

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



## FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES

CONTROL Y TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE SUELO DEL  
PASEO KEMPES

**ALUMNO:** PABLO DANIEL LÓPEZ

**TUTOR:** DR. ALEJANDRO JOSÉ TANCO, PHD., MENG., MSC., ING. CIVIL

**SUP. EXTERNO:** DANIEL DE LA RUBIA

**AÑO:** 2015

<b>CAPITULO</b>	<b>GENERALIDADES</b>
1	

### 1.1. INTRODUCCIÓN

La realización de la practica supervisada se realizo en la empresa vial AFEMA S.A. la cual me incluyo en el proyecto llamado PASEO DEL KEMPES PRIMERA ETAPA. El proyecto a realizar se encuentra ubicado en el BARRIO VILLA BELGRANO en las cercanías del estadio KEMPES, más específicamente detrás de este entre calles RAMÓN CARCAÑO, PUENTE 15, EL ESTADIO KEMPES Y EL RIO SUQUIA. Es proyecto fue desarrollado por EL ESTADO PROVINCIAL y llevado a cabo por Vialidad Provincial de Córdoba a través de de la empresa AFEMA S.A. **Con el objetivo de generar una zona de Recreación y esparcimiento paisajístico perceptual que muestre parte de la vegetación autóctona de la provincia de Córdoba situada en dicha zona.**

La fecha de inicio de la obra el 1 de Junio y su duración según contrato es de 4 meses. Tipo de contratación se realizo UN CONTRATO POR UNIDAD DE MEDIDA COSTE Y COSTAS.

El proyecto se basa en una obra de características URBANAS que consta de una vía de dos trochas de dos carriles por sentido, tres rotondas ubicadas en el inicio de la vía en medio y al final de la misma.

Mi participación el proyecto se baso en un pequeño aporte en el autocontrol del paquete estructural de la vía (diferentes ensayos de control de materiales y comportamientos de las capas estructurales), y la mayor parte en obra participando en la realización de los trabajos que dieron lugar a la materialización de la obra (movimiento de suelo, realización de las capas del paquete y un pequeño análisis del proyecto de la vía). La cual podemos separar en dos etapas:

1°) TRABAJO EN LABORATORIO DE AFEMA: la realización de los diferentes ensayos para el control de los materiales empleados en la obra como así también el control del paquete estructural que conforma dicha vía. También realice un pequeño análisis de la geometría de la vía para poder realizar bien los trabajos y evitar problemas a futuro.

2°) MATERIALIZACIÓN DE LA OBRA Y CONTROL DE MATERIALES EMPLEADOS EN OBRA: en esta etapa pude intervenir en lo relacionado con

- Parte del replanteo de la obra
- Movimiento de suelo
- Control de material entrante a la obra y distribución del material en la misma
- Modificación del proyecto a medida que avanza la obra, esta tarea consistía en la elaboración de los planos conforme a obra.

En cuanto al equipo de trabajo en el laboratorio estaba conformado por 3 laboratoristas, el encargado general del laboratorio de AFEMA S.A. el cual es mi jefe de práctica por parte de la empresa y un ingeniero a cargo de la dirección técnica de la obra vial.

En cuanto a la realización de este informe puedo decir que tratare de explicar el trabajo realizado durante la práctica separando por capítulos las distintas tareas realizadas, concluyendo al final con una conclusión técnica y personal del trabajo realizado en la misma.

## 1.2. Descripción de la obra: “PASEO DEL KEMPES”

### 1.2.1 Diseño geométrico

En cuanto al diseño geométrico de la vía puedo decir que una vez elegida la mejor alternativa para el desarrollo de la vía esta se mantuvo en toda la obra, es decir que la poligonal base siempre fue la misma lo único que cambio fue algunos elementos geométricos componentes de la vía.

En este proyecto hubo 3 diseños geométricos de la vía que fueron cambiando a medida que avanzo la obra.

**Geometría 1:** consta de una calzada de dos trochas separadas por un cantero central y que tiene dos carriles por sentido, dos rotondas una al inicio y otra al final de la vía ambas de retorno de geometría circular cuyo radio eran:

- Rotonda 1 radio interno de 13 metros y rotonda 2 radio externo de 24 metros.
- Rotonda 2 radio interno de 12 metros y rotonda 2 radio externo de 22 metros.

**Geometría 2:** consta de una calzada de dos trochas separadas por un cantero central y que tiene dos carriles por sentido, dos rotondas de retorno una de geometría circular y la otra de forma de OVOIDE con las siguientes dimensiones:

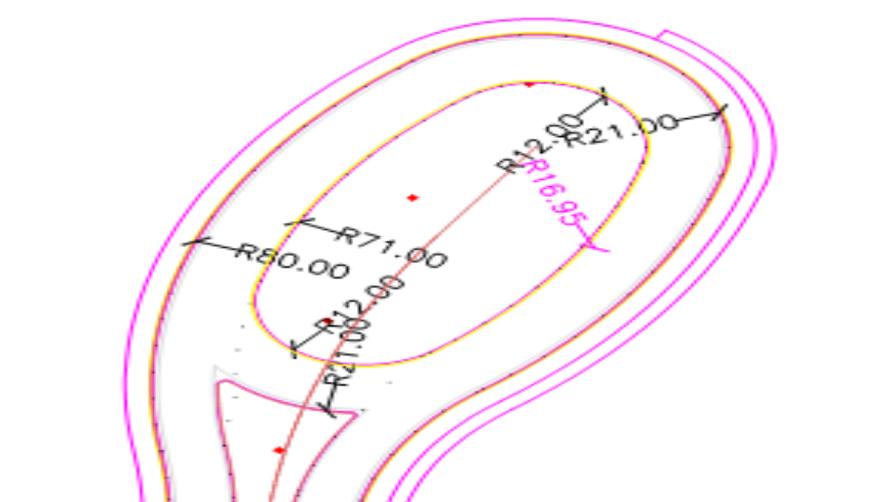


Fig. N° 1-1 Geometría de rotonda

**Geometría 3:** consta de una calzada de dos trochas separadas por un cantero central y que tiene dos carriles por sentido, TRES ROTONDAS de retorno de geometría circular cuyo radio son:

- **Rotonda 1** radio interno de 13 metros y rotonda 2 radio externo de 24 metros.
- **Rotonda 2** radio interno de 13 metros y radio externo de 23 metros.
- **Rotonda 3** radio interno de 15 metros y radio externo de 25 metros.

### 1.2.2 Zona proyecto

La zona donde se realizaría la vía sería está ubicada como se menciono anteriormente entre estadio KEMPES más específicamente detrás de este entre calles RAMÓN CARCAÑO, PUENTE 15, EL ESTADIO KEMPES Y EL RIO SUQUIA. Como se puede ver en la Fig. N° 2-1 la traza roja es la zona de emplazamiento de la futura vía. En la Fig. N° 2-2 se puede observar como quedaría se vería la geometría de la vía en la zona de emplazamiento.

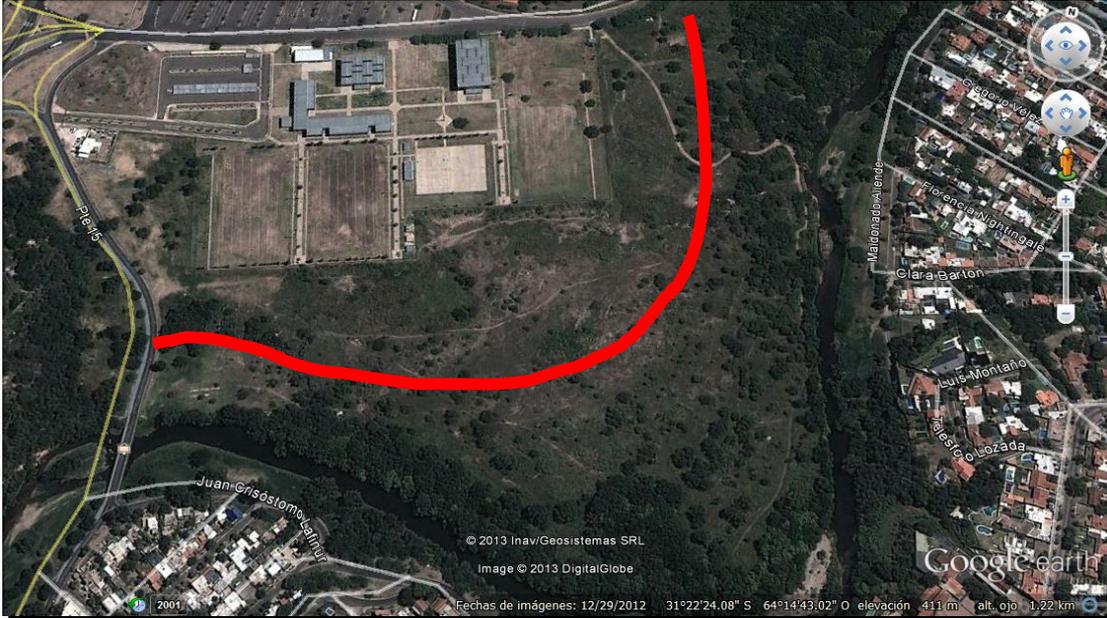


Fig. N° 2-1 Zona de emplazamiento de la vía

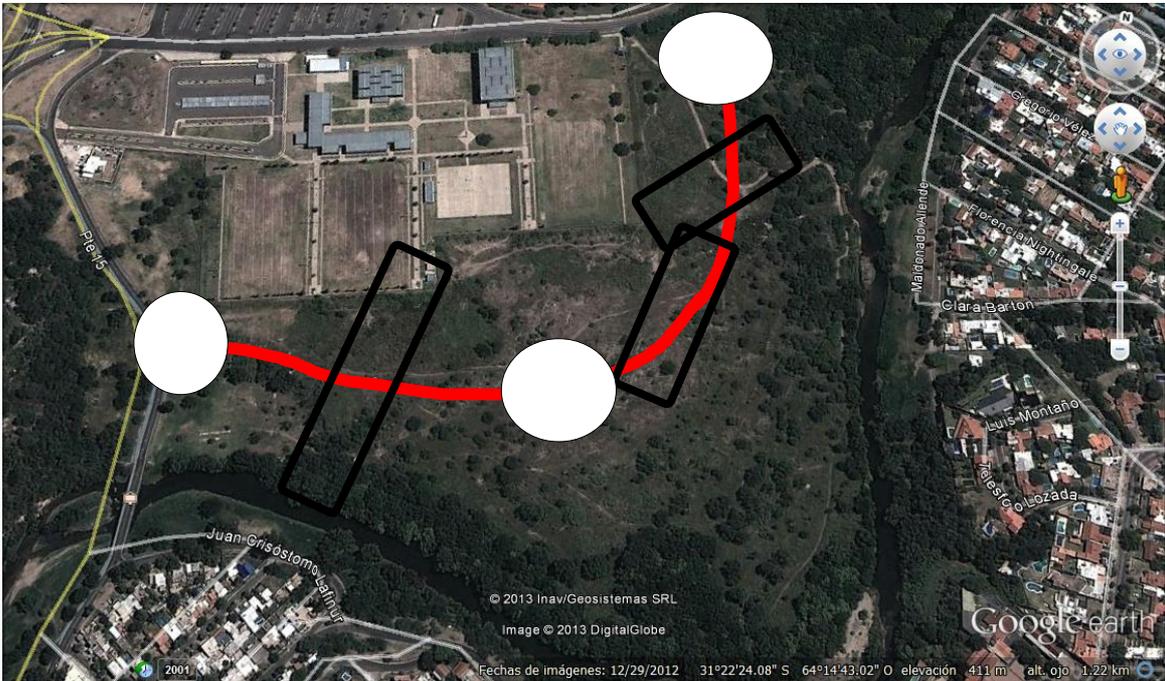


Fig. N° 3-1 Geometría preliminar

En las imágenes se observa una traza roja que nos indicara el futuro recorrido de la vía a lo largo de la extensión de la zona de trabajo.

Se busca que la TRAZA de la vía se materializara por la zona donde se tendría el menor movimiento de suelo en cuanto a terraplén y desmonte y tratando de que para la materialización de la misma se evite dañar la vegetación autóctona de la zona, en los planos de PLANIMETRÍA Y ALTIMETRÍA del proyecto.

Uno de los aspectos de importancia que también se tuvieron en cuenta fue el escurrimiento superficial de las aguas de esta zona natural. Ya que al realizar esta vía esta actúa como una barrera para el escurrimiento de las aguas de lluvia que tiene esta cuenca.

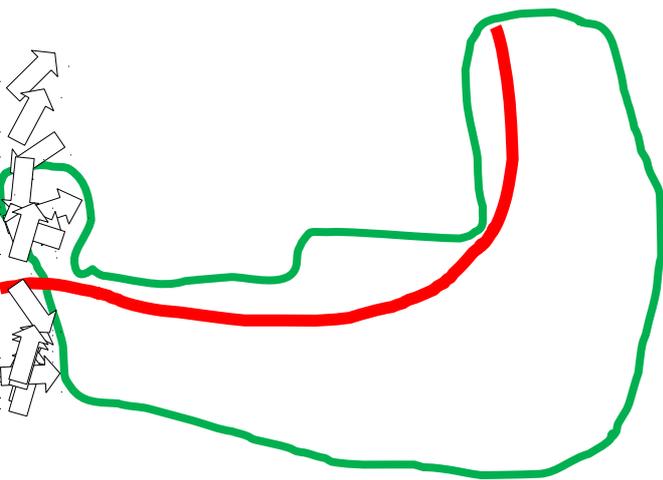


Fig. N° 4-1 Escurrimiento pluvial en la zona de proyecto

Como se observa en la Figura 4-1 satelital vemos que la cuenca de aporte que se tomo seria más o menos la zona que se remarco con verde y que el escurrimiento superficial seguiría las direcciones representadas con las flechas, esto basándome en

las curvas de nivel obtenidas en los planos topográficos. Además a esto tenemos que agregarle el desagüe proveniente de los terrenos linderos los cuales también no condicionan a la hora de la selección del lugar donde colocar las alcantarillas que permitirán el escurrimiento atreves de la vía. Estos terrenos linderos tienen canales de recolección de agua de lluvia propios que llevan a la misma a hacia nuestra cuenta de aporte donde se tuvo tener en cuenta estos a la hora de evaluar los volúmenes de agua de lluvia a escurrir a través de la vía por medio de alcantarillas. Como se observa en la figuras N° 5-1 y N° 6-1 tenemos cuatro conductos de aporte de agua de lluvia hacia el encuentro con nuestra vía las cuales serán colectadas por las alcantarillas



correspondientes y que se dispondrán como se muestra en la Fig. N°6-1.

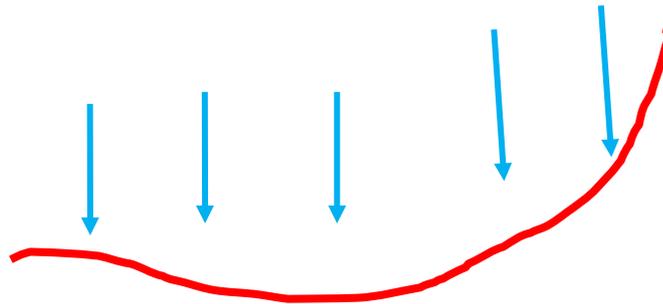


Fig. N° 6-1 Ductos de desagote y alternativa final de la via F



Fig. N° 7-1 Localización de las alcantarillas y ductos de aporte de agua

Como podemos ver en la fig.N°6-1 tenemos 5 ductos de los cuales los dos primeros desagotan en la alcantarilla 1, el ducto 3 desagota en la alcantarilla 2 y finalmente los ductos 4y5 en la alcantarilla 2, logrando de esta forma no alterar el escurrimiento natural de la zona y evitar problemas sobre la vía en construcción.



Fig. N° 8-1 Alcantarilla de desagüe proveniente del terreno lindero



Fig. N° 9-1 Canal de desagüe lindero



Fig. N° 10-1 Alcantarilla de desagüe de terreno lindero

### 1.2.3 Paquete estructural de vía

- 1 - **PAVIMENTO DE ADOQUINES** intertrabados de Hormigón Simple.
- 2 - **Capa de asiento de arena** espesor 0.03m.
- 3 - **BASE GRANULAR** (material de la base que es 0.20) de 0,18mts.de espesor compactado con Densificación Máxima del Ensayo AASHO T-180; con C.B.R. no inferior al 80% a dicho valor de densificación.
- 4 - **SUB-BASE DE SUELO-ARENA** (80% de arena silícea - 20% de suelo seleccionado) de 0,15mts. De espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; con C.B.R. no inferior al 40% a dicho valor de densificación.
- 5 - **SUB-RASANTE COMPACTADA** (material propio de la zona) en 0,15mts. De espesor con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; constituida por suelos con densidad no inferior a 1,5kg/m<sup>3</sup> en el ensayo AASHO T-99.
- 6 - **CORDÓN DE HORMIGÓN** de 0,15mts de espesor.
- 7 - **CUNETA DE HORMIGÓN** de 0,15mts de espesor.
- 8-**TERRAPLÉN COMPACTADO**

9 - **VEREDA DE CARPETA ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 50-60.** Compactación al 98% de la densidad Marshall con densificación de 50 golpes por cara de la probeta de 0.03m de espesor

## PERFIL TRANSVERSAL Bv. PARQUE NORTE

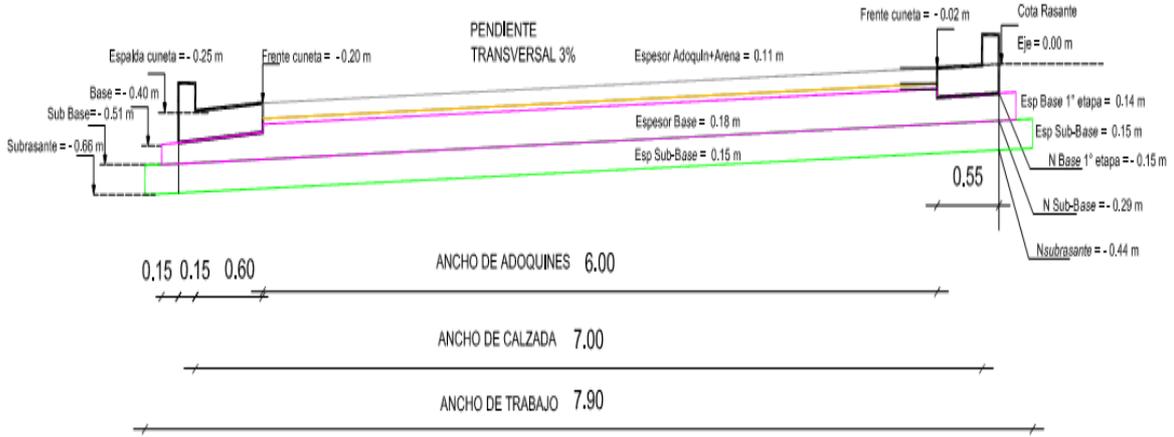


Fig. N° 11-1 Perfil tipo de la vía del proyecto

<b>CAPITULO</b> <b>2</b>	<b>F.C.E.F. Y N -2014- CONTROL Y TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE SUELO DEL PASEO KEMPES</b>
-----------------------------	---

### 2. PERFILES LONGITUDINALES, RASANTES Y PERFILES TRANSVERSALES

Antes de comenzar con una descripción mas específica del proyecto voy a realizar una descripción sucinta de algunos conceptos usados para la realización del mismo.

Los conceptos más importantes a tener en cuenta son:

#### 2.1. Perfiles

Un perfil longitudinal es un perfil topográfico a lo largo del eje de la planta, y por tanto, es la intersección de la superficie topográfica con el plano vertical que contiene al eje de la planta. El perfil longitudinal se utiliza para proyectar el alzado de la carretera. Se puede obtener a partir de la cartografía base (que tendrá curvas de nivel), pero lo más preciso es obtenerlo después de realizar el replanteo del eje de la carretera. A la vez que se replantean los puntos secuenciales se toman sus cotas.

**Un parámetro importante a tener en cuenta en el perfil es la Rasante en relación a la Orografía.** (Parte de la geografía física que se encarga del estudio, descripción y representación del relieve terrestre). Entonces podemos decir que la rasante es la

línea ideal del proyecto en el espacio, la posición del eje de la carretera una vez construida ésta. Y que a su vez no se debe confundir con la traza.

Si tenemos en cuenta lo siguiente:

En terreno Plano: La rasante estará sobre el terreno, por razones de drenaje, salvo casos especiales.

En terrenos Ondulados: Por razones de economía, la rasante seguirá las inflexiones del terreno, sin perder de vista las limitaciones impuestas por la estética, visibilidad y seguridad.

En terrenos Montañosos: En terreno montañoso, será necesario también adaptar la rasante al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario.

En terreno escarpado: El perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.

Como sabemos para la determinación de la rasante es necesario tener en cuenta alguna de los siguientes aspectos y recomendaciones:

Es fundamental que el conductor perciba una sucesión tal de la perspectiva del camino y que su previsión de los cambios de dirección y otras acciones necesarias sea rápida y correcta.

No son deseables los tramos con gran inclinación longitudinal, por la pérdida de velocidad que provocan en los vehículos pesados al subir y por su incidencia desfavorable en la seguridad.

Tampoco nos interesa tramos con escasas pendientes por que pueden dar problemas de evacuación de agua proveniente de pluviales

La existencia de los cambios de rasante suele limitar la visibilidad disponible por lo que también se debe tener cuidado con el diseño de los acuerdos verticales.

## 2.2. Curvas verticales

**Necesidad de Curvas Verticales:** Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea de 1%, para carreteras con pavimento de tipo superior y de 2% para las demás.

**Proyecto de las Curvas Verticales:** Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la distancia de visibilidad mínima de parada, de acuerdo a lo establecido por norma y la distancia de paso para el porcentaje indicado

## 2.3. Diseño de curvas verticales

Para completar el análisis geométrico del perfil longitudinal es necesario analizar las relaciones entre la velocidad y las curvaturas en dicho perfil. Para esto analizare el movimiento de los vehículos en las curvas verticales.

Para esto en lo primero que haré hincapié es que para acordar gradualmente dos rasantes rectas consecutivas se emplean curvas verticales las cuales podemos separar en .

EN CRESTA: que son las curvas verticales convexas.

EN VALLE: que son las curvas verticales cóncavas.

Entonces podemos decir que en el diseño y elección de los parámetros para el dimensionamiento de estas se tendrán en cuenta que las curvas verticales deben ser de aplicación simple y diseño seguro, confortable, de apariencia agradable y que permitan un adecuado drenaje.

En forma resumida podemos decir que debemos tener en cuenta los siguientes:

El criterio de diseño, controles

Forma y geometría.  
 Los elementos de diseño y valores límites a adoptar.  
 Finalmente el cálculo y replanteo

**2.3.1 El criterio de diseño, controles**

Para efectuar el cambio gradual entre tramos de rasante de diferente pendiente, se pueden utilizar curvas convexas y curvas cóncavas. Las curvas verticales deben tener ciertos requisitos:

- Aplicación simple
- Diseño seguro :
- Operación confortable:
- Adecuada apariencia estética:
- Drenaje eficiente

CRITERIOS DE DISEÑO		CONTROLES GENERALES	CONTROLES ESPECÍFICOS
SEGURIDAD	Al frenado $DVF_{do} > D_{fdo}$	Vd, i1 e i2 (polig en alzada)	hobst, hojo, hfaros
	Al sobrepaso $DV_{Sso} > D_{sso}$		hveh, hojo
COMODIDAD			acent
APARIENCIA ESTÉTICA			
DRENAJE			$i\%_{long}$ a 15mts vért parab.

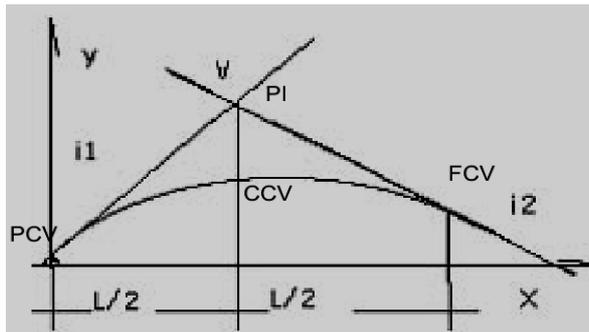
Tabla 1-2 criterios de diseño de curvas verticales

Parámetros	Normas Nacionales	A.A.S.T.H.O. 94
Altura de (m):		
Ojos	1.10	1.07
Objeto	0.20	0.15
Faros	0.65	0.60
Vehículo	1.35	1.30

Tabla 2-2 Parámetros a usar en los criterios de curvas verticales

**2.3.2 Forma y geometría.**

En cuanto este aspecto podemos decir que se adopta una parábola simple de eje vertical centrada en el punto de intersección vertical de sus tangentes. Dicha parábola referida a un sistema de ejes cartesianos X, Y centrado en el punto de tangencia inicial de la curva se deduce que será como se muestra en la siguiente figura.



Donde tenemos que:

- $i_1$  y  $i_2$  son las pendientes de entrada y salida de la curva vertical con su correspondiente signo.  $\Delta i$  es la diferencia algebraica de las pendientes.
- $L$  es la longitud de la curva.
- $V (PI)$  es el punto de intersección de las dos pendientes.
- PCV principio de la curva vertical y FCV final de la curva vertical.

Si describimos el lineamiento de la curva mediante una fórmula matemática podemos decir que esta descrito por la siguiente fórmula:

$$y = i_1 x - \frac{(i_1 - i_2)}{2L} x^2$$

Una propiedad importante de la parábola a tener en cuenta es La variación de pendiente a lo largo de la curva es una constante con la distancia, o sea que la variación de la tangente a la parábola es proporcional a  $\Delta x$ .

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{i_2 - i_1}{L} = cte.$$

Como  $\frac{L}{(i_1 - i_2)} = cte$  distancia horizontal requerida para obtener una variación del 1% en la pendiente:  $K$  (parámetro de la CV).

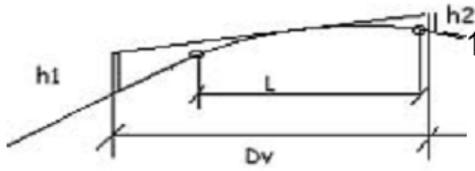
Este valor de  $K = \frac{L}{A}$  se denomina parámetro de la curva y es de vital importancia para la descripción de la misma

### 2.3.3 Los elementos de diseño y valores límites a adoptar

Los elementos de diseño a tener en cuenta son:

- La distancia de visibilidad la cual tiene mucha importancia tanto en curvas cóncavas como convexas esto se toma como CRITERIO DE SEGURIDAD

1. CRITERIO DE SEGURIDAD. Para  $\Delta i < 0,5\%$  no se calculan.



$h_1$ : altura del ojo del conductor por sobre la calzada

1. CRITERIO DE SEGURIDAD .AASHTO :las longitudes mínimas de curvas verticales convexas determinadas según los requerimientos de distancia de **visibilidad al frenado** son satisfactorios desde los puntos de vista de seguridad, comodidad y experiencia

Para  $D_v < L$  :  $L = \Delta i \cdot D_v^2 / 200 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$

Para  $D_v > L$  :  $L = 2 \cdot D_v - 200 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2 / \Delta i$

CURVAS VERTICALES CONVEXAS

- Al frenado
  - Para  $D_v < L$  :  $L_{\text{mín}} = \Delta i \cdot D_v^2 / 404$
  - Para  $D_v > L$  :  $L_{\text{mín}} = 2 \cdot D_v - 404 / \Delta i$
- Al sobrepaso
  - Para  $D_v < L$  :  $L_{\text{mín}} = \Delta i \cdot D_v^2 / 946$
  - Para  $D_v > L$  :  $L_{\text{mín}} = 2 \cdot D_v - 946 / \Delta i$
- Para determinar si  $D_v$  será mayor o menor que  $L$ , calcular el valor

$$m = D_v \Delta i / 800$$

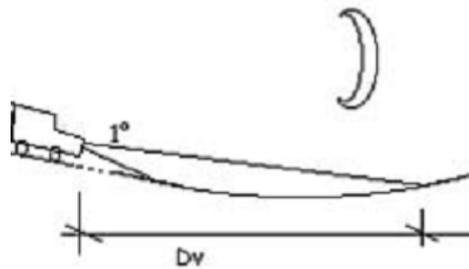
- Si  $m > h_1$ , entonces  $D_v < L$
- Si  $m < h_1$ , entonces  $D_v > L$

## 2. CRITERIO DE DRENAJE.

Ya se ha establecido que el gradiente mínimo para el drenaje superficial debe ser de 0,35%. Se admite que no existirá mayor inconveniente si ese gradiente mínimo se produce hasta unos 15 metros de distancia de la cresta de la curva, con lo cual resulta  $K=L/\Delta i = 51m$  valor que se adopta como limitante en cuanto al desagüe en caso de pavimentos con cordones. Este criterio es diferente de los otros tres porque da una longitud **máxima** para una curva vertical.

## 1. CRITERIO DE SEGURIDAD. Al frenado. Operación nocturna.

CURVAS  
VERTICALES  
CÓNCAVAS



h1: altura de los faros por sobre la calzada  
h2: altura de un objeto sobre la calzada  
Dv.: dist.de visibilidad  
L: long. de la curva vertical  
 $\Delta i=(i1 - i2)$ = diferencia algebraica de pendientes (en %)  
Divergencia del haz luminoso:  $1^\circ$

## 2. CRITERIO DE COMODIDAD.

Para comodidad del conductor usar  $L = \Delta i.(V^2/ac)$  (V en km/h)  
Un cambio rápido en la aceleración vertical causará incomodidad. Por lo tanto se fija un límite superior de la aceleración vertical. La comodidad de los ocupantes de los vehículos es óptima en curvas verticales cóncavas cuando la aceleración centrífuga no supera los  $0.3m/s^2$ . Usando este criterio, las longitudes determinadas para las curvas verticales cóncavas varían entre 50 y 75% de las requeridas por la distancia de visibilidad de faros a varias velocidades directrices.

$$L = \Delta i.V^2/395 \text{ (V en km/h)}$$

3. **CRITERIO DE DRENAJE.** Para un drenaje eficiente de pavimentos con cordón se requiere una pendiente mínima de 0.3 por ciento dentro a los 15.0 m desde el punto bajo ; resulta  $K_{max} = 51$  (m/%). En comparación con los otros criterios, las longitudes así determinadas son mayores que las longitudes mínimas hasta 100 km/h y aproximadamente iguales para longitudes mínimas hasta 113 km/h.
4. **CRITERIO DE APARIENCIA ESTÉTICA.** Como regla empírica se utiliza el criterio  $L=30 \Delta i$ , o lo que es lo mismo  $K = 30$ , como control de mínima longitud de curvas verticales cóncavas. Esto corresponde aproximadamente a una velocidad directriz de 80- 90 Km/h según el criterio de visibilidad de iluminación.

EN

CUANTO A LOS VALORES LÍMITES DE LOS ELEMENTOS SE PUEDEN OBTENER DE LAS TABLAS DE VIALIDAD NACIONAL Y DE AASHTO

Si comparamos lo criterios antes mencionados con los la geometría ya defina en el proyecto podemos determinar lo siguiente:

**Distancia de Visibilidad:** cómo podemos observar en el perfil longitudinal definitivo, tenemos que este consta con cuatro curvas verticales de las cuales dos son cóncavas y dos son convexas y en las cuales nos dice que parámetros se usaron para definir las mismas, nos dan  $D_v$  (distancia de visibilidad),  $Z_v$  (longitud de la curva/2),  $K_v$  (parámetro de la curva),  $D\%$  (diferencia entre pendientes),  $T$ (tramo),  $B$  (diferencia de niveles entre PI y e como se ve en la figura).

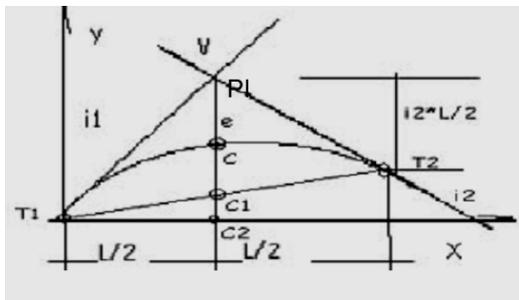
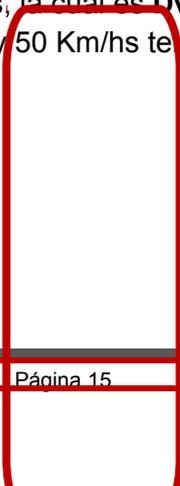


Fig. N° 13-2 Parámetros de la curva

### Curvas convexas

**CRITERIO DE SEGURIDAD:** En cuanto a la distancia de visibilidad dijimos que tiene que ser mayor la distancia de frenado. Entonces si tomamos la mínima distancia de visibilidad entre las dos curvas convexas, la cual es  $D_{v1}=123,313$  y  $D_{v2}= 549,913$  y tomando una velocidad entre 30 Km/hs y 50 Km/hs tenemos que según NORMAS AASHTO que:



VELOCIDAD DIRECTRIZ (km/h)	VELOCIDAD SUPUESTA PARA LA CONDICIÓN (km/h)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN f	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE DETENCIÓN PARA DISEÑO (m)	TASA DE CURVATURA VERTICAL, K	
				CALCULADA (longitud (m) por % de A)	REDONDEADA PARA DISEÑO
30	30-30	0.40	29.6 - 29.6	2.17 - 2.17	3-3
40	40-40	0.38	44.4 - 44.4	4.88 - 4.88	5-5
50	47-50	0.35	57.4 - 62.8	8.16 - 9.78	9-10
60	55-60	0.33	74.3 - 84.8	13.66 - 17.72	14-18
70	63-70	0.31	94.1 - 110.8	21.92 - 30.39	22-31
80	70-80	0.30	112.8 - 139.4	31.48 - 48.10	32-49
90	77-90	0.30	131.2 - 168.7	42.61 - 70.44	43-71
100	85-100	0.29	157.0 - 205.0	61.1 - 104.02	62-105
110	91-110	0.28	179.5 - 248.4	79.75 - 150.28	80-151
120	98-120	0.28	202.9 - 285.8	101.90 - 201.90	102-202

Como podemos ver tenemos que la distancia de frenado es 44,4 metros y nuestra distancia de visibilidad es mayor por lo que la cumple

#### CRITERIO DESEABLE

Nos dice que la visibilidad mínima deseable de dos vehículos circulando por sentido contrario por la misma trocha deben ser visibles entre si cuando estén a una distancia mayor al doble de la distancia de frenado correspondiente a la velocidad directriz.

Con esto concepto podemos tomar el doble de la distancia de frenado anterior la cual es 88,8 mtrs y podemos ver que nuestra distancia de visibilidad sigue siendo mayor por lo que también cumple este criterio.

#### CRITERIO DE SEGURIDAD PERMITIENDO EL SOBREPASO

Distancia de visibilidad mayor que la distancia de sobrepaso, se aplica cuando existe la posibilidad de una maniobra de sobrepaso.

Como este es un caso especial podríamos no usar este criterio ya que podría ocasionar muchos gastos, además por el tipo de proyecto realizado y los parámetros de la vía no considero que sea necesario.

#### CRITERIO DE DRENAJE

Como se pe observa también cumple con este criterio de acuerdo a la descripción antes realizada.

#### CURVAS CÓNCAVAS

Etas también se usan los criterios anteriores pero existe una modificación en el criterio de seguridad por frenado ya que la distancia de frenado de día no es la misma que de noche por lo que para esta se usa la siguiente tabla



## 1. CRITERIO DE SEGURIDAD. Al frenado. Operación nocturna.

VELOCIDAD DIRECTRIZ (km/h)	VELOCIDAD SUPUESTA PARA LA CONDICIÓN (km/h)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN f	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE DETENCIÓN PARA DISEÑO (m)	TASA DE CURVATURA VERTICAL, K	
				CALCULADA [longitud (m)]	REDONDEADA PARA DISEÑO por % de A]
30	30 - 30	0.40	29.6 - 29.6	3.88 - 3.88	4 - 4
40	40 - 40	0.38	44.4 - 44.4	7.11 - 7.11	8 - 8
50	47 - 50	0.35	57.4 - 62.8	10.20 - 11.54	11 - 12
60	55 - 60	0.33	74.9 - 84.6	14.45 - 17.12	15 - 18
70	63 - 70	0.31	94.1 - 110.8	19.62 - 24.08	20 - 25
80	70 - 80	0.30	112.8 - 139.4	24.62 - 31.66	25 - 32
90	77 - 90	0.30	131.2 - 166.7	29.62 - 39.95	30 - 40
100	85 - 100	0.29	157.0 - 205.0	36.71 - 60.06	37 - 51
110	91 - 110	0.28	179.5 - 246.4	42.95 - 61.66	43 - 62
120	98 - 120	0.28	202.9 - 285.6	49.47 - 72.72	50 - 73

Si tomamos las dos curvas cóncavas vemos que la distancia de visibilidad de las mismas es la siguiente  $D_{v1}=256$  y  $D_{v2}=380$  por lo que podemos ver que cumple con la distancia mínima establecida.

Podemos decir además que los criterios de drenaje, confort y de apariencia estética son cumplidos satisfactoriamente y que se puede evaluar la visibilidad de las curvas cóncavas tomando como criterio principal el criterio de seguridad de visibilidad nocturna.

