



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS Y NATURALES

INFORME FINAL DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA
TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

AUTOR: ÁLVARO FREYTES MARCHISONE

TUTOR: MG. ING. MIGUEL RICO

SUPERVISOR EXTERNO: ING. LEONARDO HERNÁNDEZ

INGENIERIA CIVIL – PLAN 2005

JUNIO, 2017

Índice General

Capítulo 1: Introducción	6
Capítulo 2: Objetivos y Plan de Actividades	7
Capítulo 3: La obra, ubicación de la obra y el obrador	8
Capítulo 4: La tarea del inspector de obra	10
Compactación	10
Moldes	11
Pasadores y barras de unión	11
Preparativos para la pavimentación	12
Control del equipo	12
Construcción del pavimento	12
Colocación del hormigón y del acero	13
Vibración	13
Alisado longitudinal	13
Juntas	14
Textura superficial final	14
Curado	14
Control de lisura	15
Sellado de juntas	15
Librado al tránsito	15
Construcción en tiempo caluroso	15
Capítulo 5: Perfil estructural y especificaciones del pliego	17
Subrasante (para calzada y banquina)	17
Inspección y recepción de la subrasante de la calzada y banquina	18
Observaciones	26
Subbase granular (para calzada y banquina)	37
Inspección y recepción de la subbase de la calzada	38
Observaciones	54
Base de hormigón h-8	59
Inspección y recepción de la base de hormigón h-8	59
Base granular estabilizada (para banquina)	65
Inspección de la base de la banquina derecha	66
Pavimento de hormigón (para calzada). (e= 0.25 m)	68
Inspección del proceso constructivo de la losa de hormigón	70
Controles sobre la calidad del hormigón	70
Observaciones	72
Capítulo 6: análisis económico de alternativas de base, con hormigón H-8 y con suelo arena cemento	84
	84
Análisis de costo de base suelo arena cemento	85
Análisis de costo de base con hormigón h8	88
Capítulo 7: conclusiones	91
Capítulo 8: bibliografía	92

Índice de Imágenes

3.1 ubicación de la obra en la ciudad de córdoba	8
3.2 ubicación de la rama indirecta militares en el nudo vial el tropezón	8
3.3 ubicación del obrador respecto al nudo vial el tropezón	9
3.4 distribución del obrador	9
5.1 perfil tipo rama indirecta	17
5.2 ilustración cono de arena	19
5.3 motoniveladora realizando mezclado de la capa	26
5.4 tanteo de la cancha en busca de baches y/o solapes	26
5.5 compactado de la subrasante	27
5.6 solapamiento en la subrasante	27
5.7 realizado del pozo para ensayo de cono de arena	28
5.8 vertido y remoción de la arena en el pozo	28
5.9 pesado de 300 gr. de suelo del pozo	29
5.10 secado del suelo y peso del mismo sin humedad	29
5.11 planilla de resultados del ensayo de cono de arena	29
5.12 nivelado de las estacas para el conformado de la subbase	30
5.13 borde superior del canal maestro	30
5.14 retroexcavadora removiendo el suelo de la zona	31
5.15 mezclado de bolsas de cemento y suelo en pie de obra	31
5.16 volcado, distribución y compactación de la mezcla suelo-cemento	31
5.17 tramo superior de la rama (de progresiva +300 en adelante)	32
5.18 solape (izquierda) y bache (derecha) en la base de asiento	32
5.19 ensayo de cono de arena para subrasante	32
5.20 exceso de humedad en la subrasante contra muro de contención	33
5.21 remoción del suelo húmedo	33
5.22 material de subbase para distribuir	33
5.23 compactado del material con rodillo pata de cabra vibratorio	34
5.24 molde para ensayo cbr	39
5.25 pesa anular de 2,27 kg para ensayo de penetración en cbr	41
5.26 curva penetración vs. lectura del aro	42
5.27 curva densidad vs. humedad seca y curva densidad vs. valor soporte	43
5.28 curva densidad vs. humedad de la subbase	46
5.29 gráficos resultado del ensayo cbr de la subbase	48
5.30 curva densidad vs. humedad de la subbase	51
5.31 gráficos resultado del ensayo cbr de la subbase	53
5.32 banquina derecha a sellar para conducir el agua hacia la alcantarilla	54
5.33 cuenco disipador formado en el ingreso a la alcantarilla	54
5.34 estado de la subbase luego de la tormenta	55
5.35 banquina derecha luego de los efectos de la escorrentía superficial	55
5.36 cuenco disipador y parte de la sección de la alcantarilla colmatados	55
5.37 escarificado de una capa superficial que presentaba solapamiento	56
5.38 compactación del sector escarificado	56
5.38 encofrado para la base de hormigón h-8 realizado con reglas y estacas de hierro	60
5.39 control del nivel de las reglas	60
5.40 operario marcando el nivel requerido para cortar la capa	60
5.41 motoniveladora realizando el corte de la subbase	61
5.42 humedecimiento de la subbase	61
5.43 colado del hormigón h-8	61
5.44 vibrado del hormigón h-8 con vibrador de tipo aguja	62

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

5.45 hormigón h-8 luego del vibrado	62
5.46 operarios pasando la regla metálica para enrazar el material	63
5.47 antisol sika aplicado a la superficie	63
5.48 capa de base hormigón h-8 terminada	64
5.49 operarios realizando el encofrado para la base en el tramo superior	64
5.50 alisado superficial con talocha	64
5.51 vista de la conformación de la base de hormigón h-8 en el tramo superior	65
5.52 ubicación de las mallas metálicas en planta	72
5.53 presentación de las mallas metálicas, cama pasadores y barras de unión previo al colado	73
5.54 cama de pasadores en posición	73
5.55 marcado de la ubicación de la cama de pasadores (junta)	74
5.56 cama de pasadores engrasada	74
5.57 termómetro digital tomando la temperatura de una muestra de hormigón del mixer	74
5.58 probetas de hormigón moldeadas e identificadas	75
5.59 probetas cubiertas con bolsas para mantener la humedad	75
5.60 colado y vibrado del hormigón h-35	76
5.61 distribución del h-35 con palas y vibrado con vibradores de punta	76
5.62 colocación de la malla metálica de 4,5mm	76
5.63 alisado con fratás y texturizado con faja y doble tela arpillera humedecida	77
5.64 losas de hormigón h-35 terminadas	77
5.65 rociado de la superficie de hormigón con antisol sika	78
5.66 armadura para futura construcción del cordón	79
5.67 extracción de testigos de hormigón	80
5.68 extracción de testigos de hormigón	80
5.69 medición e identificación del testigo	81
5.70 extracción de la base de hormigón h-8	81
5.71 testigos encabezados y preparados para ser ensayados a compresión	82
5.72 testigo con presencia de oquedades 5.73 prensa para ensayar a compresión simple	82
5.74 resultado del ensayo de compresión para el testigo de la losa n°9	83

Índice de Tablas

tabla 5.1 Tipos de ensayo próctor	22
tabla 5.2 Ensayo próctor de subrasante	24
tabla 5.3 Curva granulométrica subrasante	25
tabla 5.4 Resultados del ensayo de cono de arena en subrasante de calzada	35
tabla 5.5 Resultados del ensayo de cono de arena en subrasante de banquina	36
tabla 5.6 Análisis granulométrico del material de la subbase	44
tabla 5.7 Resultados del ensayo próctor de la subbase	45
tabla 5.8 Resultados del ensayo de valor soporte relativo	47
tabla 5.9 Análisis granulométrico de la subbase	49
tabla 5.10 Resultados del ensayo de próctor de la subbase	50
51	
tabla 5.11 Resultado del ensayo de valor soporte relativo	52
tabla 5.12 Resultados del ensayo de cono de arena de la subbase en la calzada	57
tabla 5.13 Resultados del ensayo de cono de arena en la subbase de la banquina derecha	58
tabla 5.14 Resultados del ensayo de cono de arena de la base de la banquina derecha	67
tabla 5.15 Resultados del ensayo a compresión de las probetas de hormigón	83
tabla 5.16 Resultados del ensayo a compresión de los testigos de hormigón	83
tabla 6.1 Dimensiones de la cancha de suelo arena cemento	85
tabla 6.2 Costo de cemento por metro cúbico de suelo tratado	85
tabla 6.3 Costo del metro cúbico de suelo	86
tabla 6.4 Costo de arena para un metro cúbico de suelo compactado	86
tabla 6.5 Costo de riego por metro cúbico de suelo compactado	87
tabla 6.6 Costo de equipos por metro cúbico de suelo compactado	87
tabla 6.7 Análisis de precio para la capa de suelo arena cemento	88
tabla 6.8 Dimensiones de la cancha de hormigón h-8	88
tabla 6.9 Costo de hormigón por metro cúbico de base	88
tabla 6.10 Costo de equipos por metro cúbico de base	89
tabla 6.11 Costo de mano de obra por metro cúbico de base	89
tabla 6.12 Costos unitarios de base de hormigón h-8	89
tabla 6.13 Diferencia de costos entre ambas alternativas	89
tabla 6.14 Costo de la estructura por metro cuadrado con base estabilizada	90
tabla 6.15 Costo de la estructura por metro cuadrado con base de hormigón	90
tabla 6.16 Diferencia de costos totales de la estructura con cada alternativa	90

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El presente informe resume los trabajos realizados durante mi Práctica Supervisada, para cumplimentar con los requerimientos del título de Ingeniero Civil en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

La Práctica Supervisada fue realizada en la Dirección Provincial de Vialidad de Córdoba, entre los meses de septiembre y diciembre de 2016. A tal fin, asistí a unas de las obras de las cuales la institución tiene a cargo la inspección. Se trata del “Nudo Vial el Tropezón”. Obra que forma parte del cierre del arco noroeste de la avenida de Circunvalación, perteneciente a la Red de Accesos a la ciudad de Córdoba (R.A.C). La misma es realizada a través de un contrato adjudicado a las empresas Benito Roggio e Hijos S.A. y Electroingeniería S.A. bajo la figura legal de un Consorcio de Cooperación. Las tareas fueron realizadas en la oficina técnica de la DPV (Dirección Provincial de Vialidad) y en el Laboratorio, ambos ubicados en el Obrador, y también en el tramo específico de obra a inspeccionar, de lunes a viernes, cumpliendo un horario de 8:00 a 13:00 horas.

Los tutores designados para el seguimiento de la ejecución de la Práctica Supervisada fueron el Mg. Ing. Miguel Rico por parte de la Universidad Nacional de Córdoba y el Ing. Leonardo Hernández por parte de la DPV. Para el desarrollo de la misma realicé las tareas de laboratorio necesarias y de inspección técnica de una rama asignada (Rama Indirecta Militares) para determinar el cumplimiento de las características que exige el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, en cada una de las capas estructurales de los pavimentos rígidos.

Los resultados de la Práctica Supervisada fueron volcados en el presente Informe organizados en capítulos según el siguiente detalle:

En el **Capítulo 1** se desarrolla la actual introducción.

En el **Capítulo 2** se detalla el objetivo perseguido para la realización del presente Trabajo Final.

En el **Capítulo 3** se realiza una presentación de la obra, con su ubicación, descripción de la zona del nudo vial y de la zona del obrador. Además, se incluyen las características generales de la obra.

En el **Capítulo 4** se detalla el Rol del Ingeniero inspector de Obra, junto a las tareas a las cuales me avoqué para el desarrollo de estas Prácticas.

En el **Capítulo 5** se realiza una descripción de las estructuras de la calzada principal (pavimento rígido) y de la banquina (pavimento flexible). El análisis de la calidad lograda en cada una de las capas y los trabajos realizados para determinar la aprobación o rechazo de las mismas en cada etapa.

En el **Capítulo 6** se presenta una comparación económica entre dos materiales para la base, esto se debe a que se modificó la estructura que estaba definida en el proyecto.

Finalmente en el **Capítulo 7** se exponen las principales conclusiones a las que se arribó luego de la experiencia laboral durante la Práctica Supervisada.

CAPÍTULO 2: OBJETIVOS

Para la Práctica se han planteado los siguientes objetivos generales propios de esta asignatura; a saber:

- Contacto con profesionales afines a la Ingeniería.
- Aplicación, profundización e integración de los conceptos adquiridos durante el cursado de la carrera de Ingeniería Civil.
- Experiencia práctica para su inserción en el ejercicio de la profesión.
- Aplicación de métodos y códigos propios de una organización laboral.
- Orientación del alumno respecto a su futuro ejercicio profesional.
- Vinculación Universidad - Medio.
- Redacción de Informes Técnicos.

Por su parte, como objetivos particulares se espera que el alumno pueda al finalizar la PS:

- Analizar e interpretar los alcances de un control de calidad de una obra vial.
- Conocer y aplicar las actuales metodologías de ensayos de materiales.
- Analizar los resultados obtenidos y extraer conclusiones.
- Plasmar los resultados y consideraciones en un Informe.
- Comprender la importancia del trabajo realizado.

Como objetivo específico fijado en mi práctica profesional supervisada se espera el conocimiento de los métodos constructivos y de control de calidad de determinadas etapas de ejecución de una obra vial, en el marco de las especificaciones técnicas del contrato.

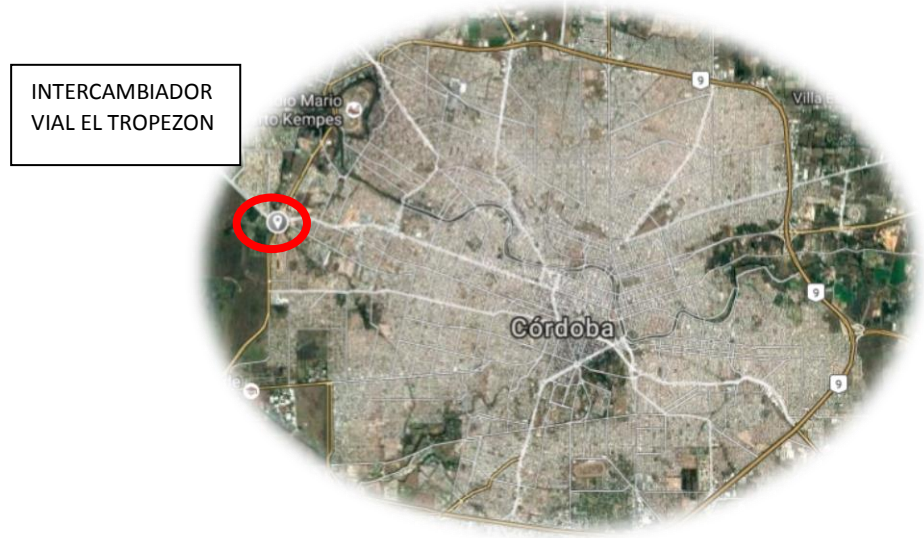
PLAN DE ACTIVIDADES:

Para realizar el trabajo arriba mencionado se prevé la ejecución del siguiente plan de tareas:

1. Análisis del Pliego General de Especificaciones Técnicas de Vialidad Nacional (1998) y Pliego Particular de Especificaciones Técnicas del Ministerio de Infraestructura Dirección Provincial de Vialidad.
 2. Definición, a partir de 1., de los controles a realizar durante el período correspondiente a la PS.
 3. Ejecución de los ensayos de control correspondientes y/o inspección.
 4. Análisis de resultados.
- Elaboración del Informe Técnico de la PS.

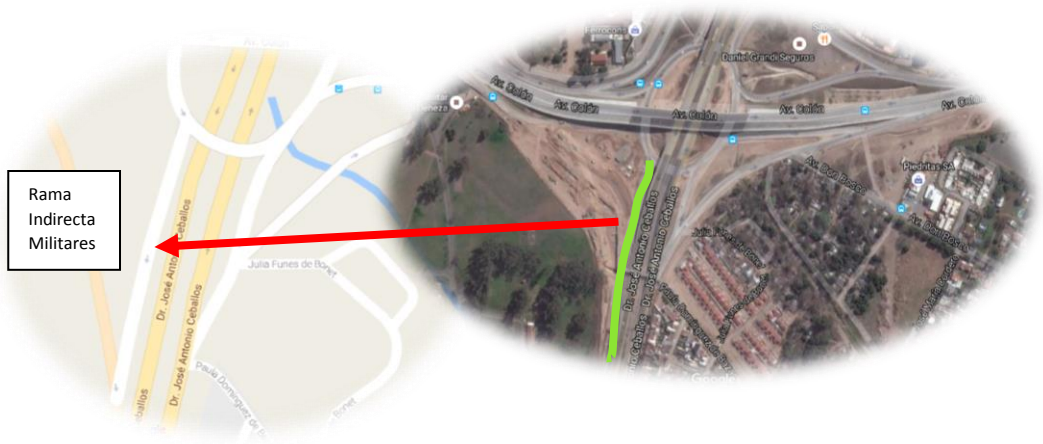
CAPÍTULO 3: LA OBRA, UBICACIÓN DE LA OBRA Y EL OBRADOR

La obra “Cierre Avenida de Circunvalación de la ciudad de Córdoba. Tramo: Distribuidor Ruta Provincial N°5 – Distribuidor Avenida Spilimbergo. Sección N°2: Ruta Nacional N° 20 – Ruta Provincial N°E55”, También llamado “Intercambiador vial “El Tropezón”” se encuentra ubicada al Oeste de la Ciudad de Córdoba y como su nombre lo indica forma parte de una de las obras necesarias para el cierre del arco noroeste de la Av. Circunvalación.



3.1 Ubicación de la Obra en la Ciudad

La rama inspeccionada se denomina Rama Indirecta Militares y se ubica egresando de la rotonda ubicada en el primer nivel del intercambiador Vial El Tropezón hacia Dr. José Antonio Ceballos en sentido a Ruta Nacional N°20.



3.1 Ubicación de la Rama Indirecta Militares en el Nudo Vial El Tropezón

Al inicio de mi práctica, el Obrador se encontraba ubicado a una distancia de aproximadamente 700 metros de la zona de obra en el nudo vial. Cercado y organizado en 2 sectores bien definidos:

- Sector administración, oficinas técnicas, laboratorio y espacio para operarios.
- Sector taller de maquinaria y equipos.



3.2 Ubicación del Obrador respecto al Nudo Vial El Tropezón



3.3 Distribución del Obrador

Este emplazamiento se encontraba afectado por el avance de la Obra *Cierre Avenida de Circunvalación de la Ciudad de Córdoba, sección "A"*, a cargo de la UTE conformada por las empresas IECSA y Britos S.A., por lo cual se trasladó por completo al lugar donde se encontraba en construcción el Obrador de la UTE integrada por Benito Roggio e Hijos S.A. y Boeto Butigliengo S.A.

CAPÍTULO 4: LA TAREA DEL INSPECTOR DE OBRA

La Inspección de la DPV se compone de un Ingeniero jefe de la inspección y un equipo de Auxiliares Técnicos que colaboran para supervisar los trabajos de ejecución en el terreno, las tareas topográficas y los ensayos de laboratorio.

El Auxiliar Técnico en el terreno generalmente tiene la misión de controlar la adecuada ejecución de las capas estructurales y demás operaciones que preceden a la construcción de la losa de hormigón.

El ingeniero inspector, el inspector del terreno y los representantes del contratista, deben ponerse de acuerdo en el plan de ejecución de los movimientos de material que debe ser eficiente y que al mismo tiempo permita la colocación de los mejores suelos en las capas superiores de los terraplenes. Una vez adoptado un plan de trabajo, el inspector debe controlar que el mismo sea respetado.

El inspector vigila la obtención de una fundación que provea a las losas de hormigón un soporte **uniforme**, necesario para alcanzar una superficie de rodamiento lisa. Es de particular importancia que durante la compactación el contenido de humedad de los suelos plásticos se mantenga en el óptimo, o ligeramente sobre él. Esto es esencial para asegurarse contra los cambios volumétricos destructivos ocasionados por variaciones del contenido de humedad después de la compactación.

COMPACTACION

Las especificaciones fijan generalmente la densidad mínima necesaria como un porcentaje de la densidad normalizada. Este mínimo deberá alcanzarse en todo el lugar. La **uniformidad** es de suma importancia, debiendo asegurarse aproximadamente la misma densidad en toda la zona a pavimentar.

Deben efectuarse ensayos de humedad-densidad de la subrasante y de la subbase compactadas, por lo menos 3 cada 150m o más frecuentemente si condiciones especiales lo hicieran necesario. Si alguno de los ensayos indicara que el contenido de humedad y la densidad requeridos no han sido logrados, se determinan, por observación visual o ensayos complementarios, los límites de la zona que no cumple con las especificaciones. Se vigila la concordancia con las exigencias de la especificación en cuanto a la humedad y densidad, y las zonas que no cumplan con las normas deben reconstruirse.

Los ensayos de humedad-densidad son efectuados generalmente por personal del laboratorio instalado en la planta (u obrador). En tales casos, el inspector en el terreno debe ser informado en forma completa y rápida de los resultados de los ensayos.

A fin de evaluar los resultados de los ensayos de humedad-densidad en campaña, deben determinarse en el laboratorio, la máxima densidad y el contenido óptimo de humedad de los diversos suelos y de los materiales de subbase usados en la obra. Esto se logra realizando el "Ensayo de Compactación de Suelos" según norma de ensayo VN-E5-93 de Vialidad Nacional.

La densidad de campaña se determina mediante el "Control de Compactación por el Método de la Arena" norma de ensayo VN-E8-66 de Vialidad Nacional.

Además de realizar los ensayos de humedad-densidad, se verifica que el material de subbase cumpla con la granulometría requerida, a través de la norma de ensayo VN-E7-65 de Vialidad Nacional, "Análisis Mecánico de Materiales Granulares". La uniformidad es esencial y deben evitarse las variaciones entre los límites permitidos por las especificaciones.

Se observa constantemente el comportamiento de la subrasante y la subbase bajo la acción del equipo de construcción y de los rodillos para poder identificar posibles zonas débiles. Si se descubren zonas blandas o que no cumplen con los requisitos de las especificaciones, se remueven, reemplazan y recompactan a fin de proveer al pavimento un soporte uniforme antes de permitir la colocación de los moldes.

MOLDES

Los moldes constituyen el “encofrado” del hormigón, confiriéndole la forma que va a tomar la estructura del pavimento. Los moldes son metálicos, de altura igual a la altura de la losa a ejecutarse. Deben ser rectos, sin ondulaciones ni desviaciones. Los moldes deben tener una superficie de apoyo o base y una resistencia, que les permita soportar sin deformaciones o asentamiento las presiones originadas por el hormigón al colocarse, impactos y vibraciones.

Los moldes, se inspeccionan individualmente y se aprueban para el uso en obra antes de su colocación. Su coronamiento debe controlarse a regla para comprobar que cumple con las especificaciones.

