de frentes de trabajo simultáneos e independientes si fuere necesario, en los sitios y áreas ordenados por la Inspección.

Este pavimento será ejecutado mediante el recubrimiento de tales áreas con mezcla asfáltica en caliente, Tipo "A" - Gruesa, esparcida y distribuida en espesores varios, produciendo una superficie uniforme, con la lisura y rugosidad superficial adecuada. La calidad de la mezcla bituminosa a emplear y sus componentes deberá cumplir en un todo con las características y exigencias establecidas en el ÍTEM N°3: "Provisión de Mezcla Bituminosa Tipo Concreto Asfáltico".

CÓMPUTO Y CERTIFICACION

Las tareas del presente Ítem ejecutadas en un todo de acuerdo a las presentes especificaciones, salvo especificación en contrario que se indique en los Pliegos particulares de cada obra, se computarán y certificarán por Tn (toneladas) de mezcla asfáltica elaborada, colocada, compactada y aprobada.

Ese valor será compensación total por todos los trabajos, incluyendo mano de obra, equipos y materiales, transporte de los mismos a obra, y todo otro gasto que demande la terminación total de las tareas.

La principal diferencia entre base y carpeta radica en la mezcla asfáltica. En el primer caso se trata de una mezcla más abierta, con menor contenido de asfalto y mayor volumen de vacíos. Esto es así para obtener un comportamiento un tanto más rígido y elástico, de manera tal de evitar desplazamientos en el futuro. En cambio la carpeta asfáltica debe poseer un porcentaje mayor de asfalto, de manera tal de otorgar al pavimento de la micro y macro textura adecuada, y una mejor resistencia a la acción factores externos (tránsito y clima).

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Luego de preparada la base, existieron diversas razones por las que la carpeta no fue ejecutada inmediatamente. La Empresa fue responsable de la conservación de dichas capas y previamente se debió corroborar el estado de las mismas al momento de ejecución de la carpeta.

Realizados los controles sobre la base, referidos a compactación, humedad y conformación, se continuó con el riego de imprimación, previo barrido y soplado de la superficie, para extraer de ella todo polvo o material suelto.

Se debió verificar que el "diente" ejecutado respecto a la cuneta para la colocación de la carpeta asfáltica no supere los 5cm de espesor.

Bien se dijo que para ejecutar la carpeta de rodamiento fue necesario realizar el riego de imprimación, esto es una emulsión asfáltica que se usa para unir un material granular con uno asfáltico. Su objetivo es establecer una continuidad entre la superficie existente no tratada y la otra carpeta a ser colocada, de forma que el ligante penetre ligeramente por gravedad, impregne la superficie ennegreciéndola y la dote de una impermeabilidad uniforme. Antes de imprimir, se retiró de la superficie todo material suelto, polvo, suciedad o cualquier otro material extraño. La colocación se realizó mediante distribuidores, que consistía en una cisterna montada sobre un camión provisto de un sistema de calentamiento y un tubo con difusores por donde se libera el riego.

En las imágenes 5.19 y 5.20 puede verse el equipo empleado y la metodología seguida para la realización del "pintado".



Imagen 5.19 Equipo imprimador. Distribuidores. Guía del operador

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.20 Ejecución de la imprimació. Calle Newton y Liebig

A la hora del “pintado” debió cuidarse que la distribución sea homogénea, que no queden sectores sin aplicar. Se observaron sectores con material acumulado y sectores con escasez del mismo, los cuales posteriormente fueron cubiertos manualmente. En el caso de la calle Newton, imagen 5.21, al no realizarse la carpeta luego del pintado, se decidió por ejecutar una capa de arena-asfalto para de esta manera permitir el tránsito vehicular. La ejecución se hizo a través de la provisión de dicho material por medio de camiones volcadores y el espolvoreado manual por parte de los trabajadores. Finalizada la tarea, se procedió a la compactación por medio de rodillo liso, en el cual se verificó el correcto funcionamiento de los difusores de agua.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.21 Distribución, ejecución y compactación de capa arena-asfalto. Calle Newton

Antes de la ejecución de la carpeta, se realizó un proceso que se denomina “granceado”, Imagen 5.22, que consistió en la aplicación en forma manual de una pequeña capa de la mezcla que se utilizó en la carpeta y un posterior compactado. El objetivo del granceado es proteger la imprimación del paso de las maquinas que se utilizan en la aplicación de la carpeta de rodamiento.

Para la ejecución de la carpeta asfáltica, el sistema de distribución de la mezcla se realizó en caliente con terminadora asfáltica. La temperatura al momento de aplicarla debió hallarse dentro de los límites permitidos.

La cuadrilla de asfalto contó con compactadores liso con compactación dinámica por vibración, rodillos neumáticos, y un equipo combinado que posee vibro liso por delante y neumático por detrás.

En el cargado de la terminadora, el camión que en este caso dispone de una batea en donde se almacena la mezcla tuvo que acercarse muy despacio a la terminadora, cuando esto ocurrió la terminadora empujó al camión y de esa manera se garantizó que no se produzca un borde en la calzada que se está ejecutando. La terminadora debió trabajar simultáneamente con la menor cantidad de paradas posibles por ello es muy importante que los camiones con la mezcla lleguen antes de que la terminadora se quede sin material. A medida que la terminadora iba distribuyendo el material lo compactaba, ya que posee un sistema de compactado y vibrado, por detrás de esta entraba un rodillo liso.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.22 Aplicación del granceado

Los compactadores que pueden verse en la imagen 5.23, tienen como característica más importante, la presión que ejercen sobre el terreno. Se considera un área de contacto en función del diámetro de los rodillos, peso de la máquina y tipo de suelo, a través del cual se transmite la presión estática. Su utilización máxima la tienen hoy día en las primeras pasadas de compactación de aglomerados asfálticos. Para que no se adhiera la mezcla asfáltica van provistas de depósitos de agua que mojan constantemente los rodillos. Además los mismo poseen vibradores, que en general se utilizan en contra de la pendiente para evitar el arrastre de material, y se evita que la primer pasada sea vibrando, por el mismo motivo. La experiencia del maquinista fue muy importante, sobre todo, para borrar sus propias huellas.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.23 Equipo para la compactación de la carpeta.

Estas máquinas trabajan principalmente por el efecto de la presión estática que producen debido a sus pesos, pero hay un segundo efecto, debido al modo de transmitir esta presión por los neumáticos que tiene singular importancia. Las superficies de contacto de un neumático dependen de la carga que soporte y de la presión a la que esté inflado, pero la presión que transmite al suelo el neumático a través de la superficie elíptica de contacto no es uniforme. Por lo tanto y para simplificar el problema se emplea el término presión media de contacto que se obtiene dividiendo la carga sobre cada rueda por la superficie de contacto. Estas superficies de contacto se obtienen para las diferentes presiones de inflado y cargas sobre rueda, marcando las huellas de contacto sobre una placa de acero con el neumático en posición estática. Es norma general esperar una presión del orden del 90 % de la presión en la superficie a profundidades de 70 cm. y actuando en un ancho de unos $2/3$ del ancho de la huella del neumático. Esto obligó a las máquinas compactadoras de estos tipos a procurar un cierto solape entre las huellas de los neumáticos delanteros y traseros. Un compactador de neumáticos inflado a poca presión da unas superficies de contacto cóncavas y en los bordes del neumático, en los que la cubierta recibe el apoyo estructural de los laterales aparecen unas presiones horizontales adicionales que ayudan al asentamiento de las partículas y a su mezclado. El efecto de compactación y amasado de los neumáticos produce excelentes resultados en el sellado de la superficie.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Finalmente unos operarios manualmente con un rastrillo realizaron el tomado de juntas, que consiste en rastrillar este borde de contacto, procurando que no haya discontinuidades altimétricas ni planimétricas.

Un aspecto de relevancia fue que al finalizar los trabajos el área debe quedar en perfectas condiciones y limpieza, las veredas adyacentes deben dejarse en las mismas condiciones en que se encontraban inicialmente. Respecto a ello, la Empresa trabajó prolijamente.

5.9 EJECUCION DE PAVIMENTO DE HORMIGON SIMPLE

A continuación se transcribe lo establecido según el pliego de especificaciones:

ITEM VI: EJECUCION DE PAVIMENTO DE HORMIGON SIMPLE DE 0.15 m DE ESPESOR

GENERALIDADES

Las tareas de este rubro se refieren a la completa ejecución del pavimento de hormigón simple, incluyendo los cordones, cordones unificados y cordones cuneta, en los casos que así corresponda. Esta tarea se llevará a cabo sobre capas aprobadas. El hormigón a utilizar pertenece al Grupo H-II-F y el espesor del mismo es de 0.15 m. Cuando se lo juzgue conveniente, se recubrirá la capa de asiento del pavimento, con un manto de arena gruesa de un centímetro de espesor promedio, uniforme y perfilado. La colocación de los moldes será aprobada, debiendo corregirse toda deficiencia que ocasione diferencias entre molde y molde de más de 1 mm.

Si fuera necesario, luego de colocarse los moldes, corregir la base de apoyo rebajando o levantando la misma en más de 2 (dos) centímetros, se procederá a levantar la totalidad de los moldes, reacondicionarla capa en cuestión y realizar nuevos ensayos para su aceptación.

Se cuidará especialmente la zona de apoyo de moldes, en áreas de bordes o cunetas, reforzando su compactación. La totalidad de las tareas de este rubro, se regirán por lo establecido en las presentes especificaciones, Pliego Particular de Especificaciones Técnicas y órdenes de la Inspección. La compactación del hormigón se ejecutará cuidadosamente mediante reglas vibrantes de superficie, el alisado y terminado superficial de la calzada se ejecutará con medios aprobados que aseguren una adecuada terminación superficial en cuanto a lisura, rugosidad, gálibo, respetando las cotas de diseño y produciendo un correcto escurrimiento de las aguas, esta última condición, es de cumplimiento obligatorio, siendo causa de rechazo toda área que no asegure esta condición, siendo de responsabilidad del contratista asegurar las cotas y nivelación correctas para su cumplimiento.

El perfecto drenaje superficial, deberá ser cumplido tanto en las áreas construidas como en las adyacentes. Como parte integrante del equipo, se dispondrá de un puente de trabajo para posibilitar las tareas de terminación de las losas.

En todos los casos, se limpiará el pavimento ejecutado, quedando finalizada las tareas y antes de abandonar la zona, todo el área en condiciones de total librado al tránsito: dicho librado al tránsito deberá ser autorizado por la Inspección, y no se deberá producir antes de los 21 (veintiún) días de finalizadas las operaciones de hormigonado.

CÓMPUTO Y CERTIFICACION

La ejecución del pavimento se certificará por m² (metro cuadrado) ejecutado y aprobado, incluyendo el rebatimiento de los cordones. El precio a pagar por metro cuadrado, incluye:

1. Provisión de mano de obra y equipos para la ejecución propiamente dicha del pavimento de hormigón.
2. Provisión del hormigón y materiales a utilizar en el curado del mismo, armaduras para cordones y vigas de apoyo.
3. El relleno y compactado del contra cordón, de las veredas hasta el nivel del cordón, compactado al 90% en el ancho necesario para evitar el descalzado del mismo de acuerdo a las instrucciones de la Inspección.

Se ejecutó en un espesor de 15 cm, con juntas sin pasadores ni barras de unión. Las juntas transversales se realizaron espaciadas unas de otras en 4,50 mts. La calzada no tuvo banquina, debido a la característica de ser una obra urbana, y en su lugar se realizó cordón cuneta.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Previo a la colocación y vertido del hormigón, se aseguró la correcta colocación de moldes y la adecuada limpieza de todos los elementos intervinientes. Para la construcción de la losa de los pavimentos de hormigón existen dos grandes métodos: uno es la pavimentación con moldes fijos y el otro la ejecución con pavimentadoras de encofrados deslizantes, también conocida como Tecnología de Alto Rendimiento (TAR). En esta obra, se utilizó el primer método, es decir, el de encofrados fijos. Básicamente consiste en el uso de moldes fijos para contener el hormigón, y la utilización de una terminadora sobre orugas exteriores que coloca, consolida y le da la terminación al hormigón en un solo paso.

Lo primero que se realizó fue la colocación de los moldes o encofrado. Estos son de acero, de altura igual al espesor del pavimento, rectos y con una longitud de 3m. Poseen una base ancha que les provee estabilidad, y un borde superior sólido. Los moldes debían estar limpios e imprimados con un producto desmoldante. La colocación fue de forma manual y el equipo de topografía niveló el borde superior que fue quien definió el espesor de la losa. Para nivelarlos, se colocó estacas distanciadas cada 10 m aproximadamente y se fijó a ellas una tanza con la altura correspondiente a la parte superior del molde. Una vez ubicado en su lugar, se fijaron sobre la base, esto se hizo mediante hierros.

Para poder utilizar los moldes fijos se requiere de una mezcla de mayores asentamientos a las utilizadas en moldes deslizantes, de tal manera que el hormigón fluya con mayor facilidad, y pueda ser compactado y acabado con los equipos que tiene la maquina utilizada.

El hormigón llegó a la obra en camión mezclador, que lo vierte directamente en el encofrado. Los obreros lo distribuyeron utilizando pala, hasta lograr una superficie lo más proporcionada posible a lo largo y ancho del perfil. (Recordar que se trabajó a media calzada). Esta tarea se hizo evitando colocar material en exceso, por encima del nivel de los moldes, para no dificultar y desmejorar las tareas de enrase y terminación que efectúa el rodillo y el fratás. Por otro lado, tampoco debió hacerse en cantidades escasas, debido a que se producirían zonas de baja y mal compactación en la superficie del hormigón terminado.

Una vez colocada la totalidad de la mezcla, se procedió a realizar un vibrado, utilizando para ello un vibrador tipo aguja, para provocar un acomodamiento del agregado y la densificación y homogeneización. El terminado de la superficie se realizó primero, dándole la pendiente adecuada a la media calzada utilizando una regla, operada por dos obreros, uno de cada lado, y segundo, retirando el exceso de material mediante pasadas de una especie de fratás de aproximadamente 1 metro de envergadura, que además le daba una mejor terminación al hormigón alisando la superficie. En las imágenes 5.24 y 5.25 se observa la metodología seguida: colado del hormigón, distribución, vibrado, corte con regla, y etapas de terminación superficial.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.24 Hormigonado de paño en bocacalle



Imagen 5.25 Hormigonado en calle Gauss. Terminación mediante cinta



Luego se le realizó el curado a la losa con agua y antisol (Imagen 5.26). La primera se encarga de provisionarle al hormigón la humedad que requiere, para un fragüe controlado y evitar la segregación del material granular, mientras que el antisol lo que hace es brindar impermeabilidad, evitando que las partículas en suspensión se depositen sobre el hormigón en estado fresco, ya que se comprobó en la práctica

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

que ello ocasiona una debilitación del material y la aparición de pequeñas grietas superficiales, que si bien no representan un problema técnico, genera una mala impresión desde lo estético.



Imagen 5.26 Curado de losa mediante antisol

A medida que se realizaba el curado, se materializaban las juntas. Para ello se necesitaron de dos operarios que cruzaban una tanza de un lado a otro de la calzada, la tensaban y luego aprovechando su elasticidad aplicaban un golpe sobre el hormigón fresco, generando así la demarcación necesaria. El aserrado de la junta se realizó el día posterior al de la colocación del hormigón, ya que se necesita que la losa tome cierta resistencia para soportar el peso de la maquina utilizada.

En el Hormigón se desarrollarán fisuras inicialmente por contracción, siendo éstas transversales y longitudinales, y luego por alabeo y por cargas sobre el pavimento, en forma transversal, intermedias a las primeras. Las juntas tienen por finalidad direccionar estas fisuras, reproduciendo el patrón de fisuración del pavimento.

El agrietamiento debido a la contracción del hormigón ocurre a muy temprana edad, como consecuencia de cambios de temperatura durante los procesos de hidratación y fraguado, así como por la pérdida de agua por evaporación.

El objetivo de la construcción de juntas es “copiar” el patrón de fisuración que naturalmente desarrolla el pavimento en servicio mediante un adecuado diseño y ejecución de juntas transversales y longitudinales. En la imagen 5.27 se visualiza la ejecución del aserrado en losa correspondiente a la calle Gauss.

El momento apropiado para el aserrado del hormigón es un parámetro muy difícil de determinar y se requiere de mucha experiencia para garantizar buenos resultados.

Existe un intervalo de tiempo, posterior a la colocación del hormigón, en el cual se debe realizar el aserrado de las juntas para evitar que se produzcan fisuras. Este intervalo, conocido como ventana de corte, se inicia cuando la resistencia del hormigón es tal, que permite el corte de la junta sin que se produzcan daños ni desprendimiento de agregados a lo largo del corte (Imagen 5.28). El fin del período

INFORME TÉCNICO FINAL

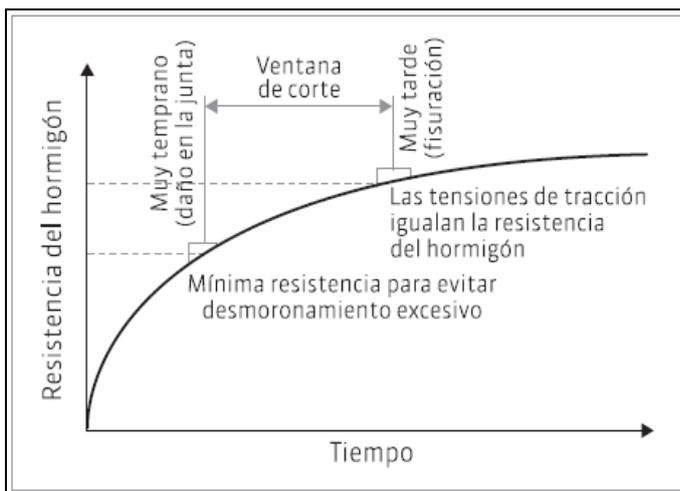
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

ocurre cuando las tensiones provocadas por la restricción de la base superan la resistencia del hormigón, y se produce la fisuración del pavimento.

En resumen, podemos decir que el aserrado del hormigón se debe realizar cuando éste alcance la resistencia necesaria para soportar el equipo de corte, y que no se produzcan desprendimientos de agregados durante esta tarea.



Imagen 5.27 Aserrado de juntas



Los principales factores que influyen en el inicio y duración de la ventana de corte son:

- Características de la mezcla (resistencia, módulo de elasticidad, coeficiente de expansión térmica, etc.).
- Condiciones ambientales (época y horario de construcción, caídas bruscas de temperatura, o lluvia, asoleamiento, viento y humedad, etc.).
- Condiciones de la superficie de apoyo (rigidez, terminación superficial, permeabilidad, ruptores de adherencia, etc.).
- Protección y curado del hormigón (materiales y dosis adecuadas, inicio del curado, medidas especiales, etc.).
- Colocación y posicionamiento de pasadores (corte preciso, libre de rebabas, alineación apropiada, densificación en zona de canastos, etc.)