### PERFIL LONGITUDINAL

En el corte longitudinal de la vía podemos observar que la RASANTE (color magenta) va casi pegada a la TRAZA del terreno ya que al ser un

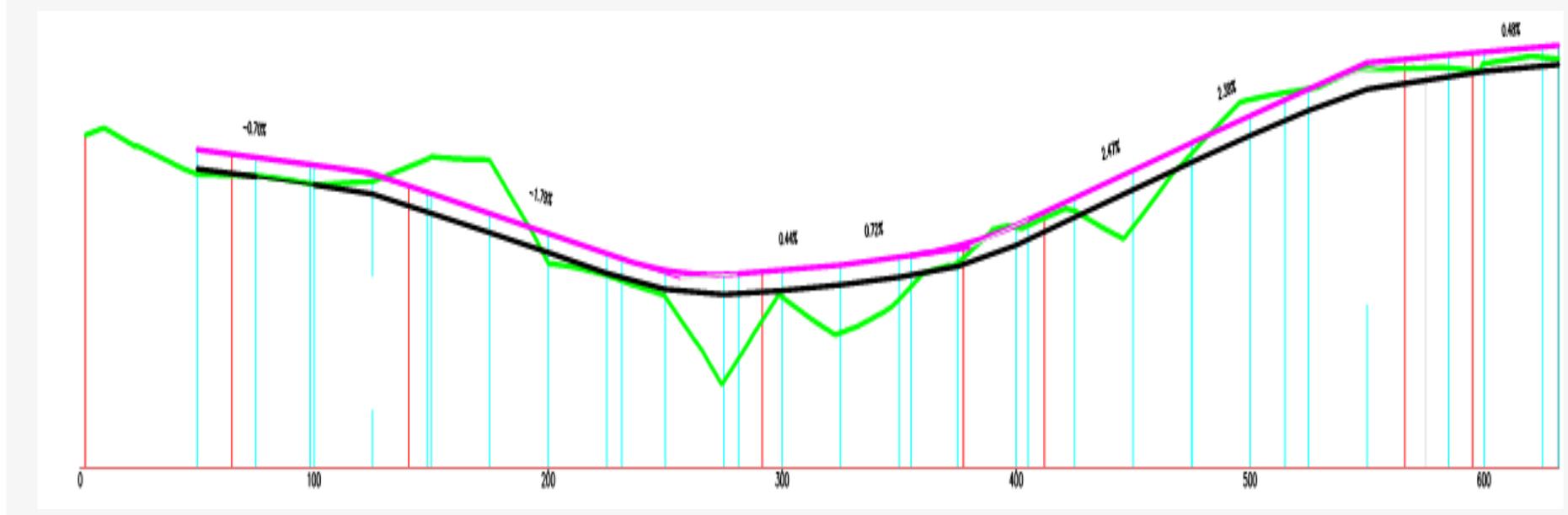


Fig. N° 14-2 Perfil longitudinal del proyecto

terreno poco ondulado al hacer que la RASANTE sea prácticamente tangente a esta no produce complicaciones geométricas en el diseño de la vía que conlleven a una problemática en su diseño o un gasto económico del mismo

## 2.4. PENDIENTE LONGITUDINALES

De acuerdo a algunas recomendaciones y normativas como la de VIALIDAD NACIONAL Y LA ASSHTO podemos tener en cuentas lo siguiente:

### 2.4.1 Pendientes Mínimas

En los tramos en corte generalmente se evitará el empleo de pendientes menores de **0,5%**. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo superior a **2%**.

### 2.4.2 Pendientes Máximas

El proyectista tendrá, en general, que considerar deseable los límites máximos. También debemos tener en cuenta que las pendientes máximas se relacionan con la velocidad directriz o de diseño por ejemplo: para una pendiente de 5% se considera apropiada para una velocidad directriz de 110 Km/hs, para una velocidad de 50Km/hs el rango de la pendiente estará entre 7% a 12% dependiendo de la topografía.

**En pendientes cortas** menores a 150mtrs y para pendientes de bajada en un sentido el máximo gradiente puede estar alrededor de del 1% el mas empinado.

**Para carreteras** rurales de bajo volumen las pendientes mas empinadas pueden ser de 2% la mas empinada.

En pavimentos sin cordones se pueden usar pendientes de 0%, en caso de tener cordones se debe tener en cuenta una pendiente mínima para asegurar el escurrimiento del agua.

La normas AASTHO nos establece también que la pendiente máxima esta también en función de LAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES DE LOS VEHÍCULOS PESADOS de la misma forma que para las RAMPAS.

**Pendientes Máximas Absolutas**

Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados, en las condiciones más desfavorables de pavimento. El Proyectista tendrá, excepcionalmente, como máximo absoluto, el valor de la pendiente máxima, incrementada hasta en 1%, para todos los casos. Deberá justificar técnica y económicamente la necesidad del uso de dicho valor.

## 2.5. CONCLUSIONES DEL PERFIL LONGITUDINAL

En base a las recomendaciones y limites anteriores puedo verificar si en el DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL DEL CAMINO O ALINEAMIENTO VERTICAL que se realizo en el proyecto cumple con o se adecue en función de estas.

Lo que se observo en al plano del perfil longitudinal de la vía fue lo siguiente:

- RASANTE (color magenta) va casi pegada a la TRAZA del terreno ya que al ser un terreno poco ondulado por razones de economía, la rasante seguirá las inflexiones del terreno, sin perder de vista las limitaciones impuestas por la estética, visibilidad y seguridad.
- En cuanto a las pendientes puedo decir que al ser una via destinada a un paseo recreacional sus velocidades son bajas y además no es un terreno sinuoso por lo que los vehículos pesados no serán un limitante entonces no tenemos un limite en cuanto a las PENDIENTES MÁXIMAS.
- En cuanto las pendientes mínimas lo que se observa es que al tener un perfil transversal con cordones cuneta debemos asegurar el escurrimiento por estos por lo que se tuvo en cuenta tener siempre una pendiente mínima de desagüe.

- se pudo observar el perfil longitudinal que en un principio la rasante a lo largo de las progresivas solo tenía o estaba separada por cuatro pendientes longitudinales de las cuales la que tenía la pendiente máxima se encontraba entre las progresivas 00+350 a 00+575 y la cual era de 1,85%. Pero luego en el desarrollo de la construcción de la misma se optó por separar a la rasante en 7 pendientes teniendo ahora una pendiente máxima entre la progresiva 00+400 y la 00+475 lo que provocó un aumento de curvas verticales y un mayor movimiento de suelo en lo que respecta a desmonte.

Si observamos estos valores máximos de pendiente y tomamos la recomendación anterior que nos decía que para una velocidad de 50Km/hs el rango de la pendiente estará entre 7% a 12% dependiendo de la topografía, podemos ver que la pendiente máxima del proyecto no está condicionada por la velocidad de la vía y que está en función exclusivamente de la topografía y del desagüe de la misma. Ahora bien si observamos las pendientes mínimas tenemos que nos ocurre lo mismo que con la pendiente máxima, es decir que al tener una rasante de proyecto y una corrección en obra vamos a tener también en este caso dos pendientes mínimas las cuales la primera se encontraría entre las progresivas 00+595 y la 00+650 la cual era de 0,65% y la segunda entre 00+584 y 00+650 la cual es de 0,48% lo cual no tuvo casi incidencia en el proyecto porque fue casi en el mismo tramo y no produjo cambios en el movimiento de suelo. Lo que si puedo observar acá es que se deja en claro que existe un limitante mínimo de pendiente y que es el escurrimiento de las aguas en la vía

### PERFIL TRANSVERSAL

Son perfiles topográficos en direcciones perpendiculares al eje de la carretera por los puntos secuenciales. Se utilizan para calcular los movimientos de tierras y los bordes de la explanación de la carretera. Los perfiles transversales se pueden obtener de forma aproximada a partir de la cartografía base. Pero lo más preciso es obtenerlos en campo una vez replanteado el eje. Acá es importante tener en cuenta el tipo de perfil a emplear a la hora de materializar el mismo. A continuación se puede observar alguno de los tipos más usados en función de su zona.

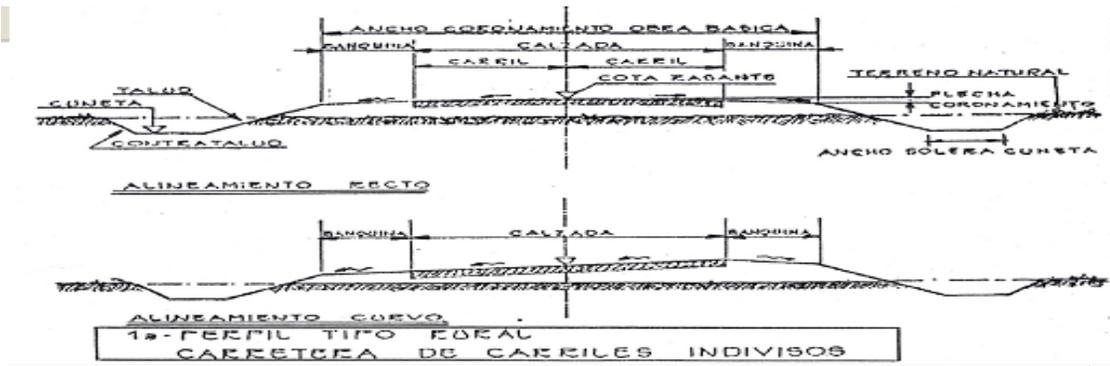


Fig. N° 15-2 Perfiles Transversales

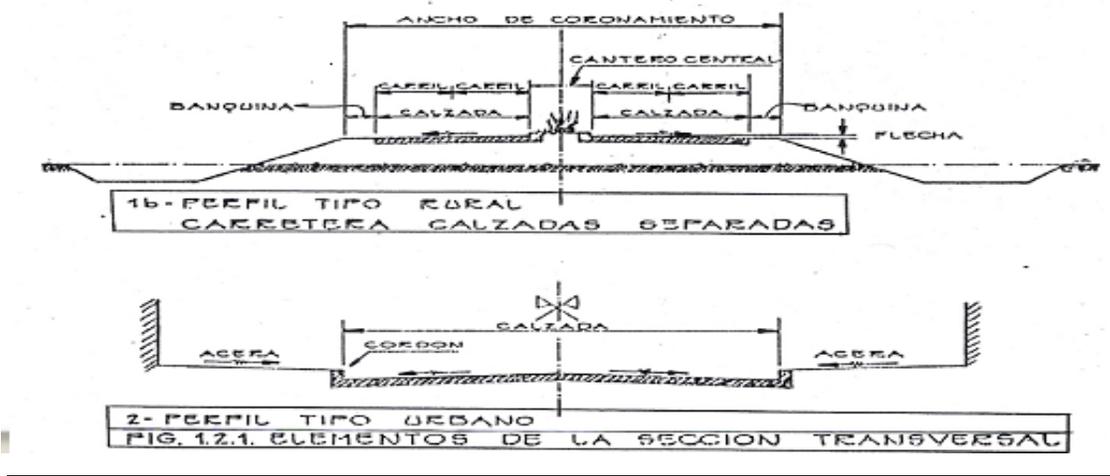


Fig. N° 16-2 Perfiles transversales

En nuestro caso también será importante tener en cuenta el tipo de perfiles en calzada las que usualmente se usan son:

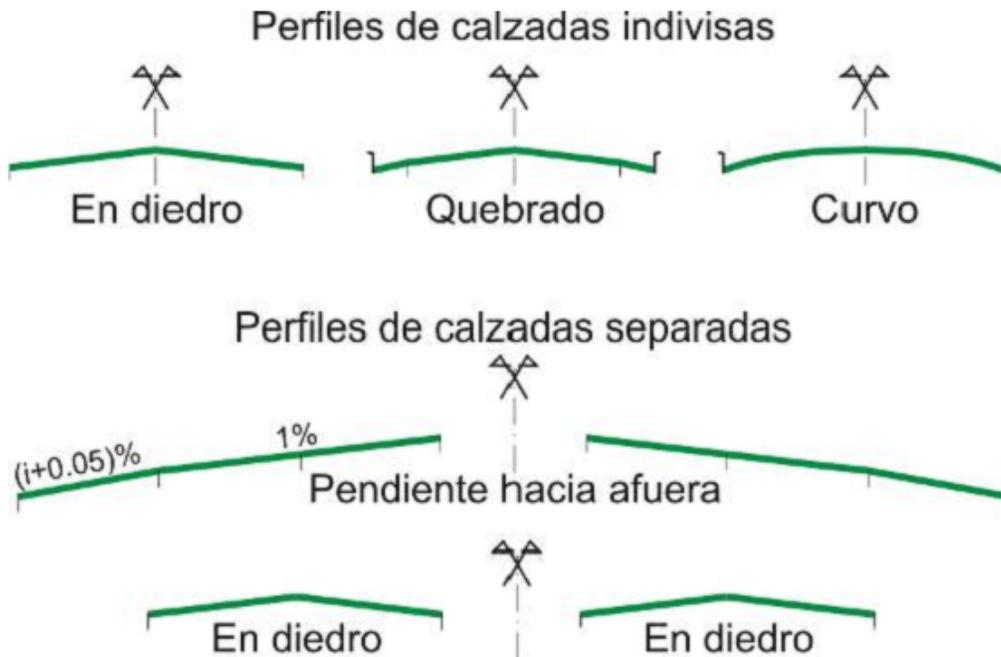


Fig. N° 17-2 Tipos de perfiles

**1 Análisis del perfil del proyecto**

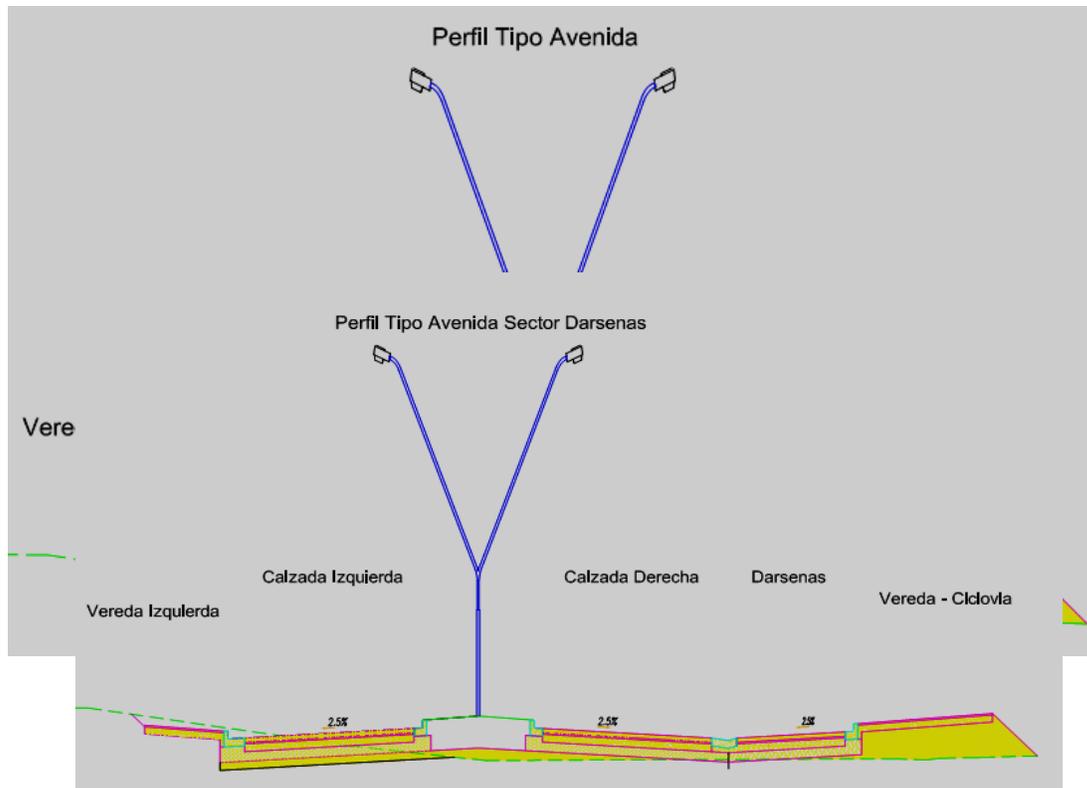


Fig. N° 19-2 Perfil de Proyecto en Zona de Dársena

En el diseño del proyecto se usó un PERFIL DE CALZADAS SEPARADAS por un canchero central cuya pendiente transversal es de 2 % y termina en un cordón cuneta ya que se trata de un pase con características urbanas. Como se puede observar el perfil tipo consta de un canchero central de 4 metros de ancho y dos calzadas de 6,10 mtrs de ancho que a su vez están divididas en dos carriles de igual sentido de 3,00 mtrs de ancho, también podemos observar que esta compuesto por dos veredas hacia ambos lado de 3 mtrs y que a su vez solo en la vereda derecha tenemos una ciclovía de 2 mtrs

Acá podemos observar el perfil transversal de una sección ubicada en donde se encuentra la dársena como podemos observar la geometría se mantiene lo único que se agrega acá es la dársena y la cuneta hacia donde desagua la misma junto con la calzada uniéndose esta luego a la cuneta de la sección tipo de la vía.

Como podemos apreciar en estos dos perfiles vemos que la calzada escurre hacia el cordón con una pendiente del 2% por ser la carpeta de rodadura de hormigón en este caso también es la pendiente sugerida mínima para adoquines de acuerdo a las siguientes tablas 5-2 y 6-2 que se observan a continuación.

Tipo de pavimento	Pendientes transversales (%)
Hormigón	2
Concreto asfáltico	2
Carpeta bituminosa y macadam a penetración	2,5
Tratamientos bituminosos tipos doble y simple	3
Tratamiento bituminoso tipo simple	3

TIPO DE PAVIMENTO	ZONA HUMEDA	ZONA SECA
HORMIGON	2,00	1,50
CONCRETO ASFALTICO	2,00	2,00
CARPÉTA BITUMINOSA	2,50	2,00
TRATAM. BITUM. DOBLE O TRIPLE	2,75	2,50
TRATAM. BITUM. SIMPLE	3,00	3,00

Tabla 6-2 pendiente del perfil transversal en función del tipo de pavimento y de la zona

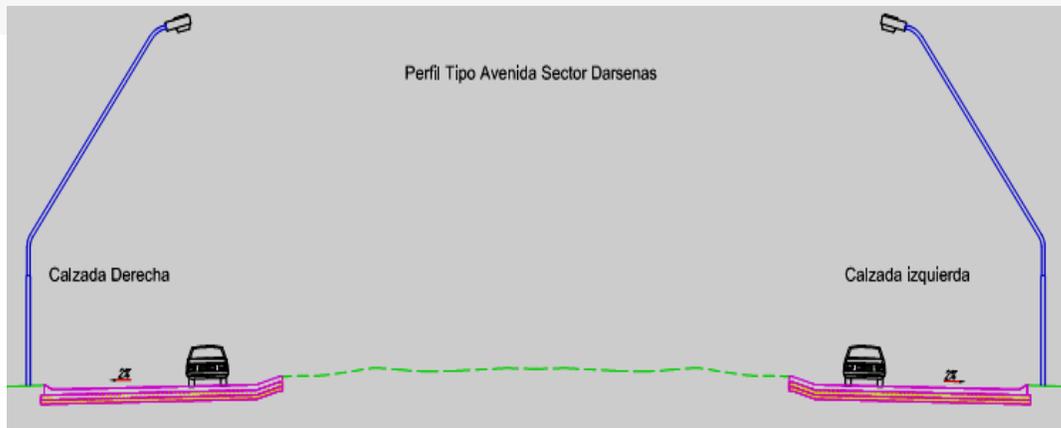


Fig. N° 20-2 Perfil transversal en zona de Rotonda

En este perfil transversal en la sección de rotonda podemos observar que la pendiente de escurrimiento es también de 2%.

Algo importante a tener en cuenta es el peralte de las rotondas, de los cual puedo decir que según la A.A.S.H.T.O. al respecto indica que:

- Existen Varias Tasas de pmax.: 4, 6, 8, 10 y 12%
- Siempre menor a 12%
- Para carreteras urbanas 4 a 6%(arteriales)
- El peralte puede omitirse en calles urbanas de baja Velocidad (locales)

**Por lo que si analizamos el proyecto tenemos que al tratarse de un paseo en el cual las velocidades son bajas se opto con omitir el mismo siendo así en esta vía el peralte cero.**

### 2.5.1.1 Numero de trochas o carriles, ancho de calzada y carril

Si evaluamos este proyecto como zona rural y tomamos al camino como tipo de camino con categoría entre IV y V deberíamos tomar dos carriles por sentido como se observa en la siguiente tabla y con este también podríamos determinar una velocidad directriz

Categoría del camino	Características básicas			Topografía	Velocidad directriz (km/h)
	TMDA	Control de Accesos	N° de trochas		
Especial	≥ 15000	Total	> (2 + 2)	Llanura	130
				Ondulada	110
I	5000 a 1500	Total o Parcial	2 + 2	Llanura	130
				Ondulada	110
				Montañosa	80
II	1500 a 5000	Parcial	2	Llanura	120
				Ondulada	100
				Montañosa	70
III	500 a 1500	Parcial o sin control	2	Llanura	110
				Ondulada	90
				Montañosa	60
IV	150 a 500	sin control	2	Llanura	100
				Ondulada	70
				Montañosa	40
V	< 150	sin control	2	Llanura	90
				Ondulada	50
				Montañosa	30

(preguntar profe).

Fig. N° 21-2 Determinación del número de carriles

De esta forma una velocidad aproximada de 50 km/hs podemos entrar en la siguiente tabla y determinar así también el ancho de calzada el cual se corresponde con el adoptado en el proyecto.

VELOC. DIRECT.	CATEG. ESPEC.	CAT. I	CAT. II	CAT. III	CAT. IV	CAT. V
30 Km/h	---	--	---	---	---	6,00
40	---	---	---	---	6,00	6,00
50	--	---	---	---	6,00	6,00
60	---	---	---	6,70	6,00	6,00
70	---	---	6,70	6,70	6,70	6,00
80	---	7,00	6,70	6,70	6,70	6,00
90	---	7,00	6,70	6,70	6,70	6,00
100	---	7,50	7,30	6,70	6,70	6,00
110	7,50	7,50	7,30	7,30	6,70	---
120	7,50	7,50	7,30	7,30	---	---
130	7,50	7,50	7,30	---	---	---

Fig. N° 22-2 Determinación de ancho de calzada

De acuerdo a esta tabla obtenida de las normas de vialidad nacional nos deja más en claro que la categoría de nuestro camino es del tipo V ya que en proyecto se tomo este ancho de calzada.

En cuanto al ancho del carril podemos decir que la norma nos plantea la siguiente condición:

Se definen dos anchos de carril:

para  $V \geq 80$  km/h (alta velocidad) se adopta 3,65 m

para  $V < 80$  km/h (baja velocidad) se adopta 3,35 m

En este caso en el proyecto se tomo un ancho como ya se dijo de 3 mtrs.

### 2.5.1.2 Movimiento de suelo

Como sabemos en toda obra de vías terrestres incluso en las más básicas, sabemos que su materialización implica la necesidad de efectuar un movimiento de suelo a fin de obtener una superficie de asiento de la calzada que satisfaga por un lado los parámetros básicos del diseño geométrico (pendientes, rampas, ancho de coronamientos, etc.) como así también las obras necesarias para de protección, drenaje, o de obras de arte para salvar obstáculos naturales (arroyos, ríos, etc.) o artificiales (vías férreas, caminos, canales, etc.)

De esta forma es que el movimiento de suelo se convierte en un factor de gran importancia para la ejecución de la obra sobre todo en el costo de la misma, es este el que nos define la poligonal base a elegir entre todas las alternativas posibles, incluso podemos decir que al momento de establecerse por va a ser el recorrido de la poligonal ya se está teniendo en cuenta el movimiento de suelo, por medio de los desmontes y terraplenes a realizar en su recorrido.

Además podemos decir que también en función de este se establecen parámetros importantes que hacen al diseño geométrico de la vía, como son: la rasante, ubicación de obras de drenaje, tipo de perfil transversal, etc.

Es por lo antes mencionado que se debe hacer un buen análisis de los perfiles transversales y longitudinales para poder así estudiar cómo se va a realizar el movimiento de suelo ya que en función de este se establecerán:

Los tipos de equipos a emplear en el movimiento.

Distribución de suelos.

Compensaciones transversales y longitudinales a realizar

Si será necesario depósitos o zonas de préstamo.

Método de distribución de suelos a usar, etc.

En base a lo antes mencionado voy a realizar un breve análisis del movimiento de suelo realizado en el proyecto el PASEO PARQUE KEMPES.

Lo primero que voy a analizar es su **planimetría**, de esta puedo decir lo siguiente:

Si observamos las curvas de nivel podemos observar que la poligonal base se encuentra prácticamente marcada por el relieve de la zona de proyecto, como también se puede observar en la imagen satelital a continuación



Fig. N° 23-2 Zona de Poligonal base de proyecto

Debemos tener en cuenta además que se buscaba dañar lo menos posible la vegetación autóctona de la zona por lo que también esta fue un limitante a la zona de la elección de la poligonal base. Por lo que podría concluir diciendo que la zona de proyecto fue determinada por el relieve y la vegetación misma de la zona.

En segundo lugar analizare el perfil longitudinal del cual puedo decir lo siguiente:

La rasante acompaña prácticamente a la traza del terreno, excepto en ciertas zonas donde se aleja pero no en demasía.

Por lo anterior podemos ver que no existe gran diferencia en volúmenes entre zonas de terraplén y desmonte.

La compensación longitudinal de suelo resulta sencilla y sin problemas de distancia de transporte de suelo, esto se ve en todo el perfil, también podemos decir que al ser un proyecto de pequeña envergadura no produce conflictos en cuanto a la distancia de transporte de suelo.

Podemos ver también que las obras de drenaje como son las alcantarillas se ubicaron en zonas donde no fue necesario realizar un desmonte para colocar las mismas sino al contrario ya que al colocarlas en ese lugar producían una disminución en la compensación longitudinal, esto se pudo lograr gracias a que tampoco existían un

limitante hidrológico en la cuenca analizada para el escurrimiento de las aguas superficiales de lluvia.

Por último lugar realizare un breve análisis del perfil transversal del cual también puedo decir:

Como se puede observar en la planimetría se colocaron los piquetes de donde se obtendrán los perfiles transversales cada 25 mtrs.

Se puede observar que desde la progresiva 00+050 a la 00+125 no existe una compensación transversal.

Desde la progresiva 00+150 a la 00+200 tenemos que se produce un desmonte del terreno y luego en la progresivas 00+225 hasta la progresiva 00+325 existe la necesidad de terraplenar el terreno para alcanzar los niveles necesarios de proyecto. Se puede decir entonces que entre estos piquetes existe a su vez una compensación longitudinal.

Luego desde la progresiva 00+350 a la 00+425 tenemos que se produce una compensación transversal del suelo.

En los siguientes perfiles transversales se puede observar ligeras compensaciones transversales e incluso en los últimos piquetes se obtuvo perfiles en donde prácticamente no existe un movimiento de suelo, sino solamente un mejoramiento de suelo nada más. Con el análisis antes realizado puedo afirmar que en este proyecto el movimiento de suelo no fue uno de los condicionantes del mismo ya que como se vio en los planos de los perfiles y en la planimetría las zonas de desmonte y terraplenado no son grandes, y de acuerdo a la rasante adoptada existió una escasa compensación tanto longitudinal como transversal. Lo que si puedo agregar es que existió un mayor nivel de desmonte por lo que se tuvo que establecer zonas de depósitos del material de desmonte, pero como hacia los lados tenemos zonas descampadas y lugares donde se necesitaba un terraplén se tomaron algunas zonas próximas a la vía pero que no produjo ningún conflicto a la hora de usarla como depósito.

En cuanto a los equipos usados para el movimiento de suelo fueron:

- Moto niveladora
- Retroexcavadora
- Pala excavadora
- Bobcat
- Bateas
- Camión de caja de 4 m3 de capacidad.

<b>CAPITULO</b>	<b>PLAN DE TRABAJO Y MATERIA PRIMA</b>
<b>3</b>	

### **3. PLAN DE AVANCE DE TAREAS ESTABLECIDO POR LA EMPRESA AFEMA S.A.**

En cuanto al plan de avance planteado por la empresa para la realización de las tareas o ítems del proyecto se baso en la Tabla 7-3 que se anexa a continuación en la cual podemos observar que el ítems que ocupo más tiempo fue la tarea de limpieza que se fue realizando a medida que se avanzando en el proyecto. Al igual que la realización del terraplén.

Como se puede observar también la base se realizo prácticamente en 3 etapas en la via se realizo en dos etapas para la realización del cordón cuneta y una tercera que se realizo como soporte estructural de la vereda.

Existieron modificaciones en el proyecto que motivaron a la modificación del plan de avance dichos cambios se hicieron sobre la marcha por lo que nunca se cambio o modifiko el plan de avance pero existió un ítems que casi fue eliminado que fue el de la CARPETA ASFÁLTICA SOBRE LA VEREDA que inicialmente se pretendía que fuere totalmente de asfalto y se termino realizando de hormigón.

En cuanto a la realización de los cordones cunetas se fueron realizando a medida que se iba terminando el ítems anterior a este mas a delante se detallara la etapa constructiva pero justamente por esta fue que se tuvo en ocasiones que avanzar en este ya que en otro no se podía.

Es importante destacar que uno de los ítems fue eliminado de del plan de avance y este fue LA IMPRIMACIÓN que tendría que haber iniciado el 02/09/2014 pero la empresa encargada de su realización estudio la posibilidad de que no era necesario su realización ya que con un buen sellado era suficiente y garantizo que no aria falta poniendo en compromiso que si existía alguna falla en el paquete por la falta de este ítems ellos se harían responsables de los trabajos necesarios para el arreglo de la vía.

En cuanto a la colocación de adoquines y terminación del paquete estructural todo se fue corriendo en tiempos de tal forma que no se pudo terminar de acuerdo al tiempo estimado en el plan de avance por modificaciones realizadas sobre la marcha.

PLAN DE AVANCE			LU	LU	LU	LU	LU	LU	LU	LU	LU			
OBRA: BV KEMPES			05/08 A 10/8	12/08 A 17/8	19/08 A 24/8	26/08 A 31/8	02/09 A 7/9	09/09 A 14/9	16/09 A 21/9	23/09 A 28/9	30/09 A 5/10	7/10 A 12/10	CANTIDAD A EJECUTAR	SUMA
	BV.													
1	LIMPIEZA	GL	0,60 60,0%	0,10 10,0%	0,10 10,0%	0,10 10,0%	0,10 10,0%						1	1,00 1,00
2	TERRAPLEN	M3	3.500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00					6.000,00	6.000,00
3	PREPARACION DE SUBRASANTE CALZADA	M2	5.325,98 39,4%	4.250,98 31,4%	3.175,98 23,5%	775,98 5,7%							13.528,90	13.528,90 100,0%
4	SUB-BASE	M3	562,28 26,4%	668,59 31,4%	542,59 25,5%	353,59 16,6%							2.127,04	2.127,04 1,00
5	BASE GRANULAR CALZADA 1º ETAPA	M3		504,21 26,5%	540,96 28,4%	540,96 28,4%	317,52 16,7%						1.903,65	1.903,65 1,00
6	CORDON CUNETAS	M3		71,57 16,6%	62,12 14,4%	71,57 16,6%	62,12 14,4%	71,57 16,6%	76,99 17,9%	14,87 3,5%			430,80	430,80 1,00
7	BASE GRANULAR CALZADA 2º ETAPA	M3				104,18 23,6%	137,78 31,2%	137,78 31,2%	62,18 14,1%				441,92	441,92 1,00
8	IMPRIMACION	TNS					2,60 23,6%	3,44 31,2%	3,44 31,2%	1,55 14,1%			11,05	11,05 1,00
9	PREPARACION DE SUBRASANTE VEREDAS	M2					1.728,73 25,0%	2.211,73 32,0%	2.211,73 32,0%	762,73 11,0%			6.914,91	6.914,91 1,00
10	ADOQUIN INTERTRABADO	M2						2.604,49 23574,4%	3.444,49 31177,6%	3.444,49 31177,6%	1.554,49 14070,4%		11.047,98	11.047,98 1.000,00
11	BASE GRANULAR VEREDAS	M3						172,84 25,0%	220,19 31,8%	220,19 31,8%	78,13 11,3%		691,34	691,34 1,00
12	CARPETA ASFALTICA VEREDAS C/IMPRIMACION	TNS								292,27 50,0%	292,27 50,0%		584,54	584,54 1,00
13	HORMIGONES PARA OBRAS DE ARTE	M3			0,2 20,0%	0,2 20,0%	0,2 20,0%	0,2 20,0%	0,2 20,0%				1,00	1,00 100,0%

Tabla 8-3 Plan de avance del Kempes

**3.1. Distribución de Ítems a las empresas sub-contratadas por AFEMA S.A.**

Como mencionamos anteriormente la empresa AFEMA S.A. sub-contrato otras empresas para la realización de los distintos ítems del plan de avance, las cuales fueron distribuidas de la siguiente forma:

EMPRESAS SUBCONTRATISTAS	Un.	CANTIDAD A EJECUTAR	INGEMAX-UCONS	MASCO	AFEMA	ARENA HNOS
1	GL	1				
2	M3	6.000,00				
3	M2	13.528,90				
4	M3	2.127,04				
5	M3	1.903,65				
6	M3	430,80				
7	M3	441,92				
8	TNS	11,05				
9	M2	6.914,91				
10	M2	11.047,98				
11	M3	691,34				
12	TNS	584,54				
13	M3	1,00				

Tabla 9-3 Empresas sub-contratadas por ítems

### **3.1.1 AFEMA S.A.**

Es una empresa constructora especializada en el desarrollo de obras viales, en cuanto a la construcción, reforma y reparación de obras de infraestructura para el transporte (incluye la construcción, reforma y reparación de calles, autopistas, carreteras, puentes, túneles, vías férreas y pistas de aterrizaje, la señalización mediante pintura, etc.) con amplia experiencia en el mercado.

Domicilio: Ruta Provincial 111 Km 7 1/ 7500, El Retiro (5012), Córdoba, Argentina

### **3.1.2 INGEMAX-UCONS**

Empresa constructora vial. Construcción de calzadas, calles, rutas, rotondas, accesos, cordón cuneta, lomadas, playas de estacionamiento y de maniobras. Demolición de pavimentos, construcciones. Movimiento de suelos, acondicionamiento de lotes. Apertura y mantenimiento de caminos enripiados. Construcción de pisos de grandes superficies, galpones. Fundaciones, excavaciones. Trabajos en hormigón y asfalto. Construcción de puentes, tierra armada. Alcantarillas, paso nivel ferroviario. Creación, asesoramiento y dirección de proyectos viales.

### **3.1.3 ARENA HERMANOS**

Nuestra actividad principal es la fabricación de premoldeados de hormigón.

**Arena Hnos.** inicia la actividad en el año 1954 con el fin de autoabastecer las construcciones que por entonces realizaban sus fundadores.

Pronto comercializamos esos productos y en pocos años extendimos la venta a través de distribuidores.

**Inducon Argentina** nace en el año 2007 generando el mayor crecimiento en la historia del Grupo con una planta modelo de alta producción y calidad.

Actualmente fabricamos bloques y adoquines de hormigón para las más diversas construcciones cualquiera sea su magnitud, ubicación y finalidad.

Además, brindamos servicios en construcción siendo el principal segmento el de pavimentos intertrabados.

### **3.1.4 MASCO**

Es una empresa dedicada a la realización de obras viales con una amplia experiencia en el mercado. En cuanto a esta empresa no pude encontrar demasiada información ya que por lo que parece no una empresa de gran magnitud a nivel vial.

## **3.2. Proveedores de la Mataría Prima y Distribución en obra**

En este apartado mencionare los materiales empleados para la realización del paquete estructural y elementos componentes de la vía estableciendo de donde se obtuvieron los mismos, control de volúmenes de ingreso y uso en obra como también la forma de distribución en la zona de trabajo.

En cuanto al material usado para las distintas capas del paquete estructural estos fueron obtenidos como se observa en la siguiente TABLA

CAPAS DEL PAQUETE	CANTERAS Y PROVEEDORES							
	AFEM A	CANTERA RUIZ	DIQESI TO	MORGA N	SAN NICOLÁS	HOLCI M	HORMI-BLOK	ARENA HER.
SUB-RASANTE								
SUB-BASE								
BASE GRANULAR 1°								
BASE-GRANULAR 2°								
ADOQUINES DE H°S°								
HORMIGON H-21								
SUELO								

Tabla 10-3 Canteras de aprovisionamiento de materiales

Como podemos observar en la tabla anterior en el caso de la subrasante no fue necesario el aprovisionamiento ya que se uso el mismo suelo de la zona para la realización de la misma, en cuanto a las demás capas si fue necesario la provisión por medio de canteras y de acuerdo a lo establecido por el pliego de especificaciones técnicas se solicito el material el cual debió cumplir con los requerimientos del mismo para poder usarse en obra.

### 3.3. Volúmenes de Materiales empleados y su control en obra

Para la determinación de los volúmenes de materia a usar lo que se realice la siguiente tabla la cual no solo sirvió para determinar volumen sino también la use para establecer la distribución del material en obra.

Como podemos observar en las tablas lo que hice es tomar la densidad de cada material, esta es la densidad compactada claro esta y la obtengo del proctor, una vez que tengo esta y conociendo el ancho de la calzada y el espesor de la capa puedo determinar el peso de material que necesito por metro lineal y de esta forma a medida que vienen los

camiones se puede organizar su descarga en base a la necesidad a de trabajo a cubrir

DISTRIBUCION DE SUB-BASE			DISTRIBUCION DE BASE GRANULAR			DISTRIBUCION DE BASE		
GEOMETRIA		PESO(tn/m)	GEOMETRIA		PESO(tn /m)	GEOMETRIA		PESO(tn/m)
ANCHO CALZADA	7,9	2,6	ANCHO CALZADA	7,6	2,5	ANCHO CALZADA	7,6	3,2
ESPESOR	0,15		ESPESOR	0,14		ESPESOR	0,18	
DENSIDAD	2,13		DENSIDAD	2,3		DENSIDAD	2,3	

CARGA DE CAMIONES (Tn)	LONG. A DISTRIBUIR (m)	CARGA DE CAMIONES (Tn)	LONG. A DISTRIBUIR	CARGA DE CAMIONES (Tn)	LONG. A DISTRIBUIR
30,00	11,60	30,00	12,00	30,00	10,00
31,00	12,00	31,00	12,40	31,00	10,00
32,00	12,40	32,00	12,80	32,00	10,00
33,00	12,70	33,00	13,20	33,00	11,00
34,00	13,10	34,00	13,60	34,00	11,00
35,00	13,50	35,00	14,00	35,00	11,00
36,00	13,90	36,00	14,40	36,00	12,00
37,00	14,30	37,00	14,80	37,00	12,00
38,00	14,70	38,00	15,20	38,00	12,00
39,00	15,00	39,00	15,60	39,00	13,00
40,00	15,40	40,00	16,00	40,00	13,00
41,00	15,80	41,00	16,40	41,00	13,00
42,00	16,20	42,00	16,80	42,00	14,00
43,00	16,60	43,00	17,20	43,00	14,00
44,00	17,00	44,00	17,60	44,00	14,00
45,00	17,40	45,00	18,00	45,00	15,00
46,00	17,70	46,00	18,40	46,00	15,00
47,00	18,10	47,00	18,80	47,00	15,00
48,00	18,50	48,00	19,20	48,00	15,00
49,00	18,90	49,00	19,60	49,00	16,00
50,00	19,30	50,00	20,00	50,00	16,00

Tabla 11-3 Distribución de materiales componentes de las distintas capas dentro de las progresivas establecidas, esta también sirve para que basándonos a el plan de avance podemos determinar los camiones a emplear para el trabajo del día o de la semana. Creo que si esto se hubiera realizado de esta forma se hubieran evitado algunos inconvenientes que hubo a la hora de le recepción del material y en los tiempos de trabajo.