Se colocan hilos a la altura correcta con el fin de preparar la base de apoyo de los moldes. Las estacas deben colocarse de forma tal que el hilo se encuentra en la línea de la cara de los moldes y a la altura de su coronamiento. Las estacas se colocan a intervalos que no excedan de 15 m en curvas verticales, y de 7,5m en curvas horizontales.

Luego, se colocan los moldes en su lugar. Si el apoyo es bajo, debe sacarse el molde, agregar material y compactarlo, bajo ninguna circunstancia se apoyaran los moldes sobre montículo de tierra. A continuación se colocaran los clavos de sujeción de los moldes, los que serán de suficiente longitud como para mantener con seguridad los moldes en posición durante las operaciones de terminado. La longitud adecuada de los clavos solo puede determinarse observando cuanto se mueven los moldes a medida que el equipo de perfilado, distribución y terminación pasa sobre ellos.

Se debe controlar luego el alineamiento horizontal y vertical de los moldes. El perfilado final debe efectuarse con una perfiladora mecánica o regla alisadora de subrasante. Para que las perfiladoras sean efectivas deben ser lo suficiente pesadas como para cortar la subrasante aunque esté compuesta de material granular densamente graduado y bien compactado. Una vez llevada la subrasante o la subbase a su nivel correcto, se la recompactará con un rodillo semi-pesado o un pisón vibratorio para volver a unir la parte de superficie perturbada durante las operaciones de perfilado. Es necesario, generalmente, agregar humedad para alcanzar el grado de compactación deseada.

PASADORES Y BARRAS DE UNION

Cuando se usan pasadores, éstos se colocan en su lugar antes de que se deposite el hormigón sobre la base. Cuando la hormigonera opera fuera de los moldes se facilita la correcta colocación y control de los pasadores. Los pasadores se ubican por medio de un armazón que los sostiene a la distancia adecuada y que es lo suficientemente rígido y fuerte como para mantenerlos en posición durante las operaciones del hormigonado. Se controlan para asegurar que posean el tamaño correcto y que no tengan rebabas en los extremos que impidan el libre movimiento. Los pasadores se pintan con aceite quemado antes de colocarse en posición. La pintura o aceite deben cumplir con las especificaciones. Se pone especial cuidado en engrasar la barra pasador a lo largo de su extremo libre y sobre todo en su parte inferior. En las juntas de expansión se controlan los pasadores para comprobar que en el extremo libre de cada uno de ellos exista un sombrerete con un tope que deja un espacio adecuado para el cierre de la junta. Las barras de unión deben espaciarse a intervalos adecuados y estar libres de grasa y suciedad que impidan la adherencia necesaria. Si se las introduce en el hormigón,

deben realizarse frecuentes controles para asegurar la separación indicada en los planos.

PREPARATIVOS PARA LA PAVIMENTACION

Es indispensable humedecer la superficie de la base antes de colar el Hormigón para evitar pérdida de humedad de éste hacia la misma. La pérdida excesiva de humedad puede producir el agrietamiento de la losa debido a tensiones de contracción que excedan la resistencia del hormigón a edad temprana. El riego debe realizarse con suficiente antelación a la ejecución del pavimento, a fin de permitir la absorción del agua. El hormigón no debe colocarse sobre una subrasante fangosa o donde existan charcos de agua.

Los esfuerzos del inspector deben orientarse hacia la obtención de una fundación **uniforme** compacta y a un nivel adecuado para colocar sobre ella la losa del pavimento. Sobre esta subrasante se colocarán y estaquearán los moldes y los pasadores o barras de unión en su posición correcta.

CONTROL DEL EQUIPO

Todo el equipo debe encontrarse en buenas condiciones de funcionamiento. Las máquinas muy gastadas que no pueden ser ajustadas, no deben aceptarse en obra. El cuidado en el ajuste preliminar conducirá a la obtención de un pavimento razonablemente bueno desde el comienzo de la obra. Durante la marcha del trabajo, indudablemente son necesarios ligeros ajustes debido a cambios en las características del hormigón, niveles y condiciones climáticas.

Es importante aclarar que, actualmente, por cuestiones de costos y operatividad, se suele comprar hormigón elaborado en plantas, que transportan el material mediante el uso de camiones "mixer" (camiones con cilindros o tambores giratorios y aletas internas), que son camiones que mezclan el material mientras lo transportan hacia la zona de obra, para luego volcarlo en el lugar de trabajo. De esta forma, se ahorra el proceso de elaboración del hormigón en obra. Al mismo tiempo, la calidad del producto utilizado es monitoreada en los laboratorios que poseen las plantas elaboradoras de hormigón, que realizan ensayos que tienen por objeto mantener la calidad establecida en el dosaje aprobado. No obstante, es recomendable que la dirección de obra efectúe por su cuenta ensayos de control.

Las herramientas necesarias deben tenerse a mano y controlarse antes de comenzar la construcción. Las reglas deben tener la longitud necesaria y ser lo suficientemente rígidas como para no deformarse por el uso. La herramienta para terminar los bordes debe tener el radio establecido. El equipo necesario para obtener la textura superficial especificada – ya sea con cepillo, correa o rastra de arpillera – debe estar disponible en obra. Es de importancia que las correas y arpilleras sean lo suficientemente largas a fin de cubrir el ancho total de pavimento. Además, deben prepararse un enrasador y fratases manuales para usos circunstanciales en caso de que falle el equipo mecánico. Los puentes de servicio usados en las operaciones de terminación deben ser lo suficientemente rígidos como para aguantar el peso de los obreros y sus útiles, sin flexionar en forma que pueda perjudicar la superficie.

CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO

El primer día en la construcción de cualquier obra es de mucho movimiento. Pueden efectuarse pequeños ajustes en la dosificación del hormigón y en el equipo y los obreros se van acostumbrando al trabajo. La exigencia fundamental para la construcción de un buen pavimento es la **uniformidad**. Pueden construirse pavimentos durables de buen rodamiento (lisura superficial), partiendo de una amplia variedad de mezclas, siempre que haya uniformidad en el hormigón entre pastón y pastón y en los trabajos de terminación. Los continuos cambios de consistencia o de las cantidades de material arrastrados por los enrasadores hacen difícil o imposible la construcción de una

superficie de rodamiento aceptable. Diariamente deberán controlarse ciertas tareas preliminares antes de iniciar el trabajo y durante su desarrollo. Entre los ítems a controlar se encuentran: la nivelación de los palpadores laterales que guían la alineación del borde de calzada, si se utilizan terminadoras de moldes deslizantes. Si se utilizan moldes fijos, la nivelación y aceitado de los moldes y en general, la alineación de los pasadores y las condiciones de humedad y nivel correctos de la base. La operación de pavimentación se asemeja a una línea de producción, excepto que en este caso las máquinas se mueven y el producto (la losa de pavimento) se mantiene estacionaria. Cada operación debe desarrollarse adecuadamente si se desea un resultado satisfactorio.

COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN Y DEL ACERO

El hormigón debe depositarse lo más uniformemente posible sobre la subrasante o la base y en cantidad tal que, delante del distribuidor se arrastre un pequeño exceso. Si se especifica armadura distribuida, el hormigón se conformará dos veces: la primera a la altura correspondiente a la armadura y nuevamente, una vez colocado el resto del material. Debe vigilarse que no se usen mallas dobladas o torcidas y que las mismas tengan el recubrimiento de hormigón especificado. Las mallas contiguas deben trasladarse por lo menos hasta la primera barra transversal, excepto en las juntas. La finalidad de la máquina terminadora es consolidar el hormigón y dejar la superficie aproximadamente al nivel correcto. La onda de hormigón delante del enrasador frontal debe mantenerse uniforme y continúa a través del ancho total de la losa. La desaparición de la onda indica un punto bajo y una zona que no se está compactando adecuadamente. En esta eventualidad, debe agregarse hormigón y distribuirlo sobre la losa. No debe usarse para ello el mortero o material sobrante sobre los moldes. Las mezclas relativamente duras y ásperas requieren más fratasado que las mezclas arenosas, más fluidas; por lo tanto, para mezclas ásperas debe incrementarse el número de movimientos transversales por metro de camino en avance. Si la superficie del hormigón tiende a desgarrarse bajo la acción del enrasado, ello puede corregirse aumentando los movimientos transversales de la misma manera.

VIBRACIÓN

De acuerdo al equipo utilizado la vibración se hace: a través de una placa vibradora si es de moldes deslizantes o por medio de vibradores de inmersión y regla vibradora cuando se usan moldes fijos. Para losas de formas irregulares, triangulares, trapezoidales, etc. El objetivo del vibrado es el de compactar la masa de hormigón, y así darle uniformidad y mayor resistencia, ya que se eliminan así los espacios ocupados por el aire en la masa del hormigón.

ALISADO LONGITUDINAL

El alisado longitudinal es la última de las operaciones mecánicas de terminación. Si la terminación ha funcionado adecuadamente, es simplemente una operación de alisado y suavizado. La necesidad de eliminar puntos altos o rellenar zonas debido a una deficiente nivelación de la superficie es un índice de que las operaciones precedentes no se han desarrollado correctamente. La regla debe llevar una pequeña onda de hormigón a lo largo de su longitud delante de su sentido de avance. Cualquier pérdida repentina de la onda indica un punto bajo. En tal caso se debe detener la máquina y redistribuir hormigón sobre el lugar bajo y alisar. Si ello ocurre repetidamente debe analizarse el proceso operativo de la pavimentación y corregir la causa. Para asegurar la obtención de resultados correctos es esencial que la parte superior de los moldes y las ruedas de las máquinas terminadoras y reglas alisadoras longitudinales se mantengan limpias de mortero u hormigón. Si las operaciones de la terminadora se han desarrollado correctamente, el terminado a mano sólo consistirá en la eliminación de las marcas de las herramientas, terminación de bordes y obtención de la textura superficial final. Esta terminación final no deberá efectuarse hasta tanto se haya controlado a regla

la superficie, sea por el inspector o en su presencia, y corregida cualquier irregularidad. Las correcciones menores pueden efectuarse con reglas fratasas de madera que deben tener por lo menos 1,50 m de largo y 15 cm de ancho. El uso constante de fratasas de madera indicaría un terminado mecánico incorrecto. Si las operaciones de terminado van muy retrasadas o si la superficie no cumple con las especificaciones, el inspector no debe dudar en detener el hormigonado hasta que se realicen las correcciones adecuadas en los procedimientos constructivos.

JUNTAS

Todos los bordes de las juntas longitudinales de construcción deben terminarse con fratasas de radio adecuado. La ejecución incorrecta de cualquiera de los tres tipos de juntas transversales – expansión, contracción o construcción – es la causa de muchas dificultades en los pavimentos. Debe asegurarse la verticalidad y regularidad de las caras de las juntas eliminando en el hormigón plástico cualquier saliente que presente. El fratas debe encontrarse horizontal para evitar la aparición de una superficie inclinada, adyacente a la junta. Después de ejecutar los bordes, debe eliminarse la lisura de la superficie fratasada por medio de un cepillo o una tira de arpillera a fin de obtener una textura que iguale a la del resto de la superficie. Debe limpiarse la cavidad sobre el relleno de las juntas de expansión, por lo menos en un ancho igual al ocupado, por el mismo. El relleno debe cumplir con las especificaciones y será continuo de borde a borde de la losa. Debe dársele una forma que se ajuste a la subrasante y moldes, y uniones de manera que no quede hormigón sobrante que vincule las dos caras de la junta. No deben usarse como relleno tablas de madera que contengan nudos o agujeros. El incumplimiento de estas recomendaciones producirá el descascamiento del hormigón. Si la junta de contracción consiste en una faja premoldeada que se deja en el sitio, se cuidará de asegurar que la faja permanezca recta y vertical con su parte superior muy poco por debajo de la superficie del hormigón. Las fajas sumergidas, vencidas o inclinadas conducen a juntas descascaradas.

Si las juntas son aserradas, deberán ejecutarse lo suficientemente temprano como para controlar el agrietamiento, pero, lo suficientemente tarde como para evitar cualquier daño posible a la superficie de la losa y al hormigón adyacente a la junta. Esto requerirá a menudo que el aserrado de las juntas transversales se efectúe de noche. El momento oportuno puede determinarse por observación de los cortes de sierra. Un leve desprendimiento de agregado fino a lo largo de los bordes de la junta no es objetable y cualquier demora adicional en el aserrado aumenta la posibilidad del agrietamiento errático. El momento del aserrado de las juntas longitudinales no es tan crítico. Estas pueden aserrarse en cualquier momento que permita su limpieza y sellado antes que el pavimento se libre al tránsito.

TEXTURA SUPERFICIAL FINAL

Es práctica corriente pasar una correa sobre la superficie antes de alcanzar la textura superficial final. En tales casos debe prestarse atención que la correa se mantenga lisa y toque la superficie del pavimento en todo su ancho. El equipo utilizado para conseguir la textura final debe mantenerse limpio y libre de acumulación de hormigón endurecido. Si se usa rastra de arpillera, debe ser lo suficientemente larga como para cubrir el ancho total del pavimento y lo suficientemente ancha y pesada como para producir la terminación deseada. Generalmente esto requiere dos capas de arpillera.

CURADO

Su finalidad es doble: retener la humedad en el hormigón y mantener la temperatura entre límites apropiados. La humedad puede retenerse manteniendo la superficie húmeda o aplicando una membrana o cubierta impermeable. Las membranas deben aplicarse inmediatamente después que desaparece el brillo producido por el agua. Las arpilleras húmedas o cubiertas deben colocarse tan pronto como sea posible sin dañar la superficie. Si el curado se realiza con agua, la superficie del pavimento debe

mantenerse húmeda durante todo el período de curado especificado. La aplicación de láminas de polietileno implicará la verificación de rasgones o agujeros que serían causa de la pérdida de humedad de curado. Cualquiera sea la cubierta empleada, deberá mantenerse en posición el material de curado por medio de montículos de tierra u otros pesos a lo largo de los bordes. Si se cura con membrana tipo emulsión de parafina, la aplicación debe ser uniforme y en la proporción especificada. El pigmento blanco, por sus cualidades reflectantes reduce las variaciones de temperatura en el hormigón fresco y recientemente endurecido.

CONTROL DE LISURA

Debe controlarse a regla, la lisura de toda losa de pavimento tan pronto como sea posible después de construida. Esto puede realizarse al día siguiente, si se usa membrana de curado. Para la mayoría de los demás tipos de curado, el control de lisura no puede efectuarse hasta después de finalizado el período de curado. La superficie se controlará a lo largo de la huella usual de rueda (alrededor de 90 cm a cada lado del eje de cada trocha). Todas las zonas que no cumplan con las tolerancias especificadas se marcarán, y se corregirá la superficie en esos lugares puliendo o demoliendo y reconstruyendo la losa antes de que el pavimento se libere al tránsito.

SELLADO DE JUNTAS

Las juntas se sellan antes de que el pavimento se libere al tránsito. Antes de sellarlas, se limpian con aire comprimido, y si fuera necesario, pasando una hoja de sierra usada. Cuando el material de sellado no sea de aplicación en frío, se evitará sobrecalentar el material de sellado. En este caso, para prevenir el incendio del material caucho – asfalto es indispensable una caldera con baño de aceite. Cualquier exceso de material sobre la superficie debe eliminarse antes de librar al tránsito el pavimento.

LIBRADO AL TRÁNSITO

El pavimento no debe librarse al tránsito hasta tanto haya finalizado el período de curado, el hormigón haya alcanzado la resistencia adecuada (indicada por los ensayos de vigas y cilindros confeccionados para ese propósito), se hayan sellado las juntas, se haya limpiado el pavimento y construido las banquetas. No debe permitirse al equipo y al tránsito de construcción que circulen sobre el pavimento hasta que el hormigón haya alcanzado la edad y resistencia requeridas en las especificaciones. Sobre losas de construcción recientes sólo se permitirá la circulación de equipos con rodados neumáticos (incluidas máquinas terminadoras).

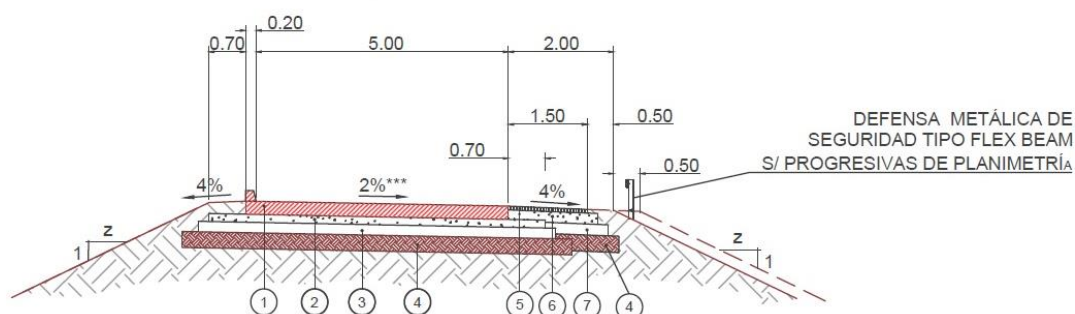
CONSTRUCCIÓN EN TIEMPO CALUROSO

Cuando la temperatura del hormigón o del aire ambiente es muy elevada es necesario realizar ajustes en los procedimientos constructivos si se desea obtener resultados satisfactorios. Un incremento en la temperatura del hormigón fresco conduce a un aumento del agua de mezclado necesaria, para mantener el mismo asentamiento. Un aumento en la temperatura de 10 a 38 °C requiere alrededor de 2,65 l de agua adicional por bolsa de cemento en una mezcla que contenga 307 kg de cemento por metro cúbico. Este aumento significa una reducción del 10% aproximadamente en la resistencia a los 28 días. Deben hacerse todos los esfuerzos posibles para mantener la temperatura de la mezcla debajo de los 27 °C. El suministro de agua debe protegerse del calor del sol pintando los tanques con pintura blanca o de aluminio y enterrando los caños. En casos extremos la temperatura de los agregados puede disminuirse rociando los acopios. Esto sirve a dos propósitos: enfriar los agregados por evaporación y satisfacer la absorción de los mismos. Las temperaturas elevadas, especialmente cuando van acompañadas por vientos y baja humedad, tienden a producir pérdida de humedad por la superficie del pavimento. Esto trae como consecuencia el endurecimiento prematuro del hormigón y un acortamiento del tiempo disponible para el terminado de la superficie. En estas circunstancias, los obreros encargados de la terminación suelen arrojar agua sobre la losa, ya sea por medio de un cepillo o directamente con baldes. Esto no debe permitirse.

Bajo condiciones extremas de sequía, pueden tomarse precauciones para contrarrestar la pérdida de humedad reponiendo algo del agua evaporada por medio de una llovizna de agua pulverizada. Los rociadores pueden unirse al marco de las reglas del alisador mecánico longitudinal, o pueden operarse a mano. En cualquier caso el uso de llovizna debe ser pulverizada debido al secado enérgico, su uso debe restringirse ya que esta práctica puede fácilmente convertirse en hábito. Otra solución que el Inspector puede indicar es probar con la adición de aditivos para el hormigón, disponiendo por ejemplo aditivos fluidificantes, que reducen la cantidad de agua de amasado, o aditivos retardadores de fragüe que impiden el endurecimiento prematuro.

CAPÍTULO 5: PERFIL ESTRUCTURAL Y ESPECIFICACIONES DEL PLIEGO

A continuación se detallara la composición de la estructura del pavimento y de las exigencias especificadas en el pliego particular. Se trata de un pavimento Rígido con cordón en un extremo y banquina de asfalto en el otro. Este tipo de pavimento está constituido por una losa de hormigón, que absorbe la función de capa de rodamiento.



5.1 Perfil Tipo Rama Indirecta

El espesor de la carpeta de hormigón de la rama indirecta es de 25 cm (1), asentada sobre una base de mezcla granular cementada (H-8) de 10 cm de espesor (2) y una subbase granular de 20 cm de espesor (3), todo ello fundado sobre la subrasante de 30 cm de espesor (4). Además la banquina derecha de 1,50 m, esta compuesta por Concreto Asfáltico de espesor 0.05m (5) sobre una base granular de 0.20m (6) y una subbase granular de igual espesor (7), fundada sobre la subrasante (4) de la misma característica de la calzada principal, del lado interno se prevé un cordón de hormigón simple de 20 cm de ancho.

Al comienzo de mis Practicas la obra se encontraba con la base de asiento ya nivelada, cortada y aprobada por inspección, por lo que las exigencias del pliego a partir de dicha etapa son las que se detallan a continuación:

SUBBRASANTE (para calzada y banquina)

Se considera como subrasante aquella porción de superficie que servirá de asiento o fundación para el recubrimiento enripiado, sub-base, o base a construir.

En el Pliego se establecía que para la construcción de la misma el contratista debía adoptar el procedimiento constructivo que le permitiera lograr la densidad exigida para los 30 cm superiores del terraplén. De ser necesario debía realizar la extracción de hasta 30 cm de la base de asiento y proceder al escarificado y recompactación, previo a la recolocación y compactación del material extraído. Una vez preparada la subrasante debía mantenerse la lisura y el perfil correcto hasta que se cargara la capa superior.

Por otra parte, el suelo empleado en la construcción de la subrasante no debía contener ramas, troncos, matas de hierbas, raíces u otros materiales orgánicos. A la vez que debía cumplir con las siguientes condiciones:

- Límite Líquido: no mayor de 30

- Índice Plástico: no mayor de 10
- Sales totales: menor a 0,9 %
- Sulfatos: menor a 0,3 %

Además la exigencia de compactación debía ser mayor o igual al 95% de la densidad máxima obtenida mediante el ensayo de Próctor modificado correspondiente al suelo.

INSPECCION Y RECEPCIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CALZADA Y BANQUINA

Para la conformación del terraplén se utilizó un suelo seleccionado obtenido de la remoción del suelo existente en el mismo lugar hasta la cota de proyecto. Para ser utilizado, el mismo debe cumplir con un Valor Soporte igual o superior a 4. Un suelo A4 es el recomendable para esta capa, ya que es necesario que no contenga arcillas por sus propiedades expansibles.

La tarea de inspeccionar consistió en evaluar la compactación de las capas (a través de la determinación de densidades), y el estado de la superficie, constatando que no haya baches ni otros defectos. También se verificó el nivel del eje y bordes.