Imagen 5.28 Ventana de corte

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Como se dijo no se colocaron hierros pasadores ni barras de unión en las juntas, el sellado se hizo colocando entre las juntas brea.

Entre los factores que influyen a realizar el sellado de juntas:

- Las juntas de contracción se abren y cierran por variaciones de temperatura y humedad de las losas durante la noche y el día, influenciado también por la variación durante las estaciones del año, verano o invierno, durante toda su vida en servicio.
- El ingreso de materiales incompresibles no permite que las juntas se cierren, generándose a consecuencia roturas en juntas de dilatación o expansión (blow-up).
- Las juntas son la principal fuente de ingreso de agua en los pavimentos.
- La necesidad de prevenir el bombeo de suelos finos de la capa de apoyo del pavimento, por ingreso de agua.



El objetivo del sellado es minimizar la infiltración de agua superficial y de materiales incompresibles en la estructura del pavimento. El exceso de agua puede contribuir al ablandamiento, erosión y bombeo de las capas subyacentes a la losa de hormigón, resultando en una pérdida de soporte estructural, asentamiento y/o escalonamiento. En tanto el ingreso de incompresibles en las juntas puede ser causa de descascaramientos, despostillamientos y hasta roturas más graves de las losas por levantamiento (blow up).

Imagen 5.29 Sellado de junta con brea en caliente

5.10 SEÑALIZACIÓN

Este ítem, claramente definido en los pliegos, fue necesario no sólo para garantizar un trabajo ordenado por parte de quien ejecuta la obra sino también para informar a terceros la ejecución de la obra, y con ello evitar accidentes, ingreso a calles sin salida, etc.

A continuación se transcribe lo estipulado en el pliego de especificaciones:

El contratista deberá efectuar la adecuada señalización de las obras en ejecución a fin de evitar accidente, mediante la utilización obligatoria de letreros, cuyas dimensiones, características, tipo de letra, etc., serán proporcionados por la Inspección, quien también determinara la cantidad necesaria a instalar.

Estos letreros, en chapa, pintados con pintura reflectante, tendrán las siguientes dimensiones aproximadas:

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- a) OCTOGONAL: Apotema 0,30 m. - Leyenda "PARE".-
- b) RECTANGULAR: 0,60 x 0,80 m. - Leyenda "DESvío" (y flecha indicativa del sentido del desvío).-
- c) RECTANGULAR: 0,60 x 0,80 m. - Leyenda "PELIGRO".-
- d) RECTANGULAR: 0,50 x 2,20 m. - Leyenda "NO ENTRE - OBRAS ENCONSTRUCCION".-
- e) RECTANGULAR: 0,60 x 0,80 m. - Leyenda "PRECAUCION".

Cuando fuera necesario el desvío del tránsito el contratista deberá señalar los desvíos a plena satisfacción de la Inspección, asegurándose su eficacia en todas las advertencias destinadas a orientar y guiar el tránsito hacia el desvío, tanto de día como de noche, para lo cual en este último caso serán obligatorias las señales luminosas.

Con observar la siguiente imagen podrá concluirse que la señalización por parte de la Empresa fue la adecuada, en correspondencia con lo exigido según pliego.



Imagen 5.30 Señalización de obra

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

5.11 TAREAS FINALES

La conclusión de las tareas no culminó con la ejecución del paquete estructural, sino que fue necesario la limpieza de las calles mediante barrido, ejecución de ingresos a cocheras con hormigón, calzado de cordones, confección de ingresos con materiales granulares, etc. Alguna de ellas tienen fines estéticos, otros fueron realizados con la intención de devolver a los vecinos la buena predisposición que siempre contaron con los trabajadores, y otros con la finalidad de brindar seguridad, como lo fue la ejecución de un muro de hormigón evitando, de esta manera, el desmoronamiento.

En las siguientes imágenes se grafica lo expuesto anteriormente, además de algunas fotografías de las calles terminadas:



Imagen 5.31 Barrido en calle Newton



Imagen 5.32 Vista del muro sostén. Calle Liebig esq. Tycho Brahe

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.33 Vista de obras terminadas. Calle Newton, Liebig y Gauss

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 5.34 Ejecución de ingresos de hormigón

CAPÍTULO 6. CONTROL DE CALIDAD

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los controles de obra se realizaron a fines de constatar la correcta ejecución y calidad de cada una de las capas de pavimento efectuadas.

Las densidades en obra se obtuvieron mediante el método del cono de arena, lo que implicó la necesidad de realizar el ensayo Proctor del material con el que se estuvo trabajando, para determinar su densidad máxima y humedad óptima. Luego, la densidad in-situ obtenida, se comparó con la densidad máxima del ensayo Proctor, exigiendo diferentes porcentajes según la capa que se estuvo inspeccionando.

El correcto perfilado se evaluó mediante la nivelación de la misma, marcando con estacas, eje y bordes, y tomando con nivel y mira la cota de cada uno de estos puntos.

Una vez inspeccionada la cancha, verificada la inexistencia de baches y alcanzada la densidad necesaria se aprobó la capa y se autorizó a cargar y comenzar la siguiente. Es importante destacar que en caso de ser rechazada una cancha la misma debe realizarse nuevamente, lo que implica un costo y pérdida de tiempo.

Además, el uso de mezclas asfálticas y de hormigón, implicó la ejecución de ciertos ensayos para, de esa manera, asegurar la calidad del material a colocar y estar dentro de las exigencias establecidas. Todas ellas fueron realizadas en el laboratorio de la Empresa.

6.2 CONTROLES EN SUBRASANTE O BASE DE ASIENTO

La subrasante fue conformada y perfilada mediante nivelación, eliminando irregularidades en todo sentido para asegurar espesores correctos y uniformes de las capas que la recubrían.

De acuerdo al pliego de especificaciones técnicas, cada capa de suelo colocada deberá ser compactada hasta obtener el porcentaje de densidad que a continuación se indica con respecto a la máxima establecida por el ensayo que se especifica en la norma de ensayo VN-E-5-93:

El piso de excavación deberá ser compactado a una densidad de 90% de la densidad máxima

-Las capas subsiguientes hasta cota -0,30 m por debajo de la superficie de subrasante se exigirá 92% de la densidad máxima.

-Los últimos 0,30 m se deberá compactar al 95% de la densidad máxima.

La densidad y la humedad en obra se obtienen mediante el método del cono de arena, cuya denominación para la Dirección Nacional de Vialidad es VN - E8 - 66.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.3 CONTROLES EN SUBBASE Y BASE GRANULAR

Al igual que la capa anterior, se realizó el ensayo en obra del cono de arena y se comparó con la densidad del Ensayo Proctor V.N.E-5-93.

6.3.1 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para estudiar las variaciones del peso unitario de un suelo en función de los contenidos de humedad, cuando se lo somete a un determinado esfuerzo de compactación.

Permite establecer la Humedad óptima con la que se obtiene el mayor valor del Peso unitario, llamado Densidad seca máxima.

Este método considera diversas formas de operar de acuerdo a las características granulométricas del material.

Equipo:

- Molde de compactación con base y collar.
- Martillo de compactación
- Bandeja para contenido de humedad.
- Bandeja mezcladora grande.
- Balanza de precisión, de 1 Kg. de capacidad con sensibilidad de 0,01 gramo.
- Probetas graduadas de 500 cm³
- Martillo, guantes, punzón, espátula

Procedimiento:

Se preparó material suficiente para tres puntos. Aunque el ensayo normal requiere mínimamente cinco puntos, tres en la rama ascendente y dos en la descendente de la curva Humedad-Densidad. Los pasos a seguir fueron:

- Colocar la muestra preparada sobre una bandeja metálica, previamente tarada en la balanza.
- Tarar una bandeja de pequeñas dimensiones y colocar sobre la misma una muestra del suelo a ensayar. Determinar el peso de dicha muestra. Secar en el horno, retirar, dejar enfriar y obtener el peso de suelo seco. Esto permitirá calcular la humedad natural del suelo.

$$H_{natural}(\%) = \frac{W_{suelo\ humedo} - W_{suelo\ seco}}{W_{suelo\ seco}} \times 100$$

- Determinar el peso del molde con la balanza.
- Tomar parte de la muestra preparada y colocar en el molde, de modo tal que al ser compactada ocupe aproximadamente 1/5 de la altura del mismo.
- Utilizar el pisón y proporcionar la cantidad de golpes correspondiente (25 ó 56) distribuidos de manera adecuada.
- Repetir el procedimiento con las capas restantes hasta completar el volumen del molde.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- Retirar el collar metálico superior y enrasar con la regla.
- Determinar el peso del conjunto (peso del molde más peso de suelo húmedo).
- Obtener el peso de la muestra utilizada, como la diferencia entre el peso del conjunto y el peso del molde.
- Calcular la densidad del suelo húmedo, como la relación entre el peso de suelo húmedo y el volumen del molde.
- Calcular la densidad de suelo seco, a partir de la siguiente expresión:

$$\gamma_{suelo\ seco} = \frac{\gamma_{suelo\ humedo}}{1 + H_{nat} (\%)}$$

De este modo se tuvo un primer punto para la curva de compactación.

- Retirar entonces la muestra del molde, utilizando punzón y martillo o prensa hidráulica.
- Evaluar el peso de la muestra sobrante en la bandeja.
- Incrementar su humedad. Para ello, se procede de la siguiente manera: conocido el peso de suelo húmedo, la humedad del mismo (que corresponde a la humedad natural del suelo, por ser el segundo punto evaluado), la humedad deseada (como el resultado de añadir humedad a la humedad natural del suelo, para este caso) y el peso de suelo seco, dado por la siguiente expresión:

$$W_{suelo\ seco} = \frac{W_{suelo\ humedo}}{1 + H_{nat} (\%)}$$

Así, pudo determinarse el peso de suelo húmedo que deberá tener la muestra luego de añadir el agua:

$$W'_{suelo\ humedo} = W_{suelo\ seco} \times [1 + (H_{nat} + 2\%)]$$

Finalmente, se determinó el peso (y por lo tanto el volumen) de agua que debe agregarse, como:

$$W'_{agua} = W'_{suelo\ humedo} - W_{suelo\ humedo}$$

Utilizando la probeta graduada se añadió la cantidad de agua necesaria, se mezcla uniformemente utilizando la espátula y se repitió el procedimiento anterior para determinar la máxima densidad de suelo seco.

Finalizados los puntos, se construyó la curva de compactación, en la cual se relaciona la máxima densidad de suelo seco en función de la humedad. Esta curva permitió determinar la humedad óptima y la densidad máxima la cual, posteriormente, será útil para obtener el grado de compactación.

A continuación se anexan los resultados del ensayo Proctor para subbase y base, con los respectivos resultados.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Tabla 6.1 Resultados del ensayo Proctor para sub-base



SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)

Registro 09 del procedimiento 001 del área de Laboratorio

Actualizar Muestra

Reg.L.001.09.AF.00608

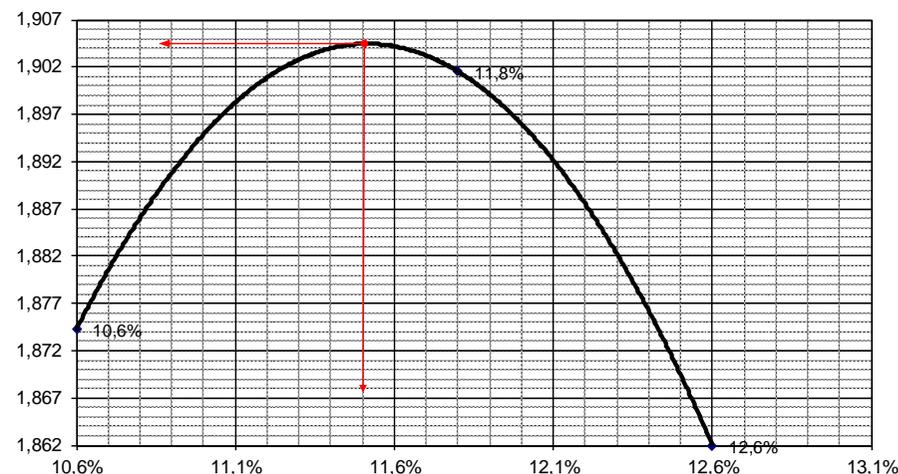
PROCTOR

MUESTRA L.001.01.	AF 13638	FECHA ELABORACION	28/07/17	FECHA ENSAYO	28/07/17
-------------------	-----------------	-------------------	-----------------	--------------	-----------------

MATERIAL	SUB-BASE
----------	-----------------

TARA DEL CILINDRO	5217
VOLUMEN DEL CILINDRO	2117
ENSAYO DE COMP.	5.T180 5C 56G 45,7

Punto N°	Peso Cilindro S.Húmedo	Peso suelo húmedo	PESO UNITARIO (DENSIDAD)		
			Humedo (a)	% de humedad	Seco
1	9606	4389	2,073	10,6%	1,875
2	9718	4501	2,126	11,8%	1,902
3	9656	4439	2,097	12,6%	1,862
4					
5					
6					



UBICACIÓN

Extraído de: CALLE GAUSS - CALZADA UNICA - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog:

CALLE LABORDE - CALZADA UNICA - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog:

Gráfico

HUMEDAD OPTIMA	11,7%
DENSIDAD MAXIMA	1,905

PROVEEDOR	ARENERA DEFENSA (DESPEÑ	OBSERVACIONES	
COMITENTE	MUNICIPALIDAD DE CORDOBA		
LABORATORIO	VILLA RETIRO		
ENCARGADO ENSAYO	GALETTO MAURICIO		

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Tabla 6.2 Resultados del ensayo Proctor para base

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)

Registro 09 del procedimiento 001 del área de Laboratorio

Reg.L.001.09.AF.00609

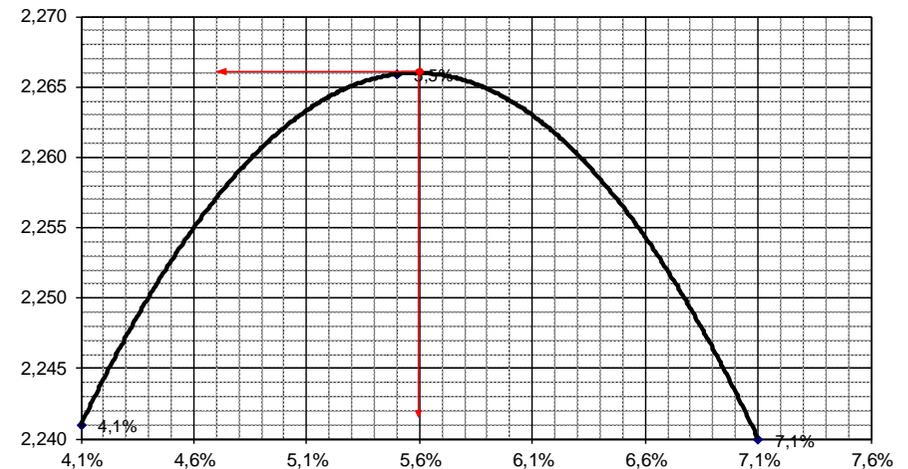
Actualizar Muestra

PROCTOR

MUESTRA L.001.01.	AF 13639	FECHA ELABORACION	28/07/17	FECHA ENSAYO	27/07/17
MATERIAL	BASE				

TARA DEL CILINDRO	5217
VOLUMEN DEL CILINDRO	2117
ENSAYO DE COMP.	5.T180 5C 56G 45,7

Punto N°	Peso Cilindro S.Húmedo	Peso suelo húmedo	PESO UNITARIO (DENSIDAD)		
			Humedo (a)	% de humedad	Seco
1	10155	4938	2,333	4,1%	2,241
2	10277	5060	2,390	5,5%	2,266
3	10295	5078	2,399	7,1%	2,240
4					
5					
6					



UBICACIÓN
 Extraído de: CALLE GAUS - NINGUNO - NINGUNO - BASE Carril: CENTRAL prog:
 CALLE GAUS - NINGUNO - NINGUNO - BASE Carril: CENTRAL prog:

Gráfico

HUMEDAD OPTIMA	5,6%
DENSIDAD MAXIMA	2,266

PROVEEDOR	AMADEO	OBSERVACIONES	ACOPIO VILLA BELGRANO - -
COMITENTE	MUNICIPALIDAD DE CORDOBA		
LABORATORIO	VILLA RETIRO		
ENCARGADO ENSAYO	GALETTO MAURICIO		

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.3.2 CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA

El ensayo del cono de arena consiste básicamente en medir el volumen de un pozo excavado en la cancha donde se desee determinar la densidad y pesar el contenido del suelo extraído de dicha excavación (Imagen 6.1).

Para determinar el volumen se utilizó arena normaliza cuya densidad se conoce. Previa determinación de la densidad se calibró el equipo. Para ello, en el punto de la cancha, se eliminó todo el material suelto con el pincel y se apoyó la base metálica. Sobre la base se apoyó el cono y se llenó el recipiente superior del dispositivo con un contenido conocido de arena P1. Se abrió el robinete hasta constatar que el embudo está totalmente lleno. Se cerró el robinete y se pasó la cantidad de arena sobrante en el recipiente superior a un frasco para luego pesarlo en el laboratorio y obtener P3. Por diferencia se determinó el peso de la arena necesaria para llenar el embudo o “Contante del embudo o cono” (Pe). Se recogió cuidadosamente todo el material retirado del hoyo, colocándolo dentro de una bolsa, a medida que se lo fue extrayendo. Se colocó un contenido de arena conocido (P2) en el recipiente superior del aparato, colocado previamente con su embudo en coincidencia con la marca dejada en la superficie. Se abrió el robinete para que fluya la arena, se cerró el robinete y se recogió la arena sobrante en el recipiente (P4).

En el laboratorio se pesó la arena sobrante de la calibración del aparato (P3) y el remanente de la utilizada en el hoyo (P4).

Las fórmulas utilizadas para el cálculo fueron:

1) Volumen del pozo (Vc):

$$Vc = \frac{P2 - P4 - Pe}{da}$$

En dónde P2 es el peso de la arena colocada en el recipiente antes del ensayo, P4 es el peso arena remanente, Pe es la constante del embudo e igual a $Pe = P1 - P3$ y da es la densidad de la arena.

2) La humedad de la muestra: En el momento del ensayo se calcula mediante la expresión:

$$H(\%) = \frac{Psh - Pss}{Pss} \times 100$$

Dónde: H es el Contenido de humedad, en porcentaje, Psh es el peso del suelo húmedo y Pss es el peso del suelo seco.