Dsh Suelo-Arena (tn/m <sup>3</sup> )	Esp. SUB-BASE	SUB-BASE					Volumen Necesario calzada m <sup>3</sup>			CANTIDAD		
		Ancho Calzada		PROGRESIVAS		Longitud Tramo	Izquierda	Derecha	Vol.total	Tramo	tramo	TOTAL
		Izquierda	Derecha	Prog. Inicial	Prog. Inicial							
2,13	0,15	7,9	7,9	0+075.000	0+100.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	2939,40
2,13	0,15	7,9	7,9	0+100.000	0+125.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+125.000	0+150.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+150.000	0+175.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+175.000	0+200.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+200.000	0+225.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+225.000	0+250.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+250.000	0+275.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+275.000	0+300.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+300.000	0+325.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+325.000	0+350.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+350.000	0+375.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+375.000	0+400.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+400.000	0+425.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+425.000	0+450.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+450.000	0+475.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+475.000	0+500.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+500.000	0+525.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+525.000	0+550.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+550.000	0+575.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+575.000	0+600.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+600.000	0+625.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+625.000	0+650.000	25,000	29,625	29,625	59,25	60,00	127,8	
2,13	0,15	15,8				575,0	volumen de las dos calzadas			1430,8875	3047,7904	

Tabla 12-3 Distribución de material de sub-base

VOLUMEN DE LAS DARCENAS		
DIMENSIONES PARA SUB-BASE		CANTIDAD (tn)
LONG.	60	258,795
ANCHO	4,5	
ESP.	0,15	
DENSIDAD	2,13	

VOLUMEN DE ROTONDA 1		
DIMENSIONES PARA SUB-BASE		CANTIDAD (tn)
RADIO 1	13	457,473
RADIO 2	25	
AREA	1431,84	
ESP.	0,15	
DENSIDAD	2,13	

VOLUMEN DE ROTONDA 3		
DIMENSIONES PARA SUB-BASE		CANTIDAD (tn)
RADIO 1	16,95	387,347
RADIO 2	25,95	
AREA	1212,354	
ESP.	0,15	
DENSIDAD	2,13	

VOLUMEN DE ROTONDA 2	
DIMENSIONES PARA SUB- BASE	CANTIDAD (tn)

ETAPAS	Dsh Suelo- Arena (tn/m^3)	Esp. BASE	BASE GRANULAR 1°ETAPA					volumen Necesario calzada m		Vol. total	CANTIDAD Tn		
			Ancho Calzada		PROGRESIVAS		Longitud Tramo	Izquierda	Derecha		Tramo	DOS	TOTAL
			Izquierda	Derecha	Prog. Inicial	Prog. Inicial							
1	2,13	0,14	7,6	7,6	0+075.000	0+100.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	2645,46
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+100.000	0+125.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+125.000	0+150.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+150.000	0+175.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+175.000	0+200.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+200.000	0+225.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+225.000	0+250.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+250.000	0+275.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+275.000	0+300.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+300.000	0+325.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+325.000	0+350.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+350.000	0+375.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+375.000	0+400.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+400.000	0+425.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+425.000	0+450.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+450.000	0+475.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+475.000	0+500.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+500.000	0+525.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+525.000	0+550.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+550.000	0+575.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
	2,13	0,14	7,6	7,6	0+575.000	0+600.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02	
2,13	0,14	7,6	7,6	0+600.000	0+625.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02		
2,13	0,14	7,6	7,6	0+625.000	0+650.000	25,000	26,6	26,6	53,2	54,00	115,02		
	2,13	0,14	15,2		575,0		volumen de las dos calzadas			1284,78	2736,5814		

Tabla 13-3 Distribución de base granular

VOLUMEN DE LAS DARCENAS		CANTIDAD (tn)
DIMENSIONES PARA SUB-BASE		
LONG.	60	<b>258,795</b>
ANCHO	4,5	
ESP.	0,15	
DENSIDAD	2,13	

VOLUMEN DE ROTONDA 1		CANTIDAD (tn)
DIMENSIONES PARA SUB-BASE		
RADIO 1	13	<b>457,473</b>
RADIO 2	25	
AREA	1431,84	
ESP.	0,15	
DENSIDAD	2,13	

VOLUMEN DE ROTONDA 3		CANTIDAD (tn)
DIMENSIONES PARA SUB-BASE		
RADIO 1	16,95	<b>387,347</b>
RADIO 2	25,95	
AREA	1212,354	
ESP.	0,15	
DENSIDAD	2,13	

VOLUMEN DE ROTONDA 2		CANTIDAD (tn)
DIMENSIONES PARA SUB-BASE		
RADIO 1	13	<b>361,163</b>
RADIO 2	23	
AREA	1130,4	
ESP.	0,15	
DENSIDAD	2,13	

Tabla 14-3 Distribución base granular en rotondas y dársenas

Con estas tablas se pudo determinar todos los volúmenes de los distintos áridos usados para las distintas capas e incluso para las diferentes etapas de trabajo como se da en el caso de la base granular como se ve en las tablas anteriores los únicos parámetros necesarios fueron las progresivas obtenidas de los planos los datos del perfil de cada zona es decir perfil transversal tipo en la zona de carretera sin dársenas, el perfil el cual incluye las dársenas y el perfil de las rotondas, con estos datos se pudo obtener los valores de los volúmenes de material usado en cada capa.

Para la realización del control de los volúmenes usados y pedidos realice otras tablas en las cuales se tabulaban el peso de material con el que entraba cada camión y la cantera de donde provenía de esta forma se tenía un control de los volúmenes de suelo entrantes en obra lo cual también serviría para verificar los volúmenes establecidos en los cómputos de movimiento de suelo realizados por la empresa.

De la misma forma que realice planillas para el control de los áridos que ingresaban a la obra también realice planillas para el control de todos los materiales que ingresaron a la obra, como ser volumen de hormigón, mayas cima usadas en veredas etc.

A continuación vemos todas las tablas usadas las cuales tienen la misma forma de uso que las tablas anteriores, sacando valores y cantidades de los remitos correspondiente a cada elemento.

MATERIAL	REMITO	FECHA	

			CANTERA	CANTIDAD	unit.	Por dia	TOTAL PARCIAL
<b>AGOSTO</b>							
TAMBORES	3113	30/08/2013	Afema Afema	5	num. num.	5	5
<b>SEPTIEMBRE</b>							
MAYAS diam. 6	14158	02/09/2013	DE HIERRO	35	num.	35	135
	14330	13/09/2013	DE HIERRO	100	num.	100	
	14543	30/09/2013	DE HIERRO	134	num.	134	
Arena lav. Gr.	104515	04/09/2013	cant. Ruiz	44,58	tn	44,58	44,58
CAÑOS diam. 60	3179	11/09/2013	Afema	20	num.	20	20
BARANDAS	9330	26/09/2013	IMBAL	6	num.	6	6

Tabla 17-3 control de Suelo

REMITO	FECHA	FRESADO				
		CANTERA	Por camion	unit.	Por dia	TOTAL PARCIAL
<b>SEPTIEMBRE</b>						
39179	07/09/2013	Afema	37,71	tn	<b>312,99</b>	<b>353,47</b>
39178	07/09/2013	Afema	42,89	tn		
39177	07/09/2013	Afema	41,6	tn		
39171	07/09/2013	Afema	37,61	tn		
39166	07/09/2013	Afema	32,78	tn		
39158	07/09/2013	Afema	38,75	tn		
39156	07/09/2013	Afema	40,19	tn		
39154	07/09/2013	Afema	41,46	tn		
39314	10/09/2013	Afema	40,48	tn	<b>40,48</b>	

REMITOS DE HORMIGON H-21

Remito	Fecha	CANTERA	Tipo	m3	m3 por dia	TOTAL
<b>AGOSTO</b>						
38103	21-ago	Afema	H21	6	6	<b>105,5</b>
38156	22-ago	Afema	H21	8	8	
38241	23-ago	Afema	H21	3,5	10,5	
38208	23-ago	Afema	H21	7		
38374	26-ago	Afema	H21	7	13	
38405	26-ago	Afema	H21	6		
38432	27-ago	Afema	H21	8		
41684	28-ago	Holcim	H21	8	24	
29604	28-ago	Holcim	H21	8		
41653	28-ago	Holcim	H21	8		
41702	29-ago	Holcim	H21	8	14	
41726	29-ago	Holcim	H21	6		
41781	30-ago	Holcim	H21	8	16	
41753	30-ago	Holcim	H21	8		
29709	31-ago	Holcim	H21	6	6	
<b>SEPTIEBRE</b>						
29736	02-sep	Holcim	H21	8	16	
29728	02-sep	Holcim	H21	8		
41882	03-sep	Holcim	H21	8	16	
29744	03-sep	Holcim	H21	8		
38925	04-sep	Afema	H21	7	15	
29791	04-sep	Holcim	H21	8		
29845	05-sep	Holcim	H21	8	23	
29831	05-sep	Holcim	H21	7		
29815	05-sep	Holcim	H21	8		
29901	06-sep	Holcim	H21	8	24	
29880	06-sep	Holcim	H21	8		
29870	06-sep	Holcim	H21	8		
39148	07-sep	Afema	H21	8	32	
29936	09-sep	Holcim	H21	8		
29919	09-sep	Holcim	H21	8		
42079	09-sep	Holcim	H21	8		
174398	10-sep	Hormi-block	H21	8	45	
174367	10-sep	Hormi-block	H21	5		
174354	10-sep	Hormi-block	H21	8		
29962	10-sep	Holcim	H21	8		
29956	10-sep	Holcim	H21	8		
42103	10-sep	Holcim	H21	8		
174458	11-sep	Hormi-block	H21	8	40	
174413	11-sep	Hormi-block	H21	8		
30014	11-sep	Holcim	H21	8		
30002	11-sep	Holcim	H21	8		
42186	11-sep	Holcim	H21	8		
174516	12-sep	Hormi-block	H21	5	21	
30058	12-sep	Holcim	H21	8		
30040	12-sep	Holcim	H21	8		
174542	13-sep	Hormi-block	H21	8	40	
21120	13-sep	Hormi-block	H21	8		
42283	13-sep	Holcim	H21	8		
30125	13-sep	Holcim	H21	8		
30092	13-sep	Holcim	H21	8		
39498	14-sep	Afema	H21	4	12	
39496	14-sep	Afema	H21	8		

174648	16-sep	Hormi-block	H21	8	32	628
174632	16-sep	Hormi-block	H21	8		
30157	16-sep	Holcim	H21	8		
30150	16-sep	Holcim	H21	8		
21131	17-sep	Hormi-block	H21	8	16	
42376	17-sep	Holcim	H21	8		
174764	18-sep	Hormi-block	H21	8	24	
30223	18-sep	Holcim	H21	8		
42407	18-sep	Holcim	H21	8		
174834	19-sep	Hormi-block	H21	8	32	
30246	19-sep	Holcim	H21	8		
42769	19-sep	Holcim	H21	8		
42468	19-sep	Holcim	H21	8		
30292	20-sep	Holcim	H21	8	37	
30295	20-sep	Holcim	H21	8		
42512	20-sep	Holcim	H21	8		
174869	20-sep	Hormi-block	H21	8		
174883	20-sep	Hormi-block	H21	5		
39733	21-sep	Afema	H21	8	16	
39739	21-sep	Afema	H21	8		
30354	23-sep	Holcim	H21	5	36	
30346	23-sep	Holcim	H21	8		
30331	23-sep	Holcim	H21	8		
174960	23-sep	Hormi-block	H21	8		
21142	23-sep	Hormi-block	H21	7		
42632	24-sep	Hormi-block	H21	8	10	
30375	24-sep	Hormi-block	H21	8		
30361	24-sep	Hormi-block	H21	8		
175048	24-sep	Hormi-block	H21	7		
21150	24-sep	Hormi-block	H21	3		
30412	25-sep	Holcim	H21	8	22	
30391	25-sep	Holcim	H21	8		
175084	25-sep	Hormi-block	H21	6		
30440	26-sep	Holcim	H21	8	16	
42727	26-sep	Holcim	H21	8		
30435	26-sep	Holcim	H21	8		
30500	27-sep	Holcim	H21	8	24	
30474	27-sep	Holcim	H21	8		
30487	27-sep	Holcim	H21	8		
40044	28-sep	Afema	H21	8	23	
40047	28-sep	Afema	H21	8		
40057	28-sep	Afema	H21	7		
42800	30-sep	Holcim	H21	8	24	
42825	30-sep	Holcim	H21	8		
42832	30-sep	Holcim	H21	8		
<b>OCTUBRE</b>						
30588	01-oct	Holcim	H21	8	24	85
42892	01-oct	Holcim	H21	8		
30598	01-oct	Holcim	H21	8		
40238	02-oct	Afema	H21	8	32	
40244	02-oct	Afema	H21	8		
30626	02-oct	Holcim	H21	8		
42920	02-oct	Holcim	H21	8		
30982	12-oct	Holcim	H21	8	16	
30985	12-oct	Holcim	H21	8		
30998	15-oct	Holcim	H21	8	13	
31004	15-oct	Holcim	H21	5		
<b>total</b>					<b>818,5</b>	

Tabla 18-3 control de hormigón

137590		Diquecito	18,10	tn		NA
137589		Diquecito	28,80	tn		
137570		Diquecito	17,30	tn		
137569		Diquecito	28,90	tn		
137568		Diquecito	14,90	tn		
137567		Diquecito	28,80	tn		
39359		AFEMA	43,54	tn		
39354		AFEMA	45,93	tn		
1901	16/09/2013	Morgan	43,76	tn	218,26	
1870		Morgan	41,06	tn		
1869		Morgan	41,48	tn		
1150		Morgan	47,98	tn		
1833		Morgan	43,98	tn		
138118	17/09/2013	Diquecito	23,20	tn	313,8	
138117		Diquecito	28,30	tn		
138113		Diquecito	19,60	tn		
138112		Diquecito	28,90	tn		
1904		Morgan	43,70	tn		
1835		Morgan	43,04	tn		
1448		Morgan	39,96	tn		
3301		Morgan	41,00	tn		
138123		Diquecito	30,60	tn		
138124		Diquecito	15,50	tn		
138286	18/09/2013	Diquecito	28,60	tn	391,52	
138287		Diquecito	11,30	tn		
138288		Diquecito	28,00	tn		
138289		Diquecito	10,90	tn		
138292		Diquecito	27,70	tn		
138293		Diquecito	20,60	tn		
138296		Diquecito	30,00	tn		
138297		Diquecito	16,20	tn		
138298		Diquecito	30,60	tn		
138299		Diquecito	13,70	tn		
1622		Morgan	43,74	tn		
1837		Morgan	43,76	tn		
1906		Morgan	42,98	tn		
3204		Morgan	43,44	tn		
138375	19/09/2013	Diquecito	20,60	tn	139,80	
138374		Diquecito	28,30	tn		
138372		Diquecito	28,40	tn		
138373		Diquecito	13,50	tn		
138356		Diquecito	20,70	tn		
138437	20/09/2013	Diquecito	28,40	tn	229,70	
138438		Diquecito	17,90	tn		
138467		Diquecito	30,60	tn		
138468		Diquecito	11,00	tn		
138478		Diquecito	17,50	tn		
138477		Diquecito	30,00	tn		
138480		Diquecito	16,10	tn		
138436		Diquecito	20,50	tn		
138435	Diquecito	28,80	tn			
138479	Diquecito	28,90	tn			
138587	23/09/2013	Diquecito	13,70	tn	91,40	
138586		Diquecito	30,60	tn		
138585		Diquecito	18,20	tn		
138584		Diquecito	28,90	tn		
138637	24/09/2013	Diquecito	30,00	tn	179,90	
138638		Diquecito	16,10	tn		
138642		Diquecito	30,60	tn		
138670		Diquecito	30,00	tn		
138671		Diquecito	15,00	tn		
138676		Diquecito	30,60	tn		
138677		Diquecito	13,50	tn		
138643	Diquecito	14,10	tn			
138709	25/09/2013	Diquecito	30,60	tn	46,10	
138710		Diquecito	15,50	tn		
39928	26/09/2013	AFEMA	43,05	tn	87,15	
39951		AFEMA	44,10	tn		
	103199	Cantera Ruiz	43,85	tn		
	103219	Cantera Ruiz	41,88	tn		
						TOTAL PARCIAL



podría evaluar si el material ingresado fue el realmente necesitado o se produjo un desperdicio lo cual podría causar un cambio en los costos de la obra es por eso que este control es de importancia para la misma a pesar que no fue tenido demasiado en cuenta, yo creo que si es de vital importancia a la hora de ajustar costos.

<b>CAPITULO</b>	<b>TRAZADO Y REPLANTEO DEL PROYECTO</b>
4	

#### 4. TRAZADO Y REPLANTEO

En este apartado voy a tratar de explicar el procedimiento realizado para el replanteo o **levantamiento planialtimetrico** de los distintos puntos que componen la vía para así poder materializar la misma.

Esto se realizara una vez definida en gabinete o en campaña la traza preliminar a lo largo de la cual se desarrollara el futuro camino, es decir que se ha seleccionado la alternativa más conveniente.

Puedo decir entonces que en forma general que la tarea a realizar serán materializar en el terreno los vértices de la poligonal base como así también los puntos intermedios entre estos y que sirvan a su vez al levantamiento planialtimetrico de la zona de camino y que también servirán para dejar testigos para le etapa de la construcción de la obra.

Para realizar este levantamiento planialtimetrico de la zona de camino, es decir los trabajos de campaña se deben realizar dos tareas básicas:

- a) PLANIALTIMETRICAS: que es una proyección sobre un plano x-y este se realiza mediante el piqueteo y amojonamiento del trazado, con levantamiento de detalles.
- b) ALTIMETRICAS: que es una proyección sobre los planos x-z e y-z referidas al levantamiento del perfil longitudinal y los perfiles transversales.

Antes de comenzar con la explicación de los trabajos realizados es necesario tener presente los siguientes conceptos:

**Replantar:** es implantar en el terreno, de forma adecuada e inequívoca la posición de los puntos básicos y representativos de un proyecto, teniendo en cuenta dimensiones y formas indicadas en el plano de diseño.

**Trazar:** es marcar en el terreno con estacas, hito, referencias, los puntos que se desean replantar en el proyecto.

##### 4.1. ANÁLISIS DEL PROYECTO

En cuanto al proyecto puedo decir que los planos topográficos a replantar fueron realizados por proyectistas de vialidad provincial y en ellos se puede visualizar los siguientes aspectos a tener en cuenta para el replanteo:

- Existe una poligonal de apoyo situada en los alrededores de la traza.
- Podemos ver los niveles inferiores de las alcantarillas
- centro de las rotondas
- Puntos fijos y puntos de referencias usados
- Las curvas de nivel de la zona de proyecto

- Radios de todas las curvas existentes en el proyecto.
- El progresivado con sus correspondientes niveles.
- Descripción de la vegetación existente.

En cuanto a los aspectos anteriores puedo decir lo siguiente, la poligonal de apoyo definida en parte ya que en el plano no se puede apreciar coordenadas y ángulos de referencia en la ubicación de sus puntos fijos. En cuanto al centro de las rotondas podemos ver que están definidas en cuanto a progresiva y niveles pero con este solo plano no se puede precisar su ubicación.

En cuanto a las curvas de nivel establecidas por el programa usado para el estudio de los niveles del relieve de la zona, se puede decir que nos brinda abundante información sobre el mismo pudiendo así establecer las zonas de escurrimiento del agua de las precipitaciones, cuencas pluviales, zonas de gran pendiente y muchos de los elementos que hacen a este proyecto entre los cuales puedo destacar que es de mucha importancia para establecer zonas de alcantarillas y establecer zonas de gran pendiente y por lo tanto movimiento de suelo necesarios.

En cuanto a los radios de rotondas al igual que los puntos fijos tienen nivel y la progresiva correspondiente pero carece de referencia para su ubicación en el horizonte de trabajo.

En el progresivado podemos ver que este se realizó con piquetes cada 25 metros de distancia y no con piquetes hectométricos.

La vegetación está bien definida y es de vital importancia debido a que como sabemos en este proyecto se trata de conservar la vegetación autóctona de la zona.

De acuerdo a lo anterior además puedo decir que hacen falta ciertos parámetros para poder replantear dicho proyecto ya sea en los puntos tanto de inicio como el punto final de la vía, como también los piquetes que materializan la vía etc.

Los parámetros que considero necesario que faltan son los siguientes:

- Coordenadas de referencia de los PUNTOS FIJOS de referencia.
- Distancia de referencia a los puntos a replantear como son los de inicio y de final.
- Ángulos de referencia para ubicar los puntos en dirección.
- Descripción de los puntos fijos de referencia.
- Puntos de inflexión, Angulo de deflexión y todos los parámetros para poder materializar una curva.

#### **4.2. DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS**

De acuerdo al análisis realizado anteriormente puedo decir que el plano entregado por vialidad nacional para la realización del proyecto no cumple con los requisitos mínimos que debería tener un plano para poder realizar el replanteo del proyecto ya que como mencione anteriormente existen parámetros que son de vital importancia para la realización del mismo pero en este no se incluyen.

De acuerdo a lo anterior puedo decir que se produjeron varios retrasos a la hora de replantear varios puntos del proyecto ya que para poder hacerlo debíamos solicitar a los topógrafos de vialidad que nos establecieran puntos fijos a partir de los cuales nosotros

podíamos relevar niveles. Es entonces que debido a esto los trabajos de replanteo que se realizaron se basaron principalmente en lo siguiente:

Teniendo el plano topográfico antes descrito en el cual teníamos los valores de los niveles, progresivas ya también ya teníamos definida en obra la materialización de los piquetes que se colocaron cada 25 metros en el eje del proyecto en cual se encontraba ubicado en el centro del cantero, realizamos con estos datos la colocación de otros puntos de referencia por medio del uso de estacas, cal, ruleta de campo y un nivel con su correspondiente regla. Estos puntos de referencia los colocamos cada 5 metros lo cual nos pareció una distancia apropiada para el control de los niveles de cada capa, ya que al tener un terreno con pocos desniveles se podría decir casi plano no tendríamos casi inconvenientes en el control de los niveles de las capas con la distancia adoptada.

En cuanto a los puntos fijos como podemos observar en el plano de replanteo que estos se encuentran en el lado norte del proyecto formando una poligonal de apoyo formado por cinco puntos fijos los cuales también delimitan en un tramo al IPEF que se encuentra lindero a la zona del proyecto, también tenemos dos puntos fijos más que sirven para establecer los centros de la rotonda 2 y 3.

Como podemos observar en el plano los niveles de estos puntos fijos no se encuentran en su totalidad ya que fue vialidad quien replanteo estos puntos por lo que podemos decir que es uno de los parámetros de importancia que no se encuentran en el plano.



Fig. N° 24-4 Materialización de punto fijo

Como podemos ver en la foto este es un punto fijo el cual no se adecua a la forma convencional de materializarlos ya que los mismos tienen que estar protegidos y realizados por medio de mojones de hormigón simple de sección piramidal, truncada, circular, etc. Lleva en el centro de su sección un hierro de diámetro entre 10 cm o 12cm. En el caso de las rotondas conocido su centro y su nivel correspondiente se pudo también tomar niveles cada 5 metros alrededor de su perímetro

El procedimiento usado para materializar estos puntos de referencia fueron:

#### **4.2.1 Materialización de Puntos de Referencia**

En los tramos lo primero que se hizo fue situarnos sobre un piquete conocido es decir con su nivel correspondiente y desde este por medio del instrumento adecuado el cual fue en este caso una estación total se estableció los puntos perpendiculares a este materializando así lo siguiente:

- a) Primero los límites del cordón del cantero central esto se hizo tomando una pendiente hacia estos del 1,2% y luego conociendo en ancho de las calzadas como la pendiente de desagüe de la misma, en función del plano del perfil transversal tipo del proyecto, se pudo establecer los niveles que dan los límites de la capa de SUB-RASANTE. En el plano de replanteo que se hicieron durante el proyecto existían datos que podían llevar a la confusión y los cuales corregí para que al ser usados estos por varias empresas subcontratadas no existiera confusión en los niveles de cada capa ya que cuando la empresa encargada de la realización de la base tomo el plano no comprendió la discordancia de los niveles planteados en el plano. Como se puede observar en el plano en el eje del proyecto se tiene el nivel del terreno y cuando vemos los límites del cantero vemos que los niveles no se corresponden por que estos niveles fueron establecidos de acuerdo a los niveles de la SUB-RASANTE , si analizamos el tramo entre la progresiva 0+075.000 y la 0+100.00 vemos que en la primera el nivel según el plano es de 48.54 y el de extremo del cordón perpendicular a este es de 48.93 para ambos extremos lo cual si no tenemos los perfiles longitudinales y transversales podemos pensar que los niveles no son correctos, pero si vemos el perfil longitudinal y nos situamos sobre la progresiva 0+075.000 vemos que el nivel de la sub-rasante es de 48.96 y dándole un pendiente de 1,2 % logramos definir los puntos de los extremos del cordón del cantero.
- b) Luego siguiendo la dirección del eje de proyecto y de acuerdo a las pendientes longitudinales de la rasante adoptadas en los perfiles longitudinales, se fueron tomando puntos de referencia cada 5 metros en dirección de las progresivas crecientes como se observa en el plano de esta manera se fue dando niveles y materializando mediante estacas de madera pintadas con cal para usar de referencia para establecer los niveles de las distintas capas.



Fig. N° 26-4 Mojones de replanteo



Fig. N° 27-4 Estacas de cantero central



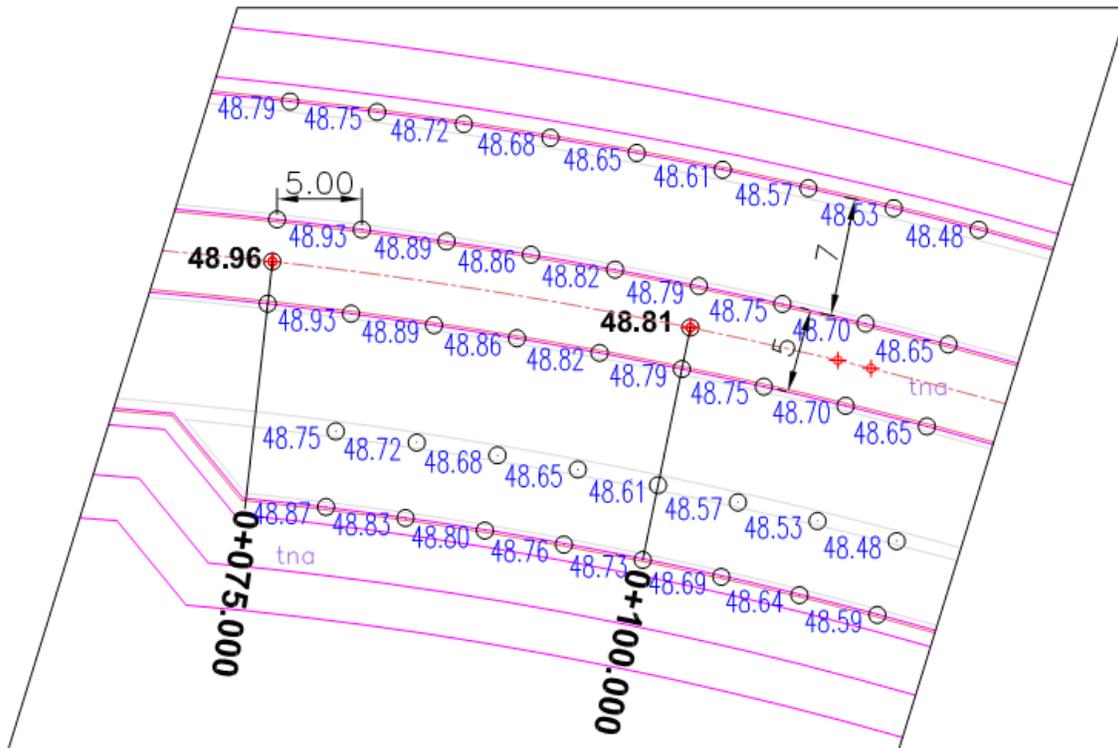
En  
las



fotos podemos ver como se colocaban las estacas de madera la logrando un tipo de mojón coronado con cal para que cuando pase la maquina quede en contraste con el suelo indicando el nivel en que esta la capa con respecto al corte.

Acá podemos ver lo que se menciona anteriormente que los niveles de los piquetes de las progresivas no eran los de la sub-rasante sino los del terreno.

En esta imagen podemos ver como tendría que quedar el plano para no prestar a confusión entre las diferentes empresas a la hora de realizar las diferentes capas. Además tenemos entre estas progresivas una pendiente longitudinal de 0,75% y con esta se pudo determinar con mas precisión los puntos de referencia



- c) En el caso de las rotondas lo único que realizamos en obra fue lo siguiente:
- Una vez establecidos los centros de las rotondas y señalados debidamente por el equipo topográfico de vialidad provincial, el trabajo se basó prácticamente en replantear los puntos de referencia, usando los siguientes datos: del diámetro de la rotonda, el nivel en el piquete, cinta de agrimensor de 100mtrs y un nivel. El procedimiento de trabajo fue el siguiente primero nos situamos sobre el centro de la rotonda, luego con la cinta de agrimensor y sabiendo el radio de la misma se procedió a marcar puntos cada 5mtrs y menor distancia en las curvas de enlace entre los tramos rectos y la rotonda. Luego conociendo los niveles de del borde exterior de la rotonda es decir sobre el cordón de la vereda externa y tomando la pendiente correspondiente a la del perfil transversal que era de 2,5% se procedió a dar niveles a los niveles del cordón interior de la rotonda esto se puede ver en los planos y en la siguiente imagen.

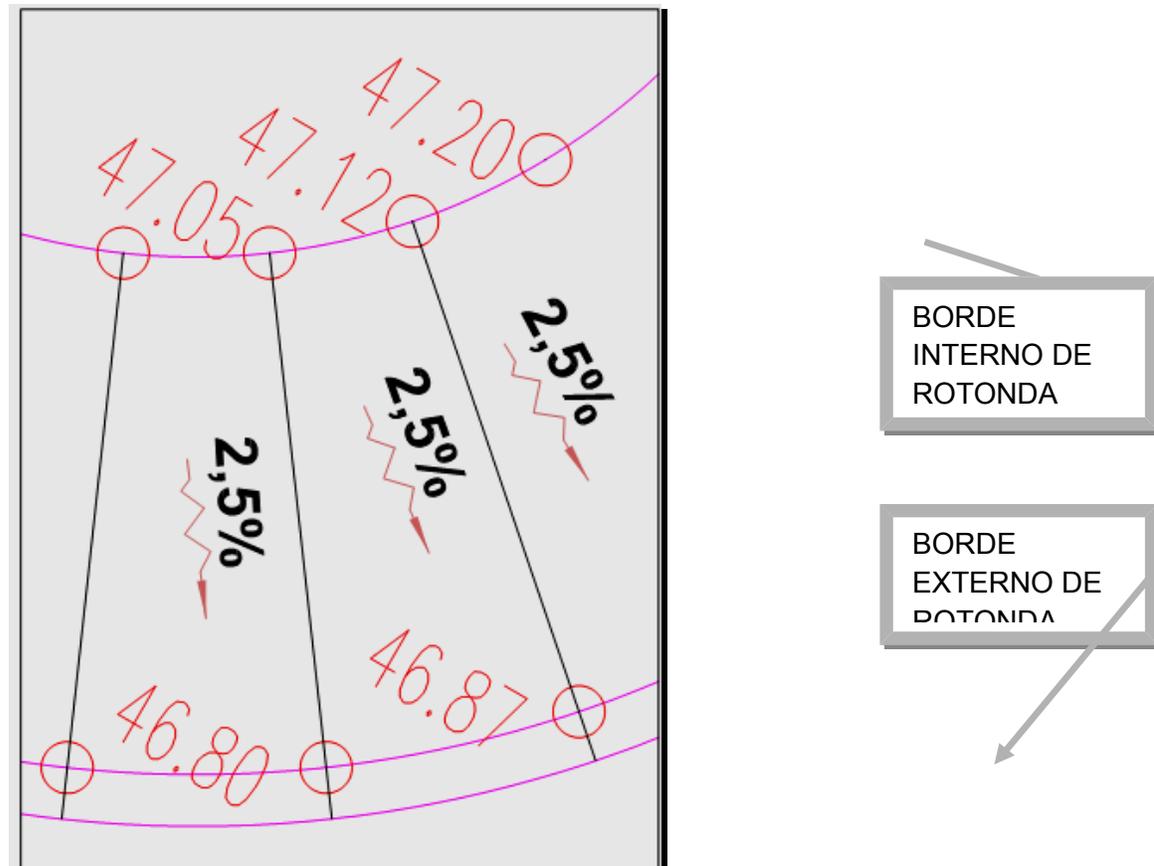
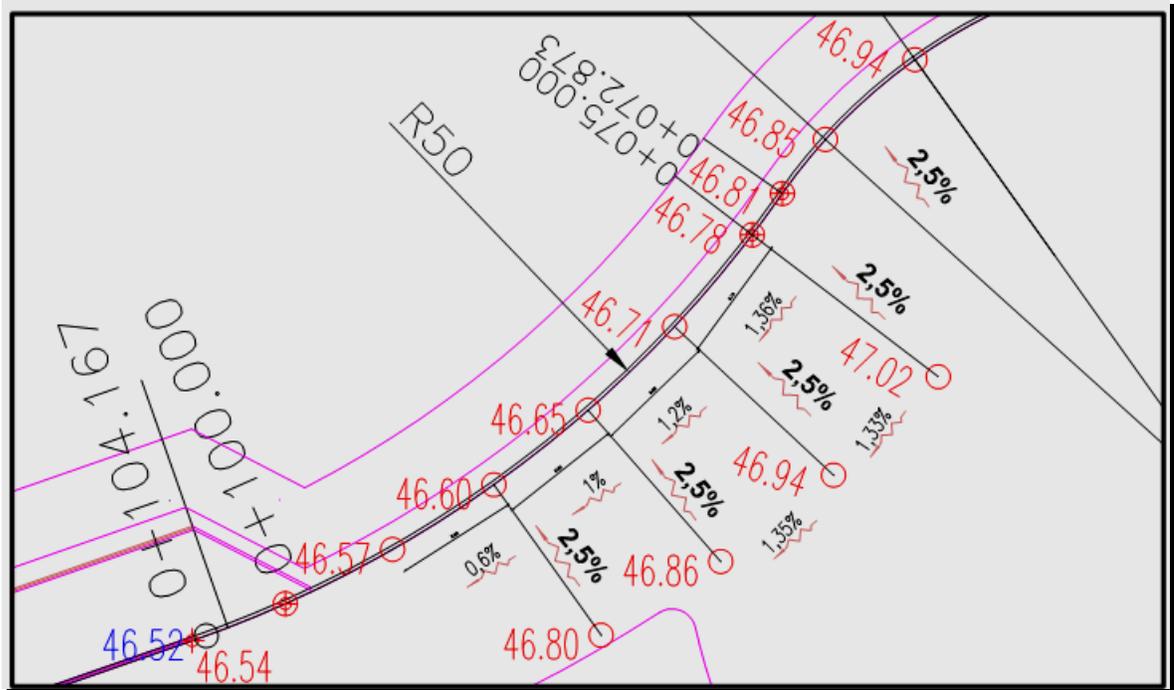


Fig. N° 30-4 Puntos de replanteo en rotondas

- De la misma manera que para los tramos lineales se procedió a colocar estacas de madera las cuales eran cubiertas con el material de la capa y que se coronaban con cal para como se dijo anteriormente quedara una marca que se distinga del material de la capa cuando ya se ha alcanzado el nivel deseado, esto se realiza para que sea visible el avance de la nivelación. Debemos tener presente también que en el medio de la calzada también se debe verificar los niveles de las capas esto se hará mediante un pequeño pozo que nos revelara el nivel medio de la calzada.
- En cuanto a las curvas de enlace solo se procedió a ir cambiando los niveles a medida que avanzábamos en las capas, en función de los espesores de las mismas. Puedo decir que en esta etapa el replanteo fue realizado casi en su totalidad por vialidad provincial ya que para poder realizarlo nosotros carecíamos de los datos necesarios para hacerlo.

Como se puede observar en esta imagen vemos que el concepto para replantear los puntos internos de la curva de enlace son los mismos que para la rotonda es decir dar valores a los niveles internos en función de los niveles externos de la misma.



### 4.3. Conclusión

Como conclusión a este apartado podemos decir que en este proyecto los distintos niveles a replantar fueron establecidos por el equipo topográfico de vialidad provincial. Como así también la mayoría de los distintos piquetes los cuales eran de fundamental importancia para seguir con el replanteo básico de la obra. Con esto quiero decir que solo se nos permitió replantar puntos básicos de la vía los cuales después eran verificados por vialidad provincial por lo que se puede decir que nuestro trabajo se baso prácticamente en la realización de la obra y el movimiento de suelo el cual se explica mas adelante con más detalle.