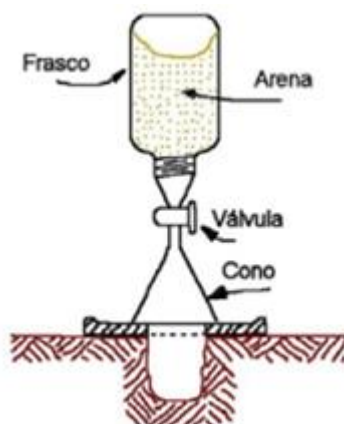
Una vez conformada la capa, la empresa constructora realizaba el pedido de inspección, a cargo de la Dirección Provincial de Vialidad (DPV), para la recepción de la misma. La metodología usual empleada por los laboratoristas de inspección para el control, consistía de una primera inspección visual y con la ayuda de una barra de hierro que se hincaba, permitía determinar la existencia de un bache (exceso de humedad) o un solapamiento (producido por diferencias de humedad entre dos capas contiguas de suelo). En el caso de un bache, la barra se introducía en profundidad fácilmente, permitiendo determinar así la profundidad del mismo para ser removido. Cuando se presentaba un solape, era necesario escarificar la zona y mezclar mejor el suelo para homogeneizarlo. La ubicación de los baches quedaba determinada por la existencia de zonas con pequeñas fisuras en la superficie.

Luego de subsanar tales particularidades se procedía a obtener la densidad, en tantos puntos como el inspector creía conveniente según la longitud de la cancha, por lo general entre 2 y 3 puntos cada 150m. Esto se realizó mediante el **Control de Compactación por el método de la Arena (norma de ensayo VN-E8-66 de Vialidad Nacional)** el cual se encuentra explicado a continuación:

NORMA VN – E8 – 66:

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar en el terreno la densidad de un suelo compactado y establece si el grado de compactación logrado cumple las condiciones previstas.

$$\text{peso unitario} = \frac{\text{peso del material}}{\text{volumen total}}$$



5.2 Ilustración Cono de Arena

Para determinar este peso unitario o “densidad” de una capa de la estructura vial efectuamos un pequeño pozo en la misma, del que extraeremos todo el material y lo pesaremos en una balanza. Seguidamente deberemos saber con exactitud el volumen de dicho pozo para lo cual utilizaremos un dispositivo especialmente construido para este fin llamado “doble embudo” y “arena normalizada”

Para preparar la arena normalizada se toma arena común, se seca a estufa y se toma la fracción que pasa el tamiz N°20 (0,84mm) y queda retenida en el tamiz N°30 (0,59mm). Para cada ensayo se requiere aproximadamente de 5kg de arena normalizada los que se recuperan luego de concluido el ensayo.

Después de obtenida esta arena deberemos conocer de ella dos valores antes de iniciar el ensayo:

- **Densidad de la arena suelta (D.a.s.):** para esta determinación necesitamos un recipiente cilíndrico de diámetro igual al diámetro del cono inferior del *doble embudo* y de capacidad entre 1 dm³ y 3dm³ del que deberemos conocer su volumen en forma bastante precisa. Se llena con los 5 Kg de arena normalizada el depósito del *doble embudo*, se coloca sobre el recipiente mencionado y se vierte la arena. Concluido el llenado se retira el *doble embudo*, se enrasa el recipiente y se pesa su contenido. Durante todo el proceso se evitará todo movimiento brusco o vibraciones que puedan acomodar las partículas de arena a fin de obtener el *estado suelto* que buscamos. Luego:

$$D. a. s. = \frac{\text{peso de la arena suelta dentro del recipiente}}{\text{volumen del recipiente}}$$

- **Peso de la arena suelta contenida en el cono inferior del *doble embudo* (P.a.c.):** se introduce 5Kg de arena en el interior del depósito del *doble embudo*, se lo coloca en una superficie plana, se abre el robinete hasta que fluya completamente la arena, se cierra el robinete, se retira el *doble embudo* y se pesa la arena caída que es la contenida en el cono inferior.

Descripción del ensayo

- a) El lugar donde se realizará la determinación deberá presentar una superficie lisa y libre de material suelto. Si la superficie presenta pequeñas irregularidades, antes de eliminar el polvo con un pincel, se emparea con una pala ancha.

- b) Con la ayuda de una maza y cortafrió cóncavo o con un taladro o con cualquier otra herramienta adecuada se ejecuta un hoyo cuyo diámetro será de por lo menos de 10 cm en el caso de los suelos finos y tendrá un máximo de 16 cm cuando se trate de suelos granulares. Sus paredes serán lisas y verticales, con una profundidad igual al espesor que pretende controlarse. Se recoge cuidadosamente todo el material retirado del hoyo colocándolo dentro de una bolsa de polietileno, se rotula y se cierra cuidadosamente evitando pérdidas de humedad.
- c) Se coloca el *doble embudo* sobre el hoyo, se llena el depósito del mismo con arena normalizada la que previamente fue pesada en el laboratorio de campaña con una precisión de 1 gr y transportada en bolsa de polietileno. Seguidamente se abre el robinete, se espera hasta que se llene completamente el pozo y el embudo inferior. La cantidad de arena utilizada deberá ser suficiente para que quede alguna cantidad sobrante en el depósito. Se cierra el robinete, se retira la arena sobrante la que se embolsará y rotulará.
- d) Completado el trabajo en campaña continuamos el mismo en el laboratorio determinando:
- Peso del material del pozo
 - Peso de la arena sobrante

Seguidamente calculamos el peso de la arena incorporada en el pozo restando al peso de arena total tomada para el ensayo el peso de la arena sobrante y el peso de la arena contenía en el embudo inferior. Luego:

$$\text{vol que ocupa la arena en el pozo} = \frac{\text{peso de la arena en el pozo}}{D. a. s.} = \text{vol del pozo}$$

Seguidamente se calcula:

$$\text{densidad del suelo humedo (D. s. h.)} = \frac{\text{peso del material del pozo}}{\text{vol del pozo}}$$

Posteriormente se determina el % de humedad del suelo extraído del pozo tomando una pequeña porción que sea representativa del total. Se toma el peso húmedo, se seca hasta peso constante, se determina el peso seco y se aplica la formula

$$\%H = \frac{\text{peso del agua evaporada} \times 100}{\text{peso del suelo seco}}$$

conocida:

Finalmente:

$$\text{densidad de suelo seco (D. s. s.)} = \frac{D. s. h.}{\left[1 + \frac{\%H}{100}\right]}$$

Determinada la D.s.s. de obra se deberá comparar éste con la D.s.s. de Proctor obtenida en el laboratorio con el mismo material. La D.s.s. de Proctor sirve de referencia para determina el % de compactación en obra mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de compactacion} = \frac{D. s. s. \text{ de obra} \times 100}{D. s. s. \text{ de Proctor}}$$

Así, obtenido este valor de compactación, deberá compararse con el exigido en el pliego particular de la obra, igualándolo o superándolo.

Como se detalla más arriba, una de las exigencias para la aprobación de esta capa es lograr una compactación del 95% de densidad máxima obtenida mediante el ensayo de Próctor modificado del suelo correspondiente. Para obtener dicha densidad máxima de Próctor, se realizó el **Ensayo de Compactación de Suelos (norma de ensayo VN-E5-93 de Vialidad Nacional)**. Explicada más adelante.

Para dicho ensayo se realizó la extracción de muestra desde el acopio en forma de pila ubicado en la obra. Este tipo de acopio se caracteriza por la segregación, es decir las partículas gruesas se depositan al pie de la pila, quedando el material fino en la cima. Tomar una muestra representativa del material de una pila es bastante difícil, por ello se extrajo muestras parciales en distintos puntos distanciados entre sí, se comenzó desde el pie, subiendo hasta la cima y descendiendo por el otro lado, y luego en dirección perpendicular. En cada uno de los puntos se quitó el material seco que se encuentra en la superficie hasta una profundidad de 30cm aproximadamente y recién allí se realizó la extracción de la muestra.

Las muestras fueron envasadas en bolsas arpilleras de 70x40, y rotuladas indicando la capa a la cual corresponde el material y la fecha de la toma de la muestra.

NORMA VN-E5-93:

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**.

De acuerdo con las características granulométricas del material corresponderá la forma de operar. Generalmente se trata de suelo que pasa totalmente por el tamiz IRAM 4,8 mm. (Nº 4) (Material fino), por lo cual se opera con todo el material librado por dicho tamiz. Si la cantidad de material que queda retenida en ese tamiz es pequeña, igual o menor de 5 %, puede incorporarse a la muestra realizándose el ensayo con el total del suelo. De lo contrario Si la porción retenida es apreciable, mayor del 5 %, se opera como si se tratara de material granular.

Procedimiento

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

- Para cada punto de la curva Humead-densidad se requieren aproximadamente 2500 gramos de material seco. Si se trata de suelo no muy plástico y sin partículas quebradizas puede usarse la misma muestra para todo el ensayo.
- Se prepara material suficiente para seis puntos. El ensayo normal requiere cinco puntos, tres en la rama ascendente y dos en la descendente de la curva Humedad-Densidad, pero eventualmente puede requerirse un sexto punto.
- La porción de suelo destinada a un punto de la curva se distribuye uniformemente en el fondo de la bandeja (ap. 5.2-I). Con la ayuda del dispositivo adecuado se agrega el agua prevista para tal punto y con la espátula se homogeniza correctamente.

COMPACTACIÓN DE LA PROBETA:

- Se opera con el molde de 101,6 mm. de diámetro. La energía de compactación quedará determinada por el tipo de pisón, cantidad de capas y número de golpes por capa. En este caso se utilizó el ensayo tipo II.

Tabla 5.1 Tipos de Ensayo Próctor

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	Nº de CAPAS	Nº de GOLPES
I	101,6	2,5	30,5	3	25
II	101,6	4,53	45,7	5	25
III	101,6	2,5	30,5	3	35

- Se verifican las constantes del molde: Peso del molde (Pm) sin collar pero con base y su volumen interior (V).
- Cuando se considere que la humedad está uniformemente distribuida se arma el molde y se lo apoya sobre una base firme. Con una cuchara de almacenero, o cualquier otro elemento adecuado, se coloca dentro del molde una cantidad de material suelto que alcance una altura un poco mayor del tercio o del quinto de la altura del molde con el collar de extensión, si se han de colocar tres o cinco capas respectivamente.
- Con el pisón especificado se aplica el número de golpes previstos uniformemente distribuidos sobre la superficie del suelo. Para esto debe cuidarse que la camisa guía del pisón apoye siempre sobre la cara interior del molde, se mantenga bien vertical y se la desplace después de cada golpe de manera tal, que al término del número de golpes a aplicar, se haya recorrido varias veces la superficie total del suelo.
- Se repite la operación indicada en el párrafo anterior las veces que sea necesaria para completar la cantidad de capas previstas, poniendo en tal caso, la cantidad de suelo necesaria para que, al terminar de compactar la última capa, el molde cilíndrico quede lleno y con un ligero exceso, 5 a 10 mm.
- Se retira con cuidado el collar de extensión. Con una regla metálica, puede servir de espátula, ap. 5.2 (g), se limpia el exceso de material. Se limpia exteriormente el molde con un pincel y se pesa (Ph).
- Se pesa el molde cilíndrico conteniendo el suelo compactado.
- Se saca la probeta del molde, con el extractor de probetas si se dispone de él, o mediante la cuchilla o espátula, en caso contrario. Se toma una porción de suelo que sea promedio de todas las capas, se coloca en un pesa filtro y se pesa. Se seca en estufa a 100-105° C, hasta peso constante, para efectuar la determinación de humedad.
- Obtenido el primer punto de la curva Densidad-Humedad, se repiten las operaciones indicadas en los párrafos anteriores, con cada una de las porciones de muestra preparadas para los demás puntos.

Se da por finalizado el ensayo cuando se tiene la certeza de tener dos puntos de descenso en la curva Humedad-Densidad.

CÁLCULOS Y RESULTADOS:

Para cada contenido de humedad de la probeta, determinado en la forma indicada en los párrafos precedentes, se calculan:

- La densidad húmeda (Dh) del suelo compactado, aplicando la fórmula:

$$Dh = \frac{Ph - Pm}{V}$$

Donde:

P h = Peso del molde con el material compactado húmedo.

P m = Peso del molde.

V = Volumen interior del molde.

La densidad seca (D_s), que se obtiene mediante la fórmula:

$$D_s = \frac{D_h \times 100}{100 + H}$$

Donde:

D_h = Densidad húmeda.

H = Humedad, en %, del material compactado.

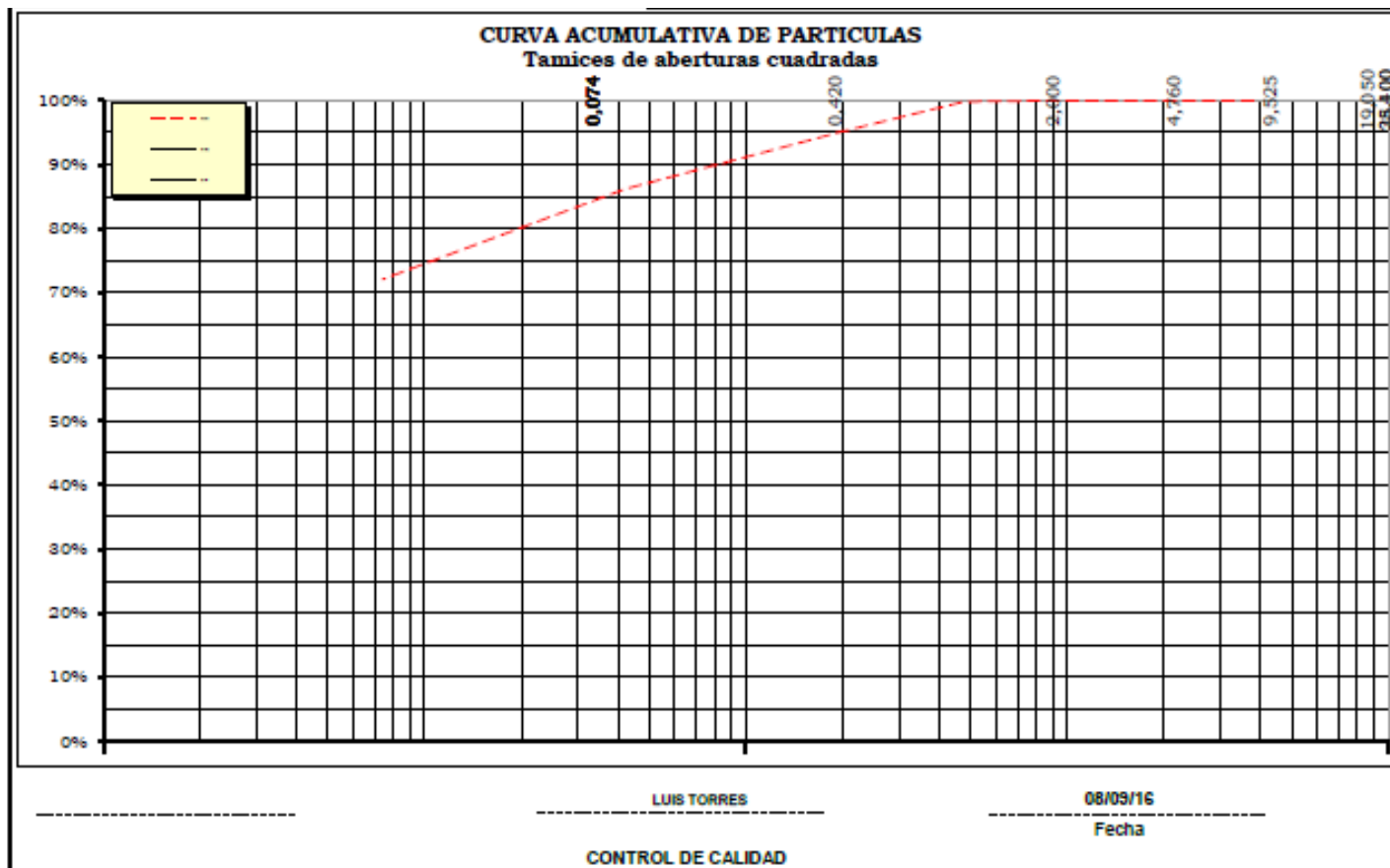
TRAZADO DE LA CURVA HUMEDAD DENSIDAD

- En un sistema de ejes rectangulares se llevan en abscisas, los valores de la humedad porcentual, y en ordenadas los de la densidad seca.
- Los puntos así obtenidos se unen por un trazo continuo obteniéndose de este modo una curva que va ascendiendo con respecto a la densidad, pasa por un máximo y luego desciende.
- El punto máximo de la curva así obtenida indica, en ordenadas, la densidad máxima (D_s) que puede lograrse con la energía de compactación empleada y en abscisas la humedad óptima (H) que se requiere para alcanzar aquella densidad.

La marcha del ensayo se llevó anotada en una planilla Excel. El trazado de la curva Humedad-Densidad se realizó en el cuadrículado que se encuentra al pie de la planilla, adoptando las escalas que sean más convenientes en cada caso.

A continuación se presenta la planilla resultado del ensayo de Próctor modificado del terraplén y la curva granulométrica correspondiente al material:

Tabla 5.3 Curva Granulométrica Subrasante



OBSERVACIONES

En la primera inspección realizada a la subrasante, se encontró una gran cantidad de zonas solapadas, por lo que se dio la orden de remover el material y conformar un caballete de manera de homogeneizar la humedad para luego distribuir y volver a compactar.



5.3 Motoniveladora realizando mezclado de la capa

Una vez realizado esto por parte de la empresa constructora, se solicitó nuevamente la inspección para la recepción de la cancha. Se tanteó con golpes de barra sobre la capa y se comprobó una buena compactación del lado derecho pero deficiente del lado izquierdo (la barra se hundía más y el suelo alrededor se desprendía) también se controló la existencia de baches, y en algunos sectores (donde la barra acusaba mala compactación) se pudo ver solapamientos de una capa superficial de pequeño espesor.



5.4 tanteo de la cancha en busca de baches y/o solapes



5.5 Compactado de la Subrasante



5.6 Solapamiento en la Subrasante

Estos solapes en su mayoría se debían a una mala utilización de los equipos de compactación, ya que las últimas pasadas se realizaban con una compactadora de rodillo metálico liso para asfaltos, cuya energía no era la suficiente.

Luego se realizaron dos ensayos de Cono de Arena, uno en el eje (al principio del tramo), y otro al medio del tramo en la progresiva 280 aprox. y sobre el lado izquierdo.

En las imágenes inferiores se observa cómo se junta la arena del frasco pequeño utilizada para corregir el ensayo por las irregularidades de la superficie, antes de realizar el pozo. Luego se procede a realizar el pozo hasta una profundidad de 20 cm aproximadamente (espesor de la capa) juntando el material en una bolsa cuidando de que no pierda la humedad. Nos podemos ayudar con el pincel para barrer las partículas de suelo que quedan en la bandeja.



5.7 Realizado del Pozo para ensayo de Cono de Arena

Luego de realizado el pozo y controlado con cinta métrica la profundidad se coloca el doble embudo y se vierte la arena del segundo frasco mayor de 5000 a 6000 gr aproximadamente y se abre el robinete dejando caer la arena cuidando de no golpear ni modificar el estado de arena suelta. A continuación se procede a juntar la arena y envasarla separada del recipiente original que quedó con el peso de arena remanente



5.8 Vertido y Remoción de la Arena en el pozo

Luego continúan las tareas en el Laboratorio, donde se toma una muestra de suelo de 300gr para secar y determinar la humedad.

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL



5.9 Pesado de 300 gr. de suelo del pozo



5.10 Secado del suelo y Peso del mismo sin humedad

A continuación se procede a realizar los cálculos y plasmarlos en una planilla como la que se muestra a continuación, donde cada fila corresponde a un ensayo de cono.

ROGGIO Benito Roggio e Hijos S.A. Electroingeniería										TAREA: Subbase		FECHA: 01/12/15				
CALZADA: Banquina										TRAMO: Rama Indirecta Villa - Rotonda		FECHA ELAB: / /				
OBS:										DENSIDAD						
N°	PROG.	LADO	PROF.	DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO APARENTE						VOLUMEN DEL POZO V = E x F	% DE HUMEDAD	ENSAYO COMPACTACION				
				PESO ARENA EN EL FRASCO		PESO ARENA NOMINANTE EN EL FRASCO		PESO ARENA EN EL FRASCO Y POZO				PESO ARENA EN EL POZO		TERRENO HUMEDA		SECA
Km		cm		A	B	C	D	E	F	G	H	I	G _h = S	100 S/100-H	100%	
				gr	gr	gr	gr	gr	gr/cm ³	gr	cm ³	%	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³
1	230	C	20	Soco	16522	33448	14807	18673	1263	2823	1370	9.9	2170	1974	2078	95.0
2	300	I	20	Soco	14128	35872	14911	20361	1363	30653	15378	13.5	1993	1756	1840	93.9
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																

MUESTRA N°		
PESAFILTRO N°		
PI + Sh = s	300	300
PI + Ss = s	273	269.9
Agua = s + s + c	27	35.6
PI = g		
S.S. = s + c + s		
% H = g _h x 100	9.9	13.5

5.11 Planilla de resultados del Ensayo de Cono de Arena

Como podemos ver en la planilla superior quedan reflejados los resultados del ensayo. Allí se observa que el primer punto (pozo) acusa un 95% de compactación tal como se exige y el segundo un punto por debajo (94%) lo que determinó la necesidad de realizar 5 pasadas más sobre el lado izquierdo. Se aprobó la cancha, por lo que se procedió al estaqueado para establecer el nivel de la sub-base. La cual fue conformada por la tarde.



5.12 Nivelado de las estacas para el conformado de la subbase

Para la conformación de la subrasante en el tramo superior de la rama indirecta, donde se encontraba atravesada por el canal maestro, fue necesario utilizar una mezcla de suelo cemento, ya que era dificultoso compactar al nivel requerido, era imposible utilizar el rodillo pata de cabras que por sus dimensiones podía dañar la estructura del canal (estructura tipo cajón de hormigón). Y los demás compactadores (Rodillo liso y compactador tipo canguro) no poseían la energía necesaria para la compactación. En la imagen inferior se puede observar el costado de la estructura del canal maestro.



5.13 Borde Superior del Canal Maestro

A continuación se muestran imágenes del movimiento de suelo de dicha zona contigua para luego colocar la mezcla de suelo cemento, realizada en obra.



5.14 Retroexcavadora removiendo el suelo de la zona



5.15 mezclado de bolsas de cemento y suelo en pie de obra



5.16 Volcado, distribución y Compactación de la mezcla suelo-cemento

En el tramo superior al canal maestro, se estaba preparando para presentar la base de asiento, a simple vista se observó que la misma estaba muy mala, con exceso de humedad y contaminada con suelo negro, por lo que se pidió que se saneara, con un cambio de suelo, el suelo utilizado fue directamente el material de subbase realizándolo por capas de 15 cm para conseguir una buena compactación. Además se sacó material de una excavación de esa base de asiento para determinar la humedad, y se realizó un ensayo de cono de arena.