3) Densidad húmeda del terreno o la cancha:

$$Dsh = \frac{Psh}{Vc}$$

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

4) Densidad seca del terreno o la cancha:

$$D_{ss} = \frac{D_{sh} \times 100}{H(\%) + 100}$$

5) Grado de compactación obtenido

$$C = \frac{D_{ss}}{D} \times 100$$

Siendo: C es el porcentaje de compactación obtenido con relación a la compactación especificada, D_{ss} es la densidad lograda y D es la densidad que debió obtenerse según lo indicado en el Pliego de Especificaciones de la obra.

Los Valores Soporte indicados, deberán lograrse al 97% de la Densidad Seca Máxima obtenida acorde a la Norma de Ensayo VN - E5 - 93, "Compactación de Suelos" empleando el Método de Ensayo VN, (VN: Vialidad Nacional).

Para cada capa (base y subbase) se exigirá un grado de compactación del 97 % (noventa y siete por ciento) de la Densidad Máxima obtenida. En las tablas 6.3 se anexan los resultados obtenidos.



Imagen 6.1 Control de compactación por el método de la arena

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

AFEMA S.A. Villa Retiro		Obra Tramo		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio																	
Ruta 111 Km 7.5 Villa Retiro Cba		Expediente																			
		CONCEDENTE:		MUNICIPALIDAD DE CORDOBA																	
Ubicación	Fecha	Esperos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
			suelo húmedo	suelo seco	% de humedad	Arena total	Resto de arena	Cono	Diferencia	Peso esp arena	Volumen pozo	Peso húmedo Reten. 3/4	% ret. 3/4 en el pozo	Peso Especifico SsS	Volumen Retenido en 3/4	Densidad húmeda	Densidad seca	Densidad seca corregida	Proctor	Proctor corregido	% Densidad Obtenida
			PESAR	PESAR	(1-2)/2 * 100		PESAR		4-5-6	1	7/8	PESAR	10/2 * 100 MAS DE 15% MENOR 15%		10/12	3/8	2/8	(2-10)/(9-13)			15/17 * 100 16/17 * 100 15/18 * 100
● CALLE ETRURIA - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 8600 Reg	15/07	15,0	3404	2932	16,1%	6000	2195	1527	2278	1,357	1679					2,028	1,747		1,927		90,6%
● CALLE LIEBIG - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: Reg.	21/06	15,0	4318	3994	8,1%	6000	1749	1520	2731	1,356	2014					2,144	1,983		2,069		95,9%
● CALLE BORO - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 8522 Reg.	22/06	15,0	2626	2320	13,2%	6000	2409	1520	2071	1,356	1527					1,719	1,519		1,622		93,6%
● CALLE BORO - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 8522 Reg.	22/06	15,0	2050	1764	16,2%	6000	2924	1520	1556	1,356	1147					1,787	1,537		1,622		94,8%
● CALLE LIEBIG - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: Reg.	21/06	15,0	3242	3085	5,1%	6000	2404	1520	2076	1,356	1531					2,118	2,015		2,074		97,1%
● CALLE LABORDE - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 8130 Reg.	22/06	17,0	4355	4105	6,1%	6000	2031	1520	2449	1,356	1806	475	11,6%	2,77	171	2,411	2,273		2,300	2,346	96,9%
● CALLE LABORDE - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 8040 Reg.	22/06	17,0	5049	4697	7,5%	6000	1681	1520	2799	1,356	2064	472	10,0%	2,77	170	2,446	2,275		2,300	2,340	97,2%
● CALLE LABORDE - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 9049 Reg.	23/06	15,0	2934	2765	6,1%	6000	2564	1520	1916	1,356	1413					2,076	1,957		2,074		94,4%
● CALLE MONTE BUEY - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: Reg.	29/06	15,0	2884	2653	8,7%	6000	2716	1520	1764	1,356	1301					2,217	2,040		2,074		98,3%
● CALLE LABORDE - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 9143 Reg.	30/06	16,0	2464	2296	7,3%	6000	3089	1520	1391	1,356	1026	162	7,1%	2,77	58	2,402	2,239		2,300	2,328	96,2%

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

AFEMA S.A. Villa Retiro		Obra Tramo		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio																
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		Expediente																		
		CONCEDENTE:		MUNICIPALIDAD DE CORDOBA																
Ubicación	Fecha	Esperos	DENSIDAD (metodo de la arena)																	
			1 suelo húmedo <small>PESAR</small>	2 suelo seco <small>PESAR</small>	3 % de humedad <small>(1-2)2 x 100</small>	4 Arena total	5 Resto de arena <small>PESAR</small>	6 Cono	7 Diferencia <small>4-5-6</small>	8 Peso esp arena <small>1</small>	9 Volumen pozo <small>7/8</small>	10 Peso húmedo Reten. 3/4 <small>PESAR</small>	11 % ret. 3/4 en el pozo <small>102 x 100 MAS DE 15% MENOR 15%</small>	12 Peso Especifico SsS	13 Volumen Retenido en 3/4 <small>10/12</small>	14 Densidad húmeda <small>1/9</small>	15 Densidad seca <small>2/9</small>	16 Densidad seca corregida <small>(2-10)/(9-13)</small>	17 Proctor	18 Proctor corregido <small>700</small>
● CALLE LABORDE - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 9233 Reg.	30/06	14,0	3616	3389	6,7%	6000	2522	1520	1958	1,356	1444	259	7,6%	2,77	94	2,504	2,347	2,300	2,330	100,7%
○ CALLE LIEBIG - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 5912 Reg.	30/06	14,0	4194	3901	7,5%	6000	2085	1520	2395	1,356	1766	551	14,1%	2,77	199	2,375	2,209	2,300	2,356	93,7%
● CALLE LABORDE - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 8740 Reg.	04/07	15,0	2191	1904	15,1%	6000	2918	1520	1562	1,356	1152					1,902	1,653	1,651		100,1%
● CALLE LABORDE - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 8849 Reg.	04/07	15,0	2438	2100	16,1%	6000	2638	1520	1842	1,356	1358					1,795	1,546	1,651		93,6%
● CALLE CAHUELO - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 9830 Reg.	04/07	15,0	2460	2130	15,5%	6000	2693	1520	1787	1,356	1318					1,867	1,616	1,622		99,6%
● CALLE MONTE BUEY - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 8450 Reg.13453	04/07	15,0	3023	2802	7,9%	6000	2646	1520	1834	1,356	1353					2,235	2,071	2,074		99,9%
● CALLE BORO - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 8237 Reg.	04/07	15,0	2736	2603	5,1%	6000	2760	1520	1720	1,356	1268					2,157	2,052	2,074		99,0%
● CALLE CAHUELO - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 9830 Reg.	04/07	15,0	2460	2130	15,5%	6000	2693	1520	1787	1,356	1318					1,867	1,616	1,622		99,6%
● CALLE ANTUCURA - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 9680 Reg.	06/07	17,0	3821	3618	5,6%	6000	2369	1520	2111	1,356	1557	454	12,5%	2,77	164	2,454	2,324	2,300	2,350	98,9%
● CALLE ANTUCURA - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 9740 Reg.	06/07	15,0	3043	2880	5,7%	6000	2804	1520	1676	1,356	1236	425	14,8%	2,77	153	2,462	2,330	2,300	2,359	98,8%

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

AFEMA S.A. Villa Retiro		Obra Tramo		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio																	
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		Expediente																			
				CONCEDENTE: MUNICIPALIDAD DE CORDOBA																	
				DENSIDAD (metodo de la arena)																	
Ubicación	Fecha	Esperos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
			suelo húmedo	suelo seco	% de humedad	Arena total	Resto de arena	Cono	Diferencia	Peso esp arena	Volúmen pozo	Peso húmedo Reten. 3/4	% ret. 3/4 en el pozo	Peso Especifico S&S	Volúmen Retenido en 3/4	Densidad húmeda	Densidad seca	Densidad seca corregida	Proctor	Proctor corregido	% Densidad Obtenida
			PESAR	PESAR	(1-2)/2 x 100		PESAR		4-5-6	1	7-8	PESAR	102 x 100 MAS DE 10% MENOR 10%		1012	100	300	(12-10)/(100-100)			
○ CALLE BORO - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 8450 Reg.	06/07	14,0	2736	2571	6,4%	6000	2906	1520	1574	1,356	1161	196	7,6%	2,77	71	2,357	2,215		2,300	2,330	95,1%
● CALLE LIEBIG - CALZADA - CORDON CUNETA Carril: CENTRAL prog: Reg.	07/07	15,0	2673	2508	6,6%	6000	2955	1520	1525	1,356	1125	476	19,0%	2,77	172	2,377	2,230	2,132	2,300		92,7%
○ CALLE GAUS - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 200 Reg.	11/07	15,0	3099	2769	11,9%	6000	2350	1520	2130	1,356	1571					1,973	1,763		1,934		91,2%
● CALLE LABORDE - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 9029 Reg.13498	11/07	15,0	2483	2188	13,5%	6000	2580	1520	1900	1,356	1401					1,772	1,561		1,618		96,5%
○ CALLE ANTUCURA - CALZADA - BASE Carril: IZQUIERDO prog: 9636 Reg.	11/07	13,0	2593	2446	6,0%	6000	2968	1520	1512	1,356	1115	215	8,8%	2,77	78	2,325	2,194		2,300	2,335	94,0%
○ CALLE ANTUCURA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog: 9750 Reg.	11/07	14,0	2941	2782	5,7%	6000	2725	1520	1755	1,356	1294	358	12,9%	2,77	129	2,272	2,150		2,300	2,351	91,4%
● CALLE ANTUCURA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog: 9650 Reg.	11/07	13,0	2692	2537	6,1%	6000	2961	1520	1519	1,356	1120	342	13,5%	2,77	123	2,403	2,265		2,300	2,354	96,2%
● CALLE ANTUCURA - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 9760 Reg.	11/07	13,0	3419	3222	6,1%	6000	2553	1520	1927	1,356	1421	335	10,4%	2,77	121	2,406	2,268		2,300	2,341	96,9%
● CALLE BORO - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 8463 Reg.13524	12/07		3270	3042	7,5%	6000	2439	1520	2041	1,356	1505					2,173	2,021		2,074		97,4%
● CALLE GAUS - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 60 Reg.	12/07		3556	3387	5,0%	6000	2074	1520	2406	1,356	1774					2,004	1,909		2,009		95,0%

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

AFEMA S.A. Villa Retiro		Obra Tramo		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio																	
Ruta 111 Km 7.5 Villa Retiro Cba		Expediente																			
		CONCEDENTE:		MUNICIPALIDAD DE CORDOBA																	
Ubicación	Fecha	Esperos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
			suelo húmedo	suelo seco	% de humedad	Arena total	Resto de arena	Como	Diferencia	Peso esp arena	Volumen pozo	Peso húmedo Reten. 3/4	% ret. 3/4 en el pozo	Peso Especifico SsS	Volumen Retenido en 3/4	Densidad húmeda	Densidad seca	Densidad seca corregida	Proctor	Proctor corregido	% Densidad Obtenida
			PESAR	PESAR	(1-2)/2 x 100		PESAR		4-5-6	1	7/8	PESAR	102 x 100 MAS DE 15% MENOR 15%		10/12	1/8	2/8	(2-10)/(8-13)			
● CALLE LABORDE - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 8750 Reg.	12/07	16,0	3320	3046	9,0%	6000	2329	1520	2151	1,356	1586					2,093	1,920		2,000		96,0%
● CALLE LABORDE - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 8829 Reg.	12/07	15,0	3124	2925	6,8%	6000	2549	1520	1931	1,356	1424					2,194	2,054		2,054		100,0%
● CALLE CAHUELO - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 9825 Reg.	13/07	15,0	2891	2699	7,1%	6000	2674	1520	1806	1,356	1332					2,171	2,027		2,074		97,7%
○ CALLE YAFU - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 2580 Reg.	14/07	18,0	4124	3891	6,0%	6000	2132	1520	2348	1,356	1732	551	14,2%	2,77	199	2,382	2,247		2,300	2,357	95,3%
● CALLE LAGUNA LARGA - CALZADA - SUB-BASE Carril: CENTRAL prog: 8550 Reg.	14/07	15,0	2856	2525	13,1%	6000	2344	1520	2136	1,356	1575					1,813	1,603		1,667		96,2%

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.3.3 CONTROL DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA

El procedimiento consistió simplemente en utilizar los tamices indicados según norma para procesar la muestra, calcular los porcentajes pasantes acumulados en peso en cada tamiz, y trazar finalmente la curva en un sistema de ejes, en el cual se muestren también las curvas teóricas A y C. La aceptación del material estuvo condicionada al hecho de que su curva granulométrica correspondiente se encuentre comprendida entre los límites máximo y mínimo facilitados por la norma.

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos para base. Lo obtenido implicó realizar un seguimiento del material debido al excesivo contenido de finos.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Tabla 6.4 Resultado del análisis granulométrico

Fecha Ensayo 27/07/17
Fecha ingreso 28/07/17

Actualizar Muestra Registro 02 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio



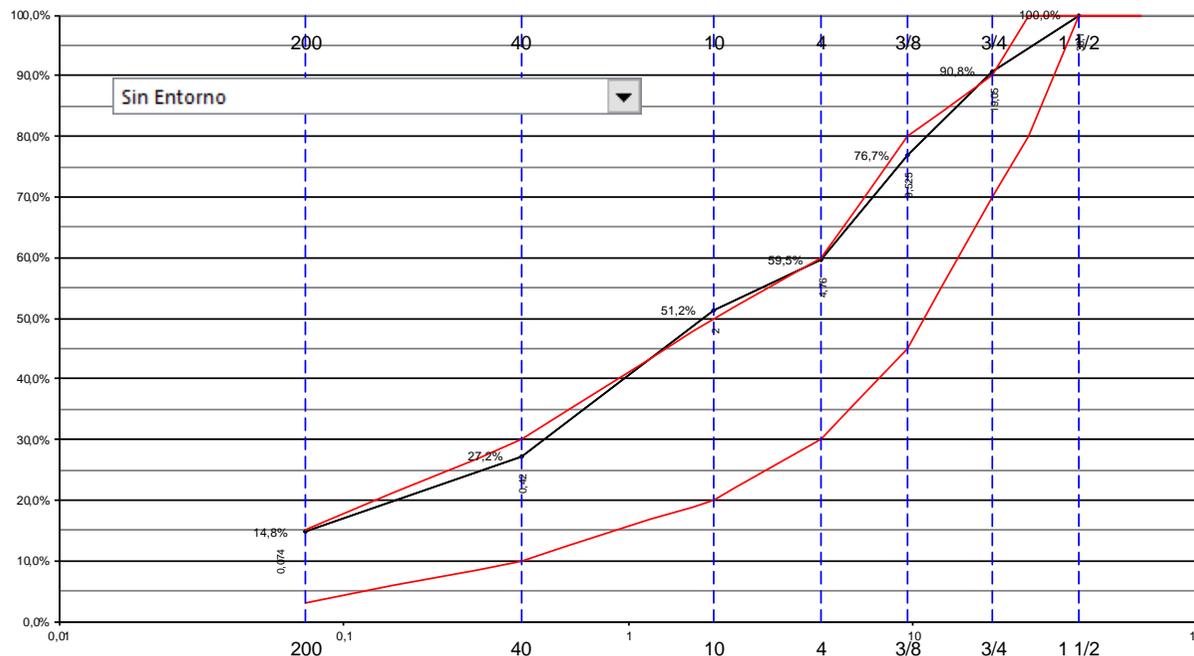
Reg.L.001.02.AF.05190

MATERIAL : BASE

Expediente N° EXP.15600 CONFORMACION DE CALZADA,EJECUCION DE CORDON CUNETA Y BADENES

ENSAYOS DE GRANULOMETRÍAS

Peso Total		37003,0		
CUARTEO DE 22031 gs SOBRE TAMIZ 4				
Tamiz		Peso retenido	% Retenido	% pasante
1 1/2	38,1			100,0%
1		1587,0	4,3%	95,7%
3/4	19,05	1821,0	4,9%	90,8%
3/8	9,525	5201,0	14,1%	76,7%
4	4,76	6363,0	17,2%	59,5%
10	2	131,0	8,3%	51,2%
40	0,42	379,0	24,0%	27,2%
200	0,074	197,0	12,5%	14,8%
fono		233,0	14,8%	0,0%



Entorno: BASE (DPV)

Seleccionar TAMIZ DEL CUARTEO:

Peso del cuarteo: **940,0**

- Tamices CACD19
- Tamices Mod Finnura
- Tamices Base Negra

- Discontinuidad
- Compensación
- Plasticidad

Ubicación	
CALLE GAUSS - NINGUNO - NINGUNO - BASE Carril: CENTRAL prog:	
CALLE GAUS - NINGUNO - NINGUNO - BASE Carril: CENTRAL prog:	
Observaciones	GRANULOMETRIAACOPIO VILLABELGRANO GRANULOMETRIA - -
Encargado GALETTO MAURICIO	
Proveedor/Contratista AMADEO	
Comitente MUNICIPALIDAD DE CORDOBA	

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.4 CONTROLES EN LOSA DE HORMIGÓN

El hormigón fue transportado a la obra mediante camiones moto-hormigoneros de la Empresa. Los encargados de laboratorio realizaron, por un lado, los ensayos correspondientes al estado fresco del hormigón como son control del asentamiento, medición de la temperatura e inspección ocular, moldeo de probetas y por otro, toman las muestras necesarias para realizar ensayos en estado endurecido como es el de rotura a compresión simple, verificación de espesor de la losa.

6.4.1 CONTROLES SOBRE EL HORMIGÓN FRESCO

En este estado del hormigón se realizaron las siguientes 4 actividades:

- Control del asentamiento.
- Medición de la Temperatura.
- Inspección ocular.
- Moldeo para ensayos de resistencia.

El ensayo de asentamiento o cono de Abrams, norma IRAM 1536, es el método más ampliamente aceptado y utilizado para medir la consistencia del hormigón. Ésta es la deformación del hormigón en relación a su fluidez. (Imagen 6.2)

Para realizar el ensayo se utilizó un equipo formado por un molde tronco cónico de metal de 300 mm de altura con 200 mm de diámetro de base y 100 mm de diámetro de la parte superior y una varilla de metal de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud con una punta de forma esférica.

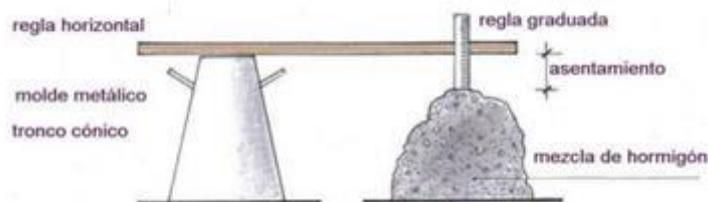


Imagen 6.2 Medición de asentamiento

Por último, se moldearon probetas para la posterior rotura a compresión de las mismas. Esta tarea no se realizó en todos los camiones, sino que se seleccionaron al azar (Imagen 6.3).