Una vez definidos los niveles de la RASANTE se procedió con el uso de los perfiles transversales a determinar los niveles de las capas sub-siguientes como son la SUB-BASE, BASE GRANULAR y CARPETA DE RODAMIENTO. Quedando así tres planos de replanteo los cuales se usaron para materializar la el proyecto, de esto puedo decir que fue realizado por nuestro equipo de proyecto en forma conjunta con dos de las empresas sub-contratistas lo que llevo que a la hora de que las empresas que no colaboraron en la elaboración de estos planos no tenían bien en claro cuáles eran los niveles finales en cada capa.

<b>CAPITULO</b>	<b>REALIZACIÓN DE TERRAPLÉN Y SUB-RASANTE</b>
<b>5</b>	

### 5. REALIZACIÓN DE TERRAPLÉN Y SUB-RASANTE

Como sabemos la traza del terreno coincidirá, en el plano horizontal, con el eje de la rasante del futuro camino, pero sus cotas serán distintas ya que sobre el terreno natural

se ejecutaran algunos trabajos que darán materialización a las distintas capas que compondrán el paquete estructural. Entonces para poder explicar con mejor detalle los trabajos realizados voy a separar a estos de manera similar a la que se hizo en los ítems de plan de trabajo.

- LIMPIEZA DE TERRENO Y DESTRONQUE
- TERRAPLENES Y DESMONTES
- SUB-RASANTE
- SUB-BASE
- BASE GRANULAR
- CARPETA DE RODAMIENTO COMPUESTA POR ADOQUINES
- MANTENIMIENTO DE LA VÍA

En base a lo anterior voy a proceder a explicar cada uno de los puntos anteriormente mencionados.

### 5.1. LIMPIEZA DE TERRENO Y DESTRONQUE

Para la realización de los trabajos realizados en este ítems fue necesario primero tener identificada la zona por donde se emplazaría la vía, para lo cual se usaron estacas de madera que nos daban una idea de la zona de trabajo, estas estacas no estaban colocadas muy próximas de las otras ya que en este ítems la precisión no es de gran importancia.



Fig. N° 32-5 Zona de limpieza

Como se puede apreciar en la Fig. N°31-5 cuando se selecciono la mejor alternativa para el desarrollo de la vía también se tuvo en cuenta que para la materialización de esta que no fuese necesario la pérdida de vegetación autóctona ya que esto es uno de los motivos de dicho paseo por lo que para la realización de este ítem no fue necesario de mucho trabajo.

En esta etapa solo se ocupo una pala mecánica en algunos casos bobcat, retro excavadora y motoniveladora.

En cuanto a los desperdicios sacados de dicha zona se llevaron a algunas zonas de relleno donde este no afectara a la obra ni tampoco a al relieve natural de la zona. Pero como dije anteriormente no fue grande el volumen de desperdicio extraído e incluso se podría decir que en algunas zonas solo se realizo movimiento de suelo



Fig. N° 34-5 Zona de movimiento de suelo



Fig. N° 35-5 Movimiento de suelo en zona de alcantarilla



Fig. N° 33-5 Desperdicios sacados de la zona de camino



Fig. N° 36-5 Movimiento de suelo zona rotonda

## 5.2. TERRAPLÉN Y DESMONTES

Para la realización del movimiento de suelo de la zona primero se ato el eje del proyecto de la vía a un punto en común de la vía existente.

Una vez atado y el eje de la vía se procedió a materializar el mismo acuerdo a los planos de planimetría y altimetría correspondiente, mediante la colocación de estacas de madera al nivel al cual se debería llegar. **(No se realizo la tarea de verificar el pie de talud)**

Mediante el uso de los planos de altimetría y planimetría se procede a dar las cotas finales de terraplenes necesarios y sobre todo las cotas inferiores y superiores de las ALCANTARILLAS.

En cuanto al terraplén se realizo mediante la colocación de estacas que nos daban el nivel final del terraplén, la colocación de estas se realizo cada 100 metros ya que en esta etapa no es necesaria demasiada precisión en cuanto a la cota final del terraplén ya que este se realiza para una mejora de los niveles propios del terreno natural y no requiere muchas exigencias como en el caso de las demás capas por arriba de este.



Fig. N° 37-5 Zona de terraplén

En algunas zonas no fue necesario la realización de terraplenes sino más bien un desmonte que se empleo para realizar la compensación transversal y longitudinal. El procedimiento para la realización del mismo fue el siguiente:

- a) Se realizo el movimiento de suelo con la PALA RETRO-EXCAVADORA y LA BOBCAT y también se ESCARIFICO para remover el material con la MOTO NIVELADORA, no se uso en este caso un disco de arrastre. Llevando el material de la zona de desmonte a la zona de terraplén la cual se encontraba en la zona de la rotonda central de la geometría de la vía.
- b) Una vez que se esparció el material correspondiente en capas de aproximadamente de 20 a 30 cm de procedió a humedecer la capa con el camión regador de tal forma de darle la humedad necesaria.
- c) Luego de esparcido el material y con la humedad adecuada se procedió a la compactación de la capa con un RODILLO PATA DE CABRA el cual permitió compactar esa capa de 30cm.
- d) Y finalmente se procedía con un VIBRAR DE RODILLOS LISOS para sellar la capa y evitar la pérdida de humedad.
- e) Se procedió así sucesivamente hasta alcanzar un cierto nivel correspondiente Al terraplén, debe aclararse que se precedió según lo descrito en la zona de terraplén donde no se encontraban las ALCANTARILLAS.

#### **5.2.1 TERRAPLÉN EN ZONAS DE ALCANTARILLAS**

En estas zonas se procedió de manera muy similar a la anteriormente descrita haciendo algunas salvedades que se describirán a continuación:

- a) Como se menciona anteriormente una vez establecidos los niveles correspondientes a las mismas y realizar el desmonte para su colocación, se procedió a la colocación de las alcantarillas en los lugares correspondiente. Mediante la ayuda de la Pala mecánica como se puede observa en la Fig. N° 38-5 que se adosan más adelante.
- b) Luego se procede a llenar las mismas con material grueso de la zona, con la pala y en bobcat y se realiza el terraplén mediante capas de aproximadamente 20 a 30cm de la misma manera que se menciona anteriormente.

- c) En los lugares donde no se realizo un desmonte para colocar la alcantarilla se tapa la misma también con MATERIAL GRUESO de la zona mediante el acopio de material para su esparcimiento con la motoniveladora luego darle la humedad correspondiente y compactar llegando a si al nivel correspondiente.
- d) Una vez colocada una capa se pasa el rodillo compactador pata de cabra y luego el camión regador hasta lograr una capa uniforme hasta cubrirla.
- e) Una diferencia a tener en importante es que en las zonas de alcantarillas se realizo la verificación de los niveles superiores sobre las alcantarillas.

**5.2.2 PROCESO SIMPLIFICADO FUE EL SIGUIENTE:**

- **SE COLOCABA UNA CAPA DE SUELO**
- **SE HUMEDECE CON EL CAMIÓN REGADOR**
- **SE DEJABA AIREAR UN POCO**
- **SE COMPACTABA CON PATA DE CABRA**
- **SE SELLABA CON COMPACTADOR DE RODILLOS DE GOMA PARA EVITAR QUE PERDIERA HUMEDAD.**
- **VERIFICACIÓN DE NIVELES FINALES DE TERRAPLÉN**

Como en esta capa no se hizo ensayos para determinar la resistencia de la misma o que densidad debería contemplarse para su control en obra. El control y su realización se realizo mediante la experiencia de profesionales capacitados y se compacto más de lo que se consideraría necesario para asegurarnos, lo que se tendría que evaluar en gastos de equipos ya que los equipos pudieron haber producido un mayor gasto.



Fig. N° 38-5 desmonte en alcantarillas



Fig. N° 39-5 Colocación de alcantarilla de sección circular



Fig. N° 40-5 Terraplén en zona de alcantarilla



Fig. N° 41-5 riego con camión regador





Fig. N° 42-5 Compactación con pata de cabra

### 5.3. SUB-RASANTE

SUB-RASANTE compactada en 0,15mts. de espesor con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHTO T-180; constituida por suelos con densidad no inferior a 1,5kg/m<sup>3</sup> en el ensayo AASHTO T-99.

Una vez que se alcanzó el nivel correspondiente se empieza a mejorar el suelo mediante una mayor compactación y se obtiene así la sub-rasante la cual se termina con un vibrador de rodillos de goma.

#### 5.3.1 Materialización

Las etapas de materialización de la misma es muy similar a la del terraplén con la salvedad que acá se busca obtener una mayor resistencia de la capa ya que servirá de asiento a las capas superiores que son de mucha importancia la futura vía, por lo que se hizo más énfasis en los siguientes puntos:

- Se realizó un mayor control en los volúmenes de suelo que se esparcían para alcanzar los niveles finales.
- Se dio mayor compactación inicial.
- La colocación de estacas se realizó cada 5 metros para una mejor nivelación de la misma, las estacas se encontraban ubicadas en el eje del carril y en el lado interno y externo del mismo, procedimiento de colocación de estacas que desde en esta capa en adelante se repitió en las sucesivas y en las cuales se explicará con mayor detalle.
- Se realizó un mayor control de los niveles finales
- Se realizó la corrección de los niveles que sobrepasaron el requerido, por medio del uso de un motoniveladora que fue cortando la capa para poder darle el nivel final, mediante el siguiente procedimiento:
  1. Una vez verificado el nivel y estableciendo las zonas donde el nivel no era el requerido se empleó el corte con la motoniveladora.
  2. Se escarificó para remover la capa cortada.
  3. Se le da humedad a la capa por medio del camión regador.
  4. Se compacta nuevamente con el rodillo con ruedas de goma
- Se terminó la capa con un compactador de rodillos de goma para sellar la capa y terminación de la misma



Fig. N° 43-5 Compactación Inicial con pata de cabra



Fig. N° 44-5 compactación final con rodillo de goma



**Estaca que nos marca el nivel Final de la SUB-RAZANTE.**

**A este nivel se debe llegar con la compactación del suelo de la zona que es un material arenoso con**

Fig. N° 45-5 nivel de referencia con estaca de madera

Arcilla pesada	Arena arcillosa	Grava arcillosa	Grava arenosa	Arena limosa	Arena limpia
<b>pata de cabra</b>					
<b>pisones o rodillos segmentados</b>			<b>rodillo liso</b>		
<b>pata de cabra vibratorio</b>			<b>rodillo liso vibratorio</b>		
			<b>rodillo neumático</b>		
			<b>de rejilla</b>		

El compactador tiene que ir 4 km/hora

<b>CAPITULO</b> <b>6</b>	<b>TRABAJOS PARA LA REALIZACIÓN DE SUB-BASE</b>
-----------------------------	---

## 6. INTRODUCCIÓN

Compuesta de SUELO-ARENA (80% de arena silícea - 20% de suelo seleccionado) de 0,15mts. de espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHTO T-180; con C.B.R. ,no inferior al 40% a dicho valor de densificación.

El forma general podemos decir que el procedimiento para su realización fue colocar capas de material entre 5 cm y 10 cm como máximo, se humecto con un contenido de humedad cercano al óptimo para de esta forma poder compactarse a un mínimo de 95% de la densidad máxima obtenida en el Proctor modificado. Para realizar una descripción mas especifica voy a hacer hincapié en los siguientes aspectos los cuales darán una idea más clara de los trabajos realizados.

- MATERIALIZACIÓN DE NIVELES DE LA CAPA
- DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL CONSTITUYENTE DE LA CAPA
- TRABAJOS DE TERMINACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE LA MISMA
- CONTROLES DE LA CAPA ESTRUCTURAL
- VERIFICACIONES CON EL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES GENERALES

### 6.1. Materialización de Niveles de la Capa

La materialización de los niveles se explicado con más detalle en el apartado de replanteo de la vía por lo que en este apartado lo omitiré para no ser redundante y llevar a confusión

### 6.2. Distribución del Material Constituyente de la Capa

## PERFIL TRANSVERSAL Bv. PARQUE NORTE

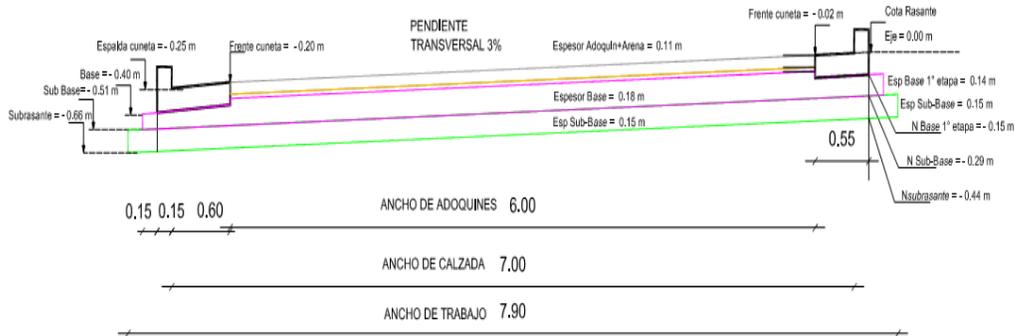


Fig. N° 46-6 Distribución de sub-base

Como se puede observar en el perfil de uno de los carriles de la vía tenemos que en esta capa de SUB- BASE tiene un espesor final de 15cm y un ancho del carril de 7.90 metros con estos datos podemos determinar el volumen de material que vamos a necesitar distribuir en la zona donde se va a realizar la misma.

Para dicha distribución del material en la zona de trabajo se tomó el peso de material que entraba en la obra suministrados por las diferentes canteras y se lo distribuía en función de la densidad compactada, se tomaba el peso de los materiales y no el volumen para de esta forma evitar errores de cálculo por ESPONJAMIENTO.

Para una mejor explicación de dicha distribución voy a realizar un ejemplo a continuación:

Dsh Suelo-Arena (tn/m <sup>3</sup> )	Esp. SUB-BASE	Ancho Calzada		PROGRESIVAS		Longitud Tramo
		Izquierda	Derecha	Prog. Inicial	Prog. Final	
2,13	0,15	7,9	7,9	0+075.00	0+100.000	25,000
2,13	0,15	7,9	7,9	0+100.00	0+125.000	25,000
2,13	0,15	7,9	7,9	0+125.00	0+150.000	25,000
2,13	0,15	7,9	7,9	0+150.00	0+175.000	25,000
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

Volumen Necesario calzada m <sup>3</sup>		Vol.total		CANTIDAD Tn
Izquierda	Derecha	Total	Total red.	tramo
29,625	29,625	59,25	60,00	127,8

29,625	29,625	59,25	60,00	127,8
29,625	29,625	59,25	60,00	127,8
29,625	29,625	59,25	60,00	127,8
<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>

Tabla 21-6 Distribución del material de la capa

Como podemos observar en la **columna 1** tenemos la densidad del material compactado la cual se estimo del **Proctor** ya que esta será la densidad que el marial tendrá una vez con compactado o muy próxima a esta de manera de estimar la cantidad de material lo más exacta posible.

En la columna **2** tenemos el espesor final de la SUB- BASE la cual se obtendrá del proyecto de la vía.

En la columna **3 y 4** tenemos el ancho del carril el cual también sale del proyecto.

En columna 5 y 6 tenemos las progresivas donde se va a esparcir el material se obtienen de proyecto.

Columna 7 longitudes a cubrir con material de sub-base, se obtiene de las diferencias de las progresivas.

Columnas 8 y 9 tenemos los volúmenes en ambos carriles.

Columna 10 y11 tenemos el volumen total en ambos carriles redondeado.

Columna 12 tenemos el peso de material necesario para cubrir la longitud antes establecida.

Entonces de esta manera se determino el peso de material necesario para cubrir determinados tramos de la vía. Con esta tabla se permitió establecer la distribución del material que ingresaba a obra en las diferentes progresivas en función de su carga en toneladas.

Esta también sirvió para establecer de ante mano si el material solicitado para la jornada laboral era suficiente para cumplir con el plan de trabajo establecido las longitudes generalmente usadas para la distribución fue de 100 metros.

Se dieron dos casos en obra los cuales podemos mencionar, uno es la falta de material por motivos de falta de transporte o material disponible en cantera o por que existía una mala distribución del mismo entre las dos obras que estaba realizando la empresa.

El otro caso fue que el material que ingresaba a la obra era mayor al solicitado y se trataba de distribuir el material en otra zona u otra obra.

### **6.3. Trabajos de Terminación para la Realización de la Capa**

Una vez que tenemos el material distribuido se realizo el siguiente procedimiento:

#### **6.3.1 Esparcido de material**

Se esparció el material con motoniveldora o terminadora de la manera más pareja posible y respetando las estacas colocadas que dan la nivelación de la capa.

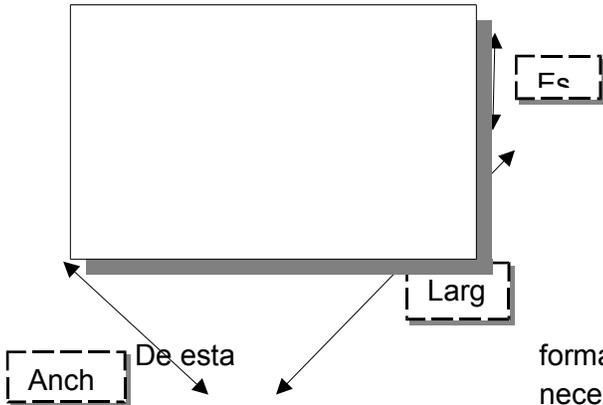
En este paso también se realiza el mezclado homogéneo del material

#### **6.3.2 Humectación de la capa**

Una vez esparcido el material se procede a darle la humectación correspondiente la cual se determino en el diseño de la capa y que se encontraba entre un 7,5% y 8% y una densidad de 2 gr/cm<sup>3</sup>. Para esto se empleo un camión regador con un tanque de

capacidad de 9000 ltrs. Con este se procedió a regar el material vertiendo la cantidad de agua adecuada para lograr la humedad óptima de compactación basándonos en lo siguiente:

- I. Nosotros conocemos la humedad óptima y la densidad de suelo seco además tenemos el volumen de acuerdo las progresivas entre las cuales se va a realizar la compactación y los datos de la geometría de la vía por proyecto entonces.



$$V = \text{Ancho} \times \text{largo} \times \text{Esp.}$$

$$Pss = Dss \times V$$

Si necesitamos darle

Hop. Entonces:

$$\text{Pagua} = Pss \times \text{Hop} / 100$$

Entonces

$$\text{Vol agua} = \frac{\text{pagua}}{\text{Pagua}} = \text{litros de agua}$$

De esta forma podemos determinar que la cantidad de agua necesaria para lograr la humedad óptima. No se realizó el cálculo sobre cada zona de compactación sino que se realizó una sola vez y luego se procedió a humectar el suelo en forma empírica o por experiencia del capataz de la obra el cual lo hacía mediante 3 o cuatro pasadas con el regador en función de la abertura de los picos del camión tocando el material una vez realizadas las pasadas del camión regador.

### 6.3.3 Compactación de la Capa

Una vez que se le dio la humedad correspondiente a la capa de deja airear y se procede a la compactación del material.

Para la realización de la compactación se puede emplear los siguientes equipos:

- Compactador de pata de cabra vibratorio
- Compactador de rodillos lisos vibratorios
- Compactador de rodillos neumáticos

Arcilla pesada	Arena arcillosa	Grava arcillosa	Grava arenosa	Arena limosa	Arena limpia
pata de cabra					
pisones o rodillos segmentados					
rodillo liso					
rodillo liso vibratorio					
pata de cabra vibratorio					
rodillo neumático					
de rejilla					

Tabla 22-6 Selección del tipo de compactador en función del material

En la siguiente tabla 21-6 (realizada en función los conocimientos adquiridos en la materia TRANSPORTE III) se puede observar el tipo de compactador a utilizar de acuerdo a los distintos tipos de suelos usados en esta capa:

a. PATA DE CABRA VIBRATORIO

Trabaja mediante un proceso de amasado y se usa en suelos finos con contenido de arcillas especialmente. Para suelos: A4 - A7 (suelos finos y plásticos, arcillas y limos)

VENTAJAS: El proceso de amasado mezcla el suelo con el agua en mejor forma que otros compactadores, Rompe los pedazos o “grumos grumos” de suelo a roca blanda , Produce muy buena unión entre capas.

DESVENTAJAS: Deja la superficie muy rugosa y desigual susceptible a empozamiento del agua de lluvia, lo que se dio en obra y que se puede observar en las imagines que se muestran a continuación.

Compacta capas más delgadas que otros compactadores, La efectividad disminuye cuando los suelos poseen partículas grandes, bloques o cantos.

b. RODILLOS NEUMÁTICOS

Permite compactar suelos arcillosos y algunas veces permite compactar suelos Granulares.

VENTAJAS

- Compacta a mayores espesores que el pata de cabra,
- Produce una superficie relativamente lisa resistente a la lluvia
- Permite compactar suelos con partículas grandes cuando el pata de cabra no puede hacerlo.
- Las áreas húmedas del rellenos se detectan observando el sucio de las llantas.

DESVENTAJAS

- Se requiere escarificar entre capas.
- No rompe los terrones de suelos (El pata de cabra si).

En cuanto al procedimiento de compactación realizado podemos decir que se realizo de la siguiente manera:

- Se realizo la compactación inicial con un equipo pata de cabra vibratorio el cual permitió la compactación de capas de aproximadamente 10 cm en la cual se realizaban entre 8 y 10 pasadas del equipo para lograr la compactación optima. Igualmente se podía tomar como parámetro de referencia de que estábamos en densidad que el equipo empezaba a rebotar cuando pasábamos sobre la capa, esto basado en la experiencia del capataz de la obra y del operario que conducía dicho equipo.

**6.3.3.1 Número de Pasadas (n)**

De acuerdo a la investigación realizada podemos decir lo siguiente en cuanto al Es el número de pasadas que el Compactador vibratorio debe efectuar para conseguir la densidad requerida, se determina de acuerdo a las especificaciones de construcción, o sobre la base de los resultados de las pruebas de compactación. Si no se dispone de esta información, se pueden usar los siguientes valores:  
Rodillo Vibratorio (Liso o pata de cabra) = 8 a 12 pasadas

#### **6.3.4 Segunda Capa**

Una vez compactada la primera capa se procedió a la humectación de la misma para colocar sobre esta nuevamente material para compactar así la segunda capa que complementaría el espesor de la SUB-BASE siguiendo el mismo procedimiento que para la primera.

#### **6.4. Terminación de la capa de sub-base**

Para la terminación de la capa de la sub-base se procedió a humectar la última capa colocada y se procedió a compactar con un vibrador de rodillos de goma que sella la capa y le da una compactación final de la capa. Esto se realiza en el caso que no se debe corregir niveles de la capa sino se procederá como se explica más adelante.

PROCESO DE CÓMO COMPACTAN LAS MAQUINAS (DEL INTERIOR HACIA AFUERA PEGAR FOTOS Y FIGURAS)

#### **6.5. Verificación de Niveles**

EL siguiente paso a la compactación es verificar los niveles de la misma esto se realiza de la siguiente forma:

1. Se realizó una hueco en la capa y medir su espesor como se puede observar en las figuras que se anexan a continuación.
2. Y también se empleó los elementos topográficos para verificar sus niveles en este caso usamos un NIVEL y UNA REGLA. Esto se realizó colocando el nivel en el eje del cantero central donde se encontraban las estacas con su nivelación correspondiente en función de los puntos fijos colocados a lo largo de la traza de la vía que fueron descriptos anteriormente.

Conociendo los niveles que se tienen que tener en función de los planos de planimetría con los niveles correspondientes realizados con la descripción de los niveles correspondientes para cada los cuales fueron fijados con estacas cada 5 metros.

#### **6.6. Perfilado o Corrección de Niveles de la Capa**

3. En este paso se realizó la corrección de los niveles mediante la perfiladora o motoniveladora la cual se podría decir iba cortando la capa hasta alcanzar su nivel según plano. En caso donde fue necesario perfilar la capa se procedió de la siguiente manera:
4. Se procede a humectar la capa nuevamente en la zona de perfilado
5. Luego se procede a la compactación con el rodillo de goma hasta alcanzar densidad buscada.

#### **6.7. Control de la sub-base**

El control de la capa se realizó VIALIDAD PROVINCIAL mediante un control de densidad por medio del CONO DE ARENA. Dicho control se realizó cada 100 metros y con las exigencias según pliego.

También se realizó un control particular o propio por la empresa AFEMA S.A, el cual también se realizó por medio del método del CONO DE ARENA y se realizó en zonas donde los valores obtenidos por Vialidad Provincial no cumplieran con los valores exigidos o también cuando existía incertidumbre en algunas zonas de la vía en cuanto al nivel de compactación logrado.

## 6.8. Problemáticas que se produjeron después de la realización de la capa

### 6.8.1 Densidad no Verificada

Durante el control de compactación de la capa, entre la progresiva 0+050.00 y la 0+150.000 vialidad provincial determino durante su control que la densidad que se debía obtener no era la establecida según pliego por lo que se tuvieron que realizar los siguientes trabajos para logra la densidad optima buscada:

- a. Primero se realizo la escarificación de la capa para remover la capa compactada mediante una escarificadora como se puede ver en la figura.



Fig. N° 47-6 Escarificación en zona de densidad no verificada

Como se puede observar se escarifico por tramos llegando a escarificar la zona con deficiencia de compactación.



Fig. N° 48-6 Escarificación

b. El paso siguiente fue sacar el material removido anteriormente por medio de la motoniveladora o perfiladora barriendo todo hasta dejar la zona despejada. Dicho material fue llevado a zonas de relleno o terraplén por medio de camiones que eran cargados por la pala mecánica.





Fig. N° 49-6 Limpieza de zona escarificada

- c. Una
- vez que el material escarificado fue sacado de la zona de calzada se procede a la humectación de la zona de conde se va a verter el material a compactar en este caso SUELO ARENA luego se esparce el material como se realizo anteriormente, se lo esparce con MOTO- NIVELADORA y se le da la humedad necesaria para la compactación, una vez hecho esto se procede a la compactación de la misma forma explicada anteriormente.
- De a cuerdo a la experiencia del capataz encargado de los trabajos, y conclusiones de los ingenieros a cargo pudimos dilucidar que existió un problema con la humectación de la capa es decir no se logro alcanzar la humedad optima necesaria para compactar la capa.

### **6.8.2 Exceso de Humectación**

Otro inconveniente que se detecto después de la compactación de la capa fue una zona de bacheo en la ALZADA IZQUIERDA entre las progresivas 0+100.00 y la 0+300.000 la cual al contrario del caso anterior se detecto un exceso de humectación en el material que compone la capa.

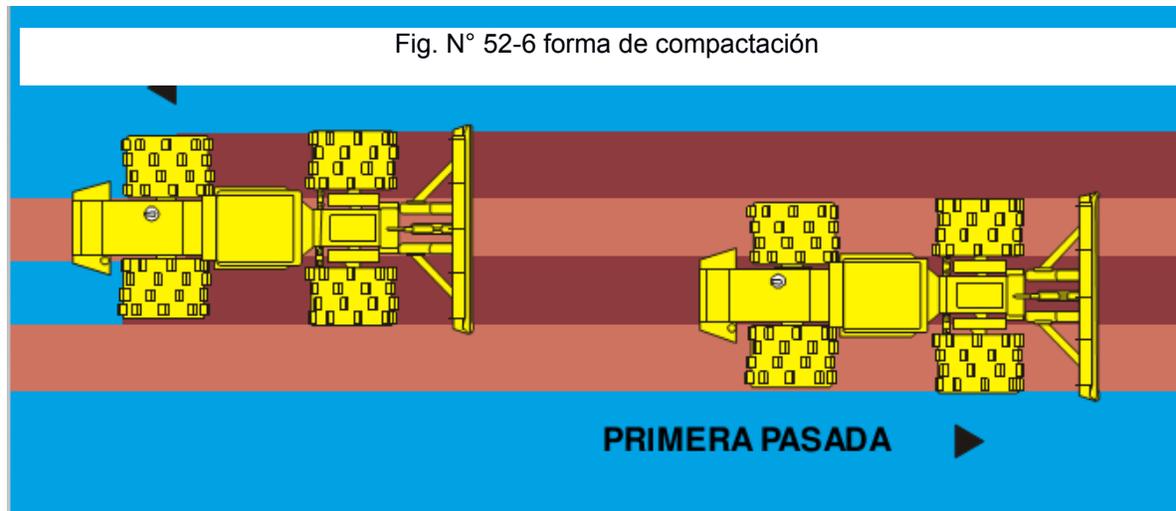
Para la solución del problema se realizaron los mismos trabajos que en el caso anterior.



Fig. N° 50-6 Zona de Exceso de humedad



Fig. N° 51-6 Distribución de material en zona de Dársenas



<b>CAPITULO</b>	<b>MATERIALIZACIÓN DE LA BASE GRANULAR</b>
<b>7</b>	

## 7. INTRODUCCIÓN

Esta base granular también llamado en Córdoba 0,20 tiene 0,18mts.de espesor compactado con Densificación Máxima del Ensayo AASHO T-180 igual o superior a 95 %; con C.B.R. no inferior al 80% a dicho valor de densificación.

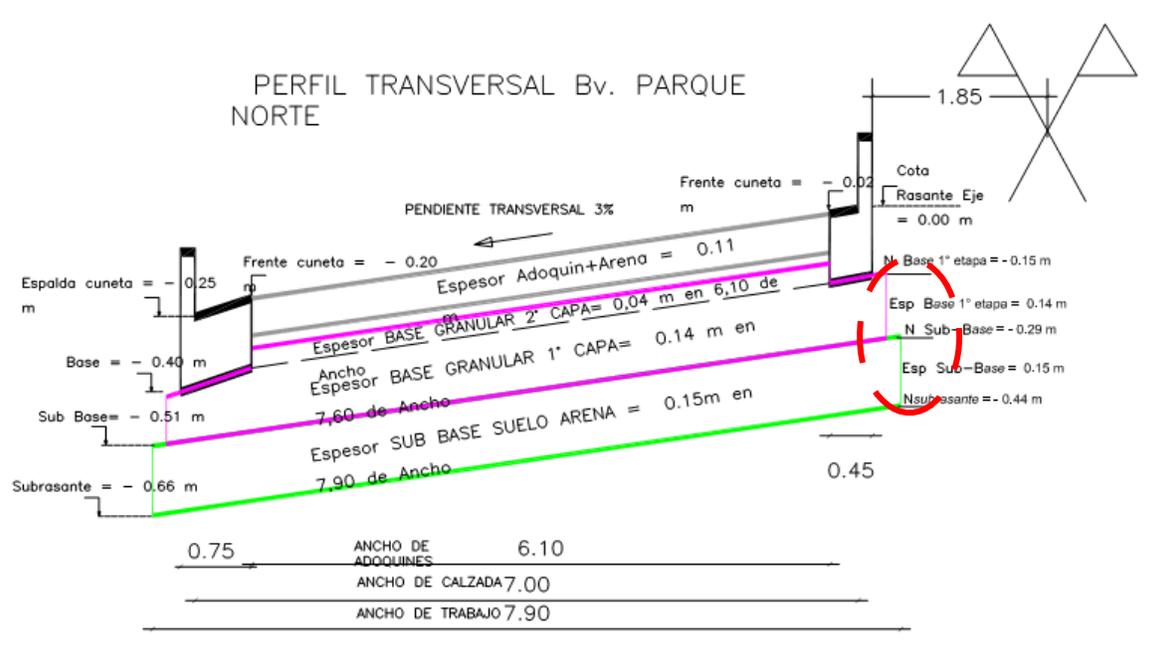
La realización de la base granular se realizo en dos etapas las cuales son:

**1° ETAPA** se realizo la base granular hasta el nivel inferior del cordón cuneta. De manera que esta sirva de apoyo para el mismo. De espesor de 14 cm

**2° ETAPA** se realizo una capa de espesor de 4 cm por arriba del nivel inferior del cordón cuneta completando así los 18 cm totales de la capa, con el mismo material y propiedades y forma de trabajo.

Esta capa se realizo en dos etapas con el motivo del ahorro de tiempo, trabajo y dificultad que conllevaba realizar la capa en una sola etapa.

Pérdida de tiempo debido a que si realizábamos la capa en una sola etapa después deberíamos realizar el corte de la misma para la realización de los cordones cunetas, esto también motivaba un doble trabajo al realizar la capa y luego cortarla en los niveles correspondientes, a esto se le debe sumar la dificultad para cortar la capa con las dimensiones necesarias para la colocación del cordón cuneta ya que los equipos empleados no tenían la suficiente precisión para realizar dicho trabajo.



### 7.1. Trabajos necesarios para su materialización

El forma general podemos decir que el procedimiento para su realización se basa en colocar capas de material entre 10 cm y 15 cm como máximo y se humecta con un contenido de humedad cercano al óptimo para de esta forma poder compactarse a un mínimo de 95% de la densidad máxima obtenida en el Proctor modificado. Como se explico anteriormente la única modificación que existió en el procedimiento de trabajo fue que las capas se hicieron con una capa de 4 cm y la otra de 14cm.

Los trabajos necesarios para su materialización fueron los siguientes:

- MATERIALIZACIÓN DE NIÉVELES MEDIANTE ESTACAS Y PUNTOS FIJOS.
- DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL CONSTITUYENTE DE LA CAPA
- TRABAJOS DE TERMINACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE LA MISMA
- CONTROLES DE LA CAPA ESTRUCTURAL
- VERIFICACIONES CON EL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES GENERALES

Como sabemos el Director de obra sólo autoriza la colocación de material de base granular, cuando la superficie sobre la cual debe asentarse, tenga la densidad establecida en las presentes especificaciones, así como de las cotas, alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del Proyecto y aprobados por el Encargado de la obra. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada. Entonces una vez que la sub-base cumplió con los requerimientos según pliegos y fueron aprobados por Vialidad Provincial se comenzó con la realización de la BASE GRANULAR.

Si hacemos una descripción sucinta del procedimiento constructivo podemos decir que el mismo se basa en COLOCAR, EXTENDER, BATIR Y COMPACTAR las capas de los materiales que formaran la BASE GRANULAR y que esta sobre la sub-base debidamente

preparada, en conformidad con los alineamientos, niveles y secciones transversales típicas indicadas en los planos.

### **7.1.1 Materialización de Niveles de la Capa**

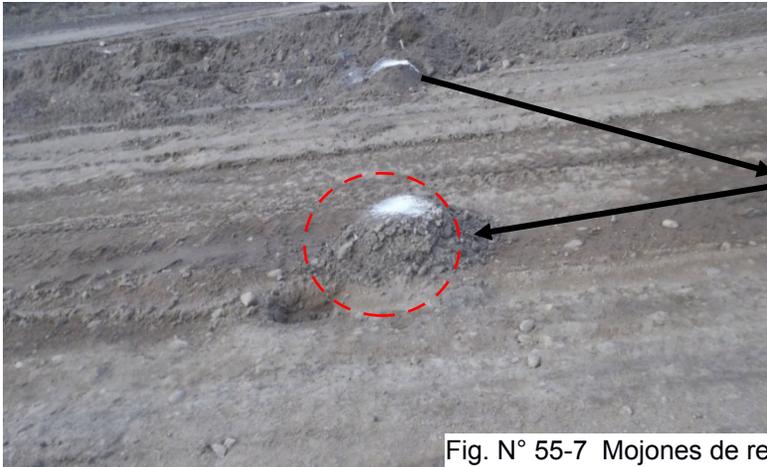
Con los niveles de la sub-base como referencia de acuerdo a proceso de replanteo ya explicado se procedió a dar niveles a la primera etapa de la capa y materializarlos por medio de estacas y mojones del mismo material en los puntos de nivel que se venían tomando desde la SUB- RASANTE los cuales tenían una separación de 5 metros y se encontraban en el borde interno y externo de la calzada y cuyo nivel estaban



Fig. N° 54-7 replanteo de la primera capa de la base referenciados al eje que pasaba por el centro del cantero central en función de la pendiente de la vía.

En esta fotografía se observa un mojón del mismo material que la capa, en su centro tiene una estaca y en la parte superior está marcada con cal para poder ser identificada con facilidad cuando está cubierta.





Acá podemos ver la distribución de los mojones a lo ancho de la calzada ubicados uno en el centro y los otros dos ubicados en el extremo interno y externo de la misma

Fig. N° 55-7 Mojones de referencia para nivelación de primera capa de base



Fig. N° 56-7 Puntos de referencia para nivelación

Acá se observa encerradas en círculos rojos a las estacas colocadas en el cantero central la cuales son las que se usaron de referencia para dar nivel a los bordes interiores y exteriores de la calzada. Y a su lado un mojón en el extremo interno de la calzada encerrado en azul.



Fig. N° 57-7 control del espesor de la capa

Acá se puede observa una forma de control que se uso para controlar el espesor de la capa de SUB-BASE.

En el apartado de REPLANTEO TOPOGRÁFICO DEL PROYECTO se explico en forma más detallada la materialización de los niveles de referencias usados para materializar la vía.

### **7.1.2 Distribución del Material Constituyente de la Capa**

Como se puede observar en el perfil de uno de los carriles de la vía tenemos que en el ancho de trabajo de la BASE GRANULAR es de 7,60 metros que no es igual al de la sub-base y tiene un espesor final en la 1° ETAPA de 14 cm con estos datos podemos determinar el volumen de material por metro que vamos a necesitar distribuir en la zona donde se va a realizar dicha capa.

Para dicha distribución del material en la zona de trabajo se tomo el peso de material que ingresaba a la obra, dato que fue suministrado por los remitos propios de los camiones de ingreso. Entonces en función de la densidad compactada establecida de antemano se puede determinar la cantidad o peso de material a emplear de acuerdo a los tramos que se realicen, se tomo el peso de los materiales y no el volumen para de esta forma evitar errores de cálculo por ESPONJAMIENTO.

Se siguió la misma metodología de distribución de materiales que para sub-base. Este procedimiento también sirvió para establecer de ante mano si el material solicitado para la jornada laboral era suficiente para cumplir con el plan de trabajo establecido las longitudes generalmente usadas para la distribución fue de 100 a 200 metros.



Fig. N° 59-7 Distribución de la segunda capa de la base granular

### **7.1.3 Trabajos de terminación de la Capa**

En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas,

procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente. De acuerdo a lo anterior podemos ver que la realización de la capa en una primera etapa cumple con los requisitos planteados NO ASÍ LA SEGUNDA ETAPA DE LA BASE GRANULAR.