5.17 Tramo superior de la rama (de progresiva +300 en adelante)



5.18 solape (izquierda) y bache (derecha) en la base de asiento



5.1914 Ensayo de Cono de Arena para Subrasante

A continuación se muestran imágenes de la subrasante del tramo superior con exceso de humedad y contaminada con suelo negro que reemplazada por material de subbase.



5.20 Exceso de humedad en la Subrasante contra muro de contención



5.21 Remoción del suelo Húmedo



5.22 Material de subbase para distribuir



5.23 Compactado del material con Rodillo Pata de Cabra Vibratorio

Por otro lado, la subrasante de la **banquina** tuvo un tratamiento similar, se colocó mezcla de suelo cemento, pero el motivo en este caso es distinto. La banquina había sido utilizada como canal de desagüe en cada oportunidad que se presentaban tormentas. La humedad de la base de asiento era altísima hasta grandes profundidades. Tras varios intentos por obtener la compactación y ser rechazada por la presencia de baches. Se tomó la decisión de sanear todo su recorrido con suelo cemento en un espesor de 10 cm aprox. Mientras que en los tramos contiguos al cruce de la alcantarilla y sobre la misma, el espesor fue de 50cm aprox. Esto debido a que esa zona era la más baja de nivel y era donde se acumulaba el agua de lluvia para caer a la alcantarilla. Se pidieron 30 bolsas de cemento según cálculo del 1 por ciento en peso.

$$vol\ banquina = 80m [largo] \times 2m [ancho] \times 0.1m [espesor] = 16m^3$$

$$peso\ de\ cemento = 16m^3 \times 2 \frac{Tn}{m^3} \times 1\% = 320kg \approx 30\ bolsas\ de\ 10\ Kg$$

A continuación se presentan las planillas de resultados arrojados por el ensayo de Cono de Arena tanto para la calzada principal como para la banquina derecha.

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.4 Resultados del Ensayo de Cono de Arena en Subrasante de Calzada

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO APARENTE										TAREA: sub-rasante		FECHA 01/10/16					
										CALZADA: Rama indirecta frente a militares							
										TRAMO: progresiva 225 - 300							
N°	PROG.	LADO	PROF.	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO	PESO	% DE	DENSIDAD					
				EN EL FRASCO	REMANENTE	EN EMBUDO	EN EMBUDO	EN POZO	ESPECIFICO	SUELO		VOLUMEN	HUMEDAD	TERRENO		ENSAYO COMPACTACION	
				A	B	C	D	E	F	G		H		I	HUMEDA	SECA	SECA
Km	cm	gr	gr	gr	gr	gr	gr/cm ³	gr	cm ³	%	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³			
1	230	cen	20,0	5000	1652,2	3347,8	1480,1	1867,7	1,363	2973	1370	9,9	2,170	1,974	2,078	95,0	
2	300	izq	20,0	5000	1412,8	3587,2	1491,1	2096,1	1,363	3115,3	1538	13,5	2,026	1,785	1,870	95,5	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	

MUESTRA N°																
PESAFILTRO N°																
Pf + Sh = a				300	300											
Pf + Ss = b				273	264,4											
Agua = a - b = c				27	35,6											
Pf = d																
S.S. = b - d = e																
% h = c/e x 100				9,9	13,5											

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.5 Resultados del Ensayo de Cono de Arena en Subrasante de Banquina

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO APARENTE										TAREA: SUB_RASANTE Banq. Der.		FECHA 29/10/16				
										CALZADA: Rama directa frente a militares						
										TRAMO: progresiva 225 - 320						
N°	PROG.	LADO	PROF.	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO	PESO SUELO DEL POZO	VOLUMEN DEL POZO V = E/F	% DE HUMEDAD	DENSIDAD			
				EN EL FRASCO	REMANENTE EN EL FRASCO	EN EMBUDO Y POZO	EN EMBUDO	EN POZO C - D	ESPECIFICO DE LA ARENA				TERRENO	ENSAYO COMPACTACION		
	Km		cm	A	B	C	D	E	F	G	H	I	HUMEDA	SECA	SECA	EXIGENCIA
				gr	gr	gr	gr	gr	gr./cm ³	gr	cm ³	%	G/H = S	100.S/100+I	100%	gr./cm ³
1	240	cen	20,0	5000	1482,4	3517,6	1471,2	2046,4	1,363	3105,0	1501,4	13,6	2,068	1,820	1,887	96,4
2	310	der	20,0	5000	1512,7	3487,3	1478,4	2008,9	1,363	3121,4	1473,9	14,0	2,118	1,857	1,887	98,4
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																

MUESTRA N°																
PESAFILTRO N°																
Pf + Sh - a				300	300											
Pf + Ss - b				264	263,1											
Agua - a - b - c				36	36,9											
Pf - d																
S.S. - b - d - e																
% h = c/e x 100				13,6	14,0											

SUBBASE GRANULAR (para calzada y banquina)

Es una mezcla de áridos y suelo compactado de espesor 20 cm, realizado con suelo seleccionado del lugar en una proporción del 30% junto con triturados 0-6 para el 70% restante. Esta capa impide que los materiales de la subrasante y la base se mezclen, absorbe las deformaciones debidas a cambios de humedad o heladas, y debe permitir el drenaje del agua infiltrada y capilar. Según Especificación del pliego el suelo seleccionado no debía contener suelo vegetal y el material granular debía estar compuesto por granos duros, ambos en ausencia de sustancias perjudiciales.

La granulometría de la mezcla debía ser:

TAMIZ	% PASANTE
1 1/2"	100
1"	100
3/8"	80-100
N°4	50-85
N°100	20-40
N°200	10-20

Las exigencias para el contenido de sales y sulfatos solubles de la mezcla referida al pasante tamiz 200 fueron:

- Sales totales $\leq 1,5\%$
- Sulfatos solubles $\leq 0,5\%$

Según formula:

$$\frac{\text{peso de sales o sulfatos solubles}}{\text{peso del pasante tamiz 200}} \times 100$$

Las constantes físicas debían cumplir:

- Limite Liquido ≤ 25
- $2 < \text{Índice Plástico} < 6$
- Relación de finos < 0.66

Según formula:

$$\text{Relacion de finos} = \frac{\text{peso de pasante tamiz 200}}{\text{peso del pasante tamiz 40}}$$

Compactación: (Densidad de Obra)

El pliego exigía que en obra la densidad no sea inferior a la máxima del Ensayo Proctor V.N.E-5-93 - Método V (Diámetro del molde: 152,4 mm; Peso del Pisón: 4,54 Kg.; Altura de caída: 45,7 cm; Número de capas: 5; Número de golpes por capa: 56)

La muestra para este ensayo debía extraerse una vez finalizada la operación de mezclado.

Valor Soporte: Deberá ser mayor a 40 % alcanzado con una densidad igual al 97% de la densidad máxima, correspondiente a 56 golpes por capa.

INSPECCION Y RECEPCIÓN DE LA SUBBASE DE LA CALZADA

La metodología empleada para inspeccionar esta capa, fue idéntica a la descrita para la Subrasante.

El Valor Soporte Relativo (VSR) o Valor Soporte California (CBR) es una medida comparativa de la resistencia al corte del suelo, consiste en determinar la carga que es necesaria aplicar para que un pistón de tamaño normalizado penetre en una probeta de suelo a una velocidad especificada. Se divide dicha carga por la necesaria para alcanzar la misma penetración sobre una muestra tipo de material pétreo triturado, y el resultado multiplicado por 100 es el CBR

A continuación se explica el ensayo de **determinación del valor soporte e Hinchamiento de suelos (norma VN - E6 – 84 de Vialidad Nacional)**

NORMA VN-E6-84:

Esta norma permite conocer el valor soporte relativo de un suelo y determinar su hinchamiento. El **valor soporte relativo (VSR o CBR)** de un suelo es la resistencia que ofrece al punzado una probeta del mismo, moldeada bajo ciertas condiciones de densificación y humedad, y ensayada bajo condiciones preestablecidas. Se la expresa como porcentaje respecto de la resistencia de un suelo tipo, tomado como patrón. El hinchamiento es el aumento porcentual de altura, referido a la altura inicial, que experimente una probeta de suelo cuando la humedad de la misma aumenta por inmersión, desde la humedad inicial de compactación hasta la alcanzada por la probeta al término del periodo de inmersión.

Previo a efectuar este ensayo es necesario determinar la **densidad seca máxima y humedad óptima** correspondiente de acuerdo a la norma de **ensayo VN-E5-67 (compactación de suelo)** empleando la energía de compactación adoptada en el proyecto de la obra para la cual se efectuaran las determinaciones.

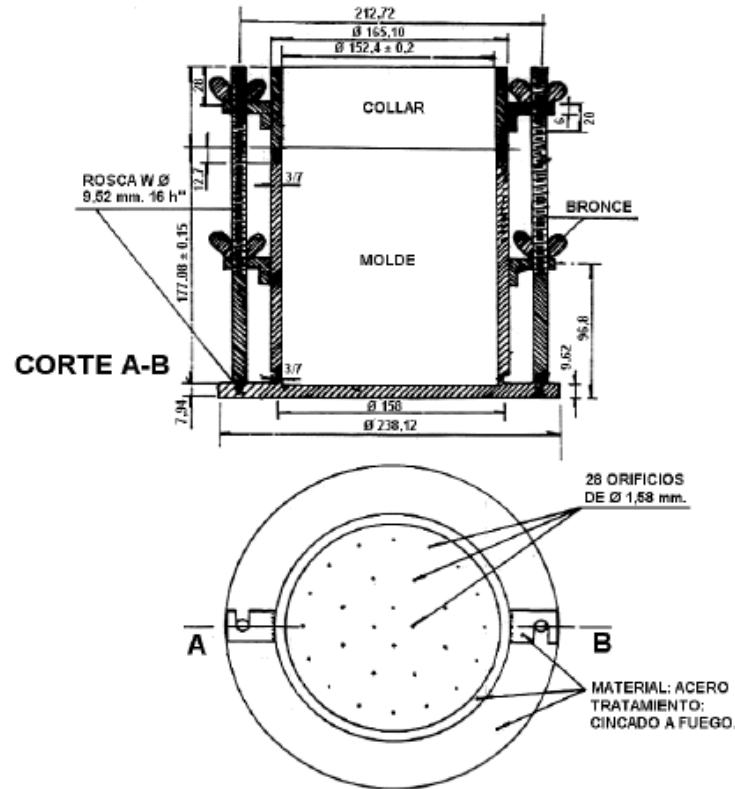
Existen 4 posibles variantes para efectuar este ensayo:

- Método estático a carga fija preestablecida.
- Método estático a densidad prefijada.
- Método dinámico N° 1 (simplificado).
- Método dinámico N° 2 (completo).

La diferencia entre ellos es la forma de elaborar las probetas. En la práctica se utiliza el método dinámico N°1 (simplificado), éste considera como varía la resistencia con las variación de densidad, a una humedad constante (la humedad óptima). El método dinámico completo analiza también la variación de la resistencia con la humedad, lo cual está más justificado en materiales plásticos, pero a un material plástico generalmente no lo tratamos así, sino que lo estabilizamos químicamente.

Aparatos

- Moldes de compactación cilíndricos de acero tratados superficialmente para volverlos inoxidables de las características y dimensiones indicadas en la figura



5.24 Molde para Ensayo CBR

- Compactador mecánico: con pisones de 4,54 Kg. de peso, con un mecanismo que permita regular su caída libre en 45,7 cm. y 30,5 cm. y dar a la base un desplazamiento angular entre 40° y 45° por golpe.
- Trípode: de material inoxidable con dial extensométrico de 0,01mm. de precisión para medir variaciones de altura.
- Prensa de penetración: con pistón de penetración de 49,63mm. de diámetro, de accionamiento mecánico, comando manual, que permita lograr una velocidad de avance del pistón de 1,27mm. /minuto.
- Aros dinamométricos: de 500; 1000; 3000 y 5000 Kg. respectivamente con sus diales extensométricos de 0,01mm. de precisión mínima.
- Disco espaciador: de 61,2mm. de espesor y con un diámetro de 15,24 cm. Para obtener una altura de probeta de 11,66 cm. en todos los casos.
- Platos perforados: con vástago de altura regulable y peso adicional, todo de material inoxidable, con un peso total de 4,54 kg. y de dimensiones dadas en las figuras N° 2 y figura N° 3 (uno por molde).
- Pesas adicionales para henchimientos: seis pesas por molde, de 2,27 Kg. Cada una de material inoxidable.
- Pesas de penetración: deberá proveerse un juego por prensa y consiste en: una pesa de 4,54 g. y seis pesas de 2,27 Kg. cada una.
- Dial extensométrico de 25mm. de carrera de precisión mínima de 0,01mm. montado sobre un soporte que será fijado al pistón de penetración.
- Elementos varios de uso corriente: Estufa regulable a 105 - 110° C, balanza de 20Kg. sensible al gramo; bandeja para mezclar el material, llanas, regla de 20cm. de longitud para enrasar, espátulas, probetas, rociadores cronómetros, etc.

Este ensayo consta de tres partes, a continuación se explica cada una de las mismas:

Ensayo de compactación Próctor

La forma de realizar este ensayo depende de la granulometría del suelo, si es material grueso, como en el caso de la subbase, se necesitan para cada punto de la curva Humedad – Densidad 5000 gr. Se prepara material para 6 puntos, sin embargo el ensayo requiere de 5 puntos (el restante es para ajuste), tres en la rama ascendente y dos en la descendente. La porción de un suelo destinada a un punto se distribuye uniformemente en el fondo de la bandeja, se le agrega agua y homogeniza bien (generalmente es correcto comenzar con la humedad del límite plástico).

La norma reconoce 5 tipos diferentes de ensayos de compactación: la diferencia entre los mismos está dada por el diámetro del molde, el peso del pisón, la altura de caída, el número de capas y el número de golpes, en la Práctica se utilizó el número V que considera lo siguiente:

- Molde: 152,4mm de diámetro
- Peso del pisón: 4,53kg
- Altura de caída: 45,7cm
- Número de capas: 5
- Número de golpes: 56

Luego se procede a la compactación de la probeta, operando con el molde de 152,4mm de diámetro, se arma el molde y se lo apoya sobre una base firme. Con una cuchara se coloca dentro del molde una cantidad de material que alcance una altura un poco mayor al quinto de la altura del molde con el collar de extensión. Con el pisón especificado se le aplica 56 golpes uniformemente distribuidos sobre la superficie. Se repite esto hasta completar las 5 capas previstas, considerando que la última capa debe tener una cantidad de suelo en exceso. Se retira el collar de extensión, y con una regla metálica se limpia el exceso del material y se pesa. Se saca la probeta del molde y se toma una porción de suelo para determinar la humedad.

Se repiten las operaciones indicadas para cada una de las porciones de muestras preparadas para los otros puntos.

A partir de los datos obtenidos, se determina para cada punto, la densidad seca. Y finalmente se grafican los puntos D_{ss} vs Humedad. A partir de este gráfico se informa el valor de la humedad y densidad óptima y se moldean las probetas para los ensayos de hinchamiento y penetración.

Preparación de la muestra y compactación para hinchamiento y penetración

- Primero se secan alrededor de 40 kg de suelo hasta que se convierte en friable. Se mezcla bien el suelo y se por cuarteo se separan 6 porciones de 6 kg cada una. Se agrega agua hasta llevarlas a la humedad óptima determinada por el ensayo anterior.
- Con las muestras listas, se realiza la compactación: se pesan 6 moldes con y sin sus collares y se los llena con suelo. 2 probetas se compactan con 5 capas con 56 golpes, otras 2 con 25 golpes y las 2 restantes con 12 golpes por capa.
- Se determina la humedad de cada probeta sacando una muestra representativa del suelo, antes de la compactación, y una del material sobrante después de la compactación. La humedad de ambas muestras no deberá diferir en ± 0.5 de la óptima del ensayo de compactación, si no se cumple esta condición deberá repetirse el ensayo.
- Se quita el collar de extensión y se enrasa la muestra con una regla metálica a ras del borde. Se llenan los huecos dejados por las piedras sacadas durante el enrasado de material fino.

- Se coloca un papel de filtro sobre la cara enrasada, se afloja la base, da vuelta el molde y se fija de nuevo a la base, colocándose otro papel de filtro en la cara superior.

Los moldes están listos para el ensayo de hinchamiento.

Ensayo de hinchamiento

Sobre cada molde se colocan 6 pesas de 2,27 kg. También se debe colocar el trípode con extensómetro, se calibra y se retira el mismo. Luego se sumerge el conjunto en una pileta llena de agua, y en el fondo de ella se pone arena fina para que el agua también acceda por la parte inferior de la probeta. Se debe dejar durante 4 días a las probetas en inmersión, y cada día se debe medir el hinchamiento, colocando el trípode con extensómetro. Completado el cuarto día, se registra el hinchamiento total, se retira el conjunto de la pileta y se elimina el agua libre inclinando el molde durante 1 minuto. Se deja drenar en posición vertical durante 15 minutos, luego se retiran las sobrecargas y se pesa para apreciar la cantidad de agua que absorbió el espécimen.

El hinchamiento se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Hinchamiento } \% = \frac{hn \times 100}{11.66}$$

hn = Lectura del hinchamiento en el último día de inmersión (en cm.)

11,66 = Altura de la probeta en cm.

Ensayo de penetración

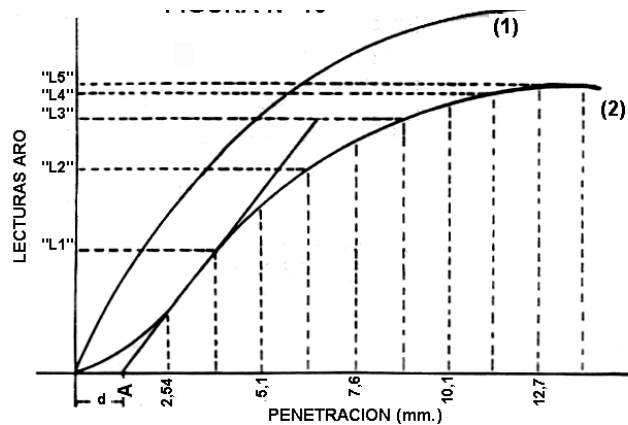
A continuación se coloca el molde en la prensa de ensayo y se le agrega una pesa anular de 4,54 Kg. Luego con gato hidráulico se levanta la prensa de ensayo hasta que el pistón cilíndrico de 49,6 mm de diámetro esté en contacto con la muestra y le esté aplicando una carga de 4,54 Kg y se agregan las 6 pesas de 2,27 Kg. Luego, con gato hidráulico se hace que el pistón avance a 0,05 in/min (1.27 mm/min) y se deben anotar las lecturas del dial del aro dinamométrico para penetraciones de 0.025"; 0.05"; 0.75"; 0.1"; 0.2"; 0.3"; 0.4"; 0.5".



5.25 pesa anular de 2,27 Kg para ensayo de Penetración en CBR

Luego se debe confeccionar la curva "penetración vs. Lectura de aro" para cada una de las probetas. Las 4 primeras lecturas son de utilidad para corregir las curvas en caso de que se presente convexidad. Si es siempre cóncava no se realizaran correcciones. En cambio, si es convexa y luego cóncava, se debe corregir trazando una tangente al punto de inflexión, y donde ella corte a las abscisas (eje de penetración), se definirá al nuevo

origen 0. Esa convexidad puede deberse al desacomodamiento de los granos en la parte superior de la probeta o a la falta de paralelismo entre el pistón y la superficie.



15 Curva Penetración vs. Lectura del Aro

A partir de las lecturas determinamos la resistencia a la penetración de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia a la Penetración [Kg/cm}^2\text{]} = \frac{\text{lectura del aro} \times \text{factor del aro}}{\text{sección del pistón [cm}^2\text{]}}$$

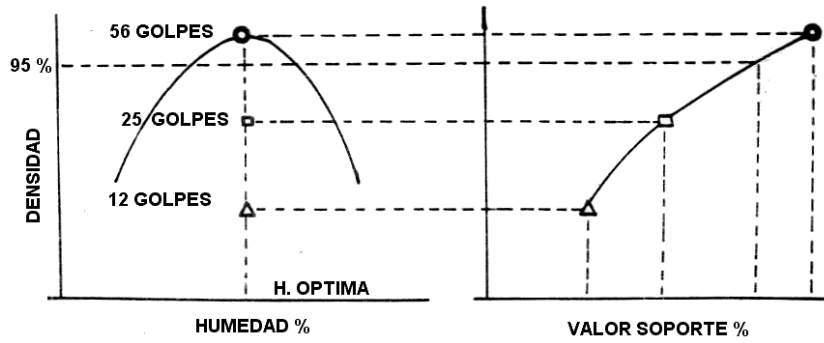
Luego calculamos el CBR como sigue:

$$\text{CBR[\%]} = \text{VSR[\%]} = \frac{\text{Resistencia a la penetración para 0.1''}}{\text{Resistencia a la penetración de piedra patrón para 0.1''}} \times 100$$

Es decir el cociente entre la resistencia a la penetración de la probeta para 0.1" y la resistencia para la misma penetración de la piedra patrón. Se realiza esto para cada probeta. Se realiza esto para cada probeta y para las penetraciones de 0.1" y 0.2". Si el CBR de cada probeta es mayor para las penetraciones de 0.2", este es el que se informa, si en algunos casos es mayor y en otras menor, debe hacerse el ensayo.

Luego se calcula el promedio de los valores de CBR obtenido para las probetas con la misma energía de compactación, y teniendo en cuenta su densidad seca, se traza una gráfica de Densidad Seca vs. CBR. Con esta grafica podemos determinar si el material es apto para construir la capa que estamos analizando, de la siguiente manera:

Se tiene sobre las abscisas los valores de CBR de las probetas ensayadas y compactadas con 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes por cada capa respectivamente y sobre las ordenadas los valores de las densidades de cada una de ellas. Uniendo por un trazo continuo los puntos así determinados se obtiene un diagrama como el representado a continuación. Entrando con el porcentaje de la densidad máxima del ensayo de compactación, se intercepta a la curva y bajando una perpendicular desde el punto de intersección, donde ésta corta el eje de las abscisas se obtiene un valor de CBR. Este valor deberá ser mayor o igual que el especificado.