Para el confeccionado de las probetas, se colocó el hormigón en los moldes previamente aceitados en tres capas de 1/3 de altura cada capa, compactando con una varilla de compactación de punta roma (la misma que en el ensayo de asentamiento) a razón de 25 golpes por capa, distribuyendo uniformemente en toda la superficie del molde, penetrando hasta la capa subyacente.

Luego de llenado los moldes, se colocaron sobre una superficie horizontal, rígida, libre de vibraciones y de toda otra causa capaz de perturbar al hormigón, cubierta con una bolsa de plástico.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 6.3 Moldeo de probetas en laboratorio

Las probetas se desmoldaron a las 24 de confeccionada, y luego del desmoldado colocaron en la cámara de curado que se observa en la imagen 6.4:



Imagen 6.4 Cámara de curado

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Las probetas fueron ensayadas a compresión simple a los 7 días y a los 28 días de haber sido elaboradas, para ello se requiere que las caras de las probetas estén perfectamente planas normales al eje, esto se logró mediante el encabezado con una mezcla de azufre y grafito.

Realizado el encabezado de las probetas, se procedió a la ejecución del ensayo de rotura por compresión, para ello se utilizó una prensa, como se observa en la imagen 6.5, que consta de dos platos de carga perfectamente planos, y un sistema de regulación de la velocidad de carga. Antes de comenzar el ensayo se determinó la altura y el diámetro de la probeta al milímetro, medido este último en varias secciones de la probeta. Para realizar el ensayo se colocó la probeta en el plato inferior logrando que quede perfectamente centrada. Se acercó en forma manual el plato superior de la prensa hasta que quedo en contacto con la probeta. Se aplicó la carga en forma continua y sin choques a una velocidad hasta lograr la rotura de la probeta registrando la carga máxima.



Imagen 6.5 Prensa del ensayo de rotura

A continuación se presenta una planilla (tabla 6.5) en donde se representan los valores de los ensayos correspondientes a probetas a 7 y 28 días. En dicha tabla se puede visualizar las calles consideradas, las cuales pertenecen a la misma obra analizada, ejecutadas por otras empresas. Los resultados de estos ensayos sobre probetas moldeadas tienen solamente carácter informativo sobre la calidad del hormigón y no se tienen en cuenta para la recepción de la calzada. Se realizan para estudiar la ganancia de la resistencia del hormigón con el paso del tiempo.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

AFEMA S.A. Villa Retiro

Ruta 111 Km 7.5 Villa Retiro Cba

Registro 7 del Procedimiento 01 del área Laboratorio

Reg.L.001.07 N° :

ENSAYOS DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON A COMPRESION

Comitente: MUNICIPALIDAD DE CORDOBA

lunes, 17 de julio de 2017

Muestra N° Prob	Estructura	Asent (cm)	Fecha Colado	Fecha Rotura	Edad	Hº Tipo	Carga	Resistencia (MPa)	Nº Remito	Observaciones	
Proveedor: AFEMA			01/06/17								
L.001.01.AF.13256		Cantidad de probetas: 2									
P42	*A DEFINIR - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog: 0 Reg.03718	0		29/06/17	28	HMCBA	72,76	412	40,4	64740	Villa Rivera Indarte Este II- Conformacion Calzada - - -
P41		0		29/06/17	28	HMCBA	75,41	427	41,8	64740	
			05/06/17								
L.001.01.AF.13273		Cantidad de probetas: 2									
P44	*A DEFINIR - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog: 0 Reg.03719	10		03/07/17	28	HMCBA	74,35	421	41,3	64823	2407- Villa Rivera Indarte Este II - - -
P43		10		03/07/17	28	HMCBA	77,35	438	42,9	64823	
			12/06/17								
L.001.01.AF.13298		Cantidad de probetas: 2									
P48	CALLE BORO - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog: 0 Reg.03726	8		19/06/17	7	HMCBA	54,57	309	30,3	65064	- - -
P47		8		19/06/17	7	HMCBA	53,16	301	29,5	65064	
			13/06/17								
L.001.01.AF.13309		Cantidad de probetas: 2									
P52	CALLE PASTEUR - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog: 0 Reg.03728	10		20/06/17	7	HMCBA	45,21	256	25,1	65111	- - -
P51		10		20/06/17	7	HMCBA	43,80	248	24,3	65111	
			14/06/17								
L.001.01.AF.13311		Cantidad de probetas: 2									
P54	CALLE LABORDE - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog: 0 Reg.03730	10		12/07/17	28	HMCBA	66,75	378	37,0	65130	- - -

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Muestra Nº Prob	Estructura	Asent (cm)	Fecha Colado	Fecha Rotura	Edad	Hº Tipo	Carga	Resistencia (MPa)	Nº Remito	Observaciones	
P53	CALLE LABORDE - CALZADA LOSA CARRE CENTRAL prog: 0 Reg: 03730	10		12/07/17	28	HMCBA	64,64	366	35,9	65130	

Total de probetas informadas: 10

Página 2 de 2

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.4.2 CONTROLES SOBRE EL HORMIGÓN ENDURECIDO

Para verificar el espesor, la resistencia y la consecuente capacidad de carga de la calzada terminada, se deben extraer testigos mediante el uso de una máquina caladora rotativa. Tales testigos son cilíndricos, de diámetro aproximado de 15 centímetros, los que fueron ensayados a compresión axial.

Cada testigo se debe identificar por: nombre del sector y su ubicación, número del testigo, fecha de hormigonado.

Este ensayo, que si bien durante la realización de la práctica no se realizó, es importante tenerlo en cuenta; su procedimiento es análogo al de rotura de probetas.

En la imagen 6.6 puede verse el equipo que emplea el personal de laboratorio para la extracción de testigos.



Imagen 6.6 Equipo para extracción de testigo

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.5 CONTROL DE CEMENTOS ASFALTICOS

El asfalto es un material ligante de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes que pueden ser naturales u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se presenta en proporciones variables en la mayoría de los petróleos crudos. El petróleo crudo, extraído de los pozos, es separado en sus constituyentes o fracciones en una refinería. Principalmente esta separación es llevada a cabo por destilación. Después de la separación, los constituyentes son refinados más cuidadosamente o procesados en productos que cumplan requerimientos específicos.

De esta manera es como el asfalto, parafina, nafta, aceites lubricantes y otros productos útiles de alta calidad se obtienen en una refinería de petróleo, dependiendo de la naturaleza del crudo que está siendo procesado.

Debido a que el asfalto es la base o el constituyente pesado del petróleo crudo, no se evapora o hierve cuando es destilado. En consecuencia, el asfalto es obtenido como residuo o producto residual.

El asfalto de petróleo para uso en pavimentos es comúnmente llamado asfalto de pavimentación o cemento asfáltico para distinguirlo del asfalto hecho para otros usos, como ser con propósitos industriales o para techados. Los cementos asfáltico que son utilizados para realizar la mezcla asfáltica son de procedencia principalmente de YPF.

El cemento a utilizar es de tipo CA-30. Esta denominación viene establecida según la clasificación de los asfaltos en función de la viscosidad, que equivale a un asfalto 50-60 clasificado por penetración. Los asfaltos adquiridos por la empresa son clasificados por viscosidad y no por penetración.

El asfalto es sometido a un único ensayo que consiste en medir su viscosidad a diferentes temperaturas y con esto, verificar su comportamiento para saber si cumple con las características del producto adquirido.

Este ensayo nos permite realizar su curva de susceptibilidad que nos indica la propensión que presenta el asfalto a variar ciertas propiedades reológicas - especialmente la viscosidad- con la temperatura y determinar cuáles son las temperaturas óptimas de compactación y mezclado. La existencia de diferentes asfaltos convencionales dados en la norma IRAM 6845 tiene que ver con las distintas temperaturas de servicio a la que va a estar sometido el asfalto durante su vida útil, es decir, en climas fríos conviene pavimentos más blandos y en climas cálidos conviene asfaltos más duros.

De acuerdo a la experiencia, los asfaltos CA-30 han tenido un buen comportamiento.

A continuación, en la Tabla 6.6, se muestra la clasificación de los asfaltos en función de las viscosidades a las distintas temperaturas y otros parámetros característicos.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Tabla 6.6 Clasificación de acuerdo con la viscosidad a 60°C

Característica	Unidad	Clase de asfalto										Método de ensayo
		CA-5		CA-10		CA-20		CA-30		CA-40		
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Viscosidad a 60 °C ⁽¹⁾	dPa s	400	800	800	1600	1600	2400	2400	3600	3600	4800	IRAM 6836 ó IRAM 6837
Viscosidad a 135 °C ⁽¹⁾	mPa s	175	-	250	-	300	-	350	-	400	-	IRAM 6836 ó IRAM 6837
Índice de Penetración de Pfeiffer ⁽²⁾	-	-1,5	+0,5	-1,5	+0,5	-1,5	+0,5	-1,5	+0,5	-1,5	+0,5	5.1
Ensayo de Oliensis	-	Negativo										IRAM 6594
Solubilidad en tricloroetileno	g/100 g	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	5.2
Punto de inflam. Cleveland vaso abierto	°C	230	-	230	-	230	-	230	-	230	-	IRAM IAP A 6555
Ensayo sobre el residuo de pérdida por calentamiento – RTFOT												IRAM 6839
Índice de durabilidad ⁽³⁾	-	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	5.3
Ductilidad del residuo a 25 °C, 5 cm/min	cm	100	-	75	-	50	-	50	-	25	-	IRAM 6579

El producto viene acompañado con un protocolo de calidad, el cual certifica la calidad y establece una serie de recomendaciones.

En la página siguiente, en la imagen 6.7, se muestra un protocolo de calidad de Asfalto Asfasol 30 de proveedor YPF. Además de mostrar los parámetros característicos del mismo, también nos da una serie de recomendaciones de temperaturas para la elaboración y compactación.

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD					
Determinación comercial Producto:		Asfasol 30 (*)			
(*) Corresponde al Tipo CA-30 de Iram 6835		N° de Lote:	7G2K400		
Fecha de elaboración:	21/07/2017	Fecha de Despacho:	27/07/2017		
Ensayos	Unid.	Norma IRAM	Valor	Valores limites	
				Min.	Máx.
Ensayos sobre el cemento asfáltico					
Punto de ablandamiento	°C	6841	47,5	--	--
Viscosidad a 50°C (1)	dPa.ssg	6837	2630	2400	3600
Índice de penetración	--	6804	1,3	1,5	0,5

Imagen 6.7 Protocolo de calidad de asfalto

6.5.1 CONDICIONES A CUMPLIR

Se verificó en todos los equipos que ingresan las viscosidades rotacionales, y que los mismos se encuentren en los intervalos de aceptación. En caso contrario dicho equipo es rechazado. El asfalto debe ser homogéneo, libre de agua, y no formar espuma cuando se lo caliente a 175°C.

Se le hizo el ensayo de Viscosidad Rotacional Brookfield, para determinar la viscosidad y determinar las temperaturas óptimas.

6.5.2 ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD MEDIANTE UN VISCOSÍMETRO ROTACIONAL IRAM (6837)

En las imágenes siguientes, 6.8 y 6.9, se observa el instrumento utilizado (Viscosímetro de Brookfield) y un informe de un ensayo de viscosidad respectivamente. Esta norma describe el procedimiento para la medición de la viscosidad aparente del asfalto en un ámbito de temperatura entre los 38°C y 200°C, empleando un viscosímetro rotacional.

Este procedimiento se emplea para la determinación de la viscosidad aparente de asfaltos a una temperatura especificada o a distintas temperaturas. El procedimiento consiste en medir la resistencia que opone el fluido al movimiento del rotor. Para determinar la viscosidad del asfalto (en milipascales segundos) se multiplica un factor a la lectura del Indicador.

La viscosidad aparente se entiende como la relación entre el esfuerzo aplicado y la velocidad de cizallamiento de un líquido newtoniano o no-newtoniano.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.5.2.1 Procedimiento

Antes de comenzar con el ensayo se debe encender la cámara termostatzada. Se fija el controlador proporcional a la temperatura del ensayo. Se sugiere que en el caso de determinar la viscosidad de asfaltos convencionales, la temperatura de operación se encuentre entre 60°C y 170°C, mientras que para asfaltos modificados, se sugiere que la temperatura de operación sea mayor que 130° C.

Se retira de la cámara el recipiente para la muestra y se agrega el volumen de asfalto necesario de asfalto, según el rotor seleccionado previamente homogeneizado por agitación. Se deben extremar las precauciones para evitar el sobrecalentamiento de la muestra y evitar ignición en caso de punto de inflamación bajo. No se debe agregar muestra en exceso al recipiente para la muestra. El volumen de la muestra es crítico para lograr la medición del sistema. El nivel del líquido debe interceptar al rotor a 3.2 mm por sobre la parte superior de la interface "cuerpo cónico" - "rotor". Usando la herramienta de extracción, se coloca la cámara cargada nuevamente dentro del recipiente térmico.

Se enciende el quipo y se ajusta a cero. Se espera obtener la temperatura de equilibrio con el rotor seleccionado en la cámara. Se introduce el rotor seleccionado en el líquido de la cámara y se ajusta al viscosímetro. Se deja que el asfalto con el rotor sumergido alcance la temperatura de equilibrio.

En razón de que los asfaltos a ciertas temperaturas puedan presentar un tipo de comportamiento no-newtoniano, se realizan determinaciones de viscosidades a 4 distintas velocidades de rotación (velocidades de cizallamientos) diferentes. Se fija una determinada velocidad de rotación del motor. Se enciende el aparato y se realiza la lectura de la viscosidad a los 30 s.

Se verifica que el torque producido se encuentre dentro del ambito aceptable, es decir, que la lectura se encuentre entre 2 unidades y 98 unidades, para viscosidades digitales, o entre 2% o 98% del torque, para viscosidades analógicos. Si se cumple esto, se registra la lectura y la correspondiente velocidad de cizallamiento. Se detiene el motor. A continuación se cambia la velocidad y se procede de la misma forma que se indicó en el apartado anterior. Se repite el procedimiento indicado hasta obtener 4 lecturas a 4 velocidades de rotación distintas. Si se requiere, se repite el procedimiento descrito para cada temperatura deseada. Para obtener la viscosidad se multiplica la lectura del viscosímetro por el factor de viscosidad apropiado.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 6.8 Viscosímetro de Brookfield

Rheocalc V3.1-1		Brookfield Engineering Labs							
Arch: C:\USERS\USUARIO\DOCUMENTS\VISCOSIDAD\PROGRAMA VISCOSIDAD\REG01.13206.DB									
Fecha:	23/05/2017	Hora:	12:23:00 p.m.	Tipo:	RV	Husillo:	SC4-29		
Muestra:	13045								
#	Viscosidad (cP)	Veloc. (RPM)	% Par Esf. Cortante (%)	D/cm ²	G. Velocidad (1/seg)	Temperatura (°C)	Bath (°C)	Intervalo (mm:ss.t)	
1	303000,00	1,00	30,3	757,50	0,25	59,9	EEEE	00:31:06,5	
2	304000,00	1,50	45,6	1140,00	0,38	59,9	EEEE	00:03:10,4	
3	303809,52	2,10	63,8	1595,00	0,53	59,9	EEEE	00:03:10,3	
4	303600,00	2,50	75,9	1897,50	0,63	59,9	EEEE	00:03:10,3	

Imagen 6.9 Resultado del ensayo de viscosidad

Se puede observar claramente que la viscosidad resultante cabe en el intervalo de un asfalto CA-30.

Se procedió a realizar el ensayo a cinco diferentes temperaturas, cambiando para cada caso el spin y el volumen de asfalto. El resultado esta esquematizado en la imagen 6.10.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Temp de Ensayo = 60°C

Spin N°29

Velocidad	Viscocidad	Torque
rpm	Poise	%
1,00	2950	20
1,50	2920	52
2,00	2895	67
2,20	2925	73,4
Promedio	2923	

Temp de Ensayo = 145°C

Spin N°21

Velocidad	Viscocidad	Torque
rpm	Poise	%
20,00	3,3	13
30,00	3,31	19
40,00	3,31	26
50,00	3,33	33
Promedio	3,3	

Temp de Ensayo = 100°C

Spin N°29

Velocidad	Viscocidad	Torque
rpm	Poise	%
6,00	50,3	3,4
20,00	50,2	10,8
40,00	50,0	20,1
50,00	50,0	31
Promedio	50,1	

Temp de Ensayo = 155°C

Spin N°21

Velocidad	Viscocidad	Torque
rpm	Poise	%
20,00	2,12	8
30,00	2,13	13
40,00	2,13	17
50,00	2,13	20
Promedio	2,1	

Temp de Ensayo = 135°C

Spin N°21

Velocidad	Viscocidad	Torque
rpm	Poise	%
15,00	5,26	18
20,00	5,24	22
25,00	5,25	27
30,00	5,25	33
Promedio	5,25	

Temp de Ensayo = 170°C

Spin N°21

Velocidad	Viscocidad	Torque
rpm	Poise	%
20,00	1,2	4,8
30,00	1,2	7,2
40,00	1,2	9,6
50,00	1,2	12,1
Promedio	1,2	

Imagen 6.10 Ensayo de susceptibilidad térmica Asfalto CA-30

Con los resultados obtenidos de los ensayos de viscosidad a seis temperaturas diferentes 60 °C, 100 °C, 135 °C, 145 °C, 155 °C y 170 °C se graficó la curva de susceptibilidad térmica. Con este ensayo se puede ver la susceptibilidad térmica para observar cómo varía la viscosidad de asfalto con la temperatura y mediante el siguiente gráfico se pueden obtener las temperaturas óptimas de compactación y mezclado, en este caso la temperatura de mezclado es 158°C y la de compactación 147°C. Esto se ve reflejado en la siguiente imagen.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

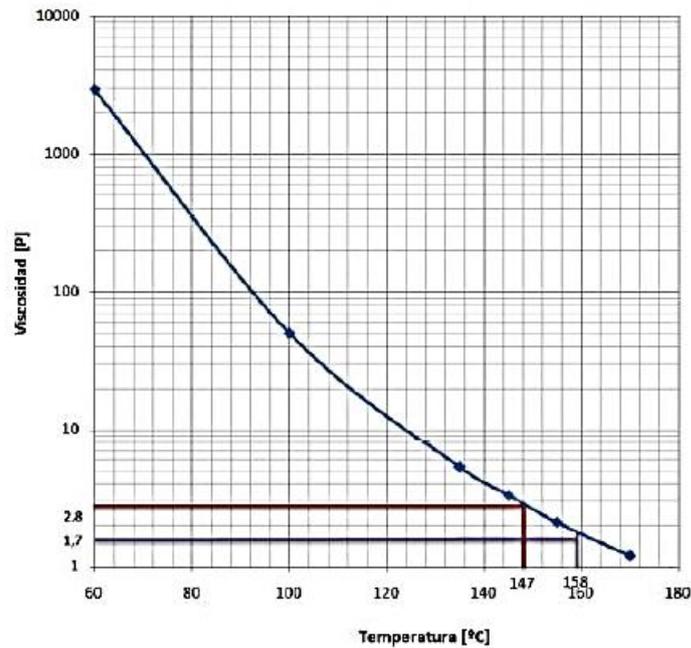


Imagen 6.11 Gráfico de susceptibilidad térmica Asfalto CA-30

6.5.2.2 Análisis de resultados y conclusiones

Del estudio anterior, podemos decir que: el asfalto cumplió con las características del producto adquirido, la temperatura óptima de mezclado se encontró en el rango de temperaturas recomendadas, mientras que la de compactación coincidió con el protocolo.