- Una vez que se distribuyó el material de la capa se procede a esparcir el mismo de la siguiente forma:
  - a. El material será extendido en una capa uniforme por medio de una motoniveladora de tal forma que forme una capa suelta de mayor espesor que el que debe tener la capa compactada. Esta se debe hacer de la manera más pareja posible y respetando las estacas colocadas que dan el nivel final de la capa.
  - b. Luego se procederá a BATIR EL MATERIAL por medio de la cuchilla de la motoniveladora en toda la profundidad de la capa, llevando en forma alternada hacia el centro y hacia los bordes de la calzada.
- El paso a seguir es el ESCARIFICADO de la capa de material esparcida con el fin de poder homogenizar la humectación de la capa de material colocada sobre la calzada.

Una vez esparcido el material y escarificado se procede a darle la humectación correspondiente la cual se determinó en el diseño de la capa y que según el ensayo PROCTOR está entre 5,4% y 6% y una densidad de compactación de 2,23 gr/cm<sup>3</sup>. Para esto se empleó un camión regador con un tanque de capacidad de 9000 ltrs. Con este se procedió a regar el material vertiendo la cantidad de agua adecuada para lograr la humedad óptima de compactación empleando el mismo procedimiento que en la SUB-BASE para la determinación del volumen de agua necesaria.

- Una vez que se le dio la humedad correspondiente a la capa de deja airear y se procede a la compactación del material.

Podemos decir que la elección del método de compactación seleccionado depende de los siguientes factores a tener en cuenta:

- Tipo de suelo.
- Variación del suelo dentro de la obra.
- Tamaño de la obra a ejecutar.
- Especificaciones de compactación del proyecto.
- Tiempos disponibles para la ejecución del proyecto
- Equipo que ya se posea para realizar los trabajos.
- Economía.

Los factores que más influencia tuvieron a la hora de elegir el método de compactación en este proyecto fueron:

## TIPO SE SUELO

**SELECCIÓN DEL TIPO DE MÁQUINA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELO SEGÚN LA CLASIFICACIÓN AASHTO ( Dujisin y Rutland, 1974 )**

	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
Rodillo Liso	1	2	2	1	1	1	2	2	3	3	4
Rodillo Neumático	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3
Rodillo Pata de Cabra	5	5	5	4	4	3	2	2	1	1	1
Pisón impacto	2	2	1	2	2	2	4	4	4	4	4
Rodillo vibratorio	1	1	1	1	1	3	4	3	3	5	5

Clasificación del comportamiento del equipo :

- 1 Excelente
- 2 Bueno
- 3 Regular
- 4 Deficiente
- 5 Inadecuado

Tabla 23-7 Selección de equipos en función del tipo de suelo

Para

**EQUIPOS QUE YA SE POSEÍA PARA REALIZAR LOS TRABAJOS:** este fue uno de los condicionantes que se tuvo a la hora de realizar los trabajos ya que la empresa sub-contratada que realizaba los trabajos de compactación constaba con los siguientes equipos disponibles:

- ✓ Compactador de rodillos lisos vibratorios
- ✓ Compactador de rodillos Neumáticos
- ✓ Compactador pata de cabra

De los cuales se selecciono para la compactación los dos primeros que nos daban una mayor eficiencia y economía a la hora de compactar la capa.

### **7.1.4 A continuación vamos a dar algunas especificaciones técnicas y características propias de los equipos a emplear**

#### **7.1.4.1 Compactador de rodillos lisos vibratorio**

Suelos granulares: Se compactan mejor por vibración. La vibración reduce las fuerzas de fricción, dejando que las partículas se acomoden por su propio peso.

## VENTAJAS

- Quizá la ventaja principal de la aplicación de vibración a las técnicas de compactación estriba en la posibilidad de trabajar con capas de mayor espesor que cuando se usan otros métodos de compactación o compactadores por lo que aumenta el rendimiento del proceso y reduce el costo de la operación. Por ejemplo en suelos tipo GW (gravas bien graduadas) y GP (gravas pobremente graduadas) (clasificación de suelos de la SUCS sistema unificado de la clasificación de suelos) la compactación por vibración puede conseguir con facilidad el mismo resultado en capas de 60cm que en el que se lograría con el uso de rodillos Neumáticos muy pesados en capas de 20 o 30 cm de espesor (ya se ha hablado en la práctica estadounidense de compactación de capas de 1,20mtr.)
- Otra ventaja que podemos nombrar es se puede compactar rellenos limpios saturado.

## DESVENTAJAS

- Puede romper gravas y deteriorar el material es por esto que resulta de gran importancia el ensayo de los materiales a usarse en dicha capa (desgaste de los ángulos, cubicidad, etc.)
- Puede crear laminación y capas de finos.
- Requiere escarificar entre capas

En los procedimientos de compactación de campo combinan siempre la vibración con la presión ya que la vibración sola resulta poco eficiente. La presión es necesaria para vencer los nexos interparticulares que se producen tanto en suelos gruesos como en suelos cohesivos. (Ingeniería de suelos en las vías terrestres).



Fig. N° 60-7 Compactación de Rotonda



Las

Fig. N° 61-7 Compactador de rodillos lisos Vibratorio

especificaciones en cuanto a este tipo de compactador son las siguientes

### Compactadores lisos vibratorios Especificaciones comunes

Diámetro del rodillo	53 a 122 cm
Ancho del rodillo	61 a 183 cm
Peso total del rodillo	0.2 a 13 ton
Velocidad de avance	0.5 a 6 km/h
Frecuencia de vibración	1,050 a 5,000 rpm
Amplitud de vibración	Del orden de 1 mm

#### **7.1.4.2 Compactador Neumático o de ruedas de goma**

Se usan en suelos granulares con finos poco plásticos en donde no existan grumos para disgregar

#### VENTAJAS

- Pueden compactar capas mas gruesas
- Se puede emplear mayor velocidad aproximadamente 8 km/hs
- Ventaja económica frente a otros equipos.
- Produce una superficie relativamente lisa resistente a la lluvia, es decir que se puede emplear para el sellado de la capa granular.
- Las áreas húmedas del rellenos se detectan observando el sucio de las llantas.

#### DESVENTAJA

- Se debe escarificar entre capas.
- No rompe los terrones de suelo



Fig. N° 63-7 Compactador neumático

### **7.1.5 Procedimiento de Compactación**

En cuanto al procedimiento de compactación podemos decir que se realizó de la siguiente manera:

Se realizó la compactación inicial en una capa de material de 14 cm de espesor con un equipo compactador de RODILLOS LISOS VIBRATORIO de aproximadamente 10 toneladas de peso, velocidad de avance de 2 a 4 km/hora y una frecuencia de 1100 a 1500 RPM y con un número de pasadas entre 5 y 8 pasadas. Dicho rodillo progresa en forma gradual desde los bordes hacia el centro en sentido paralelo al eje de la vía y traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior. Se continuará de este modo hasta que toda la superficie haya recibido ese tratamiento.

Todas las irregularidades o depresión que surgieron durante la compactación se repararon aflojando o sacando material y volviendo a compactar hasta alcanzar la compactación deseada.

Igualmente se podía tomar como parámetro de referencia de que estábamos en densidad que el equipo empezaba a rebotar cuando pasábamos sobre la capa, esto basado en la experiencia del capataz de la obra y del operario que conducía dicho equipo.

De acuerdo a la investigación realizada podemos decir lo siguiente en cuanto al número de pasadas

**NÚMERO DE PASADAS (N):** Es el número de pasadas que el Compactador vibratorio debe efectuar para conseguir la densidad requerida, se determina de acuerdo a las especificaciones de construcción, o sobre la base de los resultados de las pruebas de compactación. Si no se dispone de esta información, se pueden usar los siguientes valores:

Rodillo Vibratorio (Liso o pata de cabra) = 8 a 12 pasadas

Una vez compactada la primera capa se procedió a la humectación de la misma para colocar sobre esta nuevamente material para compactar así la segunda capa que complementaria el espesor de la SUB-BASE siguiendo el mismo procedimiento que para la primera.

## **7.2. CONTROLES DE LA CAPA ESTRUCTURAL**

Los trabajos finales de la capa se basan en lo siguiente:

### **7.2.1 Verificación de niveles**

EL siguiente paso a la compactación es verificar los niveles de la misma esto se realiza de la siguiente forma:

- Se realizó un hueco en la capa para medir su espesor
- Y también se empleó los elementos topográficos para verificar sus niveles en este caso usamos un NIVEL y UNA REGLA. Esto se realizó colocando el nivel en el eje del cantero central donde se encontraban las estacas con su nivelación correspondiente en función de los puntos fijos colocados a lo largo de la traza de la vía que fueron descriptos anteriormente.
- Conociendo los niveles que se tienen que tener en función de los planos de planimetría con los niveles correspondientes realizados con la descripción de los niveles correspondientes para cada los cuales fueron fijados con estacas cada 5 metros.

### 7.2.2 Perfilado o corrección de niveles de la capa

En este paso se realizó la corrección de los niveles mediante la perfiladora o motoniveladora la cual se podría decir iba cortando la capa hasta alcanzar su nivel según plano. En caso donde fue necesario perfilar la capa se procedió de la siguiente manera:

- Se procede a humectar la capa nuevamente en la zona de perfilado Luego se procede a la compactación con el rodillo de goma hasta alcanzar densidad buscada y el sellado deseado

### 7.2.3 Control de la sub-base

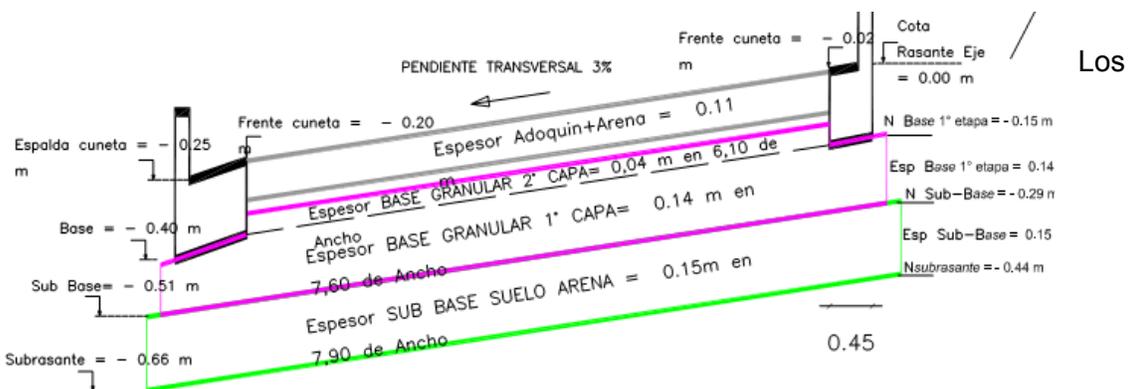
El control de la capa la realizó VIALIDAD PROVINCIAL mediante un control de densidad por medio del CONO DE ARENA.

Dicho control se realizó cada 100 metros y con las exigencias según pliego. También se realizó un control particular o propio por la empresa AFEMA S.A, el cual también se realizó por medio del método del CONO DE ARENA y se realizó en zonas donde los valores obtenidos por Vialidad Provincial no cumplían con los valores exigidos o también cuando existía incertidumbre en algunas zonas de la vía en cuanto al nivel de compactación lograda.

En las zonas donde las densidades de compactación no verificaron se procedió de la misma manera que la descrita en la capa de SUB-BASE con la única diferencia de que ahora el equipo compactador es un RODILLO LISO VIBRATORIO.

### 7.3. Trabajos realizados para la materialización de la segunda capa de base granular

Como dijimos anteriormente la 2° etapa se realizó una capa de espesor de 4 cm por arriba del nivel inferior del cordón cuneta completando así los 18 cm totales de la capa, con el mismo material y propiedades y forma de trabajo que en la primera etapa.



trabajos para la materialización de esta etapa fueron:

Fig. N° 64-7 Paquete estructural

### 7.3.1 Materialización del cordón cuneta

- Como se puede observar en el perfil transversal una vez terminada la 1° etapa de la capa de base granular se procedió a replantear los cordones cunetas los cuales se materializaron inicialmente mediante la colocación de clavos de hierro de 30cm de largo y de diámetro  $\Phi$  del 6mm. Los niveles de dichos clavos dados por los niveles establecidos en la primera etapa de esta capa. Estos clavos se colocaron cada 1.50 m como se puede observar en la figura N°65-7



Fig. N° 66-7 colocación de clavos

- Una vez que se colocaron los clavos en todas las zonas donde se emplazara los cordones cunetas a lo largo de la vía y también en las rotondas, se procedió a la colocación de los encofrados como se observa en la figuras siguientes





Fig. N° 67-7 Encofrados de cordones cunetas

- El siguiente paso fue el colado del hormigon para materializar la cuneta dejando los pelos de hierro correspondientes para la colocacion del cordón. Esto se puede observar en las siguientes imagines.





Fig. N° 68-7 cunetas

- Finalmente se procedió a la colocación de los encofrados para materializar el cordón por medio del colado del hormigón, quedando así terminado el cordón cuneta como se ve en las siguientes figuras.





Fig. N° 69-7 cordón de la vía

### **7.3.2 Materialización de la segunda capa de base granular**

Para la realización de esta capa se procedió de la misma manera que para la primera capa, es decir se realizaron los siguientes trabajos:

- **MATERIALIZACIÓN DE NÍVELES MEDIANTE ESTACAS Y PUNTOS FIJOS.**  
Aca se tomo como referencia las cabezas de las estacas colocadas para la realización de la base en su primera etapa, cuyos niveles eran verificados de acuerdo a los planos de niveles y también se tomo como referencia el espesor de los cordones ya que también de este depende la colocación de la carpeta de rodamiento compuestas por adoquines y la cual también se debe tener en cuenta ya que estos tienen un espesor determinado y fijo el cual es de 8cm por lo que esta capa debe tener el menor error posible de nivelación.
- **DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL CONSTITUYENTE DE LA CAPA**  
Antes de la distribución del material se procedió a una humectación de la capa terminada con camión regador para luego distribuir el material necesario para lograr el espesor de la misma, siendo el material distribuido de menor volumen que

en la etapa anterior ya que esta capa es de menos espesor por lo tanto necesitamos menos material.

- **TRABAJOS DE TERMINACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE LA MISMA**  
Al igual que en la etapa anterior se procedió a la compactación del material distribuido hasta alcanzar la densidad según pliego.  
Luego se procedió a controlar niveles y al corte de la capa en las zonas donde los niveles no eran los requeridos.
- **CONTROLES DE LA CAPA ESTRUCTURAL**  
Los controles son los mismos que para la primera etapa, es decir, densidad, verificación de niveles y buen sellado
- **VERIFICACIONES CON EL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES GENERALES**  
Acá se tuvieron en cuenta las verificaciones que se explicaran con más detalle en el capítulo 9.



Fig. N° 70-7 Segunda etapa de base granular

En la figura 70-7 podemos observar el material de la segunda etapa de la base granular esparcido y listo para compactar de acuerdo a los niveles establecidos.



Fig. N° 71-7 segunda etapa de base en rotonda

En la figura 71-7 se puede observar la segunda etapa de base granular en la zona de rotonda donde el cordón es distinto a la zona de los tramos pero el procedimiento de trabajo es el mismo.

<b>CAPITULO</b> 8	<b>COLOCACIÓN DE ADOQUINES</b>
----------------------	--------------------------------

## 8. INTRODUCCIÓN

En este apartado voy a tratar de explicar la realización de la carpeta de rodamiento conformada por adoquines de hormigón simple.

Para la explicación de la realización de esta capa me parece de importancia conocer un poco el tipo material a usar para materializar la carpeta de rodamiento, por lo que voy a comenzar con una descripción del mismo en cuanto a su tipología, uso, y características. Concluyendo con los procedimientos usados para su colocación y su mantenimiento.

### 8.1. Conceptos a tener en cuenta

Cono sabemos a los pavimentos se les da nombre de acuerdo con su comportamiento (rígidos o flexibles) según el material de su capa de rodadura.

De acuerdo a lo anterior tenemos:

- **PAVIMENTOS RÍGIDOS O DE CONCRETO:** Es aquel en el cual la carpeta de rodadura está formada por una losa de hormigón separada por juntas y colocadas sobre una base.
- **PAVIMENTOS FLEXIBLES O DE ASFALTO:** es aquel que su superficie de rodadura en un hormigón asfáltico, el cual no tiene juntas y que se coloca generalmente sobre una base y sub-base.
- **PAVIMENTOS DE ADOQUINES:** Pavimentos de adoquines de hormigón. Su capa de rodadura está conformada por adoquines de hormigón, colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. De la misma manera que los pavimentos de asfalto, pueden tener una base, o una base con una sub-base, que pueden tener espesores ligeramente menores que los utilizados para los pavimentos de asfalto. También se consideran pavimentos flexibles y son del color gris claro del hormigón.

Los pavimentos de adoquines de hormigón son una vieja idea traída de los antiguos pavimentos de piedra, traída al presente, pero con un nuevo material el hormigón; con inmensas ventajas sobre los de piedra o los de arcilla cocida.

Si hacemos una comparación podemos distinguir en el siguiente Fig. N° 72-8 los distintos tipos.

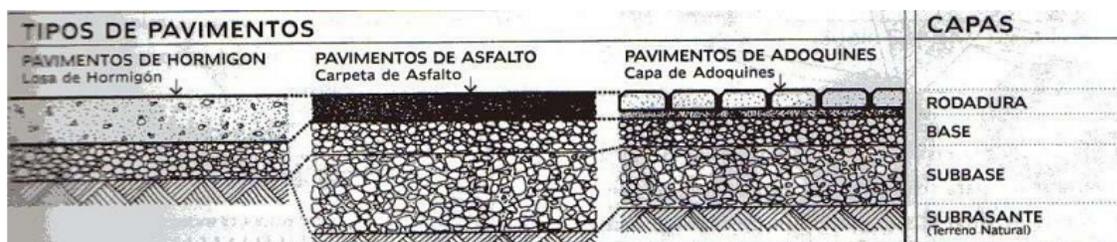


Fig. N° 73-8 tipos de pavimentos

### 8.2. Adoquines

#### 8.2.1 Ventajas del uso de los pavimentos de adoquines

- Tiene la durabilidad de un pavimento rígido, y la versatilidad de un flexible.

- Puede ser utilizado en una variada gama de aplicaciones, desde pavimentos sometidos a elevadas cargas como en sendas peatonales.
- Es antideslizante, reduciendo considerablemente los derrapes y sus consecuencias.
- Se pueden hacer despertadores o reductores de velocidad en forma sencilla y simultánea al colocar las piezas en tresbolillo, elevándolas con más arena de asiento.
- Su construcción totalmente en seco permite su inmediata habilitación al tránsito.
- Es posible hacer obras de tendido de cañerías desarmando el pavimento y recolando los mismos adoquines, sin dejar marcas o cicatrices en la zona de trabajo.
- Es posible fabricar adoquines de color, mono o bicapa, y obtener superficies de alto valor arquitectónico, siendo muy utilizados para recuperar centros urbanos históricos.
- Este pavimento puede alcanzar una vida superior a los 40 años y es de bajo costo (éste se debe comparar con respecto a otros pavimentos a partir de opciones que sean equivalentes estructuralmente).
- Para su construcción se utiliza poca maquinaria básicamente una placa vibrocompactadora “ranita” y mucha mano de obra local.
- Todos los materiales para este pavimento llegan a la obra listos
- para ser utilizados, por lo cual se puede construir y dar al servicio en un mismo día. Esto permite desarrollar un programa de pavimentación por etapas, a medida que se va disponiendo de recursos.
- Al pavimento de adoquines se le coloca una base que se diseña para que resista cualquier tipo de tránsito, desde el peatonal, hasta el de camiones.

Adicionalmente, como los adoquines se producen en máquina, con moldes, se les pueden dar distintas formas; también colores, para que sean decorativos. Por esto, el pavimento de adoquines se utiliza desde en zonas de tránsito peatonal (andenes, plazas, patios para juegos, instalaciones deportivas, etc.), hasta en las de tránsito pesado (calles, carreteras, terminales de transporte, carga y puertos, pistas para aeropuertos), e inclusive para fines decorativos.

En cuanto al diseño de los pavimentos de adoquines podemos decir que está compuesto, casi siempre, por dos capas: la capa de rodadura (los adoquines) y la base, pero en este caso nosotros tenemos además una sub-base. Ambas capas son importantes porque los adoquines sin base se terminan por hundirse en el suelo; y la base sin los adoquines se deteriora muy rápido y no tiene la resistencia suficiente.

. Un diseño “a ojo” dará un pavimento que se deteriorará rápidamente, perdiéndose toda o parte de la inversión; o un pavimento por encima de lo que se necesita, con unos costos muy altos e innecesarios.

### 8.2.2 Capas

En cuanto a las capas que conforman el pavimento del adoquín podemos decir lo siguiente: Los espesores de las capas dependen del tránsito que va a soportar el pavimento, de la dureza del suelo y de los materiales con que se van a construir estas capas; y deben tener la suficiente calidad para que el pavimento soporte el peso del tránsito, durante un tiempo determinado, sin deformarse ni deteriorarse. El tránsito, que va a circular por la vía durante el período de diseño, la dureza del suelo y la calidad de los materiales disponibles, definen el espesor de la capa del pavimento. Estas capas son, de arriba hacia abajo

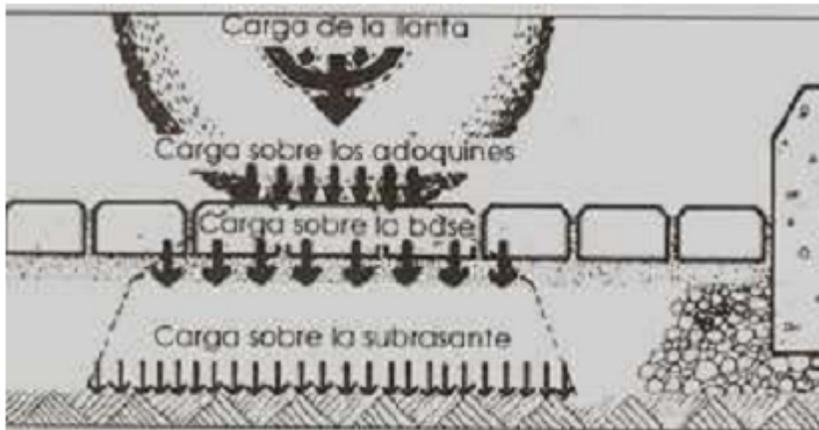


Fig. N° 74-8 Acá se puede observar como es la distribución de cargas a través de las distintas capas

En cuanto al diseño de las capas podemos decir que estas fueron establecidas en el proyecto ya que como el diseño de la vía era un paseo los requerimientos de espesor de la BASE Y SUB-BASE fueron los medianamente aceptables para este tipo de vía y venían especificados ya sus espesores, como el material a utilizar en los pliegos de especificaciones técnicas.

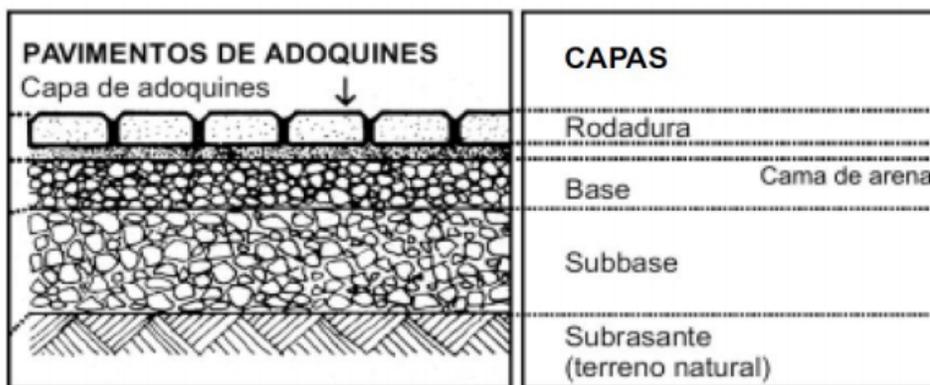


Fig. N° 75-8 Capas Estructurales

### 8.2.3 Normativas

En cuanto a las especificaciones dadas por el pliego de especificaciones técnicas acerca del tipo y condiciones que debía cumplir el adoquín empleado, podemos decir que nos hacía solo referencia a que debía cumplir con las **NORMATIVA. IRAM 11656 QUINTA EDICION- VIGENTE 30 NOV 2010**

La nueva Norma IRAM 11656 "Adoquines de hormigón para pavimentos intertrabados. Requisitos y Métodos de Ensayo en vigencia a partir del 30 de Noviembre de 2010, le brinda a los especificadores y proveedores una mayor confianza en el uso de estos elementos para pavimentos. Actualmente, los adoquines deben cumplir con requisitos de resistencia a la flexión, al desgaste, nivel máximo de absorción y tolerancia en las medidas.

### 8.2.4 Características físicas de los adoquines

- **Forma y tamaño:** Los adoquines son elementos macizos, de hormigón, prefabricados, con paredes verticales, que ajustan bien unos contra otros, para formar una superficie completa, dejando solo una junta entre ellos, y que sirven como capa de rodadura o superficie para los pavimentos que llevan su nombre. En un adoquín se distinguen los siguientes elementos:
- **Cara superior (o superficie de desgaste):** sobre la cual circula el tránsito y que define la forma del adoquín.
- **Cara inferior:** igual a la superior, sobre la que se apoya el adoquín en la capa de arena. Caras laterales o paredes, curvas o rectas, pero verticales y sin llaves, que conforman el volumen y determinan el espesor.
- **Aristas o bordes:** donde empalman dos caras o los quiebres de la cara lateral.
- **Bisel:** Es un chaflán o plano inclinado en las aristas o bordes de la cara superior que se puede o no hacer en el momento de la fabricación. No debe tener más de 1 cm de ancho y no es indispensable, pero mejora la apariencia de los adoquines, facilita su manejo y contribuye al llenado de la junta.
- **Espesor:** Los adoquines se fabrican en espesores de 6 cm para tránsito peatonal y vehicular liviano; de 8 cm para vías de tránsito medio y pesado (inclusive aeropuertos) y de 10 cm para tránsito muy pesado (patios de carga y puertos, etc.)

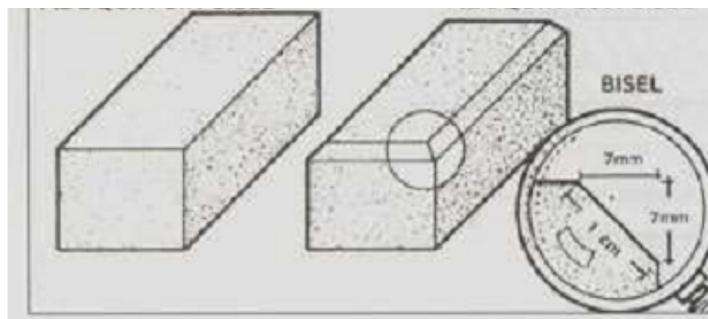


Fig. N° 76-8 Adoquines con bisel y sin bisel

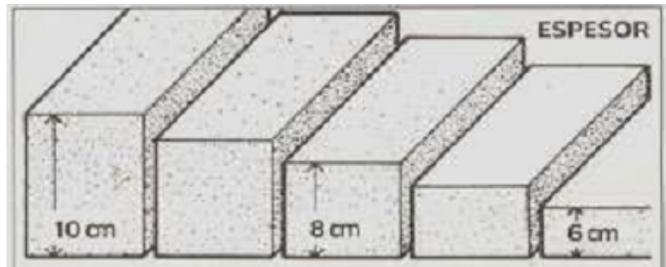


Fig. N° 77-8 Altura de adoquines

Si tienen menos de 6 cm no se consideran como adoquines y se colocan como baldosas, sobre mortero. Como los de 10 cm rara vez se usan y los de 6 cm tiene aplicaciones muy específicas, se aconseja usar adoquines de 8 cm en vez de los de 6 cm, para tener un mejor comportamiento de pavimento y para poder producirlos con un solo espesor, sin necesidad de comprar un molde para los de 6 cm y otro para los de 8 cm.

La forma del adoquín no influye mucho en el funcionamiento del pavimento; pero por facilidad para su producción, transporte y colocación, se prefieren adoquines pequeños, que se pueden tomar con una sola mano, que no tengan más de 25 cm de longitud, para manejarlos con facilidad y para que no se partan bajo las cargas del tránsito (el efecto de flexión tendría más importancia en este y se romperían con más facilidad)

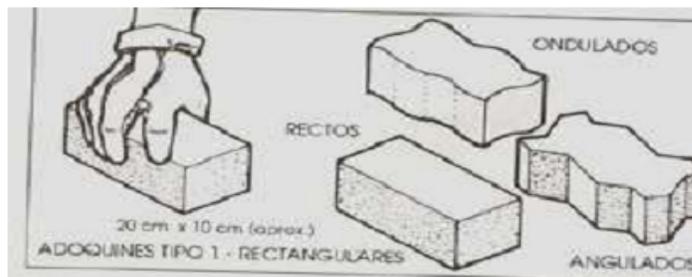


Fig. N° 78-8 Tipología de adoquines por su forma

**Dimensiones:** El tamaño y la forma de los adoquines serán lo más uniformes posibles, para que traben unos con otros y la superficie final sea plana. Para esto, la diferencia máxima en las dimensiones con respecto a las dadas por el productor, no será de más de 2 mm para el largo y ancho, y de 3 mm para el espesor.

**Superficie.** Las superficies de los adoquines serán de color uniforme, parejas, es decir sin fisuras, huecos, hormigueros, descascamientos o materiales extraños (madera, semillas, piedras grandes, etc.). El color y tipo (rugosidad) de la superficie se acordará entre el productor y el comprador porque no existe una forma práctica para medirlos.

**Aristas y Esquinas:** Los bordes o aristas serán agudos, es decir sin desbordamientos, torceduras; y no tendrán rebabas horizontales (en la cara inferior), ni verticales (en la cara superior del adoquín).

Se definen tres tipos de adoquines:

**Tipo 1: Son los adoquines rectangulares**, los más prácticos y populares en todo el mundo por su facilidad para su fabricación y colocación, y porque permiten elaborar más detalles en el pavimento. Tiene 20 cm de largo por 10 cm de ancho. Los hay con paredes rectas, onduladas o anguladas. Los adoquines rectangulares se pueden colocar en patrón de espina de pescado, en hileras trabadas, tejido de canasto, etc. **Para tráfico vehicular, sólo se pueden colocar en espina de pescado o en hileras trabadas, atravesadas o perpendiculares a la dirección de circulación de los vehículos.**

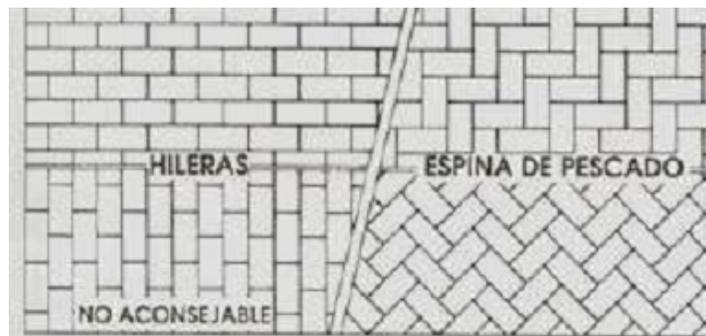


Fig. N° 79-8 forma de colocación

**Tipo 2:** Son los adoquines que se pueden tomar con una sola mano pero que no se pueden colocar en patrón de espina de pescado, como los adoquines en forma de "I". Estos se colocan en hileras trabadas y se debe tratar que éstas queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos.

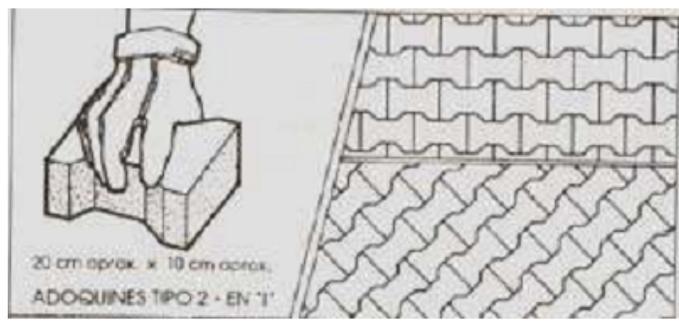


Fig. N° 80-8 Forma de colocación de adoquines tipo 2

Tipo 3: Son los adoquines que, por su peso y su tamaño, no se pueden tomar con una sola mano (pues miden unos 20 cm x 20 cm ó más) y sólo se pueden colocar en hileras. **También se debe tratar de que las hileras queden a travesadas a la dirección de circulación de los vehículos.** A este tipo pertenecen los adoquines con forma de cruz, trébol, etc.



Fig. N° 81-8 forma de colocación de adoquines tipo 3

Los adoquines de hormigón forman la superficie del pavimento, por lo cual serán de buena calidad para que soporten el tránsito de las personas, animales y vehículos, al menos durante 40 años; y tendrán una buena apariencia por ser la parte visible del pavimento. Para evaluar la calidad de los adoquines, de la producción de una planta o los que se van a utilizar en una obra, se siguen las recomendaciones siguientes:

Aunque los adoquines se hacen a máquina, en una planta, no todos salen con el mismo tamaño, apariencia o resistencia. Esto se debe a las variaciones de los materiales (arena, agregado grueso, cemento, agua), en los moldes de las máquinas, en el manejo de éstas y en el curado y transporte de los adoquines terminados.

### 8.3. EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y TRABAJOS REALIZADOS PARA SU COLOCACIÓN

En este apartado se explicara el método de trabajos realizados para la colocación de los adoquines y los equipos empleados para los mismos. A su vez también se realizara una comparación con los métodos existentes de acuerdo a diferentes autores que hacen referencia a la colocación de los mismos.

Para la explicación de los trabajos se tomara como realizado todas las tareas anteriores a su colocación como ser: Capas de apoyo de la vía y cordones cunetas, acá solo se hará una mera referencia de estos ya que fueron descripto anteriormente.

#### 8.3.1 Equipos y Herramientas

En la construcción de un pavimento de adoquines se requiere sólo de equipos y herramientas sencillas para el transporte y corte de los adoquines; la colocación de la capa de arena, de los adoquines y del sello de arena, y adicionalmente, el equipo para

la compactación de los adoquines.

Los equipos y herramientas empleados para la realización del proyecto Kempes fueron los siguientes:

- Para el transporte de los Adoquines de la planta de adoquines a la obra se empleo camiones y equipos en los cuales se transportaban las tarimas con adoquines en una cantidad que oscila entre 400 y 500 adoquines por tarima a estos también se los conoce con el nombre de PALES de Adoquines.





- Para la distribución de adoquines se emplean carretillas como las que se usan para transportar cajas de gaseosas, colocándoles una tabla en la base y otra que sirva como respaldo, para poder apilar los adoquines o también las carretillas comunes usadas en la construcción.

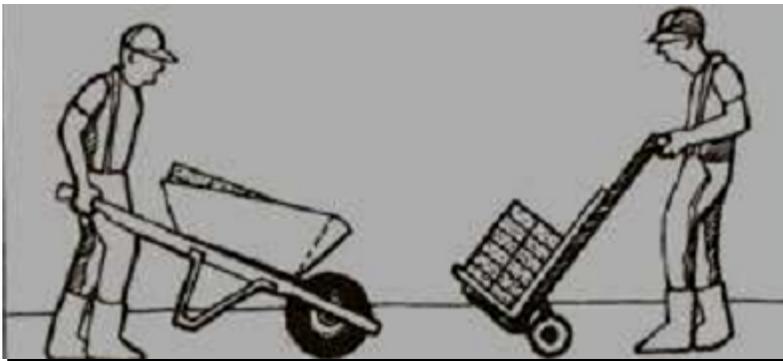




Fig. N° 83-8 Distribución de adoquines en obra

Con el fin de llenar los espacios que quedan contra el confinamiento, se parten trozos de adoquines con cinceles, hachuelas, cizallas mecánicas o sierras circulares con disco metálico. Mientras más refinado sea el equipo, los ajustes serán más precisos pero también será más costoso. En la obra se empleó como se ve en la Fig. N° 75-8 una sierra circular con disco de corte





Fig. N° 84-8 corte con cierra circular

Como herramienta para la construcción, es necesario contar con 3 reglas (de unos 3 m de largo y 4 cm de sección), tablas o tablones (de apoyo para los colocadores), herramientas varias (Hilos, estacas, nivel de manguera, palustres, llanas, un mazo de caucho por colocador, 2 escobas, 2 palas, cintas métricas, lápices, etc.).

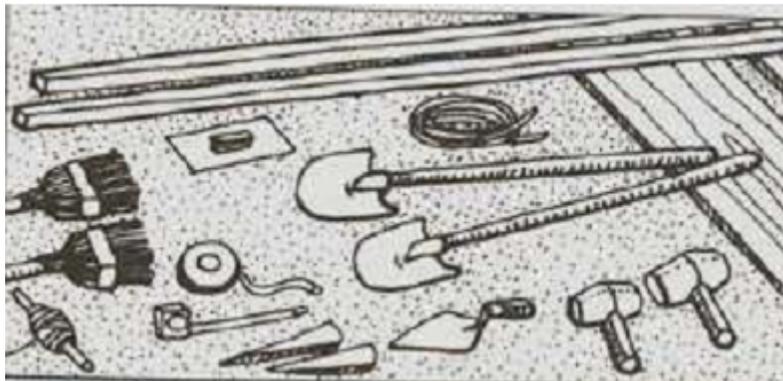


Fig. N° 85-8 Herramientas empleadas

- Para compactar la capa de adoquines es indispensable utilizar una vibro compactadora de pala (“ranita”). El área de la placa de la compactadota debe estar entre  $0,25\text{m}^2$  y  $0,5\text{m}^2$ . No se deben utilizar placas más grandes porque pueden fisurar los adoquines, especialmente si éstos tienen 6 cm de espesor



Fig. N° 86-8 Compactación de adoquines

## 8.4.

## Trabajos para la

**realización del pavimento de adoquines**

Desde el punto de vista general podemos decir que la construcción del pavimento de adoquines seguirá, cuidadosamente, un orden en las actividades a realizar, para evitar desperdicios de tiempo y de materiales, pues se tienen materiales y frentes de trabajo muy diferentes que sólo cuando se coordinan debidamente permiten obtener un buen pavimento.