5.27 Curva Densidad vs. Humedad seca y Curva Densidad vs. Valor Soporte

CLASIFICACION DE SUELOS (HRB), PROCTOR Y VALOR SOPORTE RELATIVO

A continuación se anexan los resultados obtenidos del análisis del material a aplicar en la subbase, que sirve de herramienta para comparar los valores en obra, con los exigidos. Para la conformación de esta capa se utilizó un 70-30 de triturado (0-6) y suelo, formula que se aprobó en base a su CBR ya que la curva no iba a verificar nunca debido a que los triturados y el suelo son ambos finos. Para la banquina, se decidió utilizar el material de la base acopiado luego de la demolición de la calzada preexistente, que contiene material triturado 0-20 y se le agrego un porcentaje de 20-30. Ya que este material no podía reutilizarse para la base nueva porque se encontraba muy contaminado (es decir presentaba mayor contenido de suelo debido a que en la extracción de recuperación se levantó junto con parte de la subrasante).

Resultados para la fórmula 70-30:

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.6 Análisis Granulométrico del material de la Subbase

LABORATORIO DE SUELOS			
Clasificación de Suelos (H.R.B)			
OBRA: <u>NUDO VIAL EL TROPEZON Nº DE CERTIFICADO:</u> _____		Nº DE ENSAYO: _____	
TRAMO: <u>Rama Indirecta Militares DESCRIPCIÓN:</u> _____		LUGAR DE EXTR.: <u>Acopio en el Tramo</u>	
LUGAR: <u>CORDOBA FECHA:</u> _____		LONG. DE LA CANCHA: _____	
<u>COLOCACIÓN:</u>			
DESDE	DESDE: <u>225</u>	HASTA: <u>340</u>	<u>calzada principal</u>
		FECHA: <u>miércoles, 5 de octubre de 2016</u>	

Peso Total de la Muestra		1.431,0gr.	
Peso del cuarteo			
Tamiz	P. Retenido	mm	% Pasante
			100,0%
6"	gr.	152	100,0%
3"	gr.	76,2	100,0%
2 1/2"	gr.	63,5	100,0%
2"	gr.	50,8	100,0%
1 1/2"	gr.	38,1	100,0%
1"	gr.	25,4	100,0%
3/4"	gr.	19	100,0%
3/8"	53,9gr.	9,5	96,2%
Nº 4	77,8gr.	4,76	90,8%
Nº 10	307,7gr.	2	69,3%
Nº 40	310,2gr.	0,42	47,6%
Nº 200	275,1gr.	0,074	28,4%
Fondo			
Suma de los %			-181857,0%

I.PLASTICO:	0,0%	I.GRUPO:	0
HRB:	A2-4	TIPO:	GRAVA O ARENA ARCILLOSA O LIMOSA

LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
Pf + Sh =	53,5	Pf + Sh =	0
Pf + Ss =	46,70	Pf + Ss =	0
Agua =	6,8	Agua =	0
Pf	13,9	Pf	0
Ss	32,80	Ss	0
Nº Golpes	23		
LIMITE %	20,5%	LIMITE %	0,0%

OBSERVACIONES:

NO PLASTICO

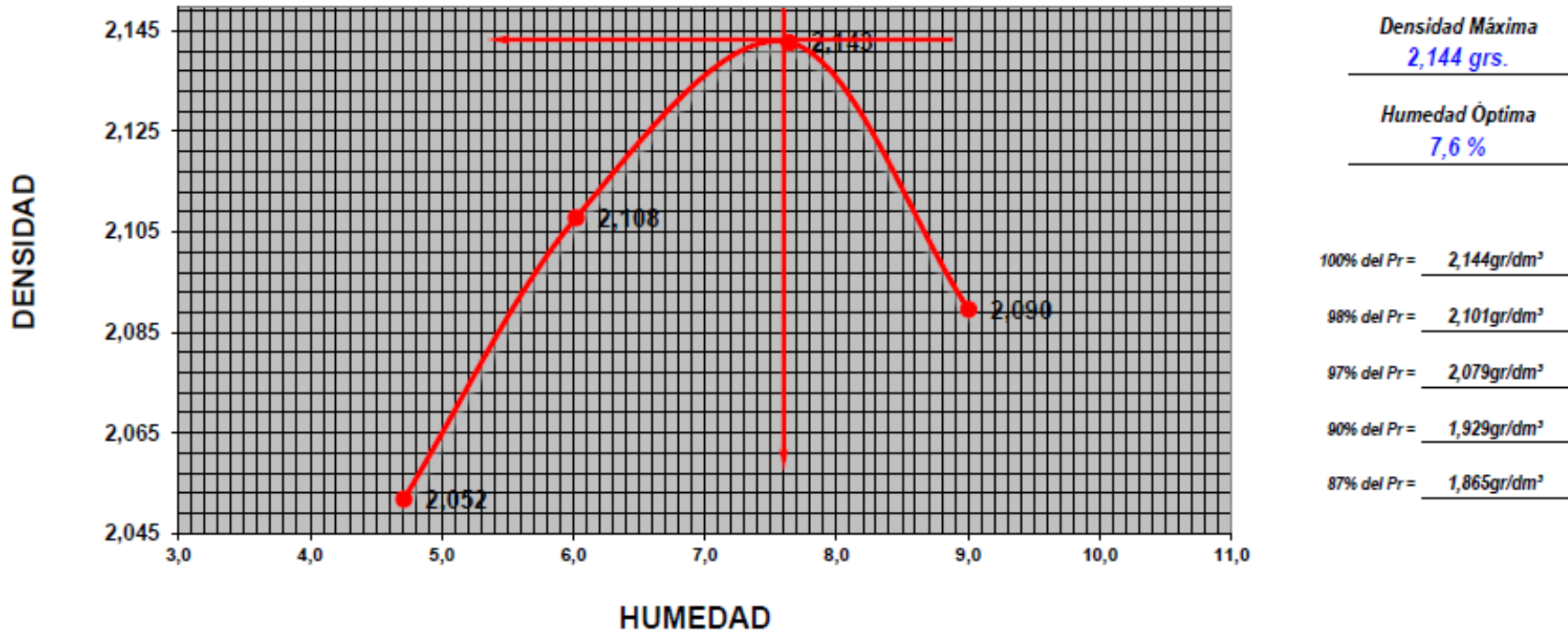
Laboratorista

Inspeccion

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.7 Resultados del Ensayo Próctor de la Subbase

COMPACTACIÓN DE SUELOS																	
LABORATORIO DE SUELOS																	
<small>NORMA DE ENSAYO VN - E5 - 95</small>																	
OBRA: NUDO VIAL EL TROPEZON						CERTIFICADO N°:											
TRAMO: Rama Indirecta Militares						HECHO POR:											
LUGAR: Laboratorio de Obra						FECHA: domingo, 11 de septiembre de 2016											
MUESTRA: en el sector de trabajo																	
METODO DE COMPACTACIÓN: T180			N° DE CAPAS: 5			N° DE GOLPES: 56											
N° MOLDE: 1		PESO DEL MOLDE: 3302,0 grs.				VOLUMEN DEL MOLDE: 2190 cm ³											
PESO DEL PISÓN: 4,540 grs.																	
Pto. N°	Peso Molde + Suelo Húm. (grs.)	Peso Suelo Húmedo (grs.)	P. Espec. Aparente Húmedo (grs./cm. ³)	Bandeja N°	Pesafiltro + Suelo Húm. (grs.)	Pesafiltro + Suelo Seco (grs.)	Tara Pesafiltro (grs.)	Agua (grs.)	Suelo Seco (grs.)	Humedad (%)	P. Espec. Aparente Seco (grs./cm. ³)						
1	8007,3	4705	2,149	1	500,0	477,5	0,0	22,5	477,5	4,7	2,052						
2	8196,2	4894	2,235	2	500,0	471,6	0,0	28,4	471,6	6,0	2,108						
3	8353,2	5051	2,306	3	500,0	464,5	0,0	35,5	464,5	7,6	2,143						
4	8290,3	4988	2,278	4	500,0	458,7	0,0	41,3	458,7	9,0	2,090						
5																	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			3"	2½"	2"	1½"	1"	¾"	½"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	LL	I.P.	Clasificación H.R.B.
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,2	90,8	69,3	47,6	28,4	20,5	



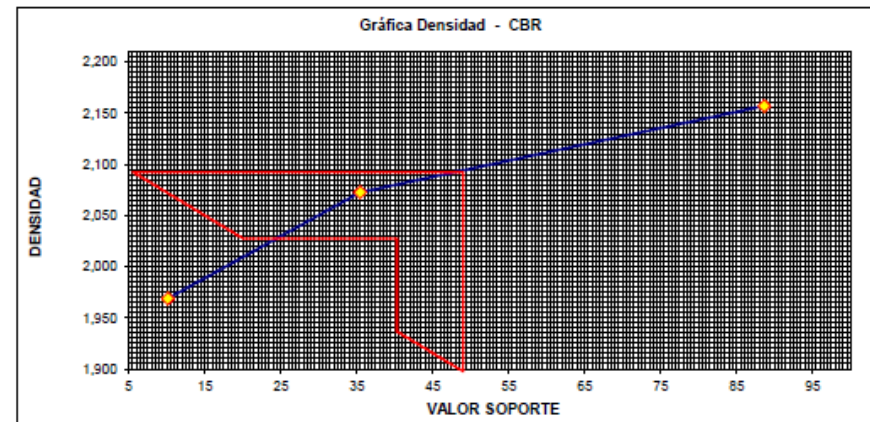
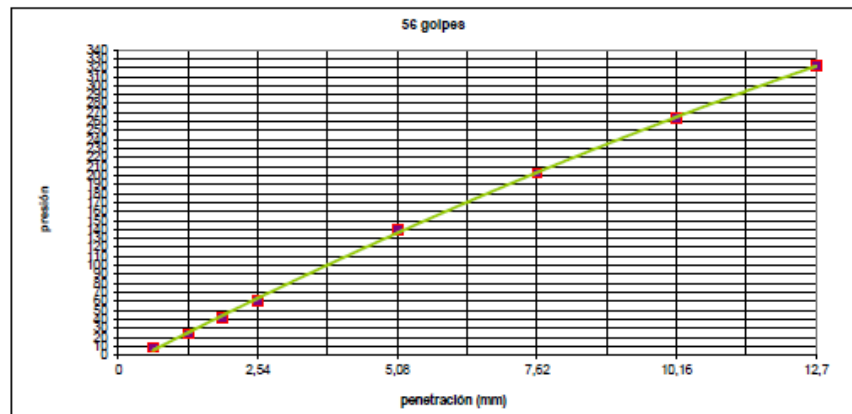
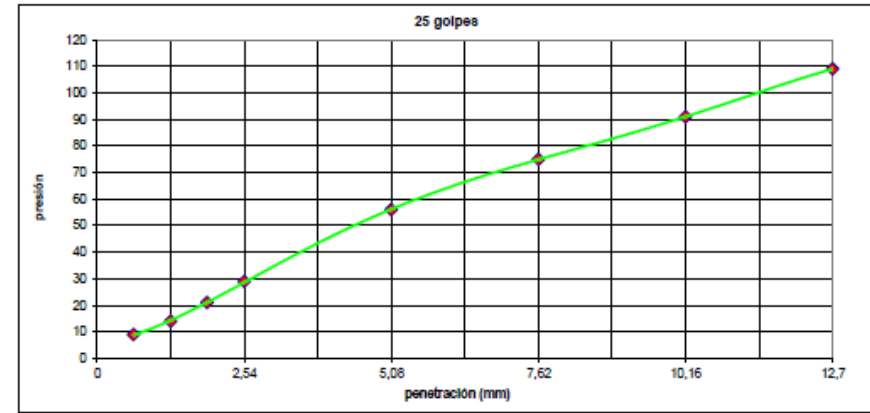
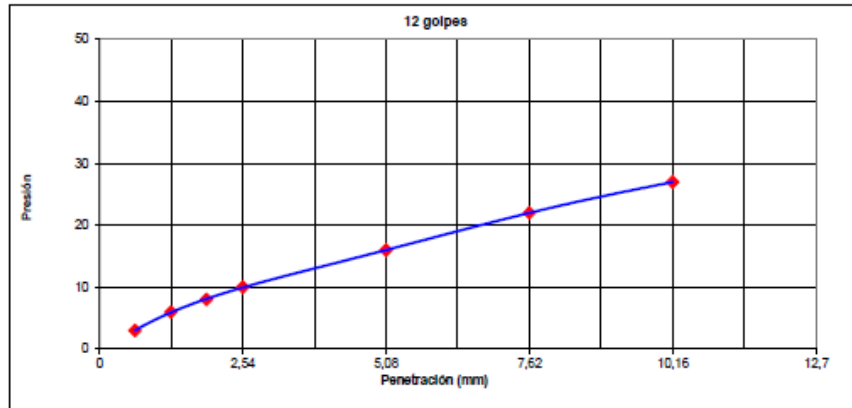
5.28 Curva Densidad vs. Humedad de la Subbase

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.8 Resultados del Ensayo de Valor Soporte Relativo

VALOR SOPORTE RELATIVO															
(V.S.R.)															
LABORATORIO CONTROL DE MATERIALES Y PAVIMENTOS															
NORMA DE ENSAYO VN - E6 - 84															
OBRA : NUDO VIAL EL TROPEZON										FECHA : domingo, 9 de octubre de 2016					
TRAMO : Rama Indirecta Militares															
SECCION:															
TIPO MATERIAL : AZ-4															
Nº de Golpes	Aro de Kg.	Molde Nº	Peso del Molde	Peso del M+S+A	Peso del S+A	Humedad Real	Densidad Humeda	Densidad Seca	Lectura Inicial	Lectura Final	% Hinch.	Altura de Molde	Altura de Disco	Altura de Probeta	Volumen
12	5000	1	8432,7	12866,4	4433,7	7,6	2,118	1,969	0	0,007	0,06	17,86	6,32	11,54	2093
25		2	8707,6	13368,9	4661,3	7,6	2,230	2,073	0	0,050	0,43	17,86	6,32	11,54	2090
56	Factor de Aro	3	8527,7	13387,9	4860,2	7,6	2,321	2,157	0	0,003	0,03	17,82	6,32	11,50	2094
12,916															
TAMIZ	3 "	2 1/2 "	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "	3/8 "	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L.L.	L.P.	IP	H.R.B.
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100,0	28,4	20,5	0,0	0,0	A-7-S
Penetración			0,63	1,27	1,9	2,54	3,17	3,81	4,44	5,08	7,62	10,16	12,7		
Lectura dial de Carga	12 golpes	3,0	6,0	8,0	10,0					16,0	22,0	27,0	32,0	Valor Soporte Adoptado	10,1
Carga Total=LectxF Aro		38,7	77,5	103,3	129,2			0,0		206,7	284,2	348,7	413,3		
Presión=CTot/19,35		2,0	4,0	5,3	6,7			0,0		10,7	14,7	18,0	21,4		
Presión Correg															
% Standard						9,5						10,1	11,0	11,1	11,7
Lectura dial de Carga	25 Golpes	9,0	14,0	21,0	29,0					56,0	75,0	91,0	109,0	Valor Soporte Adoptado	35,5
Carga Total=LectxF Aro		116,2	180,8	271,2	374,6			0,0		723,3	968,7	1175,4	1407,8		
Presión=CTot/19,35		6,01	9,34	14,02	19,36			0,00		37,38	50,06	60,74	72,76		
Presión Correg															
% Standard						27,5						35,5	37,5	37,6	39,8
Lectura dial de Carga	56 Golpes	9,0	24,0	42,0	61,0					140,0	203,0	264,0	322,0	Valor Soporte Adoptado	88,7
Carga Total=LectxF Aro		116,2	310,0	542,5	787,9			0,0		1808,2	2621,9	3409,8	4159,0		
Presión=CTot/19,35		6,01	16,02	28,03	40,72			0,00		93,45	135,50	176,22	214,93		
Presión Correg															
% Standard						57,9						88,7	101,4	109,0	117,6
DENSIDAD MÁXIMA = 2,157 HUMEDAD OPTIMA = 7,6 DENSIDAD 97% = 2,092 VALOR SOPORTE ADOPTADO AL 97% DE LA DENSIDAD MÁXIMA = 60,0%															

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL



5.29 Gráficos Resultado del Ensayo CBR de la Subbase

Resultados para el material recuperado de base:

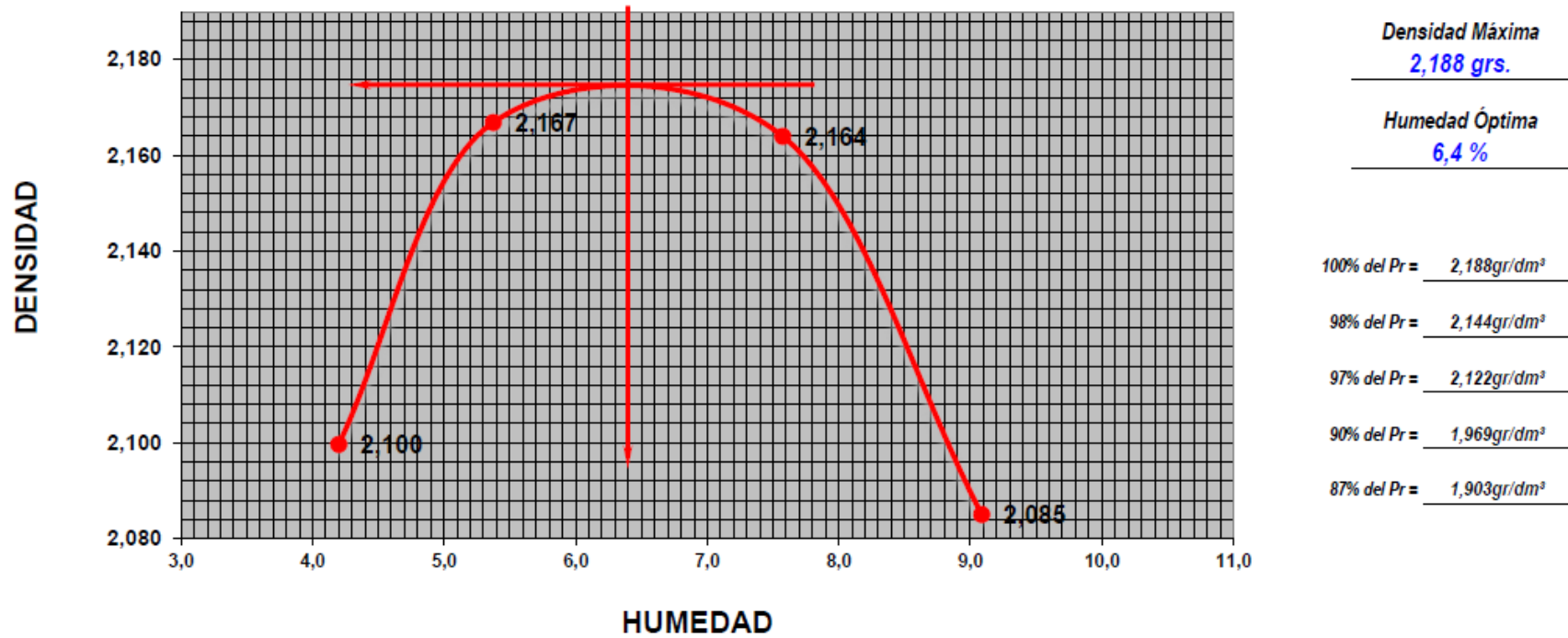
Tabla 5.9 Análisis Granulométrico de la Subbase

LABORATORIO DE SUELOS																																																																					
Clasificación de Suelos (H.R.B)																																																																					
OBRA: MUDO VIAL EL TROPEZON Nº DE CERTIFICADO: _____ TRAMO: Rama Indirecta Militares DESCRIPCIÓN: _____ LUGAR: CORDOBA FECHA: _____																																																																					
Nº DE ENSAYO: _____ LUGAR DE EXTR.: Acopio en el Tramo LONG. DE LA CANCHA: _____																																																																					
COLOCACIÓN: DESDE _____ DESDE: 225 HASTA: 330 Banquina <u>derecha</u> FECHA: <u>jueves, 22 de septiembre de 2016</u>																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Peso Total de la Muestra</th> <th colspan="2">40.727,9gr.</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Peso del cuarteo</th> <th colspan="2">1.404,8gr.</th> </tr> <tr> <th>Tamiz</th> <th>P. Retenido</th> <th></th> <th>% Pasante</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8"</td><td>gr.</td><td>152</td><td>100,0%</td></tr> <tr><td>3"</td><td>gr.</td><td>76,2</td><td>100,0%</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>gr.</td><td>43,5</td><td>100,0%</td></tr> <tr><td>2"</td><td>gr.</td><td>50,8</td><td>100,0%</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>gr.</td><td>38,1</td><td>100,0%</td></tr> <tr><td>1"</td><td>73gr.</td><td>25,4</td><td>99,8%</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>6.862gr.</td><td>19</td><td>83,0%</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>6.117,8gr.</td><td>9,5</td><td>68,0%</td></tr> <tr><td>Nº 4</td><td>4.749,5gr.</td><td>4,76</td><td>56,3%</td></tr> <tr><td>Nº 10</td><td>291,8gr.</td><td>2</td><td>44,6%</td></tr> <tr><td>Nº 40</td><td>403,2gr.</td><td>0,42</td><td>28,4%</td></tr> <tr><td>Nº 200</td><td>341,3gr.</td><td>0,074</td><td>14,8%</td></tr> <tr><td>Fondo</td><td>332,0gr.</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="2">Suma de los %</td><td></td><td>219130,0%</td></tr> </tbody> </table>	Peso Total de la Muestra		40.727,9gr.		Peso del cuarteo		1.404,8gr.		Tamiz	P. Retenido		% Pasante	8"	gr.	152	100,0%	3"	gr.	76,2	100,0%	2 1/2"	gr.	43,5	100,0%	2"	gr.	50,8	100,0%	1 1/2"	gr.	38,1	100,0%	1"	73gr.	25,4	99,8%	3/4"	6.862gr.	19	83,0%	3/8"	6.117,8gr.	9,5	68,0%	Nº 4	4.749,5gr.	4,76	56,3%	Nº 10	291,8gr.	2	44,6%	Nº 40	403,2gr.	0,42	28,4%	Nº 200	341,3gr.	0,074	14,8%	Fondo	332,0gr.			Suma de los %			219130,0%	
Peso Total de la Muestra		40.727,9gr.																																																																			
Peso del cuarteo		1.404,8gr.																																																																			
Tamiz	P. Retenido		% Pasante																																																																		
8"	gr.	152	100,0%																																																																		
3"	gr.	76,2	100,0%																																																																		
2 1/2"	gr.	43,5	100,0%																																																																		
2"	gr.	50,8	100,0%																																																																		
1 1/2"	gr.	38,1	100,0%																																																																		
1"	73gr.	25,4	99,8%																																																																		
3/4"	6.862gr.	19	83,0%																																																																		
3/8"	6.117,8gr.	9,5	68,0%																																																																		
Nº 4	4.749,5gr.	4,76	56,3%																																																																		
Nº 10	291,8gr.	2	44,6%																																																																		
Nº 40	403,2gr.	0,42	28,4%																																																																		
Nº 200	341,3gr.	0,074	14,8%																																																																		
Fondo	332,0gr.																																																																				
Suma de los %			219130,0%																																																																		
I.PLASTICO: 5,7% I.GRUPPO: 0	HRB: A-1a TIPO: Fragmentos de Roca-Grava-Arenas																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">LIMITE LIQUIDO</th> <th colspan="2">LIMITE PLASTICO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Pf + Sh =</td><td>44,3</td><td>Pf + Sh =</td><td>31,3</td></tr> <tr><td>Pf + Ss =</td><td>37,80</td><td>Pf + Ss =</td><td>28,2</td></tr> <tr><td>Agua =</td><td>6,5</td><td>Agua =</td><td>3,1</td></tr> <tr><td>Pf</td><td>13,9</td><td>Pf</td><td>13,6</td></tr> <tr><td>Ss</td><td>23,90</td><td>Ss</td><td>14,6</td></tr> <tr><td>Nº Golpes</td><td>23</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>LIMITE %</td><td>26,9%</td><td>LIMITE %</td><td>21,2%</td></tr> </tbody> </table>	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO		Pf + Sh =	44,3	Pf + Sh =	31,3	Pf + Ss =	37,80	Pf + Ss =	28,2	Agua =	6,5	Agua =	3,1	Pf	13,9	Pf	13,6	Ss	23,90	Ss	14,6	Nº Golpes	23			LIMITE %	26,9%	LIMITE %	21,2%	OBSERVACIONES: <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>																																				
LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO																																																																			
Pf + Sh =	44,3	Pf + Sh =	31,3																																																																		
Pf + Ss =	37,80	Pf + Ss =	28,2																																																																		
Agua =	6,5	Agua =	3,1																																																																		
Pf	13,9	Pf	13,6																																																																		
Ss	23,90	Ss	14,6																																																																		
Nº Golpes	23																																																																				
LIMITE %	26,9%	LIMITE %	21,2%																																																																		
_____ Laboratorio	_____ Inspeccion																																																																				