Además se deberían realizar ensayos de punto de ablandamiento y determinación de la penetración utilizando un penetrómetro de aguja.

6.6 CONTROLES EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO ASFÁLTICAS

La parte de la estructura destinada al rodamiento es la parte superior de la estructura.

Esta puede estar materializada mediante losa de hormigón, o mediante una capa bituminosa. El hecho de decidir, si en un determinado tramo de la ruta se colocan losas de hormigón o una capa asfáltica, depende del mantenimiento, costo inicial unitario por metro cuadrado y la serviciabilidad que desee para dicha ruta. Las losas de hormigón requieren menos mantenimiento, solo un mantenimiento de juntas, y su rehabilitación es compleja, mientras que una carpeta asfáltica tiene por lo general un índice de rugosidad menor, por ende un valor de serviciabilidad mayor, lo que termina reflejándose en más confort.

En este punto se explicará los ensayos sobre las mezclas asfálticas que conforman la parte superior del paquete estructural; comparando dichos resultados con los diseños de dichas mezclas mediante el método Marshall.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

A continuación se detalla lo establecido según el pliego de especificaciones para la aceptación del tramo ejecutado con mezclas tipo A (para carpetas):

MEZCLA TIPO A: (para carpeta)

a) Curvas granulométricas de la mezcla:

4% para las cribas o tamices desde la mayor abertura hasta el No 4 (4,8 mm) inclusive.

3% para tamices No 10 a No 100 inclusive.

2% para el tamiz No 200.

Entorno granulométrico de la mezcla de áridos:

TAMIZ:

“..... 100%

”.....80-100%

3/8”..... 70-90%

T4.....50-70%

T8.....35-50%

T30..... 18-29%

T100..... 8-16%

T200..... 4-10%

Se empleara en la mezcla, cemento asfáltico de índice de penetración 50-60.

- Cemento Asfáltico: Calentamiento a temperatura tal que su viscosidad "Saybolt-Furol" sea de 150-170 seg. Correspondientes para el producto bituminoso de tipo 50-60 (aproximadamente entre 145 - 155 °C).

- Agregados: Calentamiento a temperatura entre 160° - 180°C.

- Mezcla bituminosa elaborada: Saldrá de planta a temperatura de 140 - 165 °C.

b) Requisitos a Cumplir por la Mezcla Acorde al Ensayo Marshall:

Los requisitos que deberá cumplir la mezcla asfáltica elaborada ensayada acorde a las Normas V.N.E. – 9 – 86 "Ensayo Marshall" son:

Numero de golpes por cara de la probeta: 75

Estabilidad Normal mínima: 800 kg.

Fluencia: 2 a 4 mm

Vacíos residuales (método Rice): 3 a 5 %

Relación betún – vacíos: 75 a 85 %

Relación estabilidad - fluencia mínima: 2100 kg/cm

Relación estabilidad - fluencia máxima aconsejada: 4500 kg/cm

Estabilidad remanente (Norma V.N.E.32-67) Mínima: 80 %

A continuación se muestra en la Tabla 6.7, el resultado de un Ensayo Marshall completo en el cual además contiene la parte de determinación de la densidad Rice. Se hará una breve explicación de cada ensayo y por último se darán las conclusiones sobre lo observado.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

AFEMA S.A. Villa Retiro

Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)

Registro 13 del procedimiento 001 del área de Laboratorio

Marshall Registro: **L.001.13.AF.03950**

MEZCLAS ASFALTICAS - ENSAYOS MARSHALL RICE Y ABSON

Expediente: **0045-017049/2014**

DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD

Depto: **Conservacion de pavimento-Zona I capital y alrededores-**

Muestra Registro **L.001.01.AF.13492**

Fecha Elaboracion **08/07/2017**

Fecha Ensayo **08/07/2017**

MATERIAL: **CAC D 19**

Residual	Probeta	Peso seco	Volumen	Densidad Marshall	Vacios	Asfalto en Volumen	V.A.M	B/V	Altura Probeta	Factor Correccion	Lectura dial	Estabilidad	Fluencia	Estabilidad-Fluencia
	N°	1 gs	2 P. Sat. - P. Sumerg	3=1/2	4	5	6 = 4+5	7 = 5/6		8	9	10 = 8 x 9 x 13 Kg	11 mm	12 = 10 / 11 Kgf/cm
<input type="checkbox"/>	2	1257	512	2,455	4,4%	13,3%	17,7%	75,0%	63,0	1,01	99	1126,9	3,3	3415
<input type="checkbox"/>	4	1256	512	2,453	4,5%	13,3%	17,8%	74,6%	63,0	1,01	110	1252,1	3,5	3577
<input checked="" type="checkbox"/>	1	1265	517	2,447	4,8%	13,2%	18,0%	73,6%	63,3	1,00	95	1070,7		
<input checked="" type="checkbox"/>	3	1266	517	2,449	4,7%	13,2%	17,9%	73,9%	63,3	1,00	96	1081,9		
Promedio			2,451	4,6%	13,3%	17,9%	74,3%					1189,5	3,4	3496
Especificacion				3 - 5		> 14	70 - 80					>800	3 - 6	>2000 / 4000

UBICACION

Extraido:

PLANTA VILLA RETIRO - CALZADA UNICA - CALZADA - CARPETA Carril: CENTRAL IZQUIERDO prog: 0

Colocado:

*A DEFINIR - CALZADA UNICA - CALZADA - CARPETA Carril: CENTRAL IZQUIERDO prog: 0

Comitente: MUNICIPALIDAD DE CORDOBA

Proveedor: AFEMA

Laboratorio: VILLA RETIRO

% de ASFALTO	5,4%	Material	Proveedor	Aridos Mezcla
Registro L.001.14.AF.03984		TRITURADO 6-19	CANTERA DIQUECITO	40,0 37,8
ASFALTO CA30. MEJORADOR DE ADHERENCIA 0,3%		TRITURADO 0- 6	CANTERA DIQUECITO	45,0 42,6
		ARENA SILICEA	SAQUI ARENERA	15,0 14,2
RICE:	2,569			Asfalto: 5,4
Registro L.001.05.AF.03928				
		13	Factor de Aro: 11,27 Kg/div	Temperatura de Elaboracion: 160 °C
				Temperatura de Moldeo: 150 °C
		RESIDUAL	Prom Normale 1189	90,5%
			Prom Residuale 1076	
			Especificacion	>75%

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.6.1 PESO UNITARIO DE LAS PROBETAS COMPACTADAS (VN-E12-67)

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el peso unitario, llamado comúnmente densidad, de probetas de mezclas asfálticas compactadas en laboratorio o extraídas de pavimentos en servicio.

Se necesitó:

- Peso en aire de la probeta seca (P_s)
- Peso en agua de la probeta saturada (P_i)
- Peso en aire de la probeta saturada (P_H)

Para el caso de probetas moldeadas en el laboratorio, el procedimiento seguido fue:

- Luego de 24 hs de haber sido moldeada, se pesó la probeta seca, a temperatura ambiente al 0,1gr (P_s).
- Se sumergió en agua a temperatura ambiente durante 1 hr. a fin de saturarla.
- Se midió el peso saturado sumergido (o hidrostático) con el cuidado de usar un hilo liviano o descontarlo de la medición y cuidar que la muestra no toque los laterales del recipiente (P_i).
- Se retiró de la probeta el agua, se quita el hilo que la rodea dejándola escurrir durante 10 seg. y se pesa (P_H).

Finalmente, el peso unitario de las probetas se calculó mediante fórmula, dónde d es la densidad de la probeta expresada en gr/cm^3 , P_s es el peso en el aire de la probeta seca, P_H es el peso en el aire de la probeta saturada y P_I es el peso de la probeta saturada sumergida en agua.

$$d = \frac{P_s}{(P_H - P_I)} \times 1 \left[\frac{g}{cm^3} \right]$$

6.6.2 DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA DE LA MEZCLA SIN COMPACTAR (Densidad Rice) (VN-E27-84)

Esta norma, establece el procedimiento a seguir para la determinación del Peso Especifico “efectivo” y de la absorción de asfalto del agregado pétreo a utilizar en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente (concreto asfáltico, arena- asfalto, toscaarena- asfalto, etc.) empleando el procedimiento de J. Rice (saturación por vacío). También denominada Densidad Rice: es la densidad de la mezcla cuando se eliminan los vacíos. En la imagen 6.12 se hace una representación volumétrica de los componentes de la mezcla asfáltica, en la cual para determinar la densidad rice se debe eliminar los vacíos.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

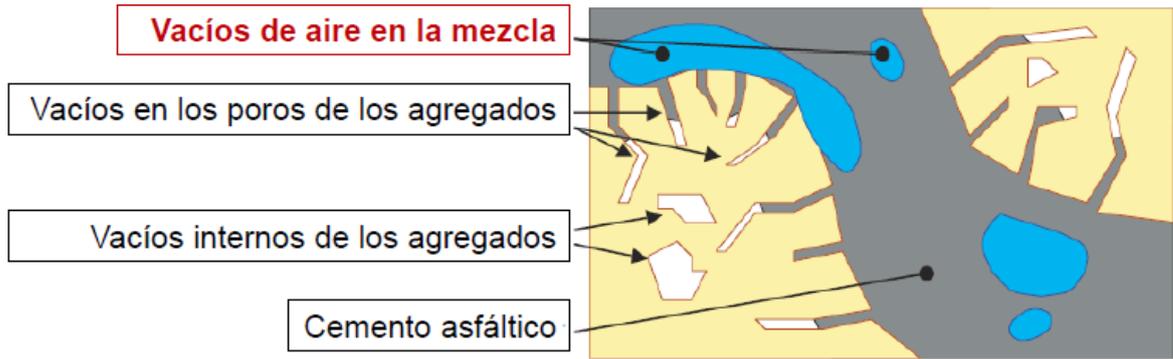


Imagen 6.12 Parámetros de la mezcla

Antes de realizar el ensayo, es necesario realizar las siguientes tareas:

Tareas previas:

- Calibrar el Frasco enrasado: se llena con agua destilada a menos de 25°C hasta el nivel del enrasador. Se coloca en baño a 25°C por una hora. Se coloca nuevamente el enrasador, se elimina el exceso de agua con pipeta. Una vez enrasado se seca la parte exterior y el cuello del frasco y se pesa.
- Elaboración de la muestra: la cantidad de mezcla asfáltica es función del tamaño máximo del agregado. Se la deja enfriar 24hs a temperatura ambiente.

Una vez realizadas, se prosigue a explicar los pasos a seguir para ejecutar el ensayo:

Procedimiento:

- Manualmente se rompieron los grumos de la mezcla, imagen 6.13 que sean mayores a $\frac{1}{4}$ pg. (6,70mm). Se separa el fino del grueso, ya que una vez que la temperatura decae resulta difícil su separación.



Imagen 6.13 Preparación de la muestra

- Se pesó la mezcla asfáltica y se introdujo en el frasco (Si se pesa en el frasco, previamente se debe pesar el frasco sólo). Imagen 6.14

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 6.14 Determinación del peso de la mezcla

- Se agregó agua destilada hasta cubrir la mezcla (mínimo 3cm) sin superar la altura del enrasador.
- Se conectó la bomba de vacío (30 mm Hg) y se mantuvo el tiempo necesario hasta que no se observen burbujas de aire; debiendo agitarse cada tanto manualmente o colocar en un agitador.



Imagen 6.15 Vista de la bomba de vacío y ejecución del ensayo

- Luego se completó con agua destilada a 25°C hasta la altura del enrasador, se secó el frasco y se pesó.

Finalmente, se calculó la densidad Rice, con la siguiente expresión, dónde A: Peso de la mezcla suelta (Peso mezcla en frasco – Peso frasco vacío) [gr.], D: Peso del frasco con agua destilada a 25C enrasado [gr.], E: Peso del frasco + mezcla suelta + agua (enrasado después de hacer vacío) [gr.].

$$\text{Densidad teórica máxima} = \frac{A}{A + D - E} \left[\frac{g}{cm^3} \right]$$

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.6.3 ESTABILIDAD Y FLUENCIA MÉTODO MARSHALL (VN-E9-86)

6.6.3.1 Introducción: compresión diametral

Se puede demostrar que las probetas cilíndricas de mezclas bituminosas sometidas a compresión diametral fallan cuando la tensión horizontal de tracción desarrollada en el plano vertical de carga alcanza el valor de la resistencia a tracción del material (es decir la carga compresión diametral genera tensiones de tracción perpendiculares a la carga).

Si la carga fuese aplicada en un punto la falla se daría por tensiones de compresión próximas al punto de carga. Se puede demostrar que mediante el uso de un cabezal de compresión, el cuál distribuye la carga en una superficie curva en la probeta, reduce las tensiones de compresión y favorece la falla por tracción. Es decir la forma del cabezal de compresión es importante.

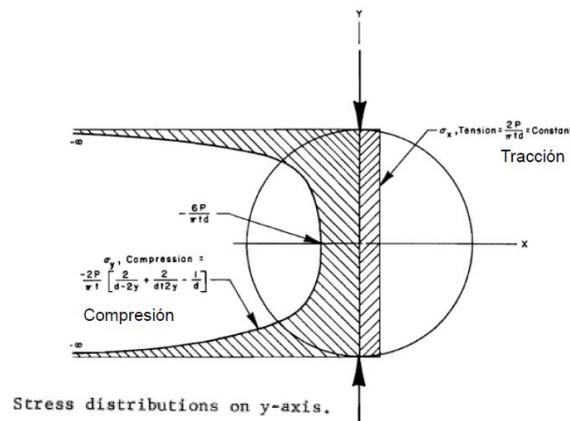


Imagen 6.16 Tensiones producidas a compresión diametral

6.6.3.2 Aparatos

El instrumental necesario para llevar a cabo el ensayo fueron:

- Moldes de compactación: cilíndricos, de acero, de 101,6 mm. de diámetro interno y 76,2 mm. de altura, provistos de base y collar de prolongación adaptable a ambos extremos del molde.
- Pisón de compactación manual: de acero, que consiste esencialmente en una zapata circular de 33,4 mm. de diámetro, en la que golpea un pilón de 4,540 Kg. que se desliza por una guía que limita su carrera a 457 mm.
- Pedestal de compactación: Se usa para apoyo del molde durante el proceso de compactación.
- Extractor de probetas: para retirarlas del molde de compactación.
- Estufa: equipada con sistema de calentamiento termostáticamente controlado, que permita regular temperaturas entre 35° C. y 250° C. $\pm 2^\circ$ C. para calentar y secar los agregados pétreos y los moldes de compactación. Construida con doble pared de acero, en el interior acero inoxidable, aislamiento con lana de vidrio. Con soportes

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

de hierro para sostenes, dos bandejas rejilla y de dos puertas. Medidas interiores mínimas: 80 cm. de largo x 60 cm. de altura x 60 cm. de profundidad. Corriente trifásica, 380 V, 50 ciclos, 12 Kw.

f. Mordaza: de acero para la aplicación de las cargas durante el ensayo

g. Termómetro: con escala hasta 200° C. y sensibilidad de 1° C. para medir temperaturas de la mezcla asfáltica.

h. Baño de agua caliente: Equipado con sistema de calentamiento termostáticamente controlado, que permita mantener el agua colocada a una temperatura de 60° C. \pm 0,5° C. durante 24 horas. Este baño tendrá su correspondiente tapa. Construido con doble pared de acero, la interior de acero inoxidable, aislamiento con lana de vidrio. Equipado con un sistema de circulación del agua para uniformar la temperatura de la misma. Medidas interiores mínimas 60 cm. de largo x 40 cm. de ancho y 20 cm. de profundidad. Corriente trifásica: 380 V, 50 ciclos, 2 Kw.

i. Mordaza: de acero para la aplicación de las cargas durante el ensayo

j. Comparador extensométrico: con dial dividido en 1/100 de pulgada, o en 1/100 de centímetro para medir fluencia, carrera total 25 mm.

k. Elementos varios: de uso corriente, espátulas metálicas, cucharón de albañil, cuchara de almacenero, guantes de amianto, guantes de goma, pinzas, tiza, grasa para marcar probetas, calibre, etc.

A continuación en la imagen 6.17 se observa parte de los elementos utilizados para la ejecución del ensayo y una vista de las probetas luego de ser desmoldeadas.



Imagen 6.17 Vista del instrumental usado y probeta moldeada

6.6.3.3 Moldeo de la probeta

Previo a la ejecución en sí del ensayo, fue necesario el moldeo de probetas, para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- Antes de proceder al modelo de la probeta se preparó el molde de compactación (ap.9.2-a) y el pisón de compactación (ap. 9.2-b) limpiando con nafta o kerosene el molde y la zapata del pisón y calentándolos luego en

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

estufa a una temperatura comprendida entre 100° y 150° C durante 30 minutos. T°moldeo 145-155°C

- Se retiró de la estufa y se armó el molde colocándole la base y el collar de extensión y se introdujo un disco de papel de filtro u otro papel absorbente hasta el fondo del molde.
- Se colocó rápidamente con la cuchara de almacenero el total de la mezcla en el interior del molde, se acomodó aplicando 15 golpes con una espátula caliente distribuidos alrededor del perímetro de la probeta y 10 golpes en su interior, y se niveló la superficie del material.
- Se colocó el molde sobre el pedestal de compactación y se lo sujetó con el aro de ajuste. Se apoyó sobre la mezcla la zapata del pisón de compactación y se aplican 50 ó 75 golpes según esté especificado, a caída libre, cuidando que el vástago del pisón se mantenga bien vertical.
- Se retiró el molde del dispositivo de ajuste y se invirtió la posición de la base y del collar de extensión.
- Se ajustó nuevamente el molde sobre el pedestal de compactación se aplicó el mismo número de golpes, a la capa inferior de la probeta en la forma ya indicada.
- Terminada la compactación de la probeta se retiró el molde del pedestal y sin la base y el collar de extensión se colocó el molde en un recipiente con agua fría durante 3 o 4 minutos. Se retiró luego el agua, se le colocó nuevamente el collar de extensión y con el extractor se retiró la probeta del molde. En la imagen 6.18 se observa los equipos disponibles para la ejecución del moldeo y extracción.
- Extraída la probeta del molde se identificó designándola con letras o números escritos en cada cara. Hecho esto se colocó sobre una superficie lisa y bien ventilada.
- Se debe moldear un mínimo de tres probetas por cada % de C. A. repitiendo exactamente las operaciones indicadas anteriormente.