Para poder colocar la capa de rodadura, que como se dijo está compuesta por la capa de arena, los adoquines y el sello de arena, es necesario tener listas todas las estructuras de confinamiento y drenaje que vayan a formar parte del pavimento, de modo que se forme una caja dentro de la cual se construya dicha capa.

Para poder dar una explicación más específica de los trabajos realizados vamos a basarnos en los siguientes aspectos a tener en cuenta:

1. ESTRUCTURAS DE CONFINAMIENTO
2. PLANIFICACIÓN DE TRABAJO
3. TRABAJOS DE COLOCACIÓN DE ADOQUINES

**8.4.1 Estructuras de confinamiento**

El confinamiento es parte fundamental del pavimento de adoquines, porque evita que el tránsito desbarate la capa de rodadura que va unida por compactación. Se puede hablar de dos tipos de confinamiento: externo, que rodea el pavimento, e interno que rodea las estructuras que se encuentran dentro de éste. Es indispensable construir el confinamiento antes de esparcir la capa de arena, para poder colocar ésta y los

adoquines dentro de una caja, cuyo fondo sea la base compactada y sus paredes las estructuras de confinamiento.



Fig. N° 87-8 Estructuras de confinamiento

a) El confinamiento externo está conformado, en general, por:

- El cordón de un andén
- Un bordillo contra una zona verde o un cordón, a ras, contra otro tipo de pavimento.

Como estos elementos están en contacto directo con las llantas de los vehículos, serán de hormigón de muy buena calidad y muy bien terminados.

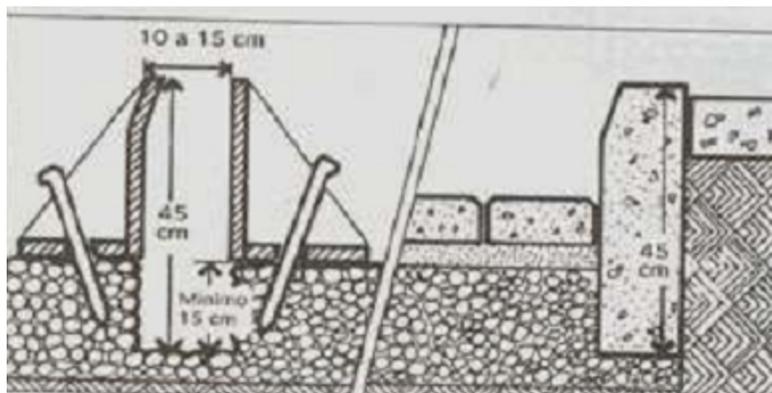
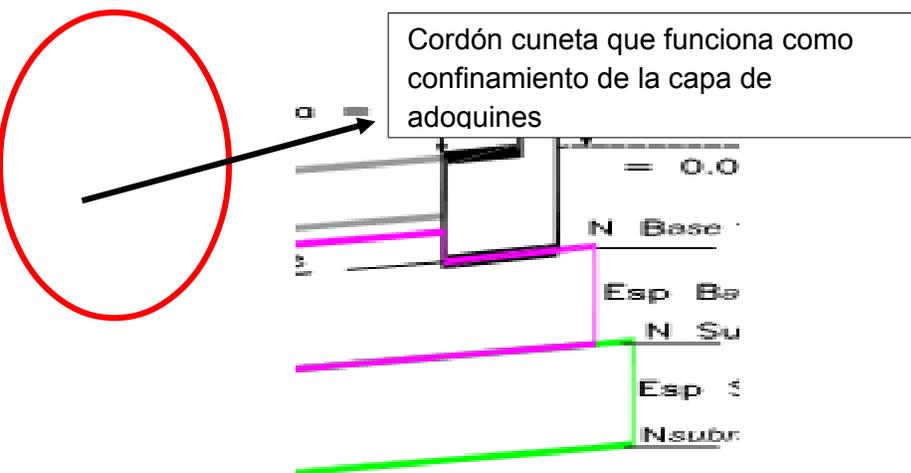


Fig. N° 88-8 cordón como estructura de confinamiento

En la obra tenemos que nuestro confinamiento externo es el **cordón cuneta** que forma parte de desagüe pluvial de la vía el cual está asentado como se ve en la figura N° 89-8 sobre la primera etapa de la BASE granular



Fig. N° 90-8 Estructura de confinamiento en obra



- b) confinamiento interno :Nunca se vacían confinamientos, a ras, contra adoquines ya colocados, porque terminan figurándose en los puntos donde correspondería una junta entre adoquines a cierta longitud, sino se le dejan juntas. Adicionalmente, el borde se va descascarando. Por esto es que la capa de adoquines es la que se debe ajustar, con piezas partidas, contra el confinamiento construido con anterioridad. Parte del confinamiento interno son las estructuras que están dentro del pavimento

(sumideros, cámaras de inspección, cunetas, etc.) Sus paredes serán de hormigón, prefabricadas o vaciadas, con un espesor de 15 cm para tránsito vehicular, 10 cm para peatonal y con oídos de  $\varnothing 1/2''$ , cada 25 cm, a nivel de la capa de arena, si son de drenaje.

#### **8.4.2 Planificación de los trabajos**

La construcción del pavimento de adoquines seguirá, cuidadosamente, un orden en las actividades a realizar, para evitar desperdicios de tiempo y de materiales, pues se tienen materiales y frentes de trabajo muy diferentes que sólo cuando se coordinan debidamente permiten obtener un buen pavimento.

Una de los factores más importantes a tener en cuenta es la capa de arena, ya colocada que divide el área de trabajo en dos, porque ésta no se puede pisar ni desordenar. Por esto, se debe planear el suministro de materiales y equipos.

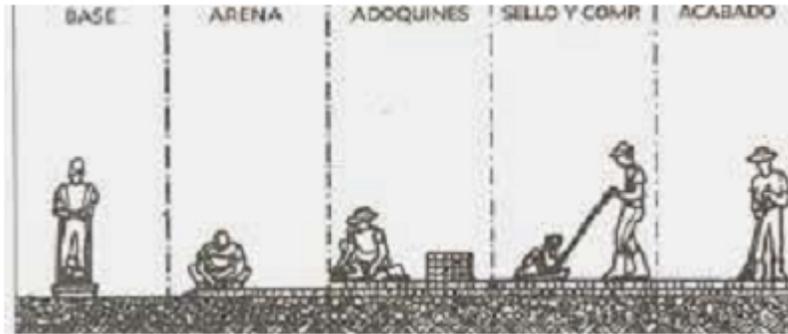
En la obra se procedió de la siguiente manera para poder lograr la máxima eficiencia del trabajo y el menor desperdicio de los materiales:

- Los materiales de la base y la capa de arena llegarán por el lado hacia el cual avanza la pavimentación .
- Los adoquines y la arena de sello de juntas lo harán por el lado terminado.



Fig. N° 91-8 Procedimiento de trabajo

Cuando se tiene completamente definida el área a pavimentar es necesario definir cómo se va a acometer el trabajo; porque éste se tendrá que realizar por tramos, si el área a pavimentar sobrepasa los 10 m<sup>2</sup>, aproximadamente. Esta organización dependerá del tamaño y de la forma del área a pavimentar (pues no es lo mismo pavimentar calles angostas y largas que parqueaderos o plazas más cuadradas), de la cantidad de equipo y mano de obra disponibles y de los plazos para la obra.



La planificación de los trabajos quedara entonces de la siguiente manera:

1. Primero se realiza la terminación de la BASE GRANULAR.
2. Luego se realiza la colocación de una CAPA DE ARENA.
3. Luego se procede a la colocación de LA CAPA DE ADOQUINES.
4. Luego se procede al SELLO de la capa de adoquines con arena.
5. Finalmente se termina con el ACABADO y MANTENIMIENTO del pavimento.

#### **8.4.3 Trabajos para la colocación de Adoquines**

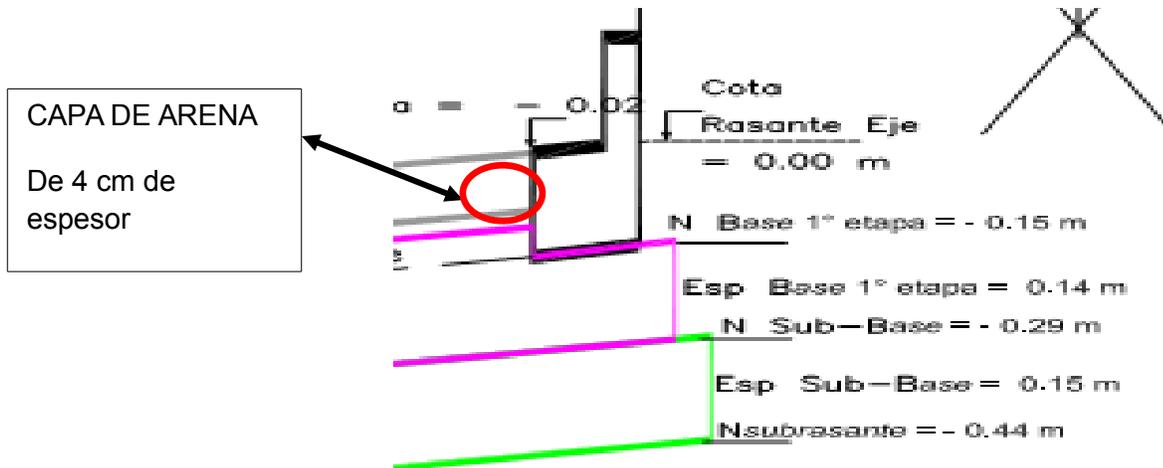
Siguiendo con la planificación antes mencionada y teniendo en cuenta que todas las capas que forman el paquete estructural ya se encuentra terminadas a excepción de la BASE granular que se fue terminada totalmente solo desde la progresiva 00+0050 hasta la 00+00300 en las cuales se pudo colocar sin necesidad de tener en cuenta el procedimiento anterior, en los demás tramos de la vía se tuvo que respetar el proceso de trabajo establecido de antemano.

De esta forma teniendo en cuenta que la base en ciertos tramos de la vía ya estaba terminada vamos a detallar a continuación los trabajos que fueron necesarios para materializar la carpeta de rodadura compuesta por adoquines.

##### **a) Esparcido de la capa de arena**

Antes que nada podemos decir que la capa de arena tiene tres funciones: servir de filtro para el agua que pueda penetrar por las juntas; de capa de acomodo

para los adoquines y, al penetrar por las juntas ayudar a que estos trabajen en conjunto aumentando su fricción. La arena con que se construye esta capa debe cumplir con los requisitos establecidos para ella los cuales están detallados en apartado de ensayos de control de las distintas capas de la vía.



La capa de arena tendrá un espesor de 4 cm, antes de colocarle los adoquines, y se colocó en forma uniforme en toda la superficie del pavimento. Por esto, no se usa para corregir irregularidades con que pueda haber quedado la base porque, si se hace así, luego aparecerán estas irregularidades en forma de ondulaciones de la superficie del pavimento.

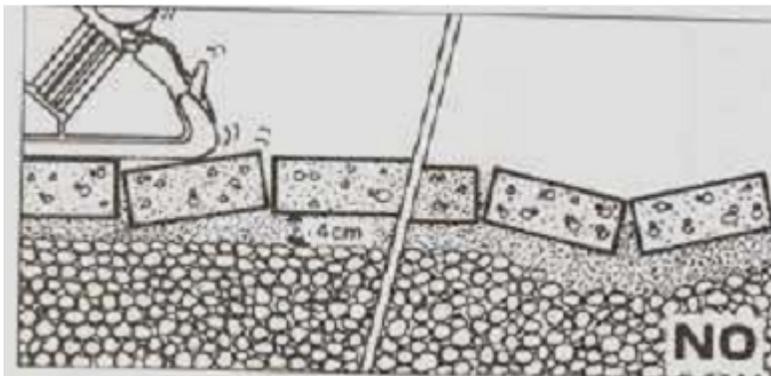


Fig. N° 94-8 mala distribución de la arena

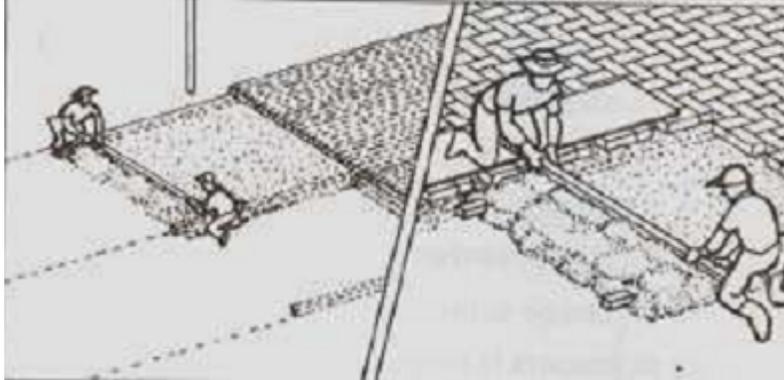
Procedimiento de trabajo:

1. Primero se transportó la arena a la zona de trabajo como se explicó antes y en forma inicial se esparce con pala de albañil, esparciendo en las proporciones que se requieran.
2. Se procedió luego al esparcimiento final que se realiza usando 3 reglas de aluminio de 4 cm de espesor, de las cuales 2 se usaron como guías y la otra como enrasador.

El procedimiento de uso de las mismas es el siguiente:

- Los rieles se asentaron sobre la base terminada, es decir, que esta estaba debidamente compactada y nivelada. Estos se pueden colocar paralelos al eje de la calzada cuando la separación entre estos no supera el largo de la regla de con la que se enrasa.

En nuestro caso se colocó en dirección perpendicular a la dirección de la vía en tramos de 3 mtrs.



- Una vez colocados los rieles y colocada en el tramo interior entre estos una determinada cantidad de arena se procedió a enrasar la misma con la regla enrasadora manejada por dos personas desde afuera de los rieles y "sin hacer zigzag"

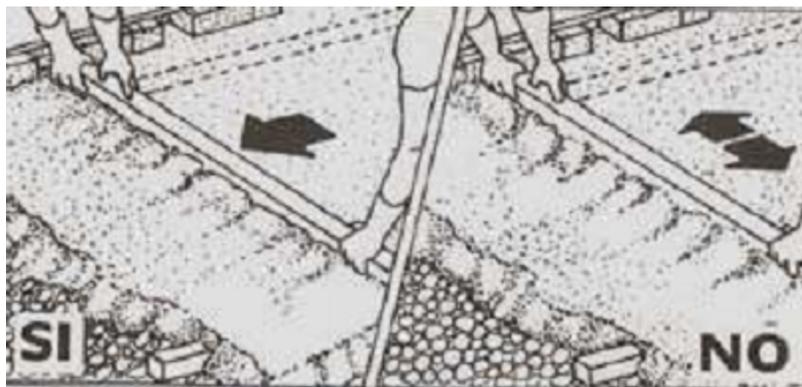


Fig. N° 95-8 Esparcido de la arena

4. Las huellas que dejaron los rieles cuando se retiraron, se llenaron con arena suelta y luego se enrasaron, empleando una llana y en algunos casos una cuchara de albañil; teniendo cuidado de no dañar la superficie vecina, ya terminada.

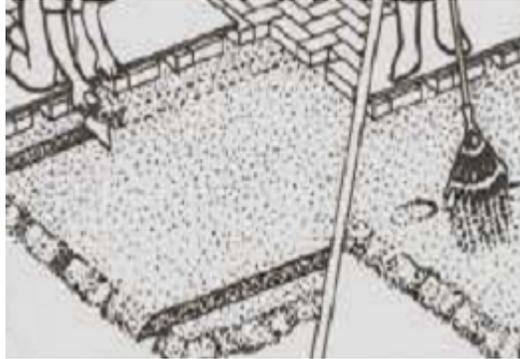


Fig. N° 96-8 tapado de huellas de rieles

Algunas de las eventualidades que se tuvieron en cuenta fueron:

- Que si antes de colocar los adoquines, cae lluvia abundante sobre la capa de arena enrasada, se retira la arena mojada y se coloca nuevamente arena seca.
- Si se habían colocado los adoquines, pero no se habían compactado ni sellado, se levantan algunos y se revisa el estado de la capa de arena. Si aparecen canales, correspondientes a las juntas, se retiran tanto los adoquines como la capa de arena, y se comienza de nuevo el proceso. Si no hay daños, se espera a que la capa de arena escurra bien el agua de la lluvia que le cayó, antes de proceder a la compactación.

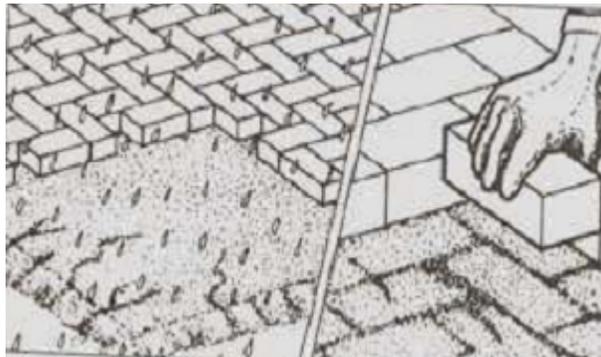


Fig. N° 97-8 inconvenientes por lluvia



Fig. N° 98-8 esparcido de arena en obra

En la imagen anterior se puede observar como quedan las ranuras una vez quitadas las reglas. Estas son las que se llenan con la misma arena y con uso del fretacho o la cuchara de albañil.

#### **b) Colocación de la capa de adoquines**

Los adoquines se colocan siguiendo un “patrón de colocación”, que es la manera como van puestos los adoquines, unos al lado de los otros; y con un “Alineamiento”, que es la posición del patrón con respecto al eje de la vía. Ambos se deben definir antes de empezar la obra.

Para el tránsito vehicular no se pueden dejar juntas continuas en el sentido de la circulación de los vehículos, por lo cual hay que buscar que no queden alineadas con el eje de la vía, o el tráfico mayor. Por esto, hay patrones que sólo se usan para tránsito peatonal.

El tipo de adoquín empleado en el proyecto es **Tipo 1: Son los adoquines rectangulares**, los más prácticos y populares en todo el mundo por su facilidad para su fabricación y colocación, y porque permiten elaborar más detalles en el pavimento. Tiene 20 cm de largo por 10 cm de ancho. Con paredes anguladas.

Los adoquines rectangulares se pueden colocar en patrón de **espina de pescado**, en hileras trabadas, tejido de canasto, etc. Para tráfico vehicular, sólo se pueden colocar en espina de pescado, atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos. Por lo que se adopto este tipo de patrón en el proyecto, además podemos decir que el lineamiento puede ser perpendicular al eje de la vía o con un determinado ángulo con respecto al mismo.

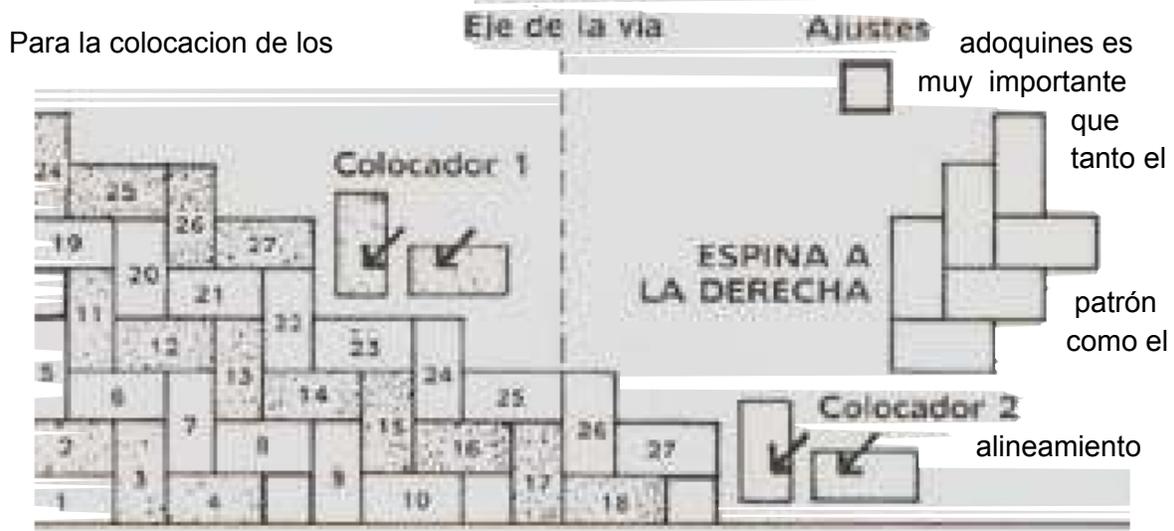
En el proyecto se adopto un lineamiento de 45 grados con respecto al eje de la via por lo que también se tuvo que cambiar el lineamiento cuando se llega a la intersección con las rotondas o curvas que tenia la vía.



Fig. N° 99-8 lineamiento de adoquines

- Patrón Espina de Pescado: Para colocar la espina de pescado, se debe escoger hacia qué lado se quiere que vaya la diagonal que ésta forma. En este caso se realizó un avance de izquierda a derecha.

Para la realización de este se debió colocar 18 adoquines como se observa en la figura y luego 2 colocadores podrán colocar dos hileras, recorriendo la diagonal de adelante hacia atrás.



de los adoquines se mantengan a lo largo de la vía o zona que se va a pavimentar. Para esto se utilizo hilos, a lo largo y a lo ancho de la vía, colocados mediante estacas de madera, trozos de varilla para refuerzo y unos cuantos adoquines bien alineados y nivelados.

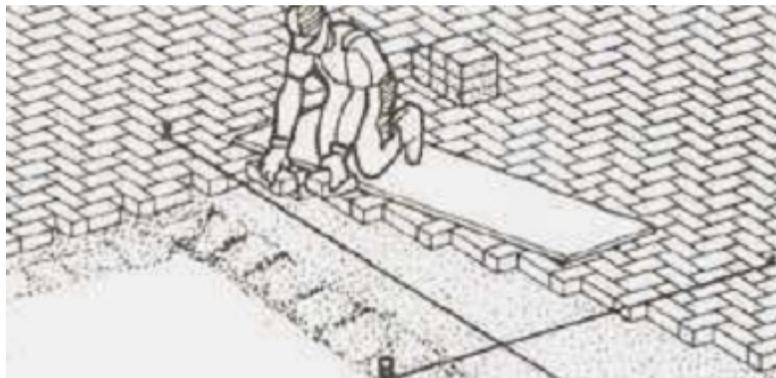


Fig. N° 101-8 lineamiento del patrón

Luego una vez que se definió un frente de colocación, se debe verificar el alineamiento de los adoquines con, al menos, un hilo a lo largo e hilos transversales cada 5 m colocados. Los desajustes se corrigieron sin quitar los adoquines, corriéndolos con destornillador o barra pequeña, teniendo cuidado de no dañar las piezas.

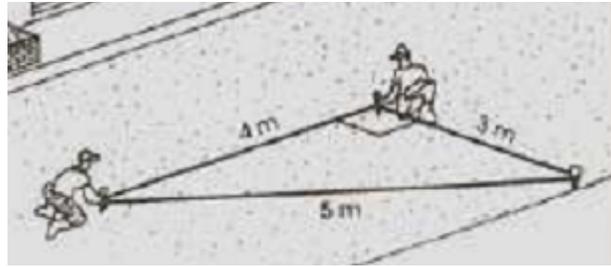


Fig. N° 102-8 Verificación del lineamiento

Una vez establecidos los niveles del lineamientos se procede a la colocacion de los adoquines .La colocación de los adoquines es una de las actividades más importantes de toda la construcción del pavimento, pues es responsable, en gran medida, de la calidad final de éste. De ella dependerán los niveles, alineamiento del patrón de colocación, regularidad de la superficie, ancho de la junta, etc., que son fundamentales para el buen acabado y durabilidad del pavimento. Como es una actividad manual, en la cual intervienen muchas personas, es importante tener un muy buen control de ella.

Para el inicio del patron a colocar primero se coloco un dordon paralelo al eje de la via pegado al cordon cuneta como se ve a continuacion en la figura.



Fig. N° 103-8 Primera fila del patrón en obra

La cuadrilla mínima de trabajo empleada fue de tres obreros: el colocador, el que transporta los adoquines y el que prepara el transporte, sin embargo, se pueden tener cuadrillas más grandes o con más colocadores, siempre y cuando la organización de trabajo lo permita.

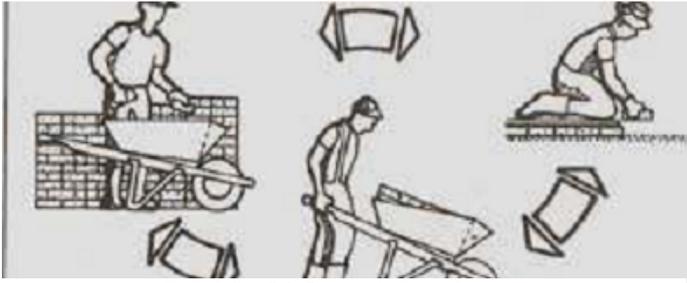


Fig. N° 104-8 cuadrilla mínima

Los adoquines se colocan a mano, por lo que el colocador deberá usar guantes protectores. Como el colocador trabaja a nivel del piso, deberá asumir la posición que le sea más cómoda o cambiar la posición a lo largo del día, para evitar la fatiga. Puesto que la actividad del colocador es la que exige más esfuerzo físico, es importante que todos los miembros de la cuadrilla sepan desarrollar las diferentes labores, para que se puedan alternar y se evite así la excesiva fatiga de algunos obreros.

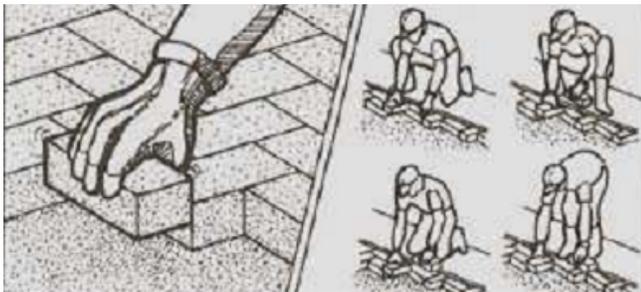


Fig. N° 105-8 Postura de colocación de adoquines

En inicio de la colocación de los mismos no existió problemas algunos pero a medida que avanzamos con la misma tuvimos que tener cuidado con el transporte de los adoquines hasta el lugar de colocación no dañe los adoquines ya colocados como así también el mismo colocador de los adoquines por lo que se tuvo que colocar tabloncitos para distribuir mejor su peso y que no afecte la posición de los mismos ya que todavía no se relleno las juntas ni se compactaron los mismos.



Fig. N° 106-8 Colocación de tablonces en zonas avanzadas

Pero a medida que avanzo el proceso de colocación esto se fue dejando de respetar llegando a cometer el error de pisarlos e incluso los elementos de transporte que eran carretillas se posicionaban y recorrían en las zonas de adoquines recién colocados produciendo de esta forma el corrimiento de los mismos en varias oportunidades como se ve a continuación.



Fig. N° 107-8 forma de colocación errónea

Además de la uniformidad de la superficie de la capa de adoquines, es importante que las juntas entre éstos queden lo más cerradas posibles para que haya un

buen funcionamiento del pavimento, sea impermeable y lo ataque menos el agua de lluvia, o de escorrentía, no le crezca pasto, etc.

El procedimiento de colocación realizado fue el siguiente:

- Cada adoquín se toma con la mano, y sin asentarlo, se apoyo lateralmente contra los adoquines vecinos, justo en el punto donde se debe colocar.
- Después de ajustarlo contra éstos, se desplaza hacia abajo y se suelta cuando se ha asentado sobre la arena.

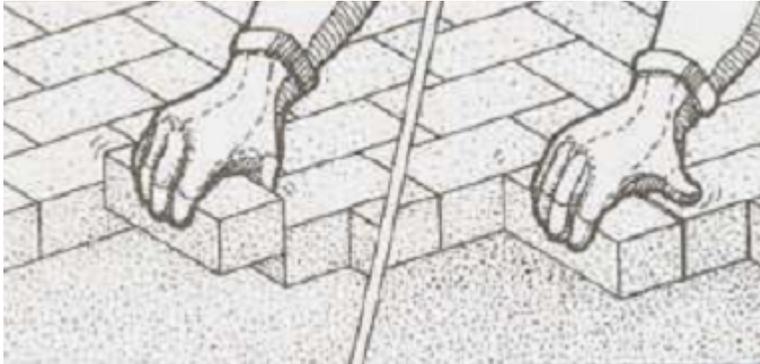


Fig. N° 108-8 Forma de posicionar el adoquín

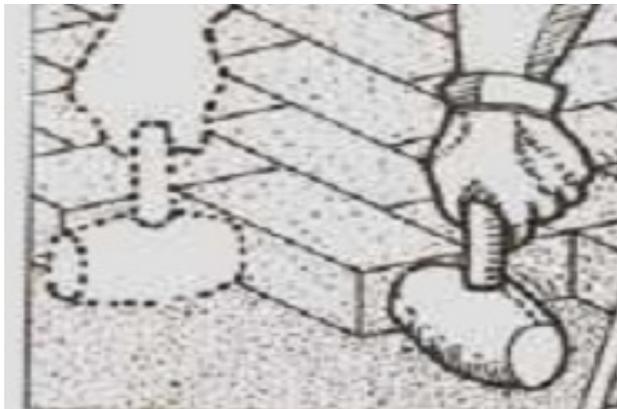


Fig. N° 109-8 forma de fijar un adoquín

Lo anterior equivale a colocarlos a tope, sin dejar, a propósito, una junta abierta. Por las irregularidades de los adoquines y de la colocación, se genera una junta que, en promedio, debe tener 2,5 mm y que nunca debe ser mayor a 5 mm (medio centímetro), en cuyo caso se debe cerrar con la ayuda de un martillo de caucho.



Fig. N° 110-8 juntas de adoquines

Como se puede observar en la foto las juntas son de aproximadamente 3 mm lo cual indica que estamos dentro de las tolerancias antes mencionadas e incluso se llegaron a encontrar juntas menores.

No es correcto asentar el adoquín primero sobre la arena y luego correrlo contra los adoquines vecinos, porque de esta manera se arrastra arena que no va a permitir que quede una junta pequeña.

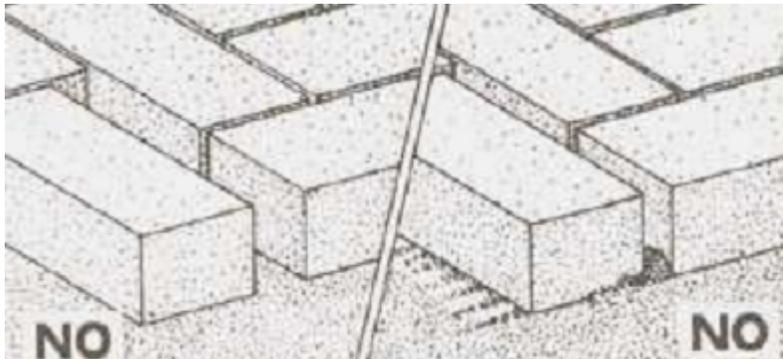


Fig. N° 111-8 forma correcta e incorrecta de colocar un adoquín

- Adoquines de cierre, ajuste o confinamiento: Si bien toda la descripción anterior se aplica a la colocación de adoquines enteros, ahora vamos a ver cómo realizamos los ajustes de los mismos en los lugares donde se tiene que seccionar los mismos para la continuidad del patrón usado y que no se produzca un desplazamiento de los mismos dándoles así un buen confinamiento. Los ajustes se harán con piezas partidas de otros adoquines y con el mismo alineamiento o diseño del resto del pavimento. Existen 3 maneras de partírselos, mientras más refinadas serán más costosas, pero la calidad del corte también será mejor; lo mismo que la apariencia y el comportamiento del pavimento.

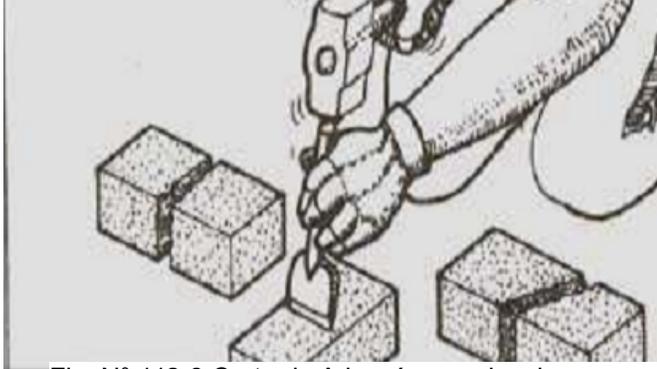


Fig. N° 112-8 Corte de Adoquín con cincel

La manera más sencilla es el partido con el cincel, hachuela o barra, apoyando el adoquín sobre una superficie dura y golpeándolo firmemente con alguno de estos elementos.

Se pueden utilizar también cizallas de impacto (golpe), mecánica (de palanca) o hidráulicas (con gatos), que por medio de dos cuchillas de acero corten el adoquín.

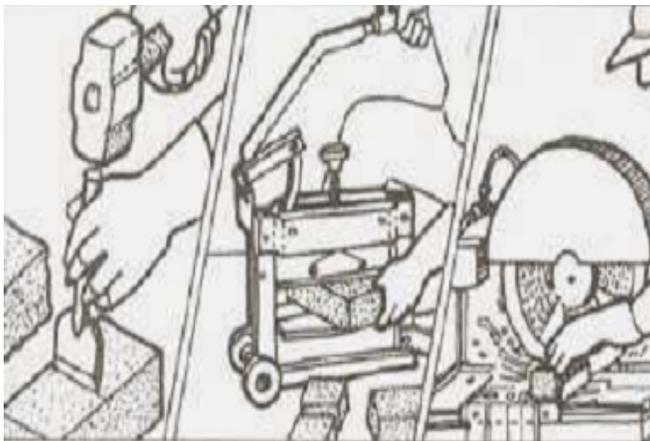


Fig. N° 113-8 corte de adoquín con sierra eléctrica

Si se busca mejorar calidad, se debe usar un banco de corte con una sierra circular, o una sierra manual, como para corte de ladrillo, pero con un disco metálico. En el proyecto del kempes se realizó el corte de los adoquines por medio de una sierra circular montada sobre una mesa la cual servía de apoyo para el mejor manejo de los mismos



Fig. N° 114-8 corte de adoquín en obra con cierra circular

Las piezas se cortaron 2 mm más pequeñas que el espacio disponible. En los casos que fue difícil partir las piezas con un equipo manual, los espacios de menos de una cuarta parte de adoquín, se deben llenar después de la compactación final y en todo el espesor de los adoquines, con un mortero muy seco, de 1 parte de cemento por 4 de arena.

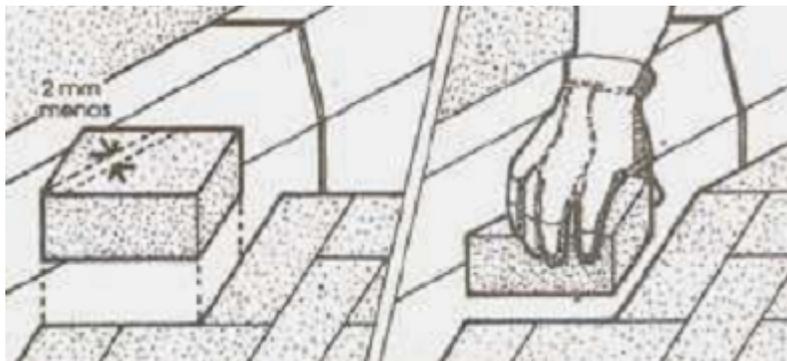
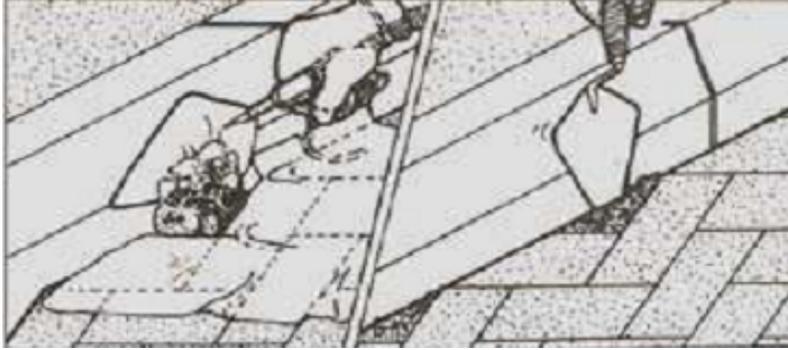


Fig. N° 115-8 Colocación de adoquines cortados



Al vaciar el mortero, para que no se ensucien los adoquines vecinos, se debió proteger con unas tiras de lámina de plástico o de papel grueso, que se retiran después del fraguado.

### **c) Compactación**

El proceso de compactación es el trabajo final para la materialización del pavimento de adoquines. Este a su vez consta de tres tareas a realizar las cuales explicare con más detalle a continuación.

#### **1. Compactación inicial**

La compactación inicial tiene como funciones:

- Enrasar la capa de adoquines por la parte superior de éstos, para corregir cualquier irregularidad en su espesor y en la colocación;
- iniciar la compactación de la capa de arena bajo los adoquines y hacer que ésta llene parcialmente las juntas de abajo hacia arriba, con lo cual se amarran los adoquines.

Esta compactación se realizó con un vibro-compactador de placa o “ranita”, de tamaño corriente, un consejo práctico a dar sería que debemos tener cuidado de no utilizar equipos muy grandes en pavimentos con adoquines de 6 cm de espesor porque pueden desfigurarlos.

El procedimiento de compactación usado fue el siguiente:

- Se dio entre dos a tres pasadas con la vibro compactadora, desde diferentes direcciones, recorriendo toda el área en una dirección antes de recorrerla en otra, y teniendo cuidado de traslapar cada recorrido con el anterior para evitar escalonamientos.