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.10 Resultados del Ensayo de Próctor de la Subbase

COMPACTACIÓN DE SUELOS																	
LABORATORIO DE SUELOS																	
<small>NORMA DE ENSAYO VN - E5 - 95</small>																	
OBRA: NUDO VIAL EL TROPEZON						CERTIFICADO N°:											
TRAMO: Rama Indirecta Militares						HECHO POR:											
LUGAR: Laboratorio de Obra						FECHA: jueves, 22 de septiembre de 2016											
MUESTRA: en el sector de trabajo																	
METODO DE COMPACTACIÓN:			T180			N° DE CAPAS:			5			N° DE GOLPES:			56		
N° MOLDE:			1			PESO DEL MOLDE:			3302,0 grs.			VOLUMEN DEL MOLDE:			2190 cm ³		
PESO DEL PISÓN:			4,540 grs.														
Pto. N°	Peso Molde + Suelo Húm. (grs.)	Peso Suelo Húmedo (grs.)	P. Espec. Aparente Húmedo (grs./cm. ³)	Bandeja N°	Pesafiltro + Suelo Húm. (grs.)	Pesafiltro + Suelo Seco (grs.)	Tara Pesafiltro (grs.)	Agua (grs.)	Suelo Seco (grs.)	Humedad (%)	P. Espec. Aparente Seco (grs./cm. ³)						
1	8093,5	4792	2,188	1	1000,0	959,7	0,0	40,3	959,7	4,2	2,100						
2	8302,5	5001	2,283	2	1000,0	949,0	0,0	51,0	949,0	5,4	2,167						
3	8400	5098	2,328	3	1000,0	929,6	0,0	70,4	929,6	7,6	2,164						
4	8283,3	4981	2,275	4	1000,0	916,7	0,0	83,3	916,7	9,1	2,085						
5																	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			3"	2½"	2"	1½"	1"	¾"	½"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	LL	LP	Clasificación H.R.B.
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	68,0	56,3	44,6	28,4	14,8	26,9	



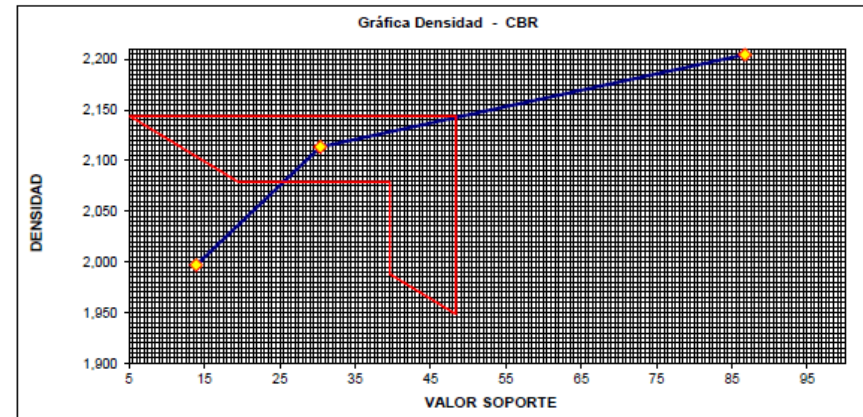
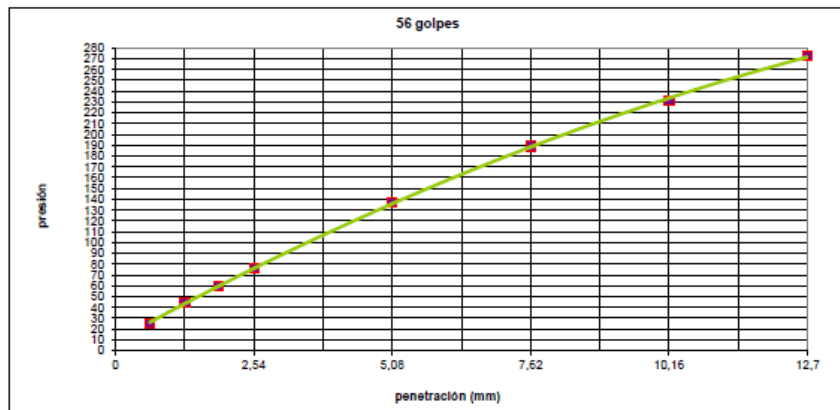
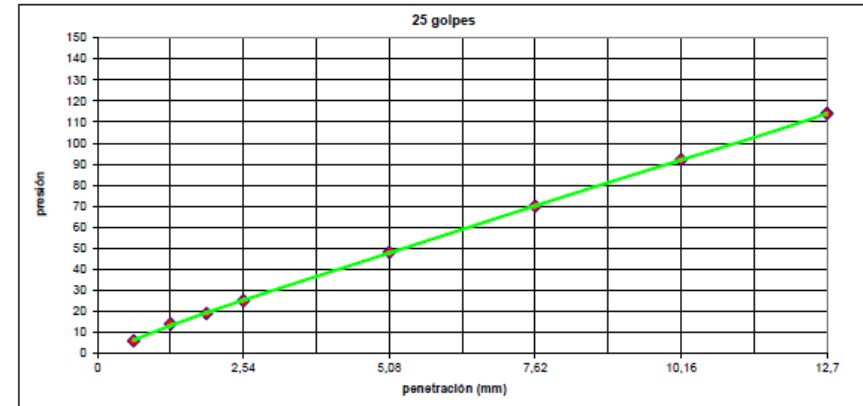
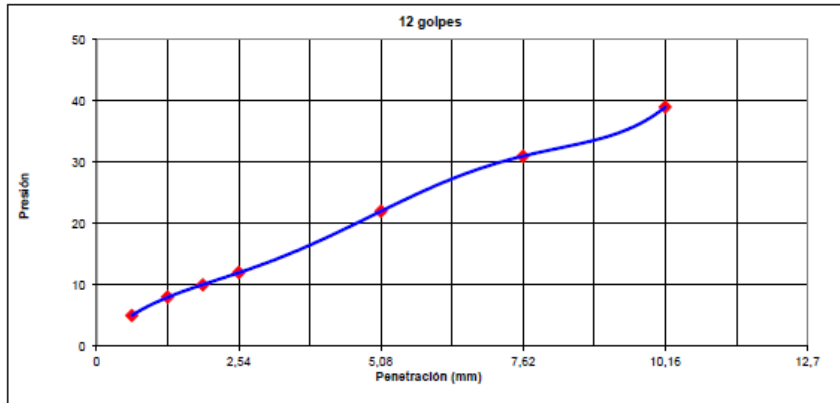
5.30 Curva Densidad Vs. Humedad de la Subbase

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.11 Resultado del Ensayo de Valor Soporte Relativo

VALOR SOPORTE RELATIVO															
(V.S.R.) LABORATORIO CONTROL DE MATERIALES Y PAVIMENTOS NORMA DE ENSAYO VN - E6 - 84															
OBRA : NUDO VIAL EL TROPEZON										FECHA : Lunes, 26 de septiembre de 2016					
TRAMO : Rama Indirecta Militares															
SECCION:															
TIPO MATERIAL : A-1a															
Nº de Golpes	Aro de Kg.	Molde Nº	Peso del Molde	Peso del M+S+A	Peso del S+A	Humedad Real	Densidad Humeda	Densidad Seca	Lectura Inicial	Lectura Final	% Hinch.	Altura de Molde	Altura de Disco	Altura de Probeta	Volumen
12	5000	1	8433,2	12929,9	4496,7	6,4	2,125	1,997	0	0,015	0,13	17,91	6,13	11,7	2116
25		2	8706,6	13459,4	4752,8	6,4	2,249	2,113	0	0,013	0,11	17,86	6,13	11,7	2114
56	Factor de Aro	3	8529,1	13470,1	4941	6,4	2,346	2,205	0	0,010	0,09	17,79	6,13	11,7	2106
	12,916														
TAMIZ	3 "	2 1/2 "	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "	3/8 "	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L.L.	L.P.	LP	H.R.B.
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100,0	14,8	26,9	21,2	5,7	A-7-6
Penetración			0,63	1,27	1,9	2,64	3,17	3,81	4,44	6,08	7,62	10,16	12,7		
Lectura dial de Carga	12	5,0	8,0	10,0	12,0				22,0	31,0	39,0	46,0	Valor Soporte Adoptado		13,9
Carga Total=LectxFaro	golpes	64,6	103,3	129,2	166,0		0,0		284,2	400,4	503,7	594,1			
Presión=CTot/19,36		3,3	5,3	6,7	8,0		0,0		14,7	20,7	26,0	30,7			
Presión Correg															
% Standard						11,4			13,9	16,6	16,1	16,8			
Lectura dial de Carga	25	6,0	14,0	19,0	26,0				48,0	70,0	92,0	114,0	Valor Soporte Adoptado		30,4
Carga Total=LectxFaro	Golpes	77,5	180,8	246,4	322,9		0,0		620,0	904,1	1188,3	1472,4			
Presión=CTot/19,36		4,00	9,34	12,68	16,69		0,00		32,04	46,72	61,41	76,09			
Presión Correg															
% Standard						23,7			30,4	36,0	38,0	41,6			
Lectura dial de Carga	56	26,0	44,0	60,0	76,0				137,0	189,0	231,0	273,0	Valor Soporte Adoptado		86,8
Carga Total=LectxFaro	Golpes	322,9	668,3	776,0	981,6		0,0		1769,6	2441,1	2983,6	3626,1			
Presión=CTot/19,36		16,69	29,37	40,06	60,73		0,00		91,45	126,16	154,19	182,23			
Presión Correg															
% Standard						72,2			86,8	94,4	96,4	99,7			
DENSIDAD MÁXIMA =			2,205			HUMEDAD OPTIMA =			6,4%						
DENSIDAD 97% =			2,138												
VALOR SOPORTE ADOPTADO AL 97 % DE LA DENSIDAD MÁXIMA =											50,0%				

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL



5.31 Gráficos Resultado del Ensayo CBR de la Subbase

OBSERVACIONES

El conformado de la subbase de la calzada principal estaba dividido en 3 tramos, al igual que la subrasante. El procedimiento para inspeccionar la cancha de subbase de la calzada principal fue el mismo que el utilizado para la subrasante, se recorrió de extremo a extremo para constatar la ausencia de cualquier irregularidad como baches o solapes.

El mismo día que fue conformada y compactada la subbase se debió realizar las tareas de nivelación y preparando la banquina como canal para encauzar el agua de lluvia ya que estaba previsto una tormenta por la noche, el canal tenía apertura hacia la alcantarilla próxima a la rotonda, realizándose un cuenco para disipar la energía y retener material que puede obstruir la sección de la alcantarilla



5.32 Banquina Derecha a sellar para conducir el agua hacia la alcantarilla



5.33 Cuenco disipador formado en el ingreso a la Alcantarilla

En la imagen superior derecha se observa la banquina donde se realizará la canalización para conducir el agua hacia el cuenco que se encuentra en la imagen de la izquierda. Esto es importante para evitar que el agua proveniente de la parte superior de la rama tome curso por la cancha de subbase arrastrando el material y arruinando los trabajos realizados hasta entonces.

Al día siguiente se inspecciono la rama para observar el estado luego de la tormenta, se concluyó que se debía dejar airear bajo sol el tramo superior y el inferior se debía remover una capa superficial y reemplazar por material del acopio, esto se debe a que en esa zona se encajonó el agua. Además se observó cómo quedó la banquina la cual deberá ser reconstruida. En la alcantarilla, debe ser removido el material. A continuación se muestran imágenes de como quedo el terreno luego del paso de a tormenta.



5.34 Estado de la Subbase luego de la Tormenta



5.35 Banquina Derecha luego de los efectos de la escorrentía superficial



5.36 cuenco dissipador y parte de la sección de la alcantarilla colmatados

Luego de realizado los trabajos para recomponer la capa, se pidió el control a la Inspección nuevamente, allí se constató que el estado general de la cancha en el tramo inferior era muy bueno exceptuando un sector central y del costado izquierdo que presentó un solape poco profundo y fue subsanado inmediatamente que fuera destacado. Por lo que se realizaron 2 ensayos de Cono de Arena para determinar la densidad.



5.37 escarificado de una capa superficial que presentaba solapamiento



5.38 compactación del sector escarificado

en las imágenes podemos observar como se escarifica utilizando una Bobcat en la zona del solape, se retira parte del material superior y se reemplaza por otro que luego es compactado con rodillo liso.

A continuación se presenta la planilla de resultados de las densidades obtenidas en campo. Las cuales fueron superior al 97% exigido. Por lo cual se produjo la recepción de la cancha de subbase permitiendo la preparación de la misma para la realización de la Base.

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.12 Resultados del Ensayo de Cono de Arena de la Subbase en la calzada

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO APARENTE										TAREA: SUB-BASE		FECHA: 16/10/16					
										CALZADA: Rama indirecta frente a militares							
										TRAMO: progresiva 225 - 338							
N°	PROG.	LADO	PROF.	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO ARENA	PESO	PESO SUELO DEL POZO	VOLUMEN DEL POZO V = E/F	% DE HUMEDAD	DENSIDAD				
				EN EL FRASCO	REMANENTE EN EL FRASCO	EN EMBUDO Y POZO	EN EMBUDO	EN POZO C - D	ESPECIFICO DE LA ARENA				TERRENO		ENSAYO COMPACTACION		
				A	B	C	D	E	F				G	H	I	SECA	SECA
	Km		cm	gr	gr	gr	gr	gr	gr/cm ³	gr	cm ³	%	G/H - S	100.S/100+I	100%	gr/cm ³	gr/cm ³
1	310	der	20,0	5000	1478,9	3521,1	1492	2029,1	1,363	3401,5	1489	6,8	2,285	2,140	2,144	99,8	
2	320	izq	20,0	5000	1420,1	3579,9	1487,8	2092,1	1,363	3469,1	1535	6,5	2,260	2,121	2,144	99,0	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	

MUESTRA N°																
PESAFILTRO N°																
Pf + Sh = a				300	300											
Pf + Ss = b				281	281,6											
Agua = a - b = c				19	18,4											
Pf = d																
S.S. = b - d = e																
% h = c/e x 100				6,8	6,5											

En la banquina derecha también se realizaron dos conos de arena, cuyos ensayos arrojaron los resultados que se presentan en la planilla a continuación. Dándose por aprobada dicha capa.

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.13 Resultados del Ensayo de Cono de Arena en la Subbase de la Banquina Derecha

OBRA: NUDO VIAL EL TROPEZON
 TRAMO: RAMA INDIRECTA LOS MILITARES
 PROVINCIAS: CORDOBA

$$\% \text{ Ret } 3/4" = \frac{G + F}{dg} \cdot Dm$$

$$F = \% \text{ Pasa } 3/4"$$

DCM= 100
 %Ret 3/4">15
 D.S.C= P6-Pr
 VT-VR
 VR= PR
 dg

FECHA: miércoles, 02 de noviembre de 2016

DENSIDAD DEL TERRENO - METODO DE LA ARENA

CAPA CONTROLADA : SUB-BASE BANQUINA DERECHA

PROGRESIVA: 225 - 320

Muestra N°:	N° de capa	Progresiva	ubicación	profundidad (cm)	SUELO				ARENA					Volumen Pozo	MATERIAL RETENIDO EN 3/4				DENSIDAD					Observador		
					Peso Humedo	peso seco	Agua	% de Humedad	Peso Anterior	Peso Posterior	Cono	Diferencia	Densidad		Peso	%	Ps.sss	Vol	TERRENO-X		PROCTOR-Y		%			
					Ph	Ps	A	h=A/Ps	Pa	Pp	Pc	Pa-Pp-Pc	d		Pr	Q=Pr/Ps	dg	VR=Pr/dg	Humedad	Seca	seca Correg. D.S.C.	Materia/ Pasa3/4 Dm	CORR.			X
					Gr	Gr	Gr	%	%	Gr	Gr	Gr	Gr		Gr	%	gr/cm3	cm3		Des			Dmc			Y
1	240	cen	20,0	5142,2	4865	277	5,7	5000	363,8	1499,3	3136,9	1,363	2301	541,7	11,1	2,685	202	2,234	2,114	-	2,117	2,168	97,5	-	-	
2	300	cen	15,0	3174,6	3044	131	4,3	7000	3594	1504	1902	1,363	1395	334,9	11,0	2,685	125	2,275	2,181	-	2,117	2,167	100,6	-	-	
3																										
4																										
5																										

BASE DE HORMIGON H-8

El objetivo básico de la existencia de una capa de base cementada es prevenir el riesgo de erosión por bombeo, fenómeno que se presenta con la conjunción de tres factores:

- repeticiones reiteradas de cargas pesadas (camiones) capaces de generar deflexiones importantes en juntas y bordes de la calzada de hormigón;
- disponibilidad de agua en la interface losa-base-banquina;
- una subbase compuesta por suelos finos o capaces de entrar en suspensión.

El proyecto original prevía una base granular de Suelo Arena Cemento cuyas Ventajas son:

- Aprovechamiento de los materiales locales.
- Incremento de la resistencia a la erosión.
- Evita la consolidación por cargas.
- Menores deflexiones.
- Mejor transferencia de carga.
- Incremento de la rigidez de apoyo.

Como contrapartida, la recepción de esta capa se lograría a través de un ensayo de compresión simple, el cual se debía efectuar en un plazo de 7 días posteriores al cargado y compactación. En el caso particular de esta obra, se decidió reemplazar este tipo de capa por una base de hormigón pobre H-8 de 10 cm de espesor, el costo de esta capa es superior pero se decidió “ganar” tiempo ya que una vez colada vibrada y terminada, requiere de solo 72hs para colocar la última capa de la estructura.

Las características del hormigón H-8 se describen a continuación:

- Espesor mínimo 10 cm
- Resistencia a compresión de 5 MPa a 8 MPa
- Contenido de cemento de 120 a 200 Kg/m³
- Contenido de aire de 6 a 8%
- Tamaño máximo de agregado hasta de 25 a 50mm
- Tolerancias: ± 6 mm en la regla de 3 m.

INSPECCION Y RECEPCIÓN DE LA BASE DE HORMIGON H-8

Una vez que se aprobó la subbase. Comienzan los trabajos para dejar lista la cancha para el colado del hormigón H-8. Esta capa es de 10 cm de espesor por lo que en lugar de utilizar moldes, se colocó reglas sujetas a estacas de hierro, las cuales fueron previamente niveladas. El equipo de topografía de inspección se encargó de controlar dichos niveles. Tanto en los bordes de la calzada como así también en el medio de la misma. Esto último se realizó tirando un hilo de extremo a extremo y controlando con regla la altura.



5.38 Encofrado para la Base de Hormigón H-8 Realizado con reglas y estacas de hierro



5.39 Control del nivel de las Reglas

Al realizar este control se descubrió que en la zona media de la calzada (sobre el eje) el espesor de la base de hormigón iba a resultar menor por una sobreelevación de la subbase. Por lo cual se dio la orden de cortar aproximadamente 2cm la subbase para alcanzar el espesor de proyecto. Se colocaron estacas cuya cabeza se encontraba al nivel deseado (-2cm) con un poco de cal por encima.



5.40 Operario marcando el nivel requerido para cortar la capa

Luego se realizaron pasadas con la motoniveladora removiendo material hasta que se observara que la cal se esparcía en el terreno, indicando esto que se había llegado al nivel buscado.



5.41 Motoniveladora realizando el corte de la Subbase

A continuación, se controló que se humedeciera la superficie para evitar que el hormigón perdiera su humedad con el consiguiente perjuicio de la mezcla.



5.42 Humedecimiento de la Subbase



5.43 Colado del Hormigón H-8

Luego se realiza el colado del hormigón distribuyendo con pala sobre toda la superficie, previo al vibrado. El vibrado es realizado con un vibrador del tipo aguja. La forma de operar con dicho vibrador es introduciéndolo puntualmente y de ninguna manera se debe arrojar y arrastrar. Esto debió ser aclarado a los operarios debido a que lo estaban utilizando de manera incorrecta. A continuación se puede observar como queda la superficie separa en franjas por motivo de la vibración poco uniforme.



5.44 Vibrado del Hormigón H-8 con vibrador de tipo aguja



5.45 Hormigón H-8 luego del Vibrado

A continuación se hace pasar una regla para enrasar la mezcla y se le da la terminación con talocha y fratases de mano.



5.46 Operarios pasando la regla metálica para enrazar el material

La trabajabilidad de la mezcla es muy buena debido a que es un hormigón muy fluido. Una vez que se obtuvo la superficie acabada se rocía con antisol de marca SIKA para asegurar un buen curado.