Imagen 6.18 Equipo de compactación y de extracción

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.6.3.4 Ensayo de estabilidad y fluencia por el método marshall

Este método es aplicable sólo a mezclas en caliente con cementos asfálticos que contengan agregados con tamaño máximo de 25 mm.

Las probetas se ensayaron 24hs después de moldeadas, aplicando cargas en sentido diametral (carga aplicada a una velocidad constante de 50,8 mm por minuto).

Procedimiento:

- Se midió la altura h de cada probeta al 0,1mm (con calibre) promediando cuatro h en diámetros perpendiculares.
- Se pesaron las probetas y se determina el Peso Unitario (VN E12-67)
- Las probetas fueron calentadas en un baño de agua a 60°C (140°F) durante 40 minutos.
- Se verificó que las mordazas de compresión estén limpias, se centró la probeta y se encastró el conjunto en la prensa.
- Se aproximó la prensa hasta que el comparador del Aro Dinamométrico comience a moverse, allí se ajustó el comparador de deformación llevándolo a 0.
- Se accionó la prensa observando ambos comparadores, se debe tomar lectura en simultáneo en ambos comparadores cuando el comparador del Aro Dinamométrico alcanza el máximo valor (Máx. Carga).

Desde el momento que se extrajo la probeta del baño hasta la toma de lecturas no debe superar los 30 segundos.

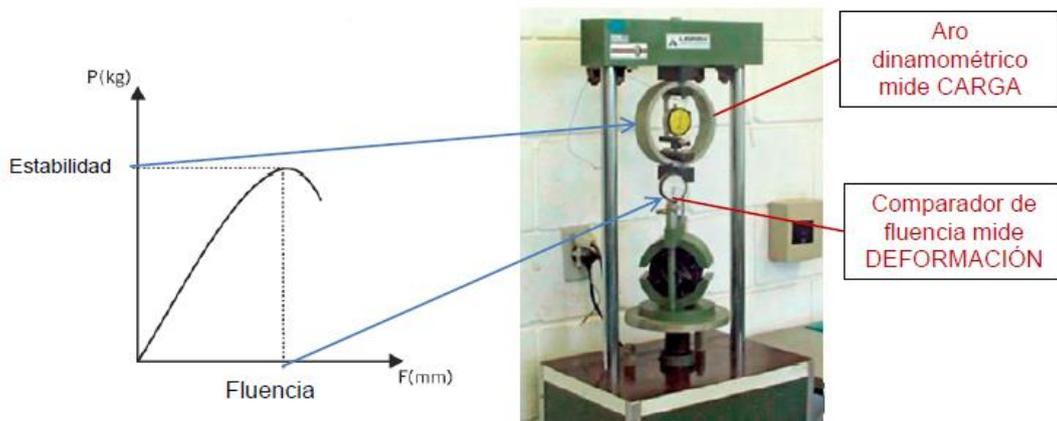


Imagen 6.19 Esquema explicativo del ensayo

Se tomó lectura simultánea de la carga máxima y fluencia (Imagen 6.19 y 6.20):

La carga máxima (de falla) se registró como el valor de **Estabilidad Marshall** (Lectura en comparador en el Aro Dinamométrico).

La lectura del medidor de deformación se registró como la **Fluencia** (deformación que ocurre desde el instante que se aplica la carga hasta lograr la carga máxima).

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 6.20 Vista del equipo utilizado en laboratorio de Afema S.A

6.6.4 ESTABILIDAD RESIDUAL

Este ensayo mide la pérdida de la Estabilidad Marshall, como consecuencia de la acción del agua sobre las mezclas con cemento asfáltico, compactadas.

Se obtiene un índice de estabilidad residual, comparando la estabilidad de las muestras determinadas de acuerdo con el método Marshall usual, con la estabilidad de muestras que han sido sumergidas en agua durante 24hs.

$$\text{Índice Estabilidad Residual} = \frac{\text{Estabilidad Marshall Probetas Sumergidas}}{\text{Estabilidad Marshall Probetas No Sumergidas}}$$

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.6.5 MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE ASFALTO DE MEZCLAS EN CALIENTE POR IGNICIÓN I.N.V. E – 729 – 07

6.6.5.1 OBJETO

Este método de ensayo cubre la determinación del contenido de ligante asfáltico de mezclas asfálticas en caliente por ignición del ligante asfáltico a 600 °C, o menos, en un horno. El agregado que queda después de la ignición se puede usar para el análisis granulométrico, norma INV E – 782.

El ligante asfáltico en la mezcla de pavimento fue quemado usando un horno aplicable a este método particular. El contenido de ligante asfáltico fue calculado como la diferencia entre la masa inicial de la mezcla asfáltica y la masa residual del agregado, con ajustes por un factor de corrección y por el contenido de humedad. El contenido de asfalto se expresa como un porcentaje de masa de la mezcla libre de humedad.

6.6.5.2 FACTOR DE CORRECCIÓN

Este método puede ser afectado por el tipo de agregado en la mezcla. En consecuencia, para optimizar la precisión, se tuvo que establecer un factor de corrección mediante el ensayo de un conjunto de muestras para establecer el factor de corrección para cada tipo de mezcla. Este procedimiento se debe efectuar antes de completar cualquier ensayo de aceptación. Ciertos tipos de agregados pueden dar lugar a factores de corrección desusadamente altos (>0,5 %) y resultados erróneos de granulometría debido a la degradación del agregado. El factor de corrección para tales mezclas debe determinarse a temperaturas más bajas.

6.6.5.3 PROCEDIMIENTO

- Se precalentó el horno hasta una temperatura superior a los 500°C.
- Se pesó y se registró la masa de la canasta de muestra y de la bandeja de retención (con las protecciones en posición).
- Por cuarteo se obtuvo 1000 gr. de muestra. Se colocaron las canastas de muestras en la bandeja de retención. Se distribuyó uniformemente esta muestra en la canasta de muestra, teniendo cuidado de mantener la muestra fuera de los bordes de la canasta.
- Se pesó y se registró la masa total de la muestra, canasta(s), bandeja de retención, y protecciones de las canastas. Se calculó y se registró la masa inicial de la muestra, W , (masa total menos la masa del conjunto de la canasta de la muestra).
- Se quemó la muestra de mezcla asfáltica en caliente en el horno, aproximadamente 30 minutos una vez que la temperatura haya llegado a los 600°C. Luego con espátula se removió la muestra y se volvió a colocar en el horno, una vez que el mismo llega a los 600°C se lo dejó por un tiempo aproximado de 15 minutos.
- Se removió la muestra del horno después de la ignición y se dejó enfriar a temperatura ambiente, por lo menos durante 30 minutos.
- Se pesó y se registró la masa de la muestra (W_A) después de la ignición, con aproximación de 0,1 g.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- Se calculó el contenido de asfalto de la muestra como sigue:

$$\%AC = \left[\frac{W_S - W_A}{W_S} \times 100 \right] - C_F$$

donde:

$\%AC$ = contenido de asfalto medido (corregido),

W_A = peso total del agregado remanente después de la ignición,

W_S = peso total de la muestra de mezcla antes de la ignición; y

C_F = factor de corrección, porcentaje en peso de la muestra de mezcla asfáltica en caliente

En la siguiente imagen se observa la metodología seguida aplicada a un material asfalto-arena usada generalmente para bacheo.



Imagen 6.21 Aplicación del ensayo para material: arena - asfalto

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

6.6.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De la tabla 6.7 vemos que se cumple con todas las tolerancias.

La Densidad Marshall podemos decir que ronda los 2,45 tn/m³, que es la misma que se determinó a la hora de la dosificación. Si la Densidad Marshall se encuentra en rango de aceptación, será lo más probable que todos los demás parámetros también se cumplan.

El porcentaje de asfalto es de 5,4 % lo cual es igual al dosaje de diseño. Los demás parámetros como Estabilidad mínima, Fluencia, Vacíos totales, Relación betún-vacíos, Relación Estabilidad - Fluencia, Estabilidad Residual están todos dentro de los parámetros de diseño.

La relación E/F recomienda valores máximos de 4000 kg/cm. Estos valores no se alcanzan y son ampliamente superiores al valor mínimo de 2100 kg/cm. Los resultados de la recuperación de áridos se encuentran dentro de los límites granulométricos.

En general, los distintos valores que constituyen el Ensayo Marshall no presentaron gran dispersión, lo cual refleja la calidad de la producción de asfalto.

CAPÍTULO 7. MAQUINARIA VIAL

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

7.1 GENERALIDADES

En este capítulo se comenta sobre los equipos empleados para poder llevar a cabo la obra, se hará referencia sobre rendimientos, detalles técnicos y consideraciones para el buen uso de las mismas. Es claro que este ítem está definido en el pliego de especificaciones, que en su art.47 trata, además, de todas aquellas herramientas necesarias para la ejecución de la obra, tales como moldes, regla vibratoria, etc.

Se hace un listado de aquellas máquinas empleadas y luego se analiza las de mayor relevancia por separado. De este modo, en obra se pudo contar con:

- Motoniveladora Caterpillar 140K
- Motoniveladora Volvo
- Cargador Frontal Lonking CDM833
- Bobcat S220
- Vibrocompactador Carterpillar CB534D
- SAKAY SW230
- Vibrocompactador Dynapac 192
- Vibrocompactador Tortone RN7.23
- Bitelli bb 651c
- Camiones con caja volcadora de 8m³
- Camión regador

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

7.2 MOTONIVELADORA CARTEPILLAR 140K

La motoniveladora es una de las máquinas más versátiles en la línea de productos de Caterpillar. Las máquinas de la Serie K se utilizan en numerosas aplicaciones en una amplia gama de industrias. A continuación mostramos las principales industrias que usan motoniveladoras CAT y las aplicaciones típicas en cada una de ellas.

- **Construcción pesada**
Construcción de autopistas
Pavimentación/Renovación de la capa superficial
Construcción de aeropuertos
Construcción de ferrocarriles
Construcción de presas
Mantenimiento de caminos
- **Proyectos de obras públicas**
Mantenimiento de carreteras
Construcción de carreteras
Apertura/Limpieza de zanjas
Limpieza de nieve
- **Construcción de edificios**
Construcción residencial
Construcción comercial
Construcción industrial
Sistemas de agua y de cloacas
- **Industrial**
Rellenos sanitarios
Construcción de oleoductos, etc.

Está más que claro la función primordial que cumple en las obras viales, basta dirigirse al capítulo 4. De allí podrá concluirse que para las tareas tales como: movimientos de suelos, escarificación, distribución de material, perfilado, etc; se hace necesario contar con una motoniveladora. En la imagen 7.1 se observan las dimensiones típicas de la serie K.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

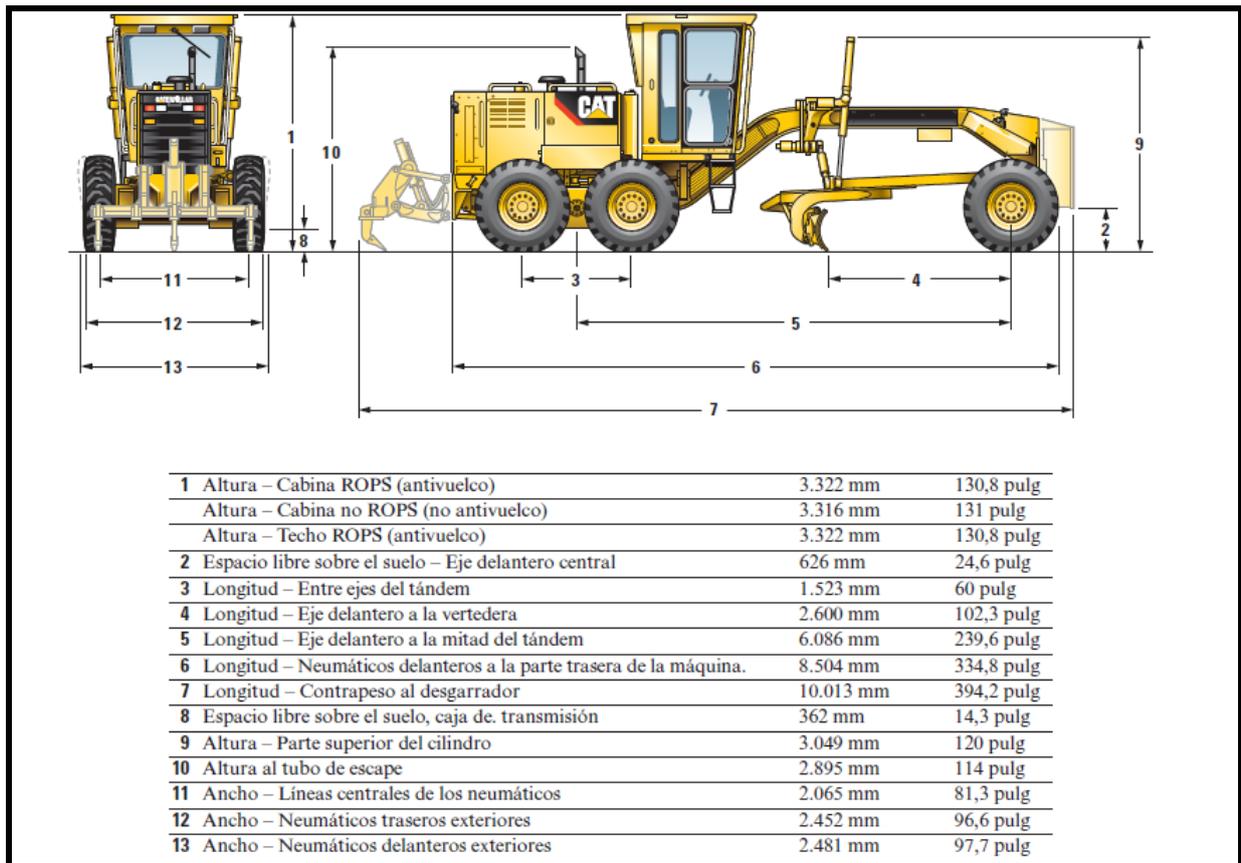


Imagen 7.1 Especificaciones Motoniveladora 140K

7.2.1 COMPONENTES

- **Estructura del bastidor – Proporciona regularidad y resistencia**

El bastidor delantero es una construcción de placa continua. El diseño de sección en caja conectada por estrías remueve las soldaduras de las áreas de alta tensión, lo que mejora la fiabilidad y la durabilidad. La estructura del bastidor trasero tiene dos canales de sección en caja con caja del diferencial totalmente soldada para proporcionar una plataforma de trabajo sólida. Un parachoques integrado une el bastidor trasero formando una unidad cohesiva para manejar cargas altas de tensión.

- **Barra de tiro, círculo y vertedera (DCM)**

La barra de tiro del bastidor Y está construida con dos vigas sólidas para resistencia, durabilidad y control preciso de la hoja. Este diseño permite agregar un escarificador de montaje central sin comprometer la hoja en posiciones de alcance extremo.

Un círculo forjado de una pieza resiste cargas altas de tensión. Las superficies de desgaste elevadas evitan que los dientes del círculo se desgasten contra la barra de tiro. Los 64 dientes del círculo espaciados de manera uniforme se cortan con soplete y son templados por inducción de calor para que resistan el desgaste, y el círculo es fijo a la barra de tiro por medio de seis zapatas para un soporte máximo.

La vertedera proporciona una curvatura óptima y mucho espacio libre entre el suelo y el círculo que ayuda a mover todos los tipos de suelos rápido y eficientemente.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Estas características proporcionan una excelente distribución de la carga y una mínima acumulación del material en el área del círculo mientras que permite que las cargas grandes de la hoja rueden libremente.

- **Acumuladores de levantamiento de la hoja**

Esta característica optativa usa acumuladores para ayudar a absorber las cargas de impacto en la vertedera permitiendo el desplazamiento vertical de la hoja. Los acumuladores de levantamiento de la hoja reducen el desgaste innecesario y ayudan a evitar el movimiento involuntario de la máquina para una mayor seguridad del operador.

7.2.2 PRODUCCIÓN

Las motoniveladoras se usan en una amplia gama de aplicaciones en una variedad de industrias. Por lo tanto, hay muchas formas de medir su capacidad de operación, o producción. Un método expresa la producción de la motoniveladora en función del área cubierta por la vertedera.

Fórmula:

$$A = S \times (L_e - L_o) \times 1000 \times E \text{ (Métrico)}$$

En dicha expresión A es el área de operación horaria (m²/h), S es la velocidad de operación (km/h o mph), Le es la longitud efectiva de la hoja (m), Lo es el ancho de superposición (m) y E es la eficiencia del trabajo

Velocidades de operación:

En la tabla 7.1 se dan diferentes velocidades de operación según sea el trabajo que se realiza.

Tabla 7.1 Velocidades de operación

Nivelación	5,0 – 6,0 Km/hra
Escarificado	4,0 – 5,0 Km/hra
Perfilado	4,5 – 6,5 Km/hra
Limpieza de maleza	6,5 – 8,5 Km/hra
Conformación de subrasantes	4,0 – 6,0 Km/hra
Mezcla de materiales	4,0 – 6,0 Km/hra
Reparación de caminos	2,0 – 5,0 Km/hra
Excavación de zanjas	1,5 – 3,0 Km/hra
Terminación de orillas	1,0 – 2,0 Km/hra
Explanación de campo	1,5 – 4,0 Km/hra
Velocidad de retorno	15,0 Km/hra

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Longitud efectiva de la hoja:

Como la vertedera está normalmente formando un ángulo cuando se está moviendo material, debe calcularse la longitud efectiva de la hoja teniendo en cuenta este ángulo (Imagen 7.2). El resultado es el ancho real de material barrido por la vertedera.

Nota: Los ángulos se miden tal como se muestra en la ilustración. La longitud efectiva se reduce a medida que el ángulo aumenta (Tabla 7.2).