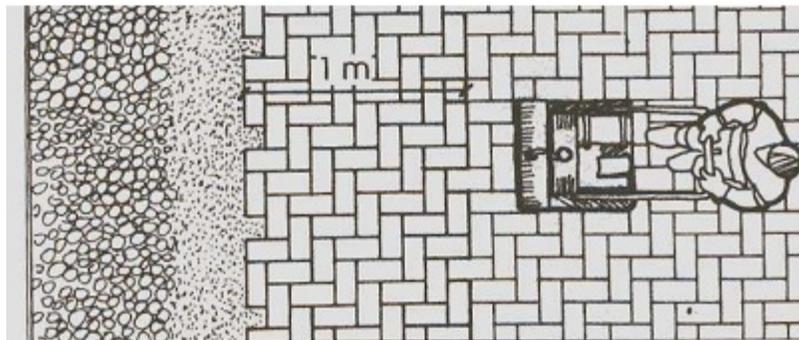
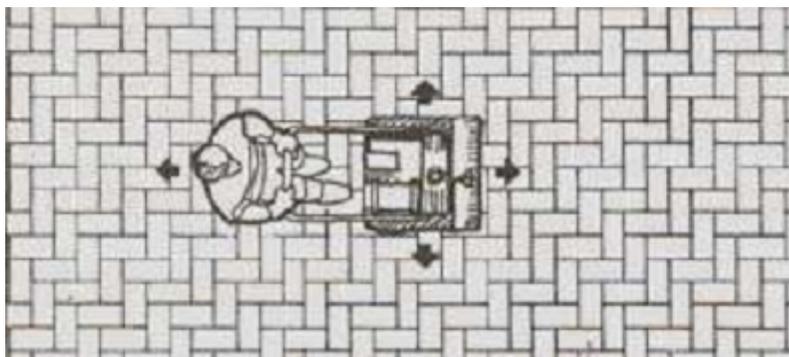
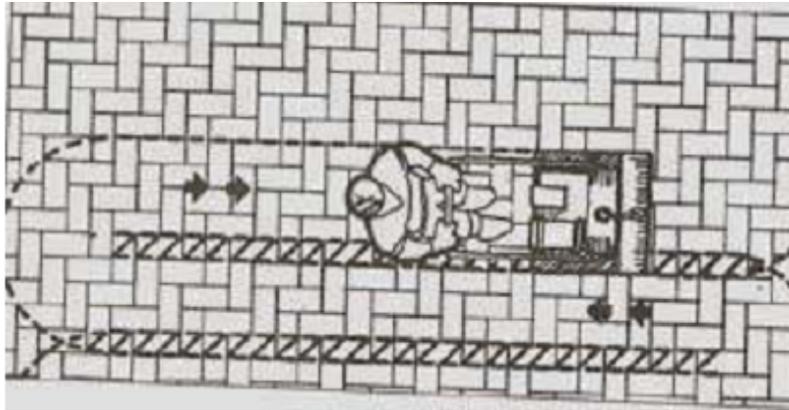


Fig. N° 117-8 Forma de compactación de adoquines

- En cuanto a la compactación que se realizaba a medida que se avanzaba con la colocación de los adoquines se tomó una distancia prioritaria de 1 metro en las zonas no confinadas, de tal forma que cuando se compacte la zona que sigue esta superficie sin compactar será compactada.

•



- 
- 
- 
- Después de la compactación inicial se deben retirar, con la ayuda de dos palustres o cucharas de albañil, los adoquines que se hayan partido; y se reemplazaron con adoquines enteros. Es importante recordar que esta labor hay que ejecutarla en ese momento, porque después del sellado de la junta y la compactación final, será casi imposible hacerlo.

## 2. Sellado de las juntas

El sellado de las juntas es necesario para que éstas sean impermeables y para el buen funcionamiento del pavimento. Por esto, es importante emplear el material adecuado y ejecutar el sellado lo mejor posible, simultáneamente con la compactación final. Si las juntas están mal selladas, los adoquines quedan sueltos, el pavimento pierde solidez y se deteriora rápidamente. Esto es aplicable tanto a un pavimento recién construido como a un pavimento antiguo.

Para sellar las juntas lo que se usó fue una arena fina, como la que se emplea para morteros de revoque o pañete. Para que penetre por las juntas debe estar seca y no tener granos de más de 2,5 mm de gruesos. Nunca se le debe adicionar cemento, cal o reemplazarla por mortero, pues el sello quedaría quebradizo y se saldría con el tiempo. Por lo general no se requiere de más de 3,5 kg de arena por m cuadrado de adoquines.

El procedimiento de esparcimiento fue el siguiente: La arena se esparce sobre los adoquines, formando una capa delgada, que no los alcance a cubrir totalmente, y se barre, con escobas o cepillos de cerdas duras, tantas veces como sea necesario para que llene la junta. Este barrido se hace alternado con la compactación final o simultánea con ésta, si se dispone de personal.



Fig. N° 119-8 Sellado de juntas

### 3. Compactación final y limpieza

Podemos decir que compactación final de los adoquines es la encargada de darle firmeza al pavimento, por lo cual no se debe ahorrar ningún esfuerzo en ella. Sin embargo, aunque ésta se haga muy bien, el tráfico posterior lo seguirá compactando y acomodando, tanto a los adoquines como al sello de arena de las juntas, esto es algo que debemos tener en cuenta a la hora de realizar los trabajos de compactación y sellado.



Fig. N° 120-8 compactación final

En cuanto a los trabajos para su realización podemos decir que se empleo el

mismo equipo y de la misma manera que la compactación inicial pero con un barrido simultáneo o alternado, del sello de arena. Es muy importante que la arena no se empaste sobre los adoquines ni que forme morros que hagan hundir los adoquines al pasar la placa vibro-compactadora sobre ellas.

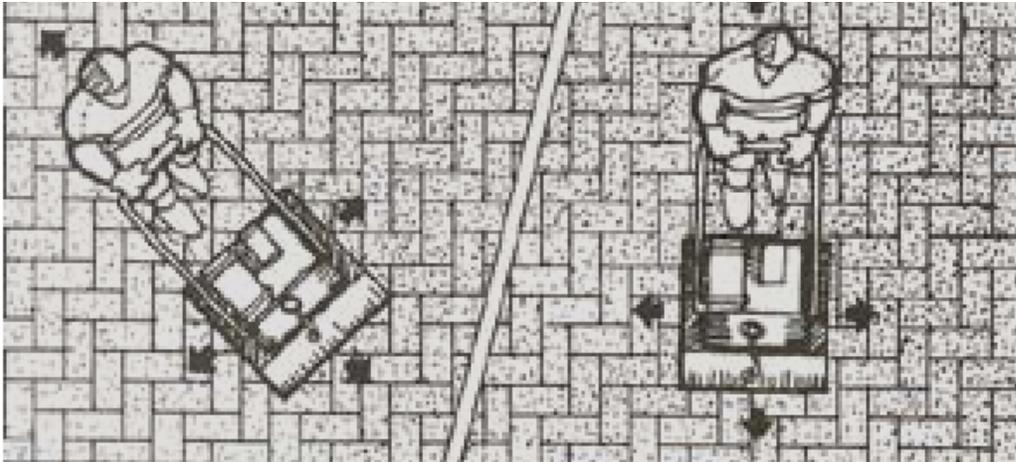


Fig. N° 121-8 Forma de compactación final

En cuanto a las direcciones de compactación se procedió de la siguiente manera:

- Se dieron al menos cuatro pasadas con la placa vibro-compactadora, en diferentes direcciones y recorridos, y traslapando cada recorrido para que los adoquines queden completamente firmes. Una vez terminada la compactación, se podrá dar al servicio el pavimento.
- La arena del sello sobrante se dejó sobre el pavimento, durante dos semanas, para que el tráfico ayude a sellar totalmente las juntas. Es importante aclarar que esto se puede hacer siempre y cuando no se esperen lluvias ni problemas por el frenado de los vehículos.

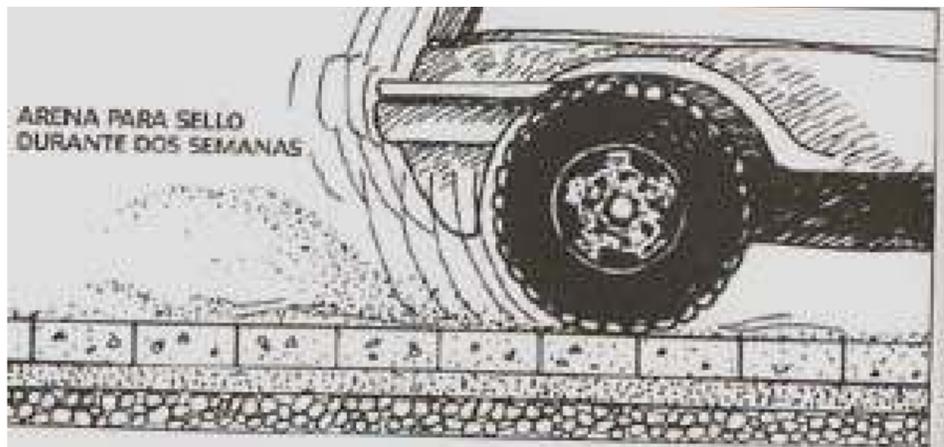


Fig. N° 122-8 Sellado por paso vehicular

#### d) Mantenimiento

El mantenimiento de adoquines es un proceso continuo el cual se debe realizar continuamente ya de este depende el correcto funcionamiento de los mismos y es con este que se permite una mejor vida útil de la vía.

Para la realización del mantenimiento se considero realizar las siguientes tareas:

- Control de las juntas: se debe controlar que la junta debe permanecer llena. Si se pierde más de 1 cm de sello, se debe buscar la causa de esta pérdida, corregirla y barrer arena fina, seca, hasta que la junta quede llena de nuevo. La presencia de pasto en la junta no es nociva; pero se puede retirar con un punzón metálico y llenar luego la junta.
- Una de los controles de mantenimiento más importante y riguroso a realizar el HUNDIMIENTO DE LA SUPERFICIE PAVIMENTADA, para esto se debe tener en cuenta el motivo de hundimiento. Si se hunde el pavimento por daños en redes de servicios o por brechas mal compactadas, se deben retirar los adoquines, hacer la reparación y volver a construir la franja de pavimento; dejando una corona de unos 2 cm en la base ya compactada, para que al consolidarse la zona reparada llegue al nivel del resto del pavimento.
- Cuando se presenten ondulaciones en la superficie del pavimento, puede ser un indicio de que fue construido con una base insuficiente, de mala calidad o mal compactada; o que tiene un tráfico muy alto, para el cual no fue diseñado ni construido. Por esto, se deberá investigar que está mal y efectuar una reparación completa. Este es una de las fallas que se espera en este pavimento ya que al ser un paseo situado en las cercanías de un estadio de fútbol se cree puede ser usado con otros fines para lo que fue construido.
- En cuanto al control de limpieza el pavimento de adoquines se debe limpiar sólo por barrido. El lavado con manguera se permitirá esporádicamente y cuando el pavimento tengo juntas muy pequeñas.



Fig. N° 123-8 Forma de limpieza

9	
---	--

**9. INTRODUCCIÓN**

En este apartado voy a tratar de explicar todo lo referido a los ensayos de laboratorio realizados para el dimensionado del paquete estructural, como así también los ensayos realizados para el control del mismo durante y después de cada capa. Acá se tendrá en cuenta además como seleccionar los materiales mas óptimos para la realización de las capas y se dará algunos criterios usados para su selección, dichos criterios basados en la información encontrada y en la información recaudada en obra, es decir, por experiencia de los profesionales con los que se realizo la obra.

En este apartado también se tendrá en cuenta las exigencias establecidas por el pliego de especificaciones técnicas en cuanto a: valores mínimos y máximos, tipo de ensayos a realizar etc.

Para logra una mejor explicación de los ensayos a realizar voy a separarlos se la siguiente manera:

**CONSERVACIONES**  
**DE**  
**PLIEGO**  
**GENERAL**  
**DE**  
**CONDICIONES**  
**DE**  
**TRABAJOS**  
**DE**  
**MOVIMIENTO**  
**DE**  
**SUELO**  
**DEL**  
**PASEO**  
**KEMPES**

En ambas clasificaciones cubren todos los ensayos necesarios materializar la vía. De tal forma que me voy a basar en la clasificación más específica para explicar con más detalle los ensayos aclarando cuando estos son de control o de diseño cuando sea necesario. Además se transcriben algunos artículos DEL PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES en los cuales se hace mención a la calidad de los materiales y los ensayos a realizar, como así también los controles internos y externos a realizar.

### **9.1. Normativa y Exigencias según Pliegos**

En este título se transcribirán los artículos de los pliegos que considero de importancia a la hora de realizar el diseño y el control del proyecto de los cuales podemos destacar los siguientes

#### **9.1.1 Exigencias Generales**

art44º: Calidad de los trabajos: El cumplimiento de las normas de calidad será una responsabilidad directa del Contratista para lo cual deberá establecer en su Propuesta una metodología de autocontrol de calidad y contar con el personal y

la infraestructura necesaria para su implementación, lo cual será verificado por la Inspección por procedimientos aleatorios que se establecerán en los Artículos siguientes de este Pliego.-

Todos los trabajos serán ejecutados según las reglas del arte, pudiendo la Inspección de Obra en todo tiempo y mientras no sea recibida definitivamente la obra, exigir la reconstrucción de todas aquellas partes que hubieran sido mal ejecutadas, por contravenir cualquier especificación de este Pliego de condiciones. Las órdenes que con ese objeto se expidan, por intermedio de la Inspección de Obra deberán ser cumplidas por el Contratista dentro del plazo que se fije y por su cuenta. Los trabajos se ejecutarán de tal suerte que resulten enteros, completos y adecuados a su fin, en la forma que se infiere de los planos, las especificaciones y los demás documentos del Contrato, aunque los planos no representen , o las especificaciones no enuncien todos los elementos necesarios al efecto. La Recepción Definitiva de la Obra no libera al Contratista de las responsabilidades establecidas en el Artículo 1646 del Código Civil.

Art45º: Autocontrol de calidad:

45.1-responsabilidad del contratista: La responsabilidad del control de la calidad de los trabajos descansa totalmente en el Contratista.

El Contratista es responsable de la adquisición de materiales, organización del trabajo, programación de los equipos, selección y capacitación del personal y de la supervisión general de las obras. El también puede elegir los métodos de trabajo, los medios y procedimientos que va a usar en cuanto cumplan con las normas que se especificarán en las Especificaciones y en los Documentos del Pliego.

La Inspección y sus colaboradores no deben involucrarse directamente en el Sistema de Autocontrol de Calidad, aún cuando es conveniente que exista una relación satisfactoria y permanente con el Contratista.

El Contratista debe establecer sus propios procedimientos de autocontrol y documentarlos en un Manual de Autocontrol de Calidad, el que deberá ser aprobado por el Contratante.

45.2 Obligaciones del contratista:

45.2.1-En un plazo de 15 días desde la fecha del Replanteo Inicial de la obra, el Contratista deberá presentar a la Inspección para su aprobación, su Proyecto de Sistema de Autocontrol de Calidad, teniendo presente que el sistema debe definir para cada rubro o proceso constructivo completo las intervenciones en tiempos razonable de todo y cada uno de los controles y/o ensayos que son necesarios ejecutar para

garantizar la eficiencia del sistema. Este sistema tendrá incluido el proyecto de los formularios a usar y la definición de la Matriz de Firmantes de cada documento, así como el perfil o términos de referencias de los profesionales intervinientes.

Será condición indispensable para el inicio de los trabajos, la aprobación del Sistema de Autocontrol de Calidad.

45.2.2-Presentar mensualmente la DECLARACIÓN DE CALIDAD de los trabajos ejecutados, que debe expresar por escrito y en forma indubitable (acompañando todos los documentos requeridos por el Sistema de Autocontrol debidamente conformados), que los mismos se ajustan a todos los requerimientos de calidad explícita o implícita en la documentación que integra el contrato, interpretados según las reglas del buen arte, y en su caso, a las órdenes de servicio emanadas de la Inspección.

45.2.3- El pedido de medición de trabajos ejecutados, formulado por el Contratista, lleva implícita su Declaración de Calidad, sin admitirse prueba en contrario, independiente de las sanciones que pudiera corresponderle por la omisión de la declaración expresa requerida en el párrafo anterior.

45.2.4-La omisión de la expresa Declaración de Calidad, la persistencia en esta conducta y las reiteraciones de declaraciones de calidad que no se ajusten a las disposiciones del contrato, de acuerdo con lo que indique la Inspección, serán sancionados con la aplicación de multas, sin perjuicio de las responsabilidades emergentes de la inadecuada calidad de los trabajos.

45.2.5-En la primera oportunidad en que corresponda la aplicación de multa por falta de Declaración de Calidad expresa, la misma será de sesenta (60) jornales mínimos de ayudante zona A del gremio de la construcción. La reiteración de Declaración de Calidad incorrecta, será penalizada con un importe equivalente a sesenta (60) jornales mínimos de ayudante zona A del gremio de la construcción. En ambos supuestos, la reincidencia se sancionará con una multa cuyo monto será el producto del importe de la multa aplicable la primera vez por el número de la reincidencia sancionable.

#### 45.3.3- De los Ensayos

- La Inspección, a su criterio podrá efectuar ensayos o solicitar la ejecución a terceros, con el fin de corroborar o reforzar sus inquietudes en lo referente a la no obtención de la calidad de lo ejecutado. Para lo cual podrá usar el laboratorio del Contratista, o encargar la ejecución de ensayos en laboratorios de terceros, en cuyo caso todos los costos que estos generen serán cubiertos por el Contratista.

- Las frecuencias en la realización de ensayos y determinaciones establecidas en el Pliego General de Condiciones y Especificaciones Técnicas más usuales (D.N.V. - Edición 1993) serán considerados por la Inspección como orientativas.-

Las frecuencias en la realización de ensayos y determinaciones, tanto para la recepción de materiales como para la aprobación de los procesos constructivos que para los distintos Sub-Item deberá efectuar la Contratista serán establecidas en el Sistema de Autocontrol de Calidad, de acuerdo a la importancia de los trabajos y a los volúmenes de obra a ejecutar.-

Por su parte la Inspección ordenará pruebas selectivas al azar de materiales ya sea cuando se reciben o cuando se van a usar. También puede hacerlo cuando otras inspecciones generen dudas sobre la calidad de los materiales. Estos ensayos deben

ser entregados a laboratorios con experiencia y bien equipados, y serán de cargo del Contratista.

#### ART. 6º - DE LOS MATERIALES:

La Contratista deberá presentar los protocolos de Ensayos emitidos por las Empresas .

Proveedoras de la totalidad de los materiales que ingresen a la obra (materiales granulares, asfálticos, cales, etc.).-Tales protocolos deberán cumplimentar las exigencias previstas en el Pliego de Especificaciones Técnicas del presente proyecto.- En cuanto a los Productos asfálticos y sus derivados y a los efectos de sus recepción, serán además de cumplimiento lo especificado en la NORMA IRAM 6835/2002

### 9.2. Exigencias de los Pliegos por Capas

#### 9.2.1 Ensayos para Subrasante

Una de las exigencias establecidas por vialidad provincial fue que la SUB-RASANTE compactada debía tener unos 0,15mts. de espesor con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; constituida por suelos con densidad no inferior a 1,5kg/m<sup>3</sup> en el ensayo AASHO T-99.

#### 9.2.2 Sub-Base

Una de las especificaciones establecidas es que la SUB- BASE debió estar compuesta de SUELO-ARENA (80% de arena silíceas - 20% de suelo seleccionado) de 0,15mts. de espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; con C.B.R. no inferior al 40% a dicho valor de densificación. Además el pliego de especificaciones técnicas nos exige lo siguiente de acuerdo a la composición de esta capa en el los siguientes sub-ítem.

- SUB-ITEM N° 08 - PROVISIÓN DE AGREGADO FINO: ARENA SILICEA

Los trabajos de este Sub-Ítem consisten en la provisión de agregado fino de acuerdo a las presentes especificaciones, las restantes piezas del contrato y las órdenes de la Inspección.-

El Sub-Ítem incluye la totalidad de tareas y erogaciones a efectuar para la provisión del agregado fino, carga, transporte, descarga e incorporación a la mezcla granular.

El agregado fino a proveer será limpio y libre de restos vegetales, arcilla y otra materia orgánica o sustancias químicamente nocivas, y sus características serán tales que la mezcla propuesta por el Contratista cumpla con todas las exigencias establecidas en el Sub-Ítem “ **Ejecución de estabilizados granulares** “-

- SUB-ITEM N° 09 - PROVISIÓN DE SUELO SELECCIONADO

Los trabajos de este Sub-Ítem consisten en la provisión de suelo seleccionado de acuerdo a las presentes especificaciones, las restantes piezas del Contrato y las órdenes que imparta la Inspección.-

El Sub-Ítem incluye la totalidad de tareas y erogaciones a efectuar para la provisión de suelo, carga, transporte, descarga y acopio adecuado en caballete sobre el tramo a reparar, y/o a construir.

Las especificaciones a cumplir por el suelo serán las siguientes:

-ORIGEN: Préstamos laterales o yacimientos indicados por la Inspección cualquiera sea la distancia de transporte al lugar de ejecución. El Contratista tomará los cuidados necesarios para que las condiciones de desagüe naturales no sean alteradas y se le prohíbe la extracción de suelo por debajo de las cotas mínimas actuales de cuneta.

<u>A) SUELOS PARA ESTABILIZADOS GRANULARES</u>	<u>B) SUELOS PARA ESTABILIZADOS CON CAL O CEMENTO</u>
- Límite líquido.....menor de 30	menor de 30
- Índice Plástico.....menor de 10	de 5 a 9
-Sales Totales.....menor de 1,5 %	menor de 1,5 %
-Sulfatos.....menor de 0,5 %	menor de 0,5 %

En este sub-ítem también nos hace referencia al sub-ítem de estabilizados granulares como en el caso de bases granulares por lo que se tomara lo anterior y no se mencionara el mismo anteriormente descripto.

### **9.2.3 Ensayos a realizar en Base Granular (0-20)**

De acuerdo al pliego e especificaciones técnicas del proyecto nos establece algunas exigencias a cumplir en cuanto a los agregados empleados tanto en BASES como en SUB-BASES granulares. Entonces para un mejor entendimiento de los mismos vamos a mencionar lo que este nos dice y establecer en que parte del mismo se hace mención de este tema.

En el pliego se hace referencia LA PROVISION DE AGREGADOS GRUESOS en el sub-ítem N°07 en el cual nos dice:

El Sub-Item incluye la totalidad de tareas y erogaciones a efectuar para la provisión del agregado grueso, carga, transporte, descarga y acopio adecuado en caballete sobre el tramo a reparar.-

Las especificaciones a cumplir por el material serán las siguientes:

#### **9.2.3.1 Desgaste**

**Desgaste.....igual o menor de 35%** (Ensayo Los Ángeles) Norma IRAM 1532.-

#### **9.2.3.2 Plasticidad y granulometría**

Las condiciones de plasticidad y granulometría serán tales que la mezcla compactada conformada cumpla con las especificaciones establecidas en el Sub-Item **“Ejecución de Estabilizados Granulares”**.-

Como se puede apreciar este sub-ítem nos manda a otro el cual tiene como nombre **Ejecución de Estabilizados Granulares y que es el sub-ítem N°10** y que nos establece lo siguiente:

Los trabajos de este Sub-Item consistirán en la ejecución de bases y sub-bases con estabilizados granulares de acuerdo a las presentes especificaciones, las restantes piezas del contrato y las órdenes que imparta la Inspección.-

El presente Sub-Item incluye la totalidad de tareas y erogaciones a efectuar para el mezclado, humedecimiento, distribución, compactación y perfilado.

**1) ENTORNO GRANULOMETRICO DE LA MEZCLA:**

**a) BASES**

TAMIZ	% QUE PASA
1 1/4"	100
1"	85-100
3/4"	70-85
3/8"	50-70
Nº 4	35-75
Nº10	25-45
Nº40	15-25
Nº200	3-10

**b) SUB-BASES:**

1/2"	100
3/8"	75-100
Nº10	47-86
Nº40	22-40
Nº200	4-20

2) **ÍNDICE DE PLASTICIDAD: BASES:** Menor de 6

**SUB-BASES:** menor de 7

3) **LIMITE LIQUIDO: BASES:** Menor de 25

**SUB-BASES:** menor de 30

4) **RELACIÓN DE FINOS:**  $\frac{\text{Pasa T.º 200}}{\text{Pasa T.º 40}}$  : Menor de 0,60

5) **SALES TOTALES** : Menor de 1,5 %

**SULFATOS** : Menor de 0,5 %

6) **VALOR SOPORTE (C.B.R.)** : Según Norma de Ensayo V.N.E-6-84. No deberá ser menor al 80% (Bases) y 40% (Sub-bases), para una densidad igual a la máxima del Ensayo Proctor especificado en el presente Sub-Item. El método a emplear será el Dinámico Simplificado.-

**Mezclado:**

Se realizará mediante utilización de motoniveladora y/o rastra de discos, hasta lograr una mezcla uniforme la que será controlada por la Inspección mediante ensayo granulométrico.

**Espesor:**

La Inspección fijara el espesor de la estructura a ejecutar y el espesor que deberá mediar entre la superficie final de base ejecutada y la del Pavimento adyacente a los efectos del revestimiento bituminoso.-

**Compactación:**

Se exigirá en obra que la densidad no sea inferior al 98% de la máxima del Ensayo de Compactación V.N.E-5 -67 Método V (diámetro del molde: 6"; peso del pisón: 4,54 Kg.; altura de caída: 45.7 número de capas: 5; número de golpes por capa: 56) -

**9.2.4 Ensayos de Adoquines**

Los adoquines de hormigón forman la carpeta de rodamiento o superficie del pavimento, por lo cual serán de buena calidad para que soporten el tránsito de las personas, animales y vehículos, al menos durante 40 años eso es lo mas común; y tendrán una

buena apariencia por ser la parte visible del pavimento. Para evaluar la calidad de los adoquines, de la producción de una planta o los que se van a utilizar en una obra. No debemos olvidar que aunque los adoquines se hacen a máquina, en una planta, no todos salen con el mismo tamaño, apariencia o resistencia. Esto se debe a las variaciones de los materiales (arena, agregado grueso, cemento, agua), en los moldes de las máquinas, en el manejo de éstas y en el curado y transporte de los adoquines terminados. Por lo que se pueden seguir las siguientes recomendaciones:

- **Aspecto:** Deben presentar un aspecto compacto, sin fisuras, ni descascaramiento, saltaduras o cualquier otra irregularidad que pueda interferir con su correcta colocación. Sus aristas deben ser lisas y regulares en toda su longitud.
- **Tolerancia dimensional:** El tamaño y la forma de los adoquines serán lo más uniformes posibles, para que traben unos con otros y la superficie final sea plana. Para esto, la diferencia máxima en las dimensiones con respecto a las dadas por el productor, no será de más de **2 mm** para el largo y ancho, y de **3 mm** para el espesor.
- **Peso Unitario:** El peso unitario de los adoquines, secados al horno, no debe ser inferior a 2200 kg / m<sup>3</sup>.
- **Superficie:** Las superficies de los adoquines serán de color uniforme, parejas, es decir sin fisuras, huecos, hormigueros, descascaramientos o materiales extraños (madera, semillas, piedras grandes, etc.). El color y tipo (rugosidad) de la superficie se acordará entre el productor y el comprador porque no existe una forma práctica para medirlos.
- **Aristas y esquinas:** Los bordes o aristas serán agudos, es decir sin desbordamientos, embombamientos o torceduras; y no tendrán rebabas horizontales (en la cara inferior), ni verticales (en la cara superior del adoquín). Esto mismo se debe cumplir para las esquinas y para el bisel.

Generalmente para una certificación de calidad de los adoquines se exige el cumplimiento de la siguiente norma.

La nueva Norma IRAM 11656 "Adoquines de hormigón para pavimentos intertrabados Requisitos y Métodos de Ensayo" en vigencia a partir del 30 de Noviembre de 2010, le brinda a los especificadores y proveedores una mayor confianza en el uso de estos elementos para pavimentos

Actualmente, los adoquines deben cumplir con requisitos de resistencia a la flexión y al desgaste nivel máximo de absorción y tolerancia en las medidas

#### **9.2.4.1 Ensayo de Abrasión**

El ensayo de desgaste mide la capacidad del adoquín de resistir la erosión causada por el tránsito vehicular y peatonal. Esta se determina en laboratorio mediante el uso de un abrasivo que desbasta la superficie del adoquín mientras se aplica un peso conocido que lo empuja hacia un disco de 7 cm de ancho. Luego se mide el ancho de la huella resultante que no debe ser superior a los 23 mm.

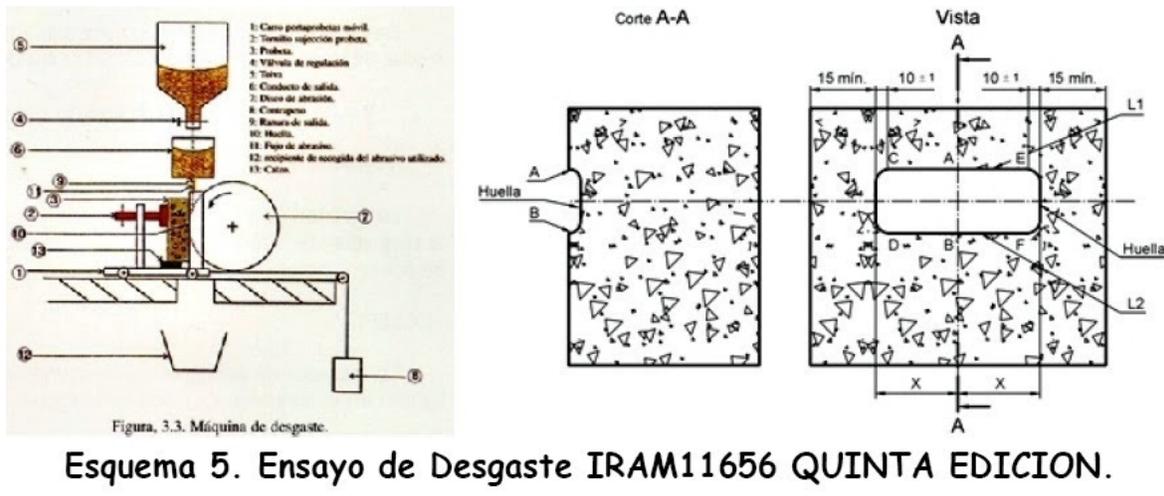


Fig. N° 124-9 Ensayo de desgaste

#### 9.2.4.2 Resistencia a la compresión

Se definen dos niveles de resistencias características a la compresión: 350 y 450 kgf/cm<sup>2</sup>. La selección de resistencia se hará conforme al diseño del pavimento

#### 9.2.4.3 Absorción

El porcentaje máximo de absorción debe ser 7% como promedio y de 8% en adoquines individuales. Este requisito es aplicable en zonas donde se producen ciclos de hielo-deshielo.

El ensayo se basa en lo siguiente: El adoquín se sumerge en agua a temperatura ambiente (15°C a 25°C) durante 24 horas luego se deja drenar libremente durante 1 minuto, procediéndose a secar sus superficies con un paño seco. Se pesa el adoquín, obteniéndose el peso saturado P<sub>n</sub>.

Posteriormente se coloca el adoquín en un [horno](#) a temperatura constante entre 100°C y 105°C, durante 24 horas a lo menos y hasta que dos pesadas sucesivas, con dos horas de intervalo, muestren una pérdida de peso no superior al 0,2 % entre una y otra. El peso así obtenido será el peso seco P<sub>s</sub>. Se calcula el porcentaje de absorción de acuerdo a la expresión

$$A (\%) = \frac{P_n - P_s}{P_s} \times 100$$

#### 9.2.4.4 Criterios de Aceptación y rechazo

El número de probetas a ensayar es 5 por cada 5000 adoquines o por cada jornada diaria de trabajo.

El muestro debe corresponder al 1 % de los adoquines de la partida, con un mínimo de 5 unidades para cada ensayo

Se aceptan sin observaciones las partidas de adoquines que cumplan, en todos los ensayos con los valores promedios indicados anteriormente

En caso de que algunos de los valores resulten insuficientes, se repetirá el ensayo correspondiente con el doble del número de unidades (10 adoquines)

Se rechaza la partida de adoquines que, en definitiva, no satisfaga todos los valores promedios y mínimos exigidos, luego de haber repetido todos los ensayos que correspondiera

**9.2.4.5 Si tenemos en cuenta otras normas como son las de Guatemala**

**6.2. Clasificación por módulo de ruptura del adoquín**

Los adoquines de concreto deben tener un módulo de ruptura promedio (3 especímenes saturados por 24 horas), como se indica en el Cuadro 2. El ensayo se debe realizar según la norma NTG 41087 h1.

**Cuadro 2. Clases de adq**

Clase	Espesores r del adoquí
A	80
B	80
C	60

**Cuadro 3. Absorción**

Clase	Absorción (en % de masa)	
	Promedio de 3 adoquines como mínimo	Valor máximo individual
A	≤ 7	7.7
B	≤ 9	9.9

Tabla 25-8 Nivel de Absorción

4.1 (42)	3.5 (35.7)
----------	------------

**6.4 Clasificación por resistencia a la abrasión**

Tabla 24-9 Clases de Adoquines

El valor promedio de tres especímenes sometidos a los métodos de ensayo descritos en la norma NTG 41087 h2 debe ser:

**6. CLASIFICACIÓN, DE**

**6.1 Clasificación y uso como sigue.**

**6.1.1 Clase A. Uso ind** grandes cargas de tránsito en zonas industriales, ter

**6.1.2 Clase B. Uso en t** con tránsito vehicular liviano

**6.1.3 Clase C. Uso peatonal.** Para uso exclusivo de zonas peatonales, espacios públicos.

**Cuadro 4. Resistencia a la abrasión**

Método de Ensayo <sup>A</sup>	Valor
Mediante arena y disco metálico ancho	≤ 23 mm
Ensayo de Böhme	≤ 20,000 mm <sup>3</sup> / 5,000 mm <sup>2</sup>

<sup>A</sup> Los métodos de ensayo se describen en la norma NTG 41087 h2.

Tabla 26-9 Resistencia

### 9.3. Ensayos realizados por la empresa AFEMA S.A para evaluación de materiales y de capas del paquete estructural

#### 9.3.1 Base Granular

Como se menciona anteriormente la BASE-GRANULAR fue conformada por una material granular denominado comúnmente 0-20 el cual fue suministrado para el proyecto por las siguientes canteras: CANTERA DIQUECITO, CANTERA MORGAN Y CANTERA SAN NICOLÁS todas de la ciudad de Córdoba.

Entonces lo que la empresa AFEMA básicamente realiza es la verificación del material solicitado y evaluar las condiciones solicitadas por ellos y por los pliegos de especificaciones, por que digo por ellos porque la empresa también evalúa no solo que el material sea el apto para la realización del paquete sino también su economía para la realización del proyecto pero también debe tener en cuenta que este se adecue con las exigencias establecidas por el pliego del proyecto.

Basándose en esto la empresa realizo los siguientes ensayos para el material componente de esta capa:

- Granulometría
- Limite liquido y limite plástico
- Desgaste de los ángeles
- Índice de grupo
- Proctor modificado T-180

#### 9.3.1.1 Granulometría

Peso Total		22650,0		
SIN CUARTEO				
Tamiz		Peso retenido	% Retenido	% pasante
1 1/2	38,1			100,0%
1	25,4	475,7	2,1%	97,9%
3/4	19,05	2310,3	10,2%	87,7%
3/8	9,525	6591,2	29,1%	58,6%
4	4,76	3510,8	15,5%	43,1%
10	2	2355,6	10,4%	32,7%
40	0,42	3080,4	13,6%	19,1%
200	0,074	2672,7	11,8%	7,3%
Fondo		1653,5	7,3%	
			100,0%	

Tabla 27-9 Granulometría de Base Granular

Para una mejor evaluación de la curva granulométrica del material usado realice las curva limite establecidas por el pliego las cuales son las que establece VIALIDAD PROVINCIAL y verifique si el material cumple con las mismas obtuve lo siguiente:

CURVAS LIMITES DE BASE GRANULAR			
Tamices		curva inferior 1%	curva superior 2
1 1/4	38,1	100,0%	100,0%
1	25,4	85,0%	100,0%
3/4	19,05	70,0%	85,0%
3/8	9,525	50,0%	70,0%
4	4,76	35,0%	75,0%
10	2	25,0%	45,0%
40	0,42	15,0%	25,0%
200	0,074	3,0%	10,0%

Tabla 28-9 Curvas Límites

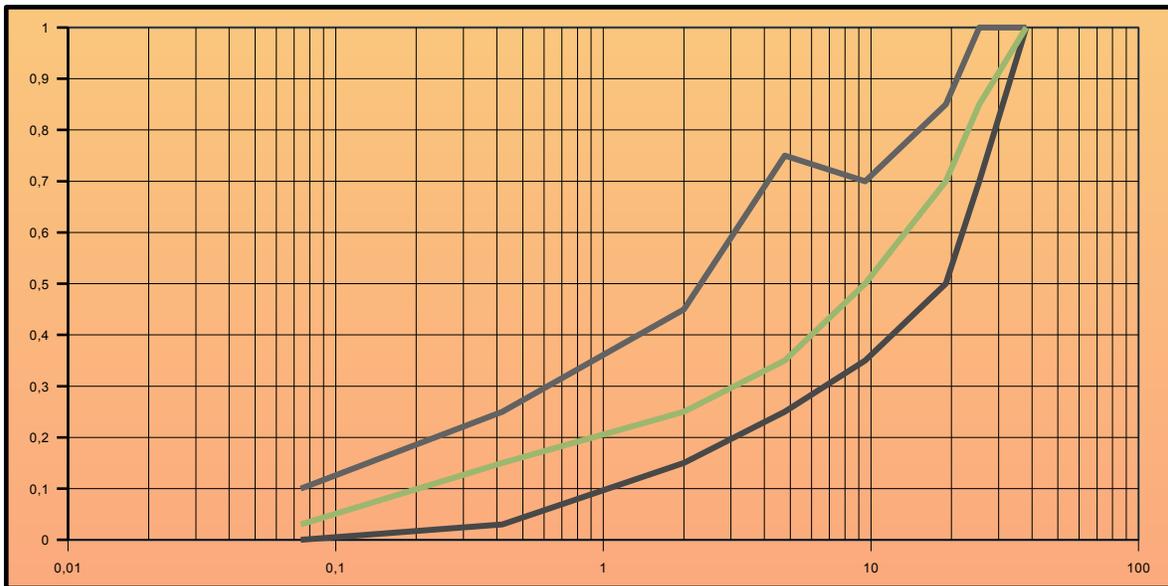


Fig. N° 125-9 Diagramas de curvas límites

Por lo que se puede observar tuvieron que hacer una mezcla con el material para que la curva se encuentre dentro de los límites establecidos llegando así a la siguiente curva con los aportes correspondientes de material y fuller.