5.47 Antisol Sika aplicado a la superficie

En lo que respecta a controles de resistencia, en la práctica no se realizaron, ya que se da por hecho que cumple ampliamente los requerimientos, al ser la resistencia del hormigón H-8 superior al de la capa de suelo-arena-cemento.

Como se indicó más arriba. Una de las ventajas de utilizar este material es que permite avanzar con la obra al día siguiente de realizada la capa. A continuación se muestran imágenes de la misma terminada.



5.48 Capa de base hormigón H-8 terminada

En el tramo superior de la rama, la calzada es más ancha ya que en dicho sector se produce unión con la Rama Directa Militares. Por lo que se armó el encofrado dividiendo la superficie en dos tramos longitudinales, como se muestra a continuación.



5.49 Operarios realizando el encofrado para la base en el tramo superior



5.50 Alisado superficial con talocha



5.51 vista de la conformación de la base de Hormigón H-8 en el tramo superior

BASE GRANULAR ESTABILIZADA (para banquina)

Los materiales especificados por pliego que se emplearían para esta capa fueron:

- Piedra triturada (10-38 mm)
- Material granular
- Suelo seleccionado

La piedra triturada debía provenir de la trituración de rocas sanas y limpias, con un desgaste (Ensayo Los Ángeles Norma IRAM 1532) no mayor del 35%. La granulometría debía ser tal que junto con los demás agregados minerales, haga cumplir la granulometría especificada para la mezcla de los mismos en el ítem.

El material granular compuesto por arena silícea natural debía ser de granos duros y sin sustancias perjudiciales. El contenido de sales, las constantes físicas y la granulometría debían ser tal que mezclada con los demás materiales intervinientes en la mezcla de la Base Granular haga cumplir las especificaciones dadas para la misma.

El suelo seleccionado no debía contener suelo vegetal ni sustancias perjudiciales.

La inspección aprobaría la "Formula de Mezcla de Obra" la cual debía cumplir las exigencias establecidas. En dicha fórmula era necesario consignar las granulometrías de cada uno de los materiales intervinientes y los porcentajes con que intervinieron en la mezcla.

La mezcla presentada debía tener un porcentaje de piedra triturada mayor al 40%

La granulometría de la mezcla exigida era:

TAMIZ	% QUE PASA
1 1/2"	100
1"	85-100
3/4"	70-95
3/8"	50-75
Nº4	30-65
Nº10	20-55
Nº40	15-30
Nº200	30-15

El contenido de sales totales y sulfatos solubles de la mezcla referido al pasante tamiz N°200 de la misma expresado como:

$$\frac{\text{peso de sales o sulfatos solubles}}{\text{peso del pasante tamiz 200}} \times 100$$

Debía cumplir lo siguiente:

- Sales totales $\leq 1,5\%$
- Sulfatos solubles $\leq 0,5\%$

La relación de finos debía cumplir:

$$\text{Relacion de finos} = \frac{\text{peso de pasante tamiz 200}}{\text{peso del pasante tamiz 40}} < 0.66$$

INSPECCIÓN DE LA BASE DE LA BANQUINA DERECHA

Se realizaron dos ensayos de Cono de Arena para determinar la densidad de la capa, cuyos resultados se presentan a continuación.

TAREAS DE INSPECCIÓN EN OBRA PÚBLICA VIAL

Tabla 5.14 Resultados del Ensayo de Cono de Arena de la Base de la banquina derecha

OBRA: NUDO VIAL EL TROPEZON
 TRAMO: RAMA INDIRECTA LOS MILITARES
 PROVINCIAS: CORDOBA

% Ret 3/4" <= DCM= 100 %Ret 3/4" > 15 D.S.C= Ps-Pr
 $\frac{G + F}{dg Dm}$ VT-VR
 F=% Pasa 3/4" VR= PR
 dg

FECHA: jueves, 17 de noviembre de 2016 DENSIDAD DEL TERRENO - METODO DE LA ARENA
 CAPA CONTROLADA : BASE BANQUINA DERECHA

PROGRESIVA: 225 - 320

Muestra N°:	N° de capa	Progresiva	ubicación	profundidad (cm)	SUELO				ARENA					Volumen Pozo	MATERIAL RETENIDO EN 3/4				DENSIDAD					Observacion			
					Peso Humedo	peso seco	Agua	% de Humedad	Peso Anterior	Peso Posterior	Cono	Diferencia	Densidad		Peso	%	Ps.sss	Vol	TERRENO-X			PROCTOR-Y				%	
					Ph	Ps	A	h=A/Ps	Pa	Pp	Pc	Pa-Pp-Poa	d		VT=a/b	Pr	G=Pr/Ps	dg	VR=Pr/dg	Humedad	Seca	seca Correg. D.S.C.	Material Pasa 3/4 Dm			CORR.	X
					Gr	Gr	Gr	%	%	Gr	Gr	Gr	Gr		cm3	Gr	%	gr/cm3	cm3	Des	Dmc	D.S.C.	Dmc			Y	Ps-Pr
1		230	cen	20,0	6049	5723	326	5,7	10000	5042	1502,9	3455,1	1,363	2535	1359,2	23,8	2,685	506	2,386	2,258	2,151	2,180	-	98,7	4364	2029	
2		280	cen	19,0	3699,0	3513	186	5,3	5000	1331	1511	2157,7	1,363	1583	489,8	13,9	2,685	182	2,337	2,219	-	2,180	2,239	99,1	-	-	
3																											
4																											
5																											

PAVIMENTO DE HORMIGÓN (para calzada). (e= 0.25 m)

Por definición el hormigón de cemento portland para calzada, está constituido por una mezcla homogénea de los siguientes materiales componentes: agua, cemento portland normal, aditivos, agregados finos y agregados gruesos de densidades normales.

Las especificaciones requerían que presente características uniformes, y su elaboración, transporte, colocación y curado se realicen en forma tal, que la calzada terminada reúna condiciones de resistencia, impermeabilidad, integridad, textura, y regularidad superficial.

Para la ejecución del pavimento de hormigón se especificó la utilización sólo de cementos del tipo Portland, que cumplieran los requisitos de calidad contenidos en la Norma IRAM 50000, y que cumplieran con los requisitos mecánicos establecidos para la categoría CP 40.

Fórmula para la mezcla:

El Contratista determinó las proporciones de los distintos materiales que componen la mezcla o mezclas estudiadas, respetando las condiciones establecidas en las especificaciones. El dosaje fue sometido a consideración de la Supervisión. El mismo consta de un informe técnico que registra los resultados de los ensayos realizados para determinar las proporciones de los materiales, demostrando fehacientemente que las mezclas estudiadas permitieron obtener las características exigidas para el hormigón de obra.

Las proporciones así determinadas, constituyen la "fórmula de mezcla" del hormigón para construir la calzada. Si durante la ejecución de la obra, es necesario el cambio de la fuente de provisión de uno o más de los materiales componentes, se requerirá la presentación y aprobación de una nueva fórmula de mezcla.

El Contratista debió un informe final en el que quedarán documentadas las distintas "fórmulas de mezcla" utilizadas, si las hubiera, en los distintos sectores, como así también los distintos parámetros de calidad de los materiales y de las mezclas, identificados por las correspondientes progresivas.

Los valores de la resistencia a la compresión del hormigón (IRAM 1546) y el Módulo de Rotura a Flexión medio (IRAM 1547: "Resistencia a flexión mayor o igual a 45 Kg/cm² a 28 días") correspondientes a la "fórmula de obra" debían ser tales, que alcanzan la exigencia establecida en el pliego general de la DNV.

A su vez, el pliego exigía que en todos los casos la Supervisión efectuada por la DPV, puede realizar las observaciones que considerase necesarias y solicitar muestras de los materiales que se utilicen.

La "fórmula de mezcla" deberá contener como mínimo la siguiente información:

1. "**Factor cemento**", o sea la cantidad de cemento portland, medida en peso, que interviene en la preparación de un metro cúbico de hormigón compactado.
2. "**Relación agua-cemento**", resultante de dividir el número de litros de agua por el número de kilogramos de cemento portland que integra un volumen dado de hormigón.
3. **Proporción de cada uno de los agregados** que intervienen en la mezcla.

4. **Granulometría total de los agregados pétreos**, empleando las cribas y los tamices de la Norma IRAM 1501 - 63 mm (2.1/2"); 51 mm (2"); 38 mm (1.1/2"); 25 mm (1"); 19 mm (3/4"); 9,5 mm (3/8"); 4,8 mm (Nº4); 2,4 mm (Nº8); 1,2 mm (Nº16); 590 µm (Nº30); 297 µm (Nº50); 149 µm (Nº100). Se entenderá como agregado grueso todo el material retenido por el tamiz 4,8 mm (Nº4) y agregado fino el que pase por dicho tamiz. El ensayo granulométrico se hará siguiendo la Norma IRAM 1505.

5. **Asentamiento**, el que no podrá ser nulo.

6. **Marca y fábrica de origen del cemento** portland a emplear.

7. **Tiempo de mezclado**.

8. **Resistencia a la compresión** (norma IRAM 1546) de probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura (norma IRAM 1534), y resistencia a la flexión (norma IRAM 1547).

9. **Proporción, tipo y forma** de incorporación de los **aditivos**.

10. **Cantidad de aire** de la mezcla.

Características y calidad del hormigón:

- Tamaño máximo nominal del agregado grueso: 53 a 4,75 mm
- Relación agua/cemento máxima en peso será menor o igual a 0,48 y la cantidad mínima de cemento debía ser 325 Kg/cm³
- La resistencia a la compresión, corregida por esbeltez, para cada probeta debía ser mayor o igual que 315 Kg /cm² a la edad de 28 días. Si por cualquier circunstancia las probetas no se pudieran ensayar a los 28 días la Supervisión podría disponer su ensayo a los 56 días, debiéndose alcanzar una resistencia mayor o igual a 360 Kg/cm²
- El asentamiento de la mezcla, medido según Norma IRAM 1536, debía estar comprendido entre 2 y 4 cm.

Como material para sellado de juntas se utilizará Relleno de caucho de siliconas de bajo módulo. Las caras de la junta a sellar debían tener su superficie limpia, libre de polvo o partículas sueltas.

La aplicación debía ser colocando un cordón sostén de material compresible, constituido por un cilindro de espuma de polietileno de celda cerrada u otro material compatible con el caucho de silicona, que cumpliera la misma función. Su diámetro es como mínimo un 25% mayor que el ancho de la junta.

La relación entre el espesor mínimo del sellado y el ancho del sellado debía estar comprendida entre 0,5 y 1,0, estando el espesor comprendido entre 6,5 mm. Y 12,7 mm.

No se permitía la aplicación de material endurecido o vulcanizado.

La parte superior del sellador debía quedar de 3 a 5 mm. por debajo del borde superior de la junta, para evitar el contacto con el neumático.

En el caso de que los bordes de la junta se encuentren dañados por astillamientos u otra causa, se reparan mediante el empleo de mortero a base de resina epoxi y arena fina.

La calidad de los hormigones debían ser controlados en obra mediante ensayos de compresión simple.

INSPECCION DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA LOSA DE HORMIGON

El proceso de hormigonado de la losa es el siguiente:

Se cuela el hormigón entre los moldes, y se distribuye en la superficie mediante el uso de palas. Luego se procede al vibrado con vibradores de punta, evitando la segregación y aumentando la compacidad de la mezcla. A continuación se pasa una regla vibratoria que enrasa la capa al nivel de molde, el cual ha sido nivelado previamente a la tarea de colado. Luego mediante llanas de mango extendido (denominadas talochas) se alisa la superficie y se le confiere rugosidad con una faja de tela arpillera. En los lugares donde se observó que la losa presentaba depresiones se indicó la adición de material, y la repetición de las tareas de alisado y rugosidad nuevamente.

CONTROLES SOBRE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN

Los controles sobre la calidad del Hormigón se divide en 2 etapas: por un lado se tiene los controles sobre el hormigón fresco, realizados al pie de obra en el instante inmediato anterior al colado del mismo. Y por otro lado se realizan los controles sobre el hormigón endurecido, los cuales se realizan por lo general en el laboratorio luego de transcurrido un periodo de tiempo (28 días).

Controles sobre el hormigón fresco:

El hormigón fue provisto por la empresa Hormi-Block la cual despachaba sus mixers a la obra, donde al llegar se le realizaban los controles sobre el hormigón fresco, como son, control del asentamiento, medición de la temperatura e inspección ocular, moldeo de probetas

El método más ampliamente aceptado y utilizado para medir la consistencia del hormigón es el ensayo de asentamiento o cono de Abrams, norma IRAM 1536, mediante la deformación del hormigón en relación a su fluidez. Los asentamientos menores provocan dificultades en la compactación y defectos superficiales, por otro lado, asentamientos excesivos generan caídas de bordes y defectos de terminación. En ambos casos, se ve afectada la calidad final del pavimento.

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.

El procedimiento para realizar el ensayo es: humedecimiento del cono, se coloca verticalmente sobre una superficie plana, rígida y no absorbente. Se llena en tres capas de volúmenes aproximadamente iguales, para cada capa y se procede a compactar con la varilla por punzonado, distribuyendo 25 golpes por capa en forma regular (punzonado circular de afuera hacia el centro) y sin llegar a la capa subyacente. Se enrasa la última capa y se levanta el cono lentamente, sin que se produzcan sacudidas. El asentamiento se mide en centímetros y está dado por la distancia entre la varilla de punzonado dispuesta horizontalmente sobre el cono y el nivel medio de la cara superior de la masa del hormigón asentado.

Antes de descargar el hormigón, se somete cada camión a este control de asentamiento, debiendo ser este de 7 cm con una tolerancia de ± 1 cm. En caso de ser menor se le vierte aditivo al mixer para aumentar el asentamiento, se mezcla y se vuelve a realizar el ensayo. En caso de ser mayor a 7 ± 1 cm, el camión es rechazado.

Otro de los controles realizados fue el de la temperatura, el mismo se realiza con un termómetro digital colocado en la masa de hormigón permaneciendo en él hasta que la lectura se estabiliza, debiendo ser esta inferior a los 30°C .

Es muy importante el control de la temperatura del hormigón, debido a que tiene gran influencia sobre sus propiedades, tanto del concreto fresco como del endurecido.

Como se mencionó anteriormente, se debe realizar un control visual del hormigón para verificar si el tamaño de los agregados utilizados en la mezcla es el que corresponde a la dosificación, además de la trabajabilidad y exudación, entre otros aspectos.

Por último, se moldean probetas para una posterior rotura a compresión de las mismas. Esta tarea no se realiza en todos los camiones, sino que se seleccionan al azar a razón de 1 camión cada tres que ingresaban a la obra. Para cada camión se confeccionan 3 probetas de 0,3 m de alto por 0,15m de diámetro, una se ensaya a compresión a 7 días y las otras 2 a 28 días; El resultado de cada ensayo es el promedio aritmético de las resistencias a compresión axial de las dos probetas de la misma edad. Conviene efectuar 3 probetas para los 28 días, para poder desechar algún valor que se aparte demasiado de la media del conjunto.

Para el confeccionado de las probetas, se coloca 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. Las probetas se desmoldan a las 24 hs de confeccionada, y luego del desmoldado se colocan en la cámara de curado.

Para el ensayo de compresión, se utiliza una prensa 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 determina la altura y el diámetro de la probeta al milímetro, medido este último en varias secciones de la probeta. Para realizar el ensayo se coloca la probeta en el plato inferior logrando que quede perfectamente centrada. Se acerca en forma manual el plato superior de la prensa hasta que quedo en contacto con la probeta. Se aplica la carga en forma continua y sin choques a una velocidad hasta lograr la rotura de la probeta registrando la carga máxima.

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 (Curva de Endurecimiento)

Controles sobre el hormigón endurecido:

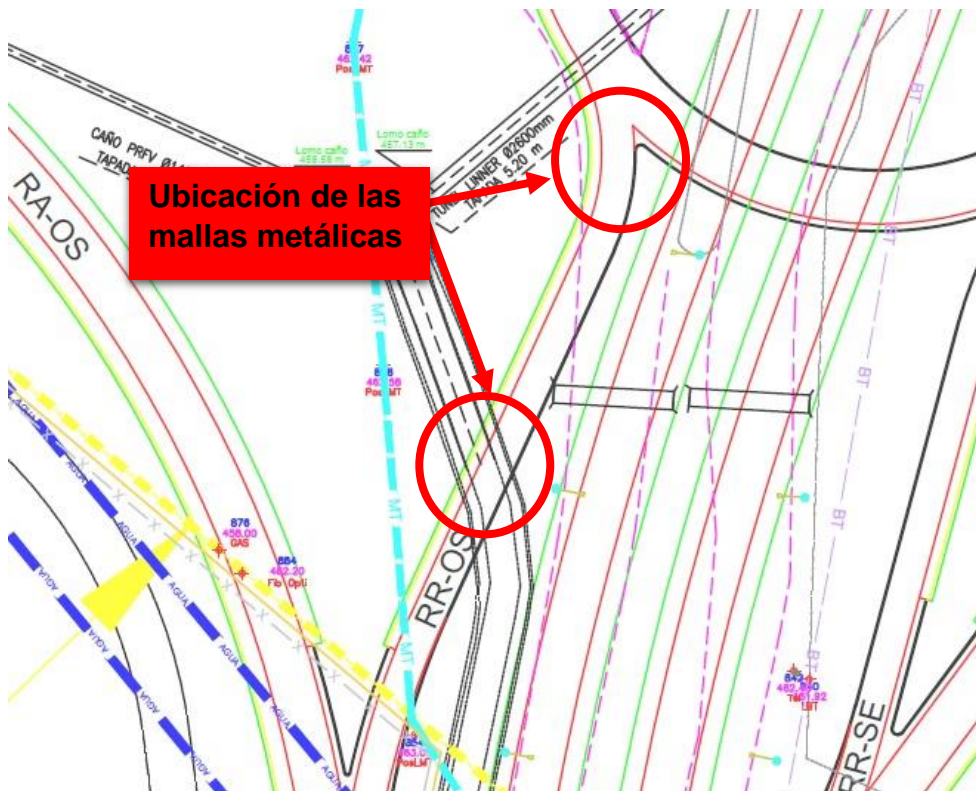
Para verificar el espesor, la resistencia y la consecuente capacidad de carga de la calzada terminada, se extraen testigos mediante el uso de una máquina caladora rotativa. Tales testigos son cilíndricos, de diámetro aproximado de 15 centímetros, los que son ensayados a compresión axial. Las extracciones se realizan a los 7 días de haber hormigonado la losa y luego se los coloca en la cámara de curado hasta que alcanzan la edad de 28 días de edad y son ensayados a compresión. La resistencia a la compresión, corregida por esbeltez, para cada probeta será mayor o igual que 315 Kg/cm^2 a la edad de 28 días.

Las verificaciones que se realicen para determinar el espesor y la resistencia del hormigón de la calzada, servirán para adoptar uno de los tres temperamentos siguientes, que se aplicarán independientemente para los espesores y para las resistencias.

- 1 - aceptación de la calzada, sin penalidades.
 - 2 - aceptación de la calzada mediante un descuento en la superficie construida.
 - 3 - rechazo de la calzada de características deficientes, su demolición y reconstrucción.
- Ninguno de los testigos podrá tener una resistencia a la compresión menor del 80% de la resistencia especificada; de presentarse esta deficiencia se deberá demoler y reconstruir todo el sector al que pertenece ese testigo, por haber sido rechazado.

OBSERVACIONES

Al comenzar con el hormigonado de la última capa estructural con H-35, se observó que en el primer tramo los dos primeros mixers tuvieron un asentamiento adecuado ya que la pendiente no era muy pronunciada, pero luego se pidió hormigón más seco, ya que en las progresivas ubicadas en la parte media del tramo las pendientes comenzaban a ser muy pronunciadas y el material tendía a fluir y acumularse abajo, dificultando así la buena distribución. Para la recepción de los mixers se secciono la cancha en franjas cada 4,5m. Tanto en las losas que arrancan de la rotonda que son de formas irregulares como en la ubicada sobre el canal maestro, se le aplicó una malla de hierro de 4,5 mm. La armadura distribuida se colocó en el espacio comprendido entre el medio del espesor de las losas y 5 cm por debajo de la superficie expuesta y tiene la función de coser las fisuras plásticas que se producen al retraerse el hormigón en el fragüe.



5.52 Ubicación de las mallas metálicas en planta

A continuación se presentan imágenes del proceso constructivo y sus controles.



5.53 Presentación de las mallas metálicas, cama pasadores y barras de unión previo al colado



5.54 Cama de pasadores en posición

En las imágenes superiores se observa la presentación de la malla metálica y de las camas de barras de unión de la zona de la rotonda y en la zona media del tramo. La malla es colocada inmediatamente después del colado, dejando únicamente ubicados las barras de unión y pasadores delimitando las distintas losas. La colocación de las camas para las barras de unión es diferente a la de las camas para los pasadores, debido a que los segundos van en sentido transversal al eje de la calzada impidiendo el paso del camión hormigonero a través de ella, en cambio los primeros van paralelos al eje de la calzada por lo que no impiden el paso de los camiones y el traslado el hormigón hasta donde se encuentra la terminadora. Es por esto que las camas de los pasadores se posicionaron a un costado y luego se van colocando a medida que avanza el tren de pavimentación. Para poder colocarlos en la posición correcta se dejaron referencias en ambos lados del encofrado, realizadas con pintura en aerosol, como se muestra en la imagen a continuación. Otra diferencia en la colocación de ambos, relacionado con su objetivo funcional, es que los pasadores deben estar perfectamente engrasados en su totalidad antes de su colocación, y al momento de hormigonar se cortan los alambres de sujeción de uno de los extremos de cada pasador asegurando así una adecuada transferencia de esfuerzos cortantes entre las losas, pero permitiendo deformaciones entre ellas. Mientras que las barras de unión se colocan sin engrasar ya que el objetivo es mantener solidarias ambas losas en lo que respecta a deformaciones.



5.55 Marcado de la ubicación de la cama de Pasadores (junta)

Es necesario que el pasador se encuentre perfectamente cubierto de grasa en toda su superficie, en la imagen a continuación se muestra una cama ya preparada, la cual fue necesario insistir para que fuese pintado bien tanto en la parte superior como la inferior.



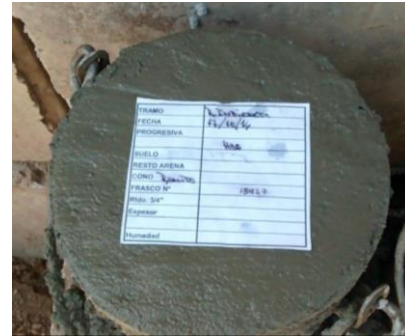
5.56 Cama de Pasadores engrasada

Una vez que arriba el mixer y se coloca en posición para hormigonar, Se retira una muestra en una carretilla y se coloca el termómetro para controlar que la temperatura no supere los 30°C, la muestra debe ser suficiente para realizar el ensayo de asentamiento y el moldeo de las probetas que a futuro se ensayarán a compresion.