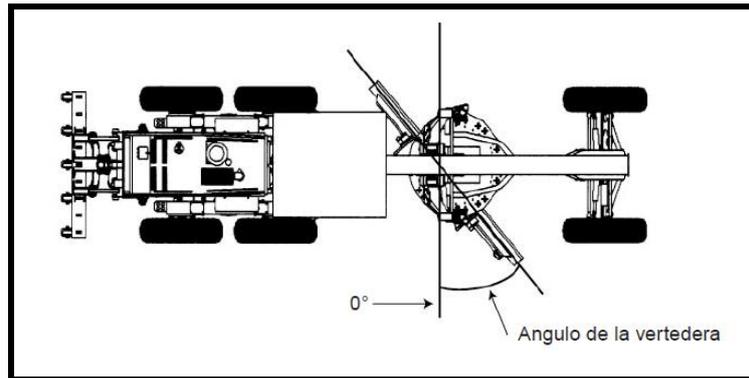


Imagen 7.2 Longitud efectiva de la hoja

Ancho de superposición:

El ancho de superposición es generalmente 0,6 m (2,0 pies). Esta superposición es para mantener los neumáticos fuera de los camellones en la pasada de retorno.

Eficiencia del trabajo:

La eficiencia del trabajo varía según las condiciones del trabajo, la habilidad del operador, etc.

Una buena estimación de la eficiencia del trabajo es aproximadamente de 0,70 a 0,85, pero habrá que tener en cuenta las condiciones reales de operación para determinar el valor más apropiado.

Tabla 7.2 Longitud efectiva para diferentes ángulos de la hoja

Longitud de la vertedera m (pies)	Longitud efectiva, m (pies)	Longitud efectiva, m (pies)
	ángulo de la hoja 30 grados	ángulo de la hoja 45 grados
3,658 (12)	3,17 (10,4)	2,59 (8,5)
3,962 (13)	3,43 (11,3)	2,80 (9,2)
4,267 (14)	3,70 (12,1)	3,02 (9,9)
4,877 (16)	4,22 (13,9)	3,45 (11,3)
7,315 (24)	6,33 (20,8)	5,17 (17,0)

Para otras longitudes de hoja y otros ángulos:
Longitud efectiva = Longitud de la hoja x seno (ángulo)

7.2.3 RECOMENDACIONES

Existen algunos aspectos sencillos que deben aplicarse para mejorar la capacidad de producción de estos equipos. Muchos de ellos, naturalmente, están asociados a las características del modelo utilizado.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

La relación peso/potencia es fundamental a la hora de seleccionar el equipo a utilizar. El modelo analizado posee un valor de dicha relación altamente aceptable. Máquinas livianas implican un mayor número de pasadas y, en algunos casos, una terminación muy desprolija de la tarea, fundamentalmente cuando se trata de trabajos de precisión.

Por otro lado, la curvatura de la hoja vertedora es esencial al momento del mezclado, puesto que genera una rotación del material a partir de la cual se facilita el despido del mismo por la parte lateral. Por el contrario, modelos con espejos sin curvatura producen una acumulación de material durante el transporte, concluyendo en una traslación que resulta contraproducente.

La velocidad de trabajo es, como se ha visto, un aspecto fundamental para incrementar el rendimiento. No obstante, existe obviamente un límite a partir del cual mantener velocidades excesivas conduce a una disminución de producción. La necesidad de repasar tareas ya realizadas por no alcanzar la calidad requerida, los riesgos de averías debido al sobreesfuerzo del equipo, entre otros, son algunos de los factores que implican la implementación de una *velocidad óptima*.

7.3 CARGADOR FRONTAL LONKING CDM833

Dicha máquina, imagen 7.3, es de múltiples usos principalmente en la construcción y otras tareas de movimientos de suelo y áridos, la cargadora Lonking 833 es un equipo que por su simpleza es muy demandado en el mercado. Con 2 m³ de capacidad, un peso operativo de 10,300Kg y una potencia de 125HP es un equipo de alto rendimiento.



Imagen 7.3 Especificaciones cargador frontal Lonking CMD833

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

7.3.1 PRODUCCIÓN

La productividad de los cargadores frontales depende principalmente del volumen del cucharón y de la duración de su ciclo de trabajo. Este resultado será un valor teórico de su producción horaria QT

$$QT=q/T$$

En dicha expresión: q es la producción por ciclo (capacidad de operación del cucharón) y T es el tiempo del ciclo.

En cuanto a la duración del ciclo, será conveniente cronometrar este valor en la obra, en las condiciones reales de trabajo.

En las tablas que siguen se proporcionan las duraciones de los ciclos para condiciones promedio, considerando la forma de cargado, las condiciones de operación y una distancia de recorrido del acopio al equipo de transporte de cinco a siete metros. Si el recorrido es mayor se deberá incrementar la duración del ciclo en forma proporcional a la distancia que recorre la máquina.

Tabla 7.3 Tiempo de Ciclo del Cargador Frontal (Minutos)

CONDICIONES DE CARGA	FORMA DE CARGADO Y TAMAÑO DEL CUCHARON					
	CARGADO EN "V"			CARGADO EN CRUZ		
	<3 M3	3.1 a. 5 M3	>5 M3	<3 M3	3.1 a. 5 M3	>5 M3
FACIL	0,5	0,6	0,7	0,45	0,55	0,65
PROMEDIO	0,6	0,7	0,75	0,55	0,65	0,7
MOD. DIFICIL	0,75	0,75	0,8	0,7	0,7	0,75
DIFICIL	0,8	0,8	0,85	0,75	0,8	0,8

Los cargadores frontales también pueden efectuar trabajos de carga y transporte en distancias relativamente cortas, no mayores a 300 metros y sobre plataformas con capas de rodadura compactada y uniforme. Frecuentemente se utilizan los cargadores para este tipo de trabajo en las plantas de trituración, en las plantas de asfalto, en las plantas de hormigón, etc.

En este caso en su ciclo de trabajo se tendrá que incluir los tiempos que corresponden al recorrido de ida y de retorno, además de un tiempo fijo para el llenado y descarga del cucharón y para los virajes. La expresión teórica es idéntica a la del caso anterior, solo que en este caso, donde D es la distancia de acarreo, Z es el tiempo fijo, VC es la velocidad del equipo cargado y VR es la velocidad de retorno (equipo descargado):

$$T= D/VC+D/VR+Z$$

Los valores de VC y VR pueden consultarse, en forma orientativa, en la Tabla 7.4:

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Tabla 7.4 Velocidades Características del Cargador Frontal

Condiciones de operación	Velocidad con carga (Km/hra)	Velocidad Retorno (Km/hra)
Buenas: acarreo sobre camino lleno bien compactado, con pocas protuberancias	10 a 23	11 a 24
Promedio: camino parejo con pocas protuberancias, trabajo auxiliar de carga reducido, pequeño porcentaje de rocas.	10 a 18	11 a 19
Moderadas: protuberancias en la superficie del camino, mucho trabajo auxiliar.	10 a 15	10 a 16
Deficientes: irregular con grandes protuberancias, trabajo difícil de realizar, trabajo auxiliar intenso.	9 a 12	9 a 12

El tiempo fijo "Z" depende de tres factores básicos:

- Habilidad del operador
- Tipo de material cargado y condiciones en las que se encuentra
- Características y prestaciones del equipo

Estos tiempos contemplan, en cierto modo, las demoras en la carga, giro y descarga.

7.4 VIBROCOMPACTADOR CARTERPILLAR CB534D

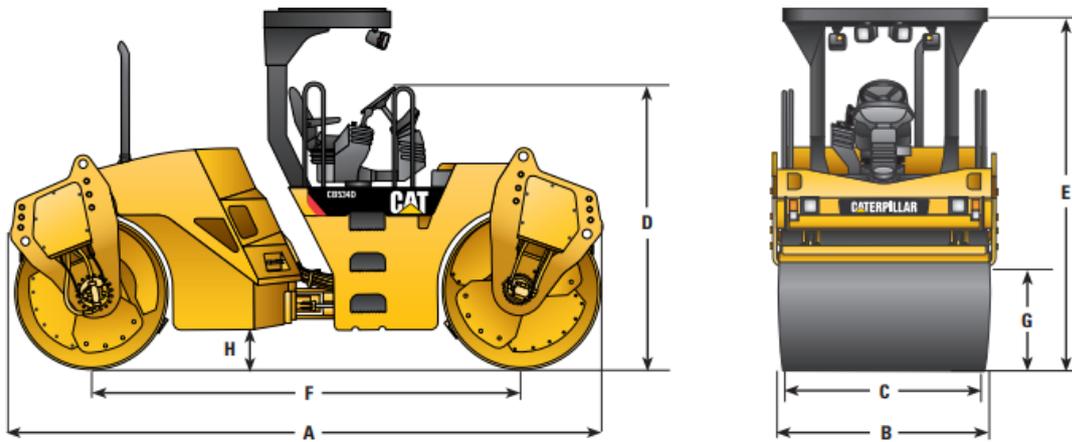
Para las labores de pavimentación es indispensable vibrocompactadores que aseguren un óptimo desempeño, ya sea en una obra que inicia o en reparaciones. Los Compactadores de Asfalto CB500 Serie D ofrecen alto rendimiento de compactación, amplia versatilidad de aplicación y comodidad excepcional al operador para aumentar al máximo la productividad, al mismo tiempo que proporcionan un producto de la más alta calidad.

En la imagen 7.4 se observan las dimensiones y pesos de un vibrocompactador, correspondiente al que aquí se analiza.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Dimensiones y pesos



Dimensiones	CB534D		CB534D XW		CB564D	
Longitud total (A)	4,94 m	16' 2"	4,94 m	16' 2"	4,94 m	16' 2"
Ancho total (B)	1,88 m	6' 2"	2,18 m	7' 2"	2,31 m	7' 6"
Ancho del tambor (C)	1,70 m	67"	2,0 m	79"	2,13 m	84"
Grosor del casco del tambor	18 mm	0,71"	18 mm	0,71"	18 mm	0,71"
Diámetro del tambor	1,3 m	4' 3"	1,3 m	4' 3"	1,3 m	4' 3"
Altura al volante de dirección (D)	2,32 m	8' 8"	2,32 m	8' 8"	2,32 m	8' 8"
Altura total a la ROPS/FOPS (E)	3,05 m	10 pies	3,13 m	10' 3"	3,13 m	10' 3"
Distancia entre ejes (F)	3,64 m	11' 11"	3,64 m	11' 11"	3,64 m	11' 11"
Espacio libre sobre el cordón (G)	870 mm	34,5"	870 mm	34,5"	870 mm	34,5"
Espacio libre sobre el suelo (H)	306 mm	12"	306 mm	12"	306 mm	12"

Imagen 7.4 Especificaciones dimensionales Vibrocompactador CARTERPILLAR CB534D

7.4.1 SISTEMAS VIBRATORIOS

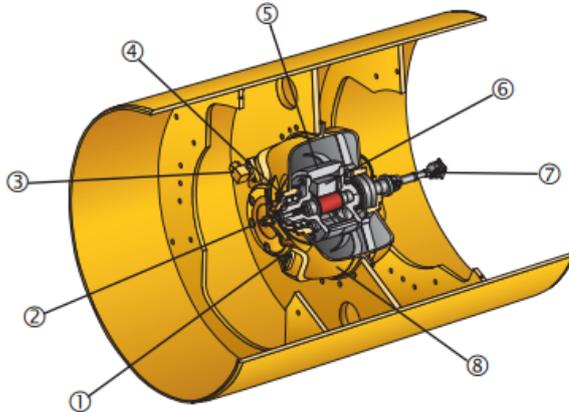
Las pesas excéntricas encapsuladas, con una mayor cantidad de selecciones de amplitud, proporcionan un rendimiento de compactación máximo con la mínima necesidad de servicio. La gran fuerza dinámica ayuda a proporcionar densidad en la menor cantidad de pasadas. El sistema vibratorio proporciona gran amplitud o alta frecuencia en una sola máquina para trabajar en mezclas duras o en mezclas Marshall más blandas. El sistema vibratorio de doble amplitud/doble frecuencia proporciona capacidad para trabajar en alta frecuencia en aplicaciones de capas delgadas. En la siguiente imagen se grafican los componentes del sistema vibratorio y una breve explicación de su funcionamiento.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Sistema vibratorio de cinco amplitudes

El sistema vibratorio encapsulado suministra una fuerza de compactación óptima, al mismo tiempo que ofrece ventajas que facilitan el servicio.



- 1 Mirilla del nivel del aceite
- 2 Rueda de selección de amplitud
- 3 Drenaje de aceite
- 4 Cojinetes del eje de las pesas excéntricas

- 5 Pesas excéntricas fijas
- 6 Contrapeso de 5 posiciones
- 7 Eje motriz de las pesas al motor
- 8 Caja de pesas excéntricas

Selecciones de cinco amplitudes

Las selecciones de cinco amplitudes permiten una operación eficiente en aplicaciones de capas gruesas o delgadas.

Rotación automática correspondiente

La rotación de las pesas excéntricas se ajusta perfectamente a la rotación del tambor para proporcionar una capa de excelente calidad.

Control automático de vibración

El sistema vibratorio arranca automáticamente cuando la palanca de propulsión se mueve a una marcha diferente a la neutral y se detiene cuando se regresa a neutral. También se proporciona un control vibratorio manual.

Intervalo de servicio de 3 años/3.000 horas

Las piezas en movimiento están separadas del aceite de lubricación, lo que permite mantener el aceite limpio para garantizar una vida útil prolongada para el cojinete. El aceite del cojinete tiene un intervalo de servicio de 3 años/3.000 horas.

Imagen 7.5 Componentes del sistema vibratorio

7.5 TERMINADORA ASFÁLTICA BITELLI

Las terminadoras de asfalto Bitelli, imagen 7.6, están constituidas de tres partes básicas: chasis principal, silo de recepción de asfalto y regla extendidora. En el chasis principal están todos los componentes relacionados con el movimiento de la máquina como: motor diesel, sistema de transmisión (llantas u orugas), tablero de mando y componentes relacionados al transporte y esparcimiento del material, como el transportador de asfalto, las compuertas del silo y los componentes hidráulicos como bombas, motores, válvulas, etc.

El silo de asfalto está localizado en la parte delantera del chasis y se utiliza para recibir la mezcla bituminosa. Tiene bordes laterales basculantes independientes y rodillos pivotados que empujan los neumáticos traseros del camión que abastece a la máquina con mezcla bituminosa.

La regla extendidora es el componente que nivela y pre compacta la mezcla bituminosa que fue esparcida por el sistema de transporte de material sobre la superficie a ser pavimentada.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO



Imagen 7.6 Vista de una terminadora asfáltica Bitelli

7.5.1 FUNCIONES PRIMARIAS DE LA EXTENDEDORA

Dentro de las funciones de la extendedora podemos mencionar (Imagen 7.7):

1. Accionamiento de traslación para el avance autónomo de la extendedora.
2. Paso de la mezcla desde el vehículo de transporte hasta la tolva o el depósito de la extendedora.
3. Transporte de la mezcla por el interior de la máquina hasta situarse delante de la regla de extendido.
4. Distribución de la mezcla por toda la anchura de extendido de la regla.
5. Ajuste en altura para regular el nivel.
6. Bloqueo de la regla, descarga de la regla, posición de flotación – estas funciones dependen del direccionamiento del cilindro.
7. Calefacción para calentar las planchas alisadoras del lado inferior de la regla, así como el támara y los listones de presión.
8. Peso de la regla y energía de los grupos de compactación.

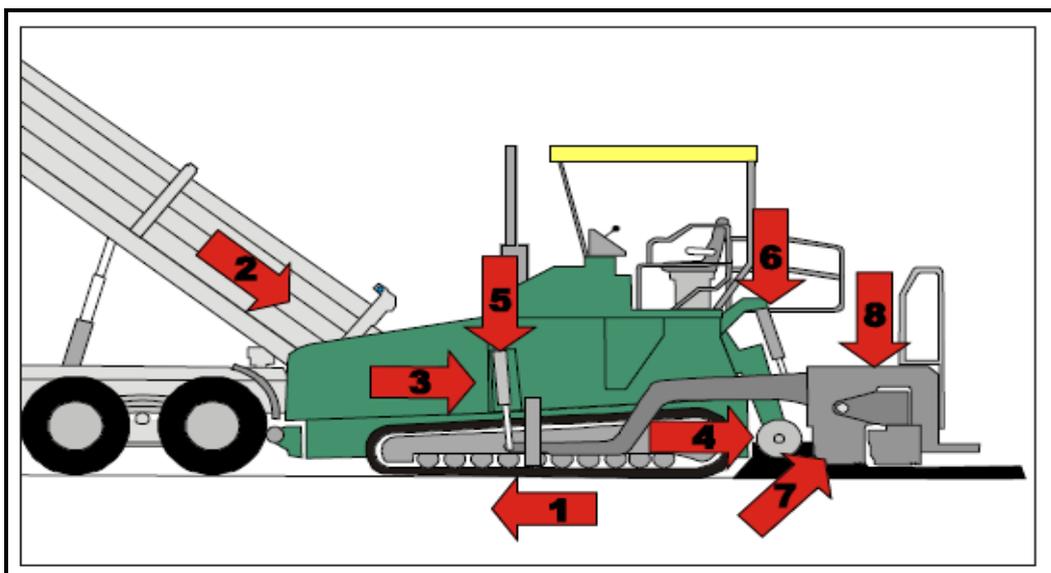


Imagen 7.7 Componentes de una terminadora

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

En las siguientes imágenes se ejemplifica el viaje del material desde el camión volcador hasta que el material es depositado en la calzada y compactado.