5.57 Termómetro digital tomando la temperatura de una muestra de Hormigón del Mixer

Hasta tanto la temperatura y el asentamiento no sean determinados y se verifique que sean aceptables no se permite comenzar con el colado. Inmediatamente después de ello se procede al moldeo de las probetas. Las cuales se identifican con el nombre del tramo, la fecha, el tipo de Hormigón y el n° de remito, y se cubren con bolsas de Nylon dejándolas fraguar sin moverlas hasta el día siguiente. Una vez retiradas se desmoldan y se las identifica con un número y fecha, marcados con tiza en los costados de las mismas, luego de esto se sumergen en agua hasta el día de su ensayo. Las probetas correspondientes al mismo remito o mixer despachado se identifican con el mismo número. De esta manera se puede identificar fácilmente en caso de existir algún inconveniente cual es la losa que presenta problema.



5.58 Probetas de Hormigón moldeadas e identificadas



5.59 Probetas cubiertas con bolsas para mantener la humedad

Como se destacó más arriba la tarea de inspección no solo se reduce a la realización de los ensayos para determinar las características resistentes de la capa sino que debe inspeccionarse aspectos relacionados a la correcta realización de los trabajos, como por ejemplo el vibrado, y la obtención una buena terminación de la misma, asegurando superficies sin ondulaciones y con la rugosidad adecuada. En las imágenes que siguen se puede ver estas etapas.



5.60 Colado y vibrado del Hormigón H-35



5.61 Distribución del H-35 con palas y vibrado con vibradores de punta

A continuación se puede observar la colocación de la malla metálica en la zona de la rotonda, para ello se la dispuso sobre la superficie y se la empujó a través de pisadas por parte de los obreros hacia el interior de la masa de hormigón. La manera en la que se ejecutó esta tarea no me pareció la más adecuada, ya que no asegura que la malla quede posicionada donde corresponde.



5.62 Colocación de la malla metálica de 4,5mm



5.63 Alisado con Fratás y texturizado con faja y doble tela arpillera humedecida

Si el hormigón se encuentra con bajo asentamiento o muy seco, se dificulta la tarea de alisado con frataz o talocha, aumentando el esfuerzo por parte de los operarios para obtener una buena terminación, por lo que a la hora de realizar dicha tarea los operarios tienden a arrojar agua a la superficie, esto se debe evitar debido a que al cambiar la relación agua cemento la mezcla pierde resistencia, produciéndose un desgranamiento o desgaste de la capa superficial una vez fraguada dicha losa.

En lo que respecta a la lisura superficial no se aceptan luces mayores de cuatro milímetros entre el pavimento y el borde inferior de la regla o piolin. En las juntas la diferencia entre las cotas de ambos bordes no será mayor de dos (2) milímetros. En las imágenes inferiores se observa un sector de la losa que quedó en depresión y tuvo que ser rellenado para evitar ondulaciones y una segunda losa en la cual no se advirtió dicha depresión y puede observarse el pozo produciéndose una acumulación del agua de amasado en el sector.



5.64 Losas de Hormigón H-35 terminadas

Para corroborar se extiende un piolin o cordel delgado y resistente, transversalmente de extremo a extremo y se observa que la luz entre la superficie y dicho piolin no supera el límite de 4mm.

Para el curado se utilizó un producto de la marca Sika, denominado "Antisol Blanco", que es una emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el hormigón, una película impermeable que evita la pérdida prematura de humedad, para garantizar un completo curado del material. Este producto se usa para garantizar el completo

desarrollo de la resistencia del hormigón. La película que forma el curador sobre el concreto fresco retiene el agua y evita el resecamiento prematuro. Además, previene la formación de fisuras.

Se utilizó pigmento blanco porque presenta dos ventajas, por un lado reduce la ganancia de calor por incidencia de los rayos solares, y por otro ayudan en la inspección visual de la uniformidad de aplicación.



5.65 Rociado de la superficie de Hormigón con Antisol Sika

Inmediatamente detrás del paso de la terminadora un operario colocó manualmente hierros doblados en “U” que van a servir como punto de fijación del cordón. En la siguiente imagen se observa los hierros colocados.



5.66 Armadura para futura construcción del Cordón

Una vez cumplidos los 7 días luego del hormigonado se procede a extraer los testigos para el control de espesor y la realización de los ensayos de compresión.



5.67 Extracción de testigos de Hormigón



5.68 Extracción de testigos de Hormigón

El testigo sale junto a la base de H-8 adherida, se identifica con el nombre de la losa y se trasladan al Laboratorio, donde se le extrae la capa de base, se toman las medidas de altura y sección transversal y se sumergen completamente en agua (cámara de curado) hasta cumplir los 28 días.



5.69 Medición e Identificación del Testigo



5.70 Extracción de la base de Hormigón H-8

Se llevaron los testigos a ensayar a la planta de Hormiblock junto con las probetas. Las probetas arrojaron resultados altos de resistencia. Los testigos cumplieron también con la exigencia (Resistencia mayor a 315 Kg/cm^2) excepto dos de ellos. El más crítico arrojó $13,9 \text{ MPa}$ de resistencia a compresión colado el día 18-11-16, dicho testigo corresponde a un día de hormigonado de solo 2 mixers, al compararlo con las probetas se observó que las mismas también daban por debajo de la resistencia Requerida, por lo tanto este hecho puede deberse a dos factores, una calidad defectuosa de planta, sumado a un defectuoso trabajo de vibrado, que puede observarse por el valor de densidad menor a $2,37 \text{ tn/m}$ (valor obtenido por formula) por lo que se determinó levantar y volver a realizar las dos losas correspondientes a ese día.

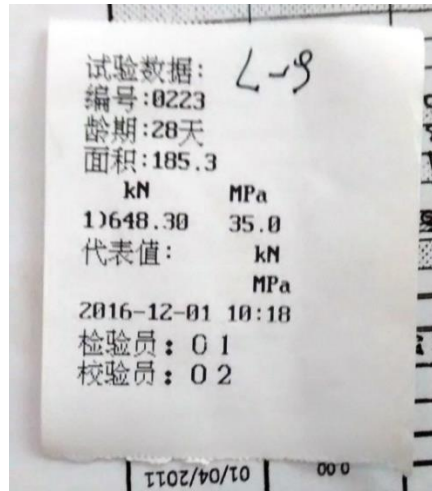


5.71 Testigos encabezados y preparados para ser ensayados a Compresión

Una imagen del testigo en la que se puede apreciar la presencia de oquedades y mala distribución de los agregados, junto con resultados bajos en la densidad, permite deducir que el problema de la escasa resistencia puede deberse a una vibración defectuosa de la masa de Hormigón.



5.72 Testigo con presencia de oquedades 5.73 Prensa para ensayar a Compresión Simple



5.74 Resultado del ensayo de Compresión para el Testigo de la Losa n°9

En la siguiente planilla se observa los resultados del ensayo a compresión del hormigón arrojados por la prensa de Hormiblock.

Tabla 5.15 Resultados del Ensayo a Compresión de las Probetas de Hormigón

Obra: Nudo Vial El Tropezon Proveedor: HORMIBLOCK
Planilla de probetas de Hormigón Tipo H-35

PROBETA N°	TIPO DE PROBETA	FECHA COLADO	FECHA ENSAYO	SECTOR	EDAD (días)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA CORREGIDA POR EDAD (MPa)
1007	Compresión	17-10-16	18-11-16	Rama Indirecta Militares	32	37,0	36,1
1008	Compresión	17-10-16	18-11-16		32	41,4	40,4
1009	Compresión	18-10-16	18-11-16		31	32,2	31,6
1010	Compresión	19-10-16	18-11-16		30	40,5	40,0
1011	Compresión	19-10-16	18-11-16		30	38,1	37,6
1012	Compresión	20-10-16	18-11-16		29	38,7	38,5

Tabla 5.16 Resultados del ensayo a compresión de los Testigos de Hormigón

Obra: Nudo Vial El Tropezon Proveedor: HORMIBLOCK
Planilla de testigos de Hormigón Tipo H-35

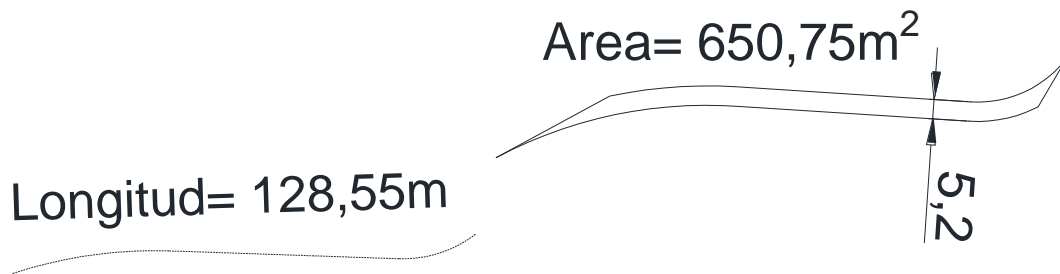
loza N°	FECHA COLADO	FECHA ENSAYO	SECTOR	ALTURA DE LA PROBETA	DIAMETRO	VOLUMEN	PESO DE LA PROBETA	DENSIDAD	EDAD (días)	Lectura	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA CORREGIDA POR EDAD (MPa)
6	17-10-16	17-11-16	Rama Indirecta Militares	27,37	15,41	5104,71	11715,4	2,295	31	453,55	24,3	23,9
10	17-10-16	17-11-16		27,01	15,4	5031,03	11875,3	2,321	31	541,88	29,1	28,5
13	18-10-16	17-11-16		27,5	15,4	5122,30	12518,9	2,444	30	424,48	22,8	22,5
17	19-10-16	17-11-16		26,96	15,38	5008,68	12518,9	2,499	29	436,7	23,6	23,5
25	20-10-16	17-11-16		26,43	15,42	4935,79	12518,9	2,536	28	470,97	25,2	25,2
9	17-10-16	1-12-16	Rama Indirecta Militares	27,25	15,36	5049,40	11850,9	2,347	46	648,3	35,0	32,3
14	18-10-16	1-12-16		27,65	15,37	5130,19	11840,8	2,269	44	258,77	13,9	12,9
20	19-10-16	1-12-16		27,39	15,38	5088,57	11894,4	2,337	43	562,24	30,3	28,1
24	20-10-16	1-12-16		27,26	15,38	5064,42	11709,7	2,312	42	688,2	37,0	34,5
7	3-12-16		Rama directa	27,36	15,39	5089,61	11837,5	2,326				
2	3-12-16	12-12-16	Militares	27,41	15,38	5092,28	11866,4	2,328	9	533,8	28,7	38,0

CAPÍTULO 6: ANALISIS ECONOMICO DE ALTERNATIVAS DE BASE, CON HORMIGON H-8 Y CON SUELO ARENA CEMENTO

A continuación se desarrolla una comparación económica entre dos alternativas de base, la alternativa de proyecto compuesta por una capa de suelo arena cemento, y la base que se aplicó compuesta por un hormigón H-8 de 10cm de espesor.

El proyecto establecía que la base del pavimento rígido este constituida por una mezcla de 70% de suelo del lugar, 30% de triturado 0-6 y 6% de cemento. Esta estructura, además del tiempo necesario para su ejecución, requería que trascurran 7 días para extraer los testigos, ejecutar el ensayo y recién, en caso de que cumpliera las condiciones, poder habilitar la capa y continuar con la ejecución de la losa. En caso de que no cumpliera las exigencias se debía levantar la capa y volver a repetir el proceso. Debido a que los tiempos de entrega de la obra se acortaron, se decidió reemplazar esta capa por una de hormigón simple H8 de 10 cm de espesor. Esta nueva estructura tiene un tiempo de ejecución mucho menor que la estructura original, además se podía comenzar con la losa del pavimento a las 72 horas de haber sido realizada

Para la realización de este análisis se utilizan los valores proporcionados por el MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD PROVINCIA DE CORDOBA aprobados al mes de Abril del 2016.



ANÁLISIS DE COSTO DE BASE SUELO ARENA CEMENTO

Tabla 6.1 Dimensiones de la Cancha de suelo arena cemento

Dimensiones de la Cancha	
largo (m)	128,55
superficie (m ²)	650,75
espesor (m)	0,15
volumen (m ³)	97,61
densidad suelo compactado (t/m ³)	1,80
dosificación (%)	6,00
peso por bolsa (Kg)	50,00
peso suelo (t)	175,70
peso estabilizante (t)	10,54
cantidad de bolsas	210,84
Kg est./m ²	16,20
Kg est./m ³	108,00

Tabla 6.2 Costo de Cemento por metro cúbico de suelo tratado

Cemento	
precio por bolsa (\$)	78,78
transporte a obra (\$)	0,00
descarga y acopio en obra (\$)	4,00
carga y transporte en obra (\$)	4,00
distribución en obra (\$)	6,00
costo total por bolsa (\$)	92,78
cantidad de bolsas por m ³	2,16
costo de cemento por m ³ de suelo tratado (sin laboreo) (\$)	200,40

Tabla 6.3 Costo del metro Cúbico de suelo

*Suelo	
densidad de suelo cemento (t/m3)	1,80
cantidad de cemento a restar en peso (t/m3)	0,11
porcentaje de suelo en mezcla A4 y 0-6 (%)	30,00
cantidad de suelo seco a comprar (t/m3)	0,00
humedad de suelo (%)	
esponjamiento (%)	
cantidad de suelo a comprar (t/m3)	0,00
precio de suelo sobre camión en obra por m ³ (\$/m3)	0,00
costo del m3 de suelo en 1m ³ de suelo compactado (\$)	0,00

*Suelo natural del lugar

Tabla 6.4 Costo de Arena para un metro cúbico de suelo compactado

Arena Triturada Holcim 0-6	
densidad de suelo cemento (t/m3)	1,80
cantidad de cemento a restar en peso (t/m3)	0,11
porcentaje de triturado en mezcla A4 y 0-6 (%)	70,00
cantidad de triturado a comprar (t/m3)	1,18
humedad de suelo (%)	-
esponjamiento (%)	-
cantidad de arena a comprar (t/m3)	1,18
precio de triturado sobre camión en obra por tonelada (\$/t)	138,30
costo de arena en 1m ³ de suelo compactado (\$)	163,80

Tabla 17 Costo de Riego por metro cúbico de suelo compactado

Riego	
tarifa camión regador (\$/viaje)	246,00
densidad máxima (t/m ³)	1,80
densidad Próctor (%)	100,00
humedad óptima (%)	18,00
humedad natural (%)	12,00
evaporación (%)	3,00
DMT (m)	3.000,00
caudal bomba (m ³ /hora)	40,00
volumen tanque (m ³)	12,00
tiempo de vaciado (min)	18,00
velocidad de transporte (Km/h)	20,00
tiempo de maniobras (min)	2,00
eficiencia del sistema (%)	95,00
agua por m ³ de suelo (Lts/m ³)	162,00
tiempo de carga (min)	18,00
tiempo de transporte (min)	18,00
tiempo teórico total (min)	56,00
tiempo real estimado (min)	60,00
viajes por hora	1,00
aporte/hora (m ³)	12,00
costo \$/m ³ agua (\$)	20,50
costo riego por m ³ de suelo compactado (\$)	3,32

Tabla 6.6 Costo de Equipos por metro cúbico de suelo compactado

equipos				
	tarifa	C.Ut.	\$/hora	total horas
motoniveladora	960,00	1,00	960,00	6,50
tractor con rastra de disco	720,00	1,00	720,00	6,50
equipo de compactación	420,00	0,50	210,00	3,25
rendimiento (m ³ /hora)			15,00	
costo total por hora (\$/hora)			1.890,00	
cantidad de horas			6,50	
costo equipos por m ³ de suelo compactado (\$)			126,00	

Tabla 6.7 Análisis de precio para la capa de suelo arena cemento

Análisis de precio	
rendimiento (m ³ /hora)	15,00
costo material por hora (\$/hora)	5.463,11
costo equipos por hora (\$/hora)	1.890,00
costo riego por hora (\$/hora)	49,82
costo total por hora (\$)	7.402,92
costo unitario (\$/m ³)	493,53
costo unitario (\$/m ²)	74,03

ANÁLISIS DE COSTO DE BASE CON HORMIGÓN H8

Tabla 6.8 Dimensiones de la cancha de Hormigón H-8

Dimensiones de la Cancha	
largo (m)	128,55
superficie (m ²)	650,75
espesor (m)	0,10
volumen (m ³)	65,08

Tabla 6.9 Costo de hormigón por metro cúbico de base

Hormigón H-8	
precio por m ³ (\$/m ³)	748,80
costo total hormigón para cancha (\$)	48.728,16
costo m ² (\$/m ²)	74,88
costo hormigón H-8 por m ³ de base	748,80

Tabla 18 Costo de equipos por metro cúbico de base

Equipos	
equipo	Terminadora
tarifa (\$/hora)	907,20
coeficiente de utilización	1,00
rendimiento (m ³ /hora)	20,00
cantidad de horas necesarias	3,25
costo total equipos para cancha (\$)	2.951,80
costo equipos por m ³ de base (\$)	45,36

Tabla 6.11 Costo de mano de obra por metro cúbico de base

Mano de Obra	
costo m ² de mano de obra (\$/m ²)	72,58
costo total de mano de obra (\$)	47.228,83
costo de mano de obra por m ³ de base (\$)	725,76

Tabla 19 Costos unitarios de base de Hormigón H-8

costos	
costo unitario (\$/m ³)	1.519,92
costo unitario (\$/m ²)	151,99

Comparando los resultados obtenidos con ambas alternativas se tiene:

Tabla 6.13 Diferencia de costos entre ambas alternativas

alternativa	costo	unidad	diferencia
Base de Suelo Arena Cemento, con mezcla de 30% Suelo, 70% Arena de trituración 0-6mm, y cemento al 6%. Espesor 15cm	74,03	(\$/m ²)	48,71%
Base de hormigón pobre H8, ejecutado con terminadora. Espesor 10cm	151,99	(\$/m ²)	

Por otra parte es importante destacar la incidencia que tiene cada una de las alternativas en el costo total del paquete estructural, para cada una de ellas se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 6.14 Costo de la estructura por metro cuadrado con base estabilizada

costo de la estructura total con base estabilizada	(\$/m ²)
subrasante	45,372
subbase	46,632
base	74,03
losa de hormigón	408,384
costo estructura total por m ²	574,42

Tabla 6.15 Costo de la estructura por metro cuadrado con base de hormigón

costo de la estructura total con base H8	(\$/m ²)
subrasante	45,372
subbase	46,632
base	151,99
losa de hormigón	408,384
costo estructura total por m ²	652,38

Tabla 6.16 Diferencia de costos totales de la estructura con cada alternativa

costo de la estructura total con base estabilizada	574,42
costo de la estructura total con base H8	652,38
diferencia (\$/m ²)	77,96
Diferencia (%)	11,95%

Observando los resultados del análisis se puede decir que la capa de base constituida por suelo arena cemento, es aproximadamente un 49% más económica, e incluso el paquete estructural total compuesto por esta alternativa es menos costosa, aunque la incidencia en el costo observada es menor, con un 12% aproximadamente. Además podemos observar en los gráficos anteriores que el costo que domina en la estructura del pavimento es el de la losa de hormigón y no la de la base, por lo que el cambio no tiene gran incidencia en el costo total de la estructura. Si solo se considerara el factor económico en este proyecto, la estructura llevada a cabo hubiera estado compuesta por una base de suelo arena cemento, pero en este caso se aprobó la utilización de hormigón H8, agilizando el proceso constructivo.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

Con respecto a las tareas realizadas durante la conformación de las capas de suelo y granulares pude observar que si bien se obtuvieron los resultados exigidos por el pliego, esto se logró luego de varias observaciones y rechazos de la cancha debido a un mal empleo de las maquinarias para obtener la compactación, ya que no poseían la energía necesaria, se trataba de un equipo chico de rodillo liso, lo cual no llegaba a compactar el material en toda su profundidad. Este resultado cambió luego de que implementaran la compactadora de Rodillo con pata de cabra.

Por otra parte, en lo que respecta a las operaciones de Hormigonado, fue constante el llamado de atención para la realización de un vibrado más uniforme y una correcta colocación de los pasadores, como también evitar el rociado con agua de la superficie a la hora del fratasado, quizás debido a problemas en los tiempos de arribo de los mixer, los cuales a veces se acumulaban, perjudicando así la trabajabilidad de la mezcla a la hora de la terminación de la carpeta.

Como conclusión de este informe, es conveniente destacar que para la obtención de un buen pavimento acorde a las exigencias del proyecto, no basta con un mero control de calidad de los materiales empleados o de los resultados finales (ensayos de recepción), sino que es muy importante, vigilar, observar y si es necesario dirigir cada una de las tareas involucradas en las distintas etapas de conformación de la estructura, de esta manera, se logra evitar de antemano defectos o problemas en la calidad final de la estructura, y si aun así no fuera suficiente, sería posible detectar la causa con mayor facilidad. Este deber no solo exige una preparación teórica y conceptual del profesional sino que también requiere del carácter necesario para tomar decisiones y corregir los procesos si lo considerase correcto.

A modo de cierre de este trabajo y como conclusión general de la Práctica Profesional Supervisada, quiero comentar lo que ha significado para mí la experiencia de la misma. Creo que es una etapa fundamental entre los conocimientos obtenidos en el transcurso de la carrera y el desempeño como profesional, dado que me ha permitido aplicar estos conceptos a situaciones reales de una especialidad de la Ingeniería, en este caso particular, la Ingeniería Vial. Además de haber tomado contacto con los distintos materiales intervinientes, me permitió enmarcar temporalmente los procesos constructivos, la ejecución de ensayos y la coordinación entre los distintos ítem de la obra. Esta experiencia también me ha otorgado confianza para desempeñarme a futuro en un trabajo de la Especialidad.

CAPITULO 8: BIBLIOGRAFIA

Instituto del Cemento Portland Argentino (1978). *“Construcción de Pavimentos de Hormigón, Manual de la Inspección”*

Dirección Nacional de Vialidad (1998). *“Pliego de Especificaciones Técnicas Generales”*

Ministerio de Infraestructura Dirección Provincial de Vialidad Córdoba (2008). *“Pliego Particular Complementario de Especificaciones Técnicas”*

Dirección Nacional de Vialidad. *“Normas de Ensayos”*

Municipalidad Ciudad de Córdoba. *“Manual de Trabajo Sobre Pavimentos de Hormigón”*