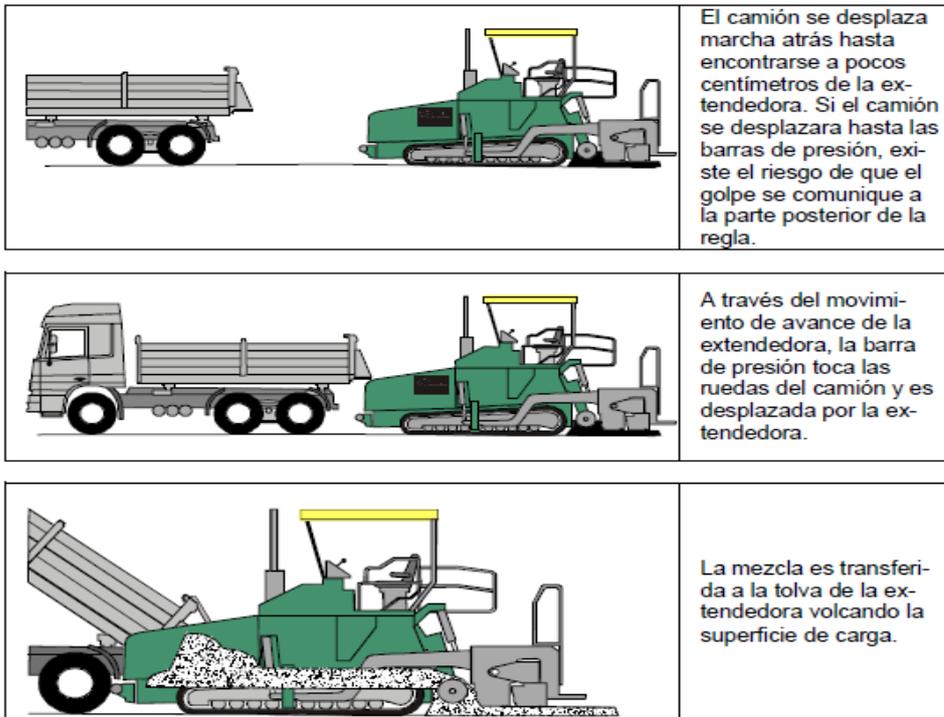


Imagen 7.8 Transferencia de la mezcla

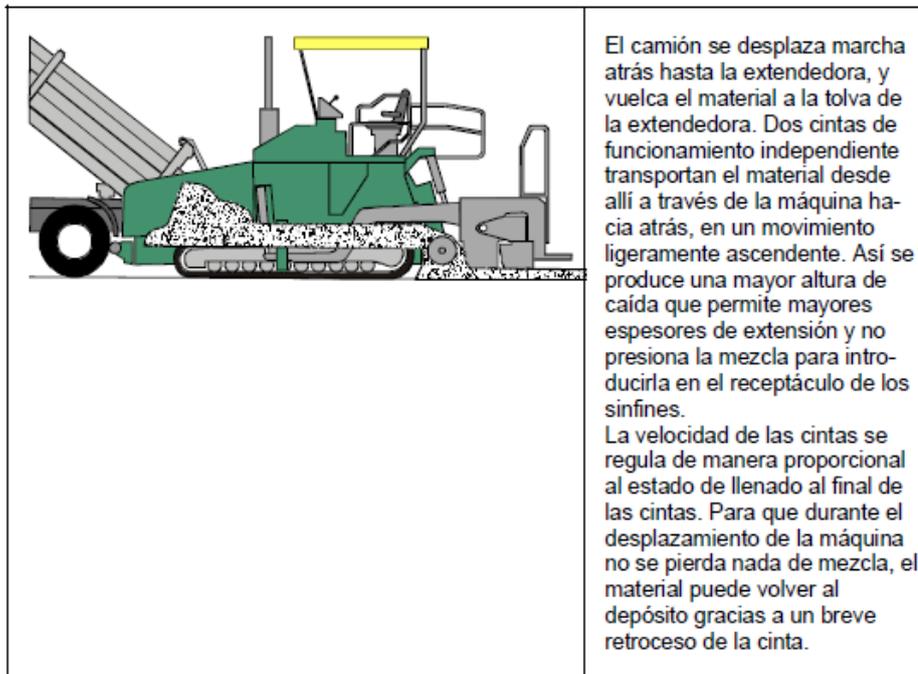


Imagen 7.9 Avance longitudinal

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

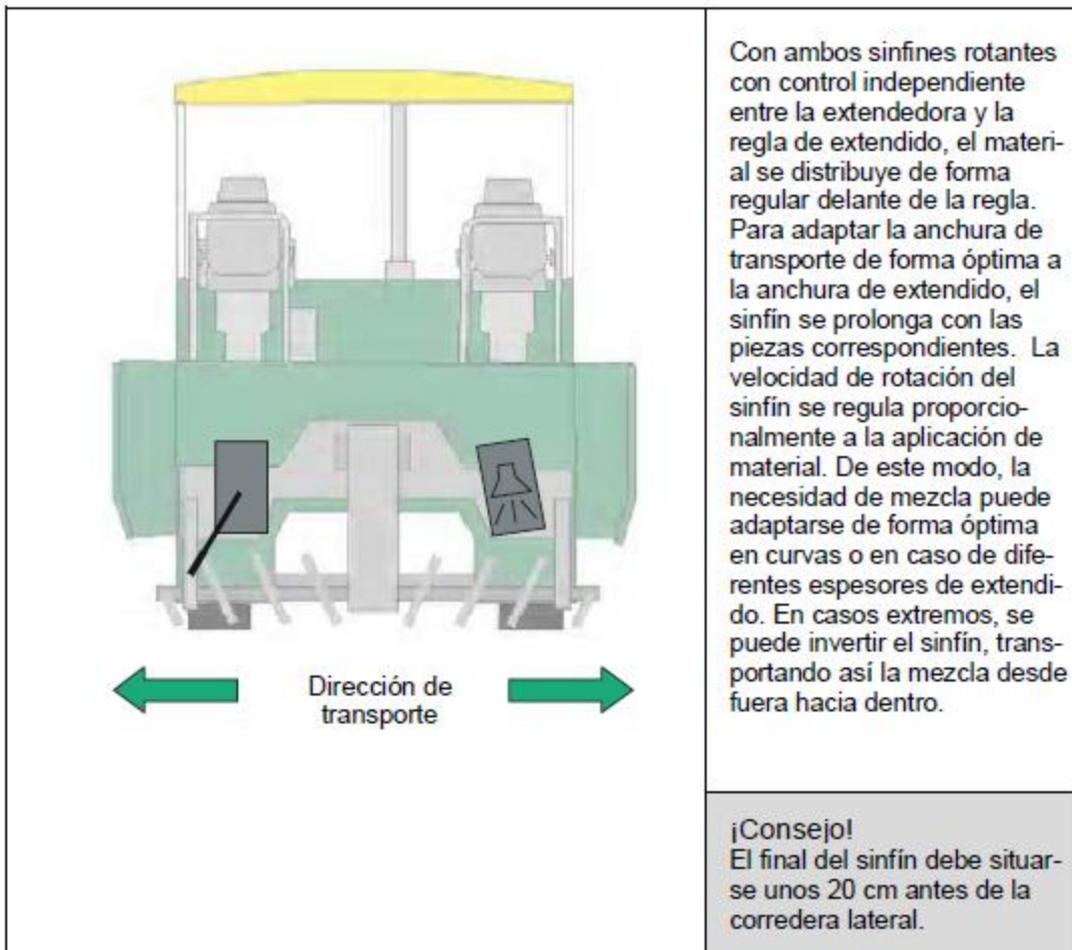


Imagen 7.10 Transporte transversal

7.5.2 PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL EXTENDIDO

Entre los factores que influyen en un correcto extendido, Tabla 7.5, no sólo nos encontramos con aspectos propios de la máquina sino también con las características de la mezcla y del paquete estructural. En la tabla podemos visualizar lo expuesto, junto con una explicación de su influencia a la hora de realizar el extendido.

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

Tabla 7.5 Parámetros que influyen en el extendido

Mezcla	Temperatura de la mezcla	Constante y lo bastante alta para que el material no se espese antes del extendido.
	Tamaño del grano	El tamaño máximo del grano no debería superar 1/3 del espesor de extendido.
	Rigidez / firmeza	La composición de la mezcla debe permanecer constante durante el extendido.
Parámetros de extendido	Espesor de extendido	Cuanto mayor sea el espesor de extendido, mayor será el ángulo de ajuste de la regla.
	Anchura de extendido	El comportamiento de flotación de la regla cambia dependiendo de la anchura de extendido.
	Tiempo de parada	Cuanto mayor sea el tiempo de parada, mayor será la irregularidad que cabe esperar en dirección longitudinal.
	Influencias atmosféricas	Las influencias exteriores, como la temperatura, pueden tener efecto sobre la mezcla y modificar el comportamiento de flotación de la regla.
Ajustes de la máquina	Elevación del támara / número de revoluciones del támara	El tamaño de la elevación del támara y su número de revoluciones influyen en la precompresión del material y en el comportamiento de flotación de la regla.
	Velocidad de extendido	La velocidad de extendido determina el grado de eficacia de los grupos de compactación sobre la superficie.
	Rigidez de la regla	En caso de modificaciones importantes o unilaterales en el ángulo de ajuste de la regla, pueden producirse torsiones en la regla.

CAPÍTULO 8. CÓMPUTO DE LOS ELEMENTOS DEL PAVIMENTO

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

8.1 GENERALIDADES

El computo de materiales o cuantificación que se realiza se puede dividir en dos grupos:

- ❖ **Cómputo de materiales para abastecimiento:** son todos aquellos cálculos que se realizaron para garantizar la disponibilidad de los materiales al momento de su uso.
- ❖ **Cómputo para certificación:** hace referencia a la cuantificación del movimiento de suelo y de los materiales utilizados en la estructura del pavimento en un determinado mes para luego realizar el certificado correspondiente.

8.2 CÓMPUTO DE MATERIALES PARA ABASTECIMIENTO

El abastecimiento es la actividad mediante la cual se provee a la obra de todo el material necesario para su funcionamiento. El objetivo principal de este cómputo fue garantizar la disponibilidad de los elementos y los materiales necesarios para la ejecución del pavimento en el momento en el que se los necesite.

Además permite lograr las siguientes ventajas:

- Evitar paradas no prevista en el avance de la obra por falta de materiales.
- Permite la compra de materiales en cantidad suficiente y en forma programada, disminuyendo los precios. Además evita la compra en exceso, disminuyendo deterioros y desperdicios.
- Buscar y mantener proveedores competentes.
- Proporcionar un flujo interrumpido de materiales.
- Informarme a los proveedores las cantidades que se van a necesitar en el corto plazo.

8.2.1 SUBBASE SUELO – ARENA

Esta capa está compuesta de 20% de suelo y 80 % de arena, el cual corresponde a suelos limo-arenosos.

Este material se compra por volumen, debido a su alto contenido de humedad, se dificulta su comercialización por tonelada, por lo que se debió calcular los m³ de material necesario. Para ello se necesitó las tres dimensiones de la capa, es decir, la longitud, el ancho y el espesor de la capa. Cada dimensión se obtiene:

- **Longitud:** se mide en la longitud de todas las calzadas que se van a ejecutar.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

- **Espesor:** se obtiene del perfil tipo, en este caso es 0,15m.
- **Ancho:** se obtiene sumando al ancho de la calzada, el ancho proporcionado por el cordón cuneta.

El producto de estas tres dimensiones nos dio la cantidad de material a utilizar por calle; luego de haber aplicado algún coeficiente que tenga en cuenta la disminución de volumen producidas por la compactación; sumado, además, una sobre-altura para, luego, realizar el corte final sobre estaca.

De esta manera se pudo estimar la cantidad de viajes que fue necesario realizar para cada frente que se estuvo ejecutando. El coeficiente 1.35 se utiliza para tener en cuenta lo descrito anteriormente.

$$N^{\circ} \text{ Viajes} = \frac{(\text{Ancho} * \text{Espesor} * \text{Longitud}) * 1.35}{25}$$

El transporte se efectuó mediante bateas de 25 m³ de capacidad (las cuales transportan una carga teórica de 28m³). No obstante, la correcta medición del volumen de material cargado resulta compleja, de modo que fue de considerable importancia efectuar un control periódico del material recibido con la finalidad de evitar diferencias que pueden resultar significativas al finalizar la obra. En la tabla 8.1 se resumen los cálculos efectuados.

Tabla 8.1 Cómputo de materiales para sub-base

SUBBASE SUELO-ARENA					
UBICACIÓN	Espesor	Ancho	Longitud	Volumen	N° Viajes
	m	m	m	m ³	un
Calle Liebig e/Tycho Brahe y Gauss	0,15	7,00	288,95	303,40	16
Calle Newton e/Tycho Brahe y Gauss	0,15	6,50	286,28	279,12	15
Calle Gauss e/ Liebig y Cavendish	0,15	7,80	127,79	149,51	8
Calle Gauss e/Cavendish y Newton	0,15	7,80	90,20	105,54	6
Calle Gauss e/Newton y Balard	0,15	7,80	92,44	108,15	6
Calle Newton e/Tycho Brahe - fin	0,15	6,50	108,96	106,24	6

8.2.2 BASE MATERIAL 0-20

El material constitutivo de este estrato (material granular tipo 0-20) se transporta con una humedad prácticamente nula; la comercialización se realiza en toneladas.

El transporte se efectuó mediante bateas de 25 m³ de capacidad, las cuales transportan una carga aproximada de 40 t. El control de cantidades resulta mucho más sencillo que para el caso del suelo arena, puesto que existe la posibilidad de efectuar la tara del equipo y posteriormente determinar el tonelaje con una precisión adecuada.

Para determinar la cantidad de material necesario para cada calle, debió evaluarse la densidad máxima alcanzada mediante la compactación; se determinó entonces

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

el volumen contenido en cada cajón (espacio delimitado por ambas cunetas en los laterales y por la subbase granular) y a partir de ello se obtuvo el resultado como el producto entre ambos valores. Luego, debió consultarse cada uno de los remitos correspondientes a los viajes descargados con el objetivo de lograr la mejor aproximación posible, reduciendo así el movimiento de suelo. Debe tenerse en cuenta al realizar el cálculo que será necesario disponer de un volumen adicional que permita, luego de la compactación, efectuar el corte final sobre estaca. Para ello se empleó una densidad del proctor levemente superior a la real, o bien suponer 1 cm adicional en el espesor. En la tabla 8.2 se resumen los cálculos efectuados.

Tabla 8.2 Cómputo de materiales para base

BASE MAT.GRANULAR 0-20						
UBICACIÓN	Espesor	Ancho	Longitud	Volumen	Cant.	N° Viajes
	m	m	m	m ³	Tn	un
Calle Liebig e/Tycho Brahe y Gauss	0,12	7,00	288,95	242,72	550,00	14
Calle Newton e/Tycho Brahe y Gauss	0,12	6,50	286,28	223,30	505,99	13

8.2.3 ANTISOL

El líquido de curado se comercializa en tachos de 200 litros, y tiene un rendimiento de 0,25l/m². Por lo que para obtener la cantidad de litros de este producto se multiplicó el rendimiento por el área de cada tramo, este valor dividido 200 permitió obtener la cantidad de tachos que se necesitaron. En la tabla 8.3 se resumen los cálculos efectuados.

Tabla 8.3 Cómputo de materiales. Antisol

ANTISOL				
UBICACIÓN	Superficie	Rendim.	Cantidad	Tachos
	m ²	l/m ²	l	un
CC-Calle Liebig e/Tycho Brahe y Gauss	693,48	0,25	173,37	0,9
CC-Calle Newton e/Tychco Brahe y Gauss	750,66		187,67	0,9
CC-Calle Gauss e/ Liebig y Cavendish	306,69		76,67	0,4
CC-Calle Gauss e/Cavendish y Newton	122,43		30,61	0,2
CC-Calle Gauss e/Newton y Balard	125,40		31,35	0,2
CC-Calle Newton e/Tycho Brahe - fin	169,03		42,26	0,2
Calle Gauss e/ Liebig y Cavendish	894,52		223,63	1,1
Bocacalle calle Gauss e/Liebig	457,52		114,38	0,6
Bocacalle calle Gauss e/Cavendish	197,11		49,28	0,2
Bocacalle calle Gauss e/Newton	196,88		49,22	0,2
Calle Gauss e/Newton y Balard	647,09		161,77	0,8

8.3 CÓMPUTO DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Este cómputo hace referencia a todos los cálculos necesario para cuantificar el movimiento de suelo en la excavación y/o terraplén, como también a la cuantificación de las cantidades de materiales usados en la estructura del pavimento para realizar

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

La ejecución de la obra de pavimento en los barrios: Arguello Norte, Lourdes, Villa Belgrano, Villa Arguello y Villa Allende Parque, ubicados al Noreste de la ciudad de Córdoba; tuvo como objetivo lograr una significativa mejora en el drenaje superficial de aguas pluviales, mejorando además el tránsito vehicular y peatonal, y reduciendo los costos actuales de mantenimiento (perfilado de calles de firme natural). Adicionalmente, quedaron materializadas las líneas de vereda, brindando un mayor grado de consolidación de la urbanización existente. También se produjeron cambios en el paisaje urbanístico de la zona y el valor inmobiliario de las propiedades en donde se realizaron las obras de pavimentación.

A pesar de todos los beneficios que estas obras produjeron, siempre se debe lograr un adecuado entendimiento y diálogo con los vecinos, situaciones que en general suele ser mala. Si particularizamos a lo vivido durante mi ejecución de la práctica, en todo momento se buscó entender las problemáticas de cada vecino, en particular a la necesidad de entrar o salir de sus viviendas; y ello se tradujo en la ejecución de los ingresos con los materiales con los que, en ese momento, se trabajaba.

La conclusión de los trabajos no culminó con la ejecución del terraplén, si no que implicaba otras tareas que, si bien están explícitas en el pliego, forma parte de la política de la Empresa. Entre esas tareas encontramos: limpieza de calle, ejecución de ingresos con hormigón, verificación del correcto escurrimiento de las aguas, etc.

Si bien la ejecución de la obra analizada estuvo a cargo de la misma empresa que proveía los materiales, el diálogo fue fundamental para evitar demoras innecesarias, como por ejemplo en la provisión del hormigón. El personal con el que se contaba en la mayoría de los casos, era de aproximadamente quince empleados, la coordinación de los trabajos fue la adecuada, permitiendo de esta manera trabajar en varios frentes.

Con respecto a las labores de laboratorio, éstas son de gran importancia debido a la función que cumple: ejercer el control de calidad de los materiales. Es necesario destacar la íntima relación que existe entre el laboratorio y las plantas productoras de la empresa, existiendo una retroalimentación permanente entre estas dos, siempre en pos de mejorar calidades y cumplir los requerimientos de cada obra en la que se encuentra avocada la empresa.

En lo personal se puede decir que se han cumplido los objetivos planteados en el presente informe. Durante la práctica supervisada se aplicaron efectivamente los conocimientos adquiridos en diversas materias durante el cursado de la carrera y también se aplicaron los conocimientos en el empleo de software de dibujo asistido que se utilizó, cuyas facilidades permitieron importantes ahorros de tiempo.

Se puede destacar la gran ventaja que se logra al llevar a cabo la práctica supervisada, la que brinda una experiencia práctica a los alumnos antes de su egreso, tanto en relación al trabajo en equipo de profesionales, como al cumplimiento de los tiempos y la responsabilidad requerida en cada etapa de obra.

INFORME TÉCNICO FINAL

CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

BIBLIOGRAFÍA

- Berardo, Baruzzi, Vanoli, Freire, Tartabini, Dapás (2009) Principios de Diseño Geométrico Vial Tomo I y II.
- Joseph, E. Bowles (1978), Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil, Ed. McGRAW-HILL.
- Cátedra de transporte III, “Apuntes de clases cátedra de transporte III”.
- Instituto del cemento portland Argentino (2016), Manual de pavimentos urbanos de hormigón.
- Dirección Nacional de Vialidad (1979), Normas de ensayos de la Dirección Nacional de Vialidad.
- IRAM (1992) - Normas de Ensayo Estandarizadas.
- CATERPILLAR (2000), Manual de rendimiento, edición 31

INFORME TÉCNICO FINAL
CONSTRUCCIÓN PAVIMENTO URBANO

ANEXOS