	200	40	10	4	3/8"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	PORCENT.
BASE	7,3%	19,1%	32,7%	43,1%	58,6%	87,7%	97,9%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>MEZCLA</b>	<b>7,3%</b>	<b>19,1%</b>	<b>32,7%</b>	<b>43,1%</b>	<b>58,6%</b>	<b>87,7%</b>	<b>97,9%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0%</b>

										%
<b>ENTORNOS</b>										
SUPERIOR	10%	25%	45%	75%	70%	85%	100%	100%	100%	100%
INFERIOR	3%	15%	25%	35%	50%	70%	85%	100%	100%	100%
Fuller	5%	12%	26%	40%	56%	80%	92%	100%	100%	100%

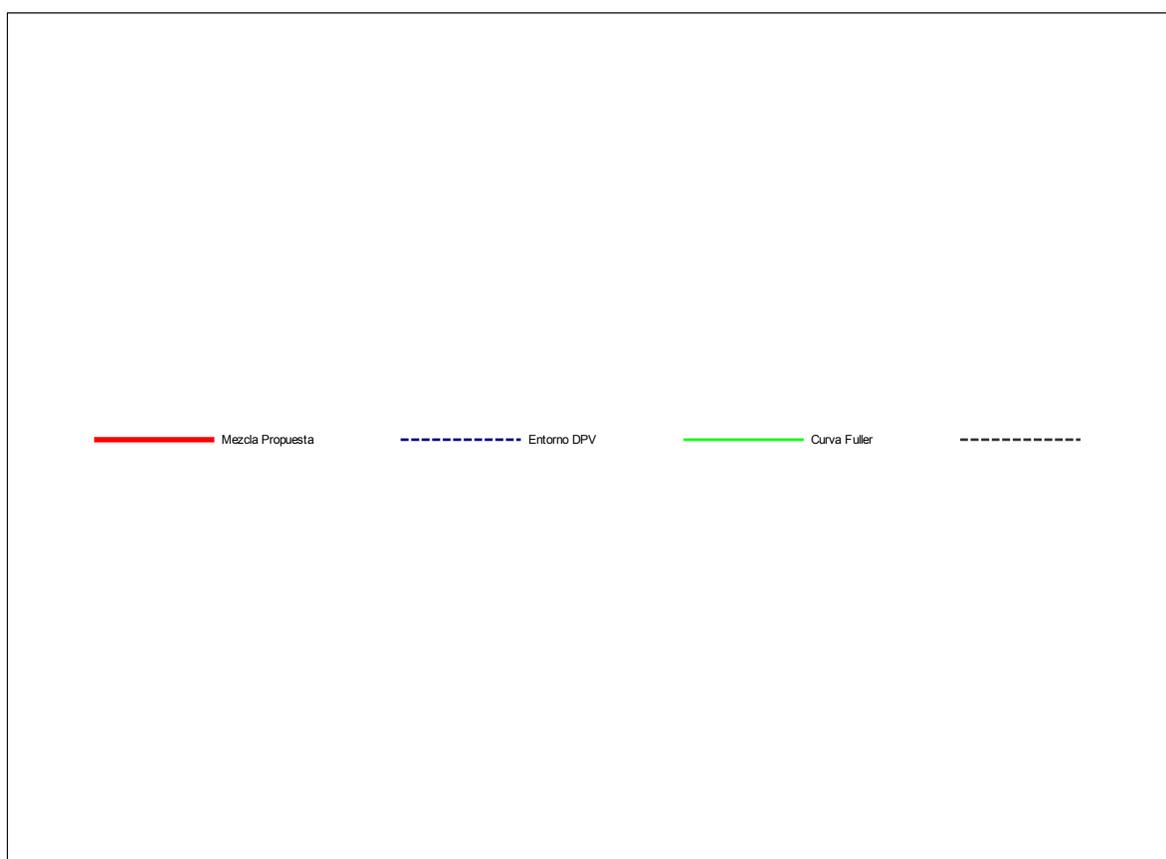


Fig. N° 126-9 Curvas finales

**9.3.1.2 Limite plastico – limte liquido – indice de grupo**

IP:	2,5%	IG	0
Clasif.HRB:	A-1a		
Mat. Tipo:	#N/A		
LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLÁSTICO	
Pf + Sh =	57,5	Pf + Sh =	47,9
Pf + Ss =	52,3	Pf + Ss =	45,7
Agua =	5,2	Agua =	2,2
Pf	22,8	Pf	31
Ss	29,5	Ss	14,7

N°			
GOLPES	23		
LIMITE %	17,4%	LIMITE %	15,0%

Tabla 29-9 Limite liquido y plastico

Como podemos observar los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores establecidos por el pliego y en cuanto al índice de grupo podemos decir lo siguiente:

- Si el resultado del índice de grupo calculado es un valor negativo, entonces el índice de grupo (IG) será:  $IG = 0$ .
- Si el suelo no es plástico y no se puede determinar el Límite Líquido, entonces el índice de grupo (IG) será:  $IG = 0$ . Este es el caso de los de los suelos **A-1-a**, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3, en donde su índice de grupo siempre es cero.
- Si el valor del índice de grupo calculado resulta ser un número decimal, se redondea al número entero más cercano según los siguientes criterios matemáticos. Si la parte decimal es menor que 0.5 entonces se elimina, e.g. si  $IG = 3.4$  se redondea a 3.
- Si la parte decimal es mayor que 0.5 entonces se aumenta en una unidad al número entero, e.g. si  $IG = 3.6$  se redondea a 4.
- Los materiales que se encuentran en los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3 son adecuadas como sub-rasantes cuando están adecuadamente drenados y compactados bajo un espesor moderado de pavimento (base y carpeta de rodadura) de un tipo adecuado para el tráfico que soportará, o que puede adecuarse por adiciones de pequeñas cantidades de ligantes naturales o artificiales.
- Los materiales granulares arcillosos de los grupos A-2-6 y A-2-7 y los materiales limosos y arcillosos de los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, pueden clasificarse para su utilización en sub-rasantes desde adecuadas como materiales de subbase equivalentes a las categorías A-2-4 y A-2-5, hasta regulares e inadecuadas hasta el punto de requerir una capa de sub-base o una capa mayor de sub-base que la requerida en el anterior caso (1), para proporcionar un adecuado soporte a las cargas de tráfico.
- Se supone que un 35% o más de material que pasa el tamiz N° 200 (0.0075 mm.) es crítico si se omite la plasticidad, pero el mínimo crítico es solo el 15% cuando se ve afectado por IP mayor que 10.
- Se supone que el LL igual o mayor que 40% es crítico.

Se supone que el IP igual o mayor que 10% es crítico.

**De acuerdo a los valores obtenidos del índice de grupo podemos decir que es un material apto para una base granular y que se encuentra dentro de los valores estimados para su buen comportamiento como tal.**

## 2) ÍNDICE DE PLASTICIDAD: BASES: Menor de 6

ALTA PLASTICIDAD. .... J. 7

### 9.3.1.3 Desgaste de los angeles

Como vimos anteriormente en el pliego el desgaste de los Ángeles nos exigía lo siguiente:

**Desgaste.....igual o menor de 35%** (Ensayo Los Ángeles) Norma IRAM 1532.-  
Entonces por lo que podemos ver en la siguiente plenilla que corresponde al ensayo realizado sobre el material aportado por la cantera en este caso del DIQUESITO cumple con las condiciones establecidas según el pliego de condiciones.

<b>OBRAS VIALES</b>		<b>DESGASTE LOS ANGELES</b>					
MUESTRA L.001.01.	<b>AF 00195</b>	FECHA ELABORACION	<b>16/06/13</b>	FECHA ENSAYO	<b>16/06/13</b>		
MATERIAL	<b>BASE GRANULAR</b>						
GRADUACION: <b>B</b>		ESFERAS	12	11	8	6	
CANTIDAD DE MATERIAL TOMADO : 5000		PASA	RETENE	A	B	C	D
RETENIDO EN TAMIZ N° 12 : 3575		1 1/2"	1"	1250			
DIFERENCIA : 1425		1"	3/4"	1250			
		3/4"	1/2"	1250	2500		
		1/2"	3/8"	1250	2500		
		3/8"	N° 3			2500	
		N° 3	N° 4			2500	
		N° 4	N° 8				5000
<b>UBICACIÓN</b>		<table border="1"> <tr> <td><b>Desgaste</b></td> <td><b>28,5 %</b></td> </tr> </table>				<b>Desgaste</b>	<b>28,5 %</b>
<b>Desgaste</b>	<b>28,5 %</b>						
Extraído de: PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0							
VARIAS - NINGUNO - CALZADA - BASE Carril: NINGUNO prog: 0							
PROVEEDOR	CANTERA DIQUECITO	OBSERVACIONES	REHABILITACION Y BACHEO DE RECORRIDO DEL TRANSP URBANO Y AV. PRINCIPALES				
CONCEDENTE	MUNICIPALIDAD DE CORDOBA						
LABORATORIO	VILLA RETIRO						
ENCARGADO ENSAYO	DANIEL DE LA RUBIA						

#### 9.3.1.4 Ensayo de Proctor Modificado T-180

«Estándar», mientras que las demandas a las pistas de los aeropuertos causadas por los aviones más pesados de la 2da Guerra Mundial hicieron que se aumentara la energía de compactación, lo que nos trajo el Proctor «Modificado».

Proctor Estándar cuando usamos equipo liviano de compactación (e.g., ranas, sapos, mini rodillos), y el Proctor Modificado cuando usamos equipo pesado (e.g., rodillos lisos, pata de cabra). Basar la decisión sobre cuál referencia utilizar, si Estándar o Modificado, tomando en cuenta el tamaño del equipo de compactación podría ser una decisión catastrófica

- DIFERENCIA ENTRE PROCTOR ESTÁNDAR Y MODIFICADO

La diferencia básica entre el ensayo Proctor Normal y el Modificado es la energía de compactación usada. En el Normal se hace caer un peso de 2.5 kilogramos de una altura de 30 centímetros, compactando la tierra en 3 camadas con 25 golpes y, en el Modificado, un peso de 5 kilogramo de una altura de 45 centímetros, compactando la tierra en 5 camadas con 50 golpes.

El método de ensayo de proctor dinamico simplificado hace referencia a que al ser un tipo de suelo granular es decir un suelo no cohesivo es decir que su propiedades no dependen de su contenido de agua ver bien en libro de transporte podemos entonces realizar el método simplificado y no el completo ver bien en apuntes

La norma de ensayo que se siguió para la realización del mismo fue la siguiente  
NORMA DE ENSAYO VN - E6 - 84

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para conocer el “valor soporte relativo de un suelo y determinar su hinchamiento.

a. Valor Soporte Relativo (V.S.R.) 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.

b. 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.

Como sabemos el ensayo previo a efectuar es el siguiente:

De acuerdo a la norma de ensayo VN-E5-67 “Compactación de suelo” determinar la densidad seca máxima y humedad óptima correspondiente, empleando la energía de compactación adoptada en el proyecto de la obra para la cual se efectuarán las determinaciones

### 9.3.2 Sub-Base de Suelo Arena

De acuerdo a las especificaciones del pliego que dicen que SUB- BASE debió estar compuesta de SUELO-ARENA (80% de arena silíceo - 20% de suelo seleccionado) de 0,15mts. de espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; con C.B.R. no inferior al 40% a dicho valor de densificación.

Y teniendo en cuenta que el material de sub-base fue suministrado por las siguientes canteras: CANTERA RUIZ Y LA CANTERA PROPIA DE LA EMPRESA AFEMA S.A Entonces lo que la empresa AFEMA básicamente realiza es la verificación del material solicitado y evaluar las propiedades solicitadas por la empresa a la cantera y las exigidas por los pliegos de especificaciones. Todo esto teniendo en cuenta como se dijo anteriormente un análisis económico de la realización de dicha capa.

Basándose en esto la empresa realizo los siguientes ensayos para el material componente de esta capa:

- Granulometría
- Limite liquido y limite plástico
- Índice de grupo
- Compactación de suelos.
- Determinación del valor soporte e hinchamiento de suelos

#### 9.3.2.1 Granulometría

Para el ensayo de granulometría del se tomo una muestra del material y se realizo el ensayo siguiendo la **VN - E4 – 84** Clasificación de suelos y todos los ensayos complementarios que se realizan para la misma.

De esta forma se obtuvieron los siguientes valores:

Peso Total		22650,0		
SIN CUARTEO				
Tamiz		Peso retenido	% Retenido	% pasante
1 1/2	38,1			100,0%
1	25,4	611,6	2,7%	97,3%
3/4	19,05	407,7	1,8%	95,5%
3/8	9,525	906,0	4,0%	91,5%
4	4,76	1200,5	5,3%	86,2%
10	2	2967,2	13,1%	73,1%
40	0,42	9943,4	43,9%	29,2%
200	0,074	2423,6	10,7%	18,5%
Fondo				
			81,5%	
			Peso del cuarteo	

Fig. N° 127-9 Granulometría de Sub-Base

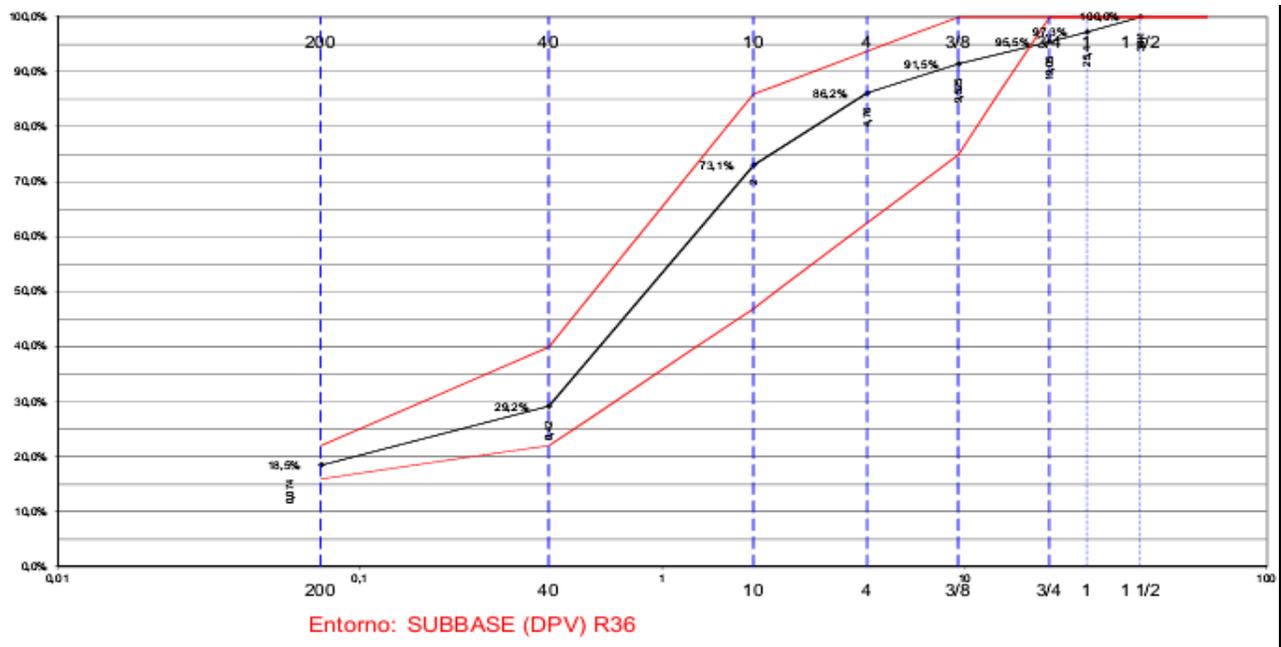


Fig. N° 128-9 Curvas limites según Vialidad provincial

Como se puede observar en el diagrama de curvas granulométrías, la curva del material ensayado se encuentra dentro de los límites de las curvas de entorno por lo que cumple con las condiciones granulométricas establecidas del pliego.

### 9.3.2.2 Limite Líquido y Limite Plástico

El limite liquido y el limite plástico como así también el índice de Plasticidad se determinaron de acuerdo a los ensayos establecidos por las normas:

- VN - E2 - 65 Limite líquido.
- VN - E3 - 65 Limite plástico, índice de plasticidad

De estos se obtuvieron los siguientes resultados:

	L LIQUIDO	L PLASTICO
Peso filtro N°	1	2
Pf + suelo humedo	43950	32640
Pf + suelo seco	40120	30900
Agua	3830	1740
Pesafiltro	20100	19900
Peso seco	20020	11000
N° de golpes	25	
Limites %	19,1%	15,8%

Tamiz	% pasante
N° 10	73,1%
N° 40	29,2%
N° 200	18,5%

Tabla 31-9 Limite Liquido y Plástico de Sub- Base

Con estos valores y el **Índice de grupo** podemos clasificar al suelo en función de dichos parámetros de la siguiente manera:

UBICACIÓN		Resultados	
Extraído de: CANTERA RUIZ		Material tipo: Fragmentos de Roca-Grava-Arenas	INDICE DE PLASTICIDAD 3,3%
AUTOVIA RUTA 36 SUBBASE		Clasificación HRB: A2-4	INDICE DE GRUPO 0
PROVEEDOR	CANTERA RUIZ		
CONCEDENTE	DIRECCION PROVINCIAL DE VI		DOSAJE
LABORATORIO	VILLA RETIRO		
ENCARGADO ENSAYO			

Tabla 32-9 Clasificación de suelos

Como se puede observar en primera instancia su clasificación se sitúa en un suelo tipo A-2 los cuales son suelos compuestos por una extendida gama de materiales granulares que no pueden clasificarse en los grupos A-1 o A-3, por el contenido de finos, su plasticidad o ambas cosas a la vez.

A su vez podemos decir que es un material granular que contiene ligantes con características del grupo A-4. Por lo que su clasificación final es la adoptada anteriormente.

### 9.3.2.3 Compactación de Suelos

Para la realización de este ensayo se siguió la norma de VN - E5 – 93 **Compactación de suelos**. Y también la norma VN - E6 – 84 **Determinación del valor soporte e hinchamiento de suelo**. Para finalizar con la obtención del VALOR SOPORTE RELATIVO o bien llamado CBR.

El ensayo de compactación realizado en este caso es el Método Dinámico N°1 Simplificado haciendo que la densidad de suelo seco cambie solo en función de las condiciones de humedad (*detallar esta elección de método mas específicamente*)

La 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. El Proctor usado fue en AASHO T-180 MODIFICADO en el cual como sabemos la anergia de compactación empleada es mayor que el estándar.

De acuerdo a esta obtuvimos en la primera parte del ensayo los siguientes valores:

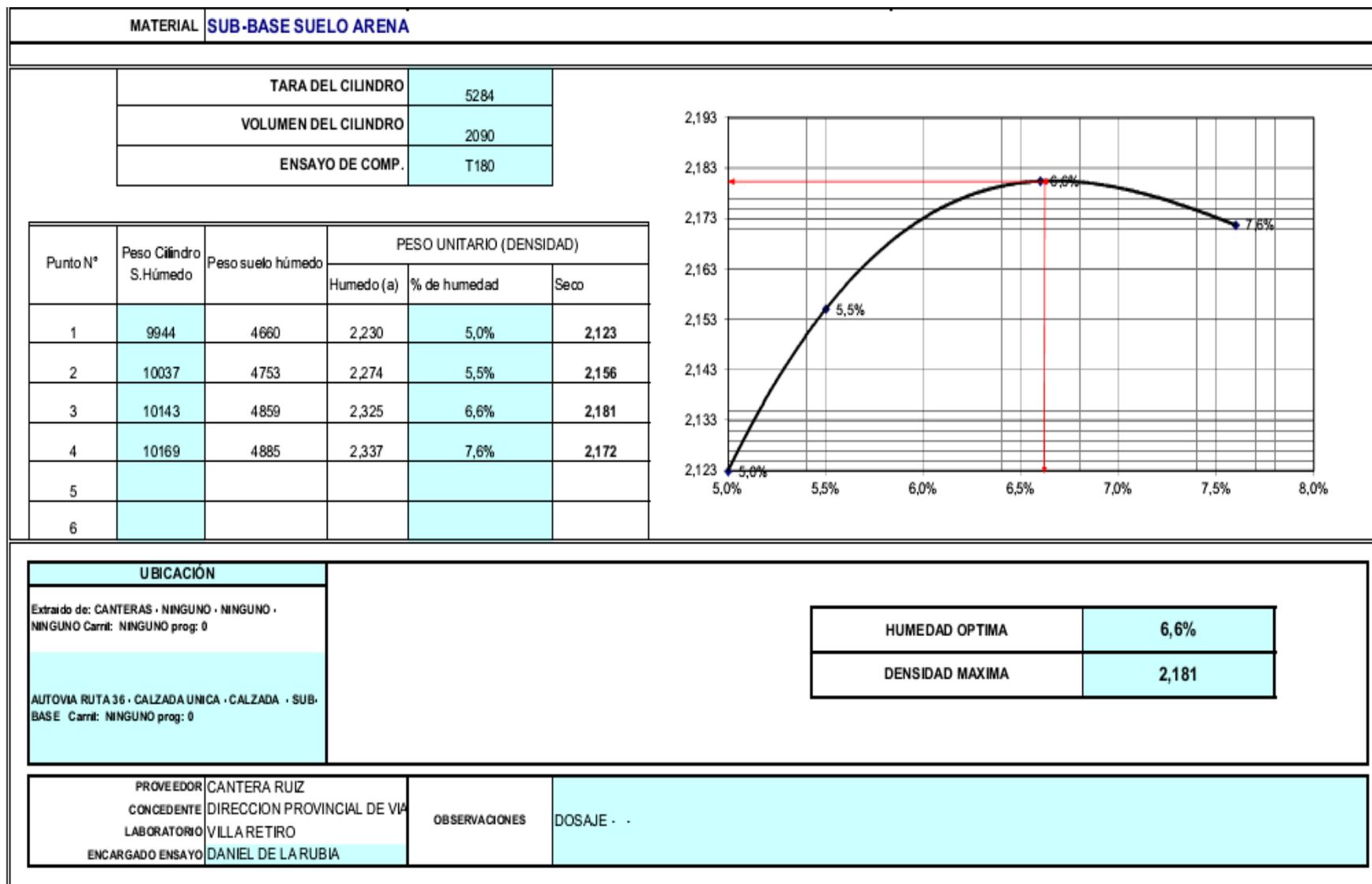


Tabla 33-9 Determinación del valor de humedad óptima y densidad máxima de sub - base

Ahora el paso a seguir es la determinación de:

- **Valor Soporte Relativo** (V.S.R.) 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.
- **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.

El método de ensayo adoptado fue el Método Dinámico N°1 Simplificado haciendo que la densidad de suelo seco cambie solo en función de las condiciones de humedad (*detallar esta elección de método mas específicamente*)

Obteniendo los siguientes valores:



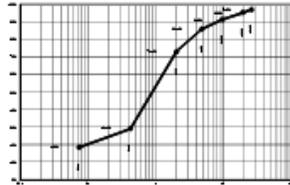
Fecha de ensayo:  
Fecha de moldeo:  
Reg.L001.01.AF.5334

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
Reg.L002.10. AF.0095

**ENSAYO DE VALOR SOPORTE (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico N°1 Simplificado)**

GRANULOMETRIA	
Reg.L001.02 : 02.AF.2367	
PESO TOT	10000
25,4 mm	97,3%
19,0 mm	95,5%
9,5 mm	91,5%
4,76 mm	86,2%
2,00 mm	73,1%
0,42 mm	29,2%
0,074 mm	18,5%

Aro de 5000 Kg  
Cte k. 15,91  
Sobrecarga 9,08 Kg



Molde N°	Golpes	Peso		VOL MOLDE	DENSIDAD HUMEDA	HUMED %	DENSIDAD SECA	ALT PROB	HINCHAMIENTO				H.FINAL		
		M+S+A	S+A						1Dia	2Dia	3Dia	4Dia	%	%	
1	56	9264	4279	4985	2140,1	2,329	6,4	2,189							
2	56	9262	4305	4957	2155	2,300	6,4	2,162							
3	25	9080	4283	4797	2144,1	2,237	6,4	2,103							
4	25	9157	4362	4795	2136,5	2,244	6,4	2,109							
5	12	8955	4300	4655	2154,2	2,161	6,4	2,031							
6	12	8921	4290	4631	2151,4	2,153	6,4	2,023							

Standard Kg/cm <sup>2</sup>		70				105				133				161				183				V.S		
mm	0,63	1,27	1,90	2,54				5,08				7,62				10,16				12,70				
N°	Dial	Dial	Dial	Dial	Carga	C.corr	%	Dial	Carga	C.corr	%	Dial	Carga	C.corr	%	Dial	Carga	C.corr	%	Dial	Carga		C.corr	%
1	15	35	55	74	1177	1214	89,6	111	1766	1794	88,3	139	2211,5		85,9	162	2577		82,7	180	2864		80,9	89,6
2	12	36	52	73	1161	1224	90,4	103	1639	1680	82,7	123	1956,9		76,1	144	2291		73,6	162	2577		72,8	90,4
3	8	18	29	42	668,2	800	59,1	85	1352	1426	70,2	109	1734,2		67,4	129	2052		65,9	144	2291		64,7	70,2
4	9	21	31	43	684,1	737	54,4	75	1193	1225	60,3	94	1495,5		58,1	113	1798		57,7	126	2005		56,6	60,3
5	5	11	21	31	493,2	543	40,1	45	716	752	37,0	55	875,05		34,0	64	1018		32,7	71	1130		31,9	40,1
6	5	11	21	31	493,2	543	40,1	45	716	752	37,0	55	875,05		34,0	64	1018		32,7	71	1130		31,9	40,1

PROCTOR	
Reg.L001.09.09.AF.0231	
Hópt %	Dmáx
6,6	2,181

PLASTICIDAD			
Reg.001.PL :32.AF.0032			
L.L	L.P	I.P	H.R.B
19,1	15,8	3,3	A2-4

**VALOR SOPORTE ADOPTADO**  
AL 97 % (2,116 Kg/cm<sup>3</sup>) de la densidad máxima de Proctor: **69,0 %**

PROVEEDOR	CANTERA RUIZ	Ubicación	Observacion
CONTRATISTA	DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD	AUTOVIA RUTA 36 CALZADA UNICA	
LABORATORIO	VILLA RETIRO	CALZADA UNICA SUBBASE	
ENC. DE ENSAYO	Daniel de la Rubia		

Tabla 34-9 Determinación del hinchamiento del suelo



Fecha de ensayo:  
 Fecha de moldeo:  
 Reg.L001.01.AF.5334

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L002.10. AF.0095

**ENSAYO DE VALOR SOPORTE (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico N°1 Simplificado)**

Penetración	Deflexión	Carga		Standard Kg/cm <sup>2</sup>	C.B.R %	Densidad Proctor	Material	SUELO ARENA
mm	ARO	Kg	Correg			Método		
0,63	15	238,65		70	89,6	2,181	Aro de 5000 Kg Cte k. 15,91 Sobrecarga 9,08 Kg	Molde 1
1,27	35	556,85						
1,9	55	875,05						
2,54	74	1177,34	1214	105	88,3	Sobrecargas 9,08		
5,08	111	1766,01	1794	133	85,9	Flex inicial		
7,62	139	2211,49		161	82,7	Flex final		
10,16	162	2577,42		183	80,9	% hinchamiento		
12,7	180	2863,8						

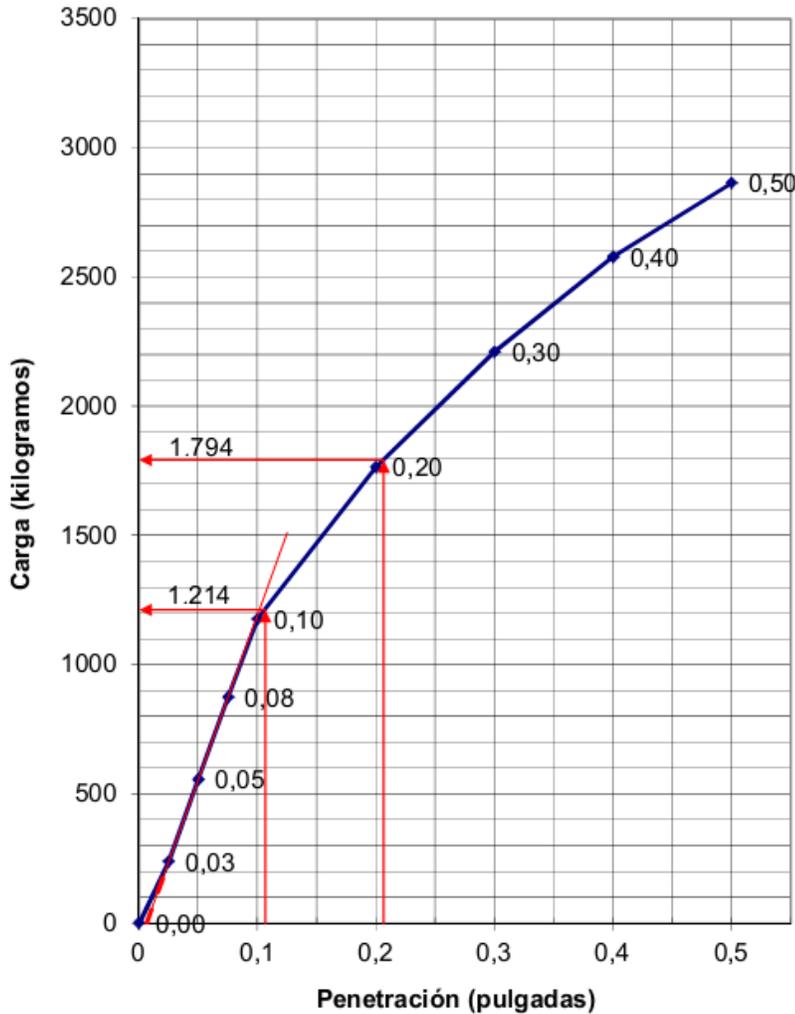


Fig. N° 129-9 Valor soporte molde 1 S.B.



Fecha de ensayo:  
 Fecha de moldeo:  
 Reg.L001.01.AF.5334

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L002.10. AF.0095

**ENSAYO DE VALOR SOPORTE** (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico N°1 Simplificado)

Penetración	Deflexión	Carga		Standard Kg/cm <sup>2</sup>	C.B.R %	Densidad Proctor	Material
mm	ARO	Kg	Correg			2,181	
0,63	12	190,92				Método	
1,27	36	572,76				Densidad del Molde	2,162
1,9	52	827,32				Golpes	56
2,54	73	1161,43	1224	70	90,4	Entró	
5,08	103	1638,73	1680	105	82,7	Salió	
7,62	123	1956,93		133	76,1	Sobrecargas	9,08
10,16	144	2291,04		161	73,6	Flex inicial	
12,7	162	2577,42		183	72,8	Flex final	
						% hinchamiento	

Aro de 5000 Kg  
 Cte k. 15,91  
 Sobrecarga 9,08 Kg

Molde 2

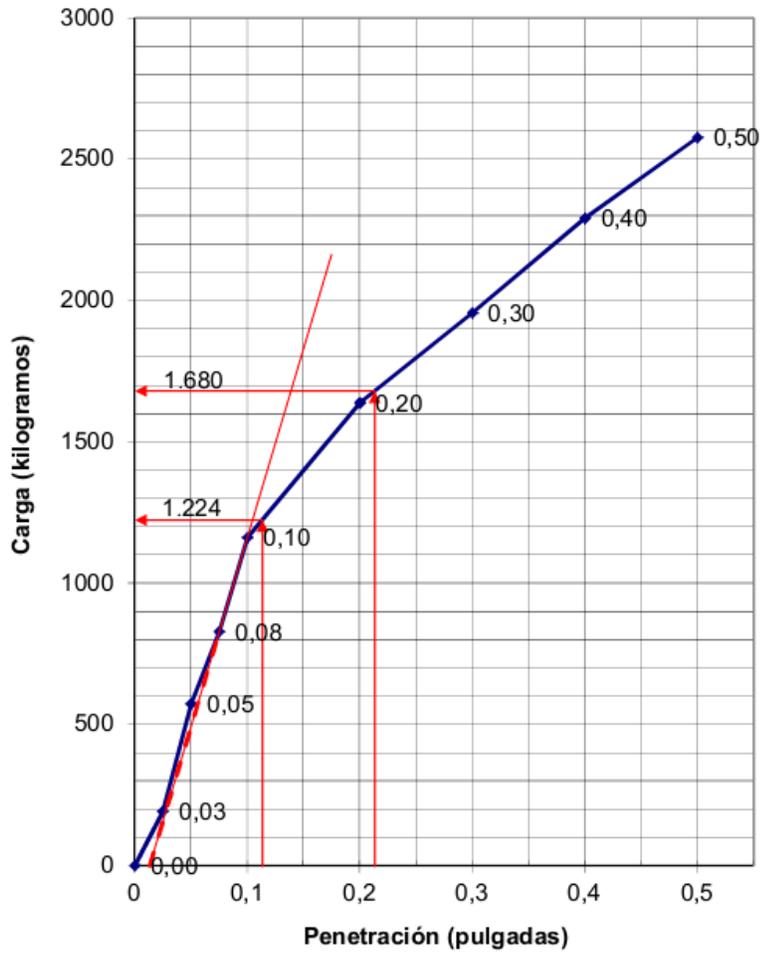


Fig. N° 130-9 Valor soporte molde 2 S.B.



Fecha de ensayo:  
 Fecha de moldeo:  
 Reg.L001.01.AF.5334

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L002.10. AF.0095

**ENSAYO DE VALOR SOPORTE (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico N°1 Simplificado)**

Penetración	Deflexión	Carga		Standard Kg/cm <sup>2</sup>	C.B.R %	Densidad Proctor	2,181	Material	SUELO ARENA
mm	ARO	Kg	Correg			Método	Densidad del Molde		2,103
0,63	8	127,28				Golpes	25	Aro de 5000 Kg Cte k. 15,91 Sobrecarga 9,08 Kg	Molde 3
1,27	18	286,38				Entró			
1,9	29	461,39				Salió			
2,54	42	668,22	800	70	59,1	Sobrecargas	9,08		
5,08	85	1352,35	1426	105	70,2	Flex inicial			
7,62	109	1734,19		133	67,4	Flex final			
10,16	129	2052,39		161	65,9	% hinchamiento			
12,7	144	2291,04		183	64,7				

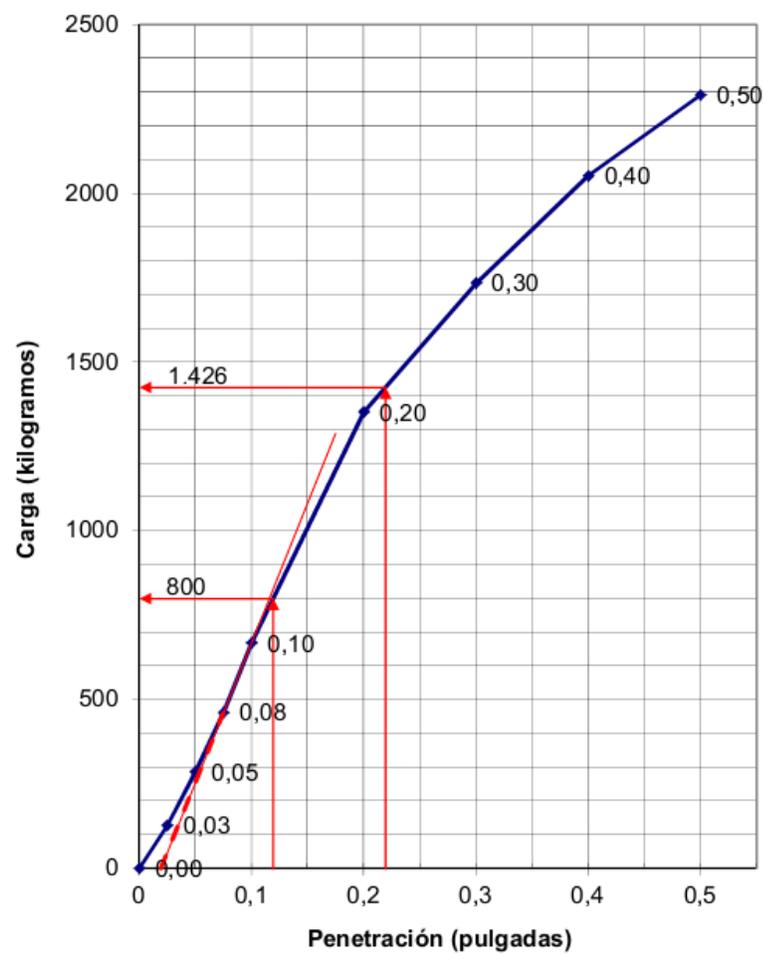


Fig. N° 131-9 Valor soporte molde 3 S.B.



Fecha de ensayo: SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Fecha de moldeo: Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L001.01.AF.5334 Reg.L002.10. AF.0095

**ENSAYO DE VALOR SOPORTE (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico Nº1 Simplificado)**

Penetración	Deflexión	Carga		Standard Kg/cm <sup>2</sup>	C.B.R %	Densidad Proctor	2,181	Material	SUELO ARENA
mm	ARO	Kg	Correg			Método	Densidad del Molde		2,109
0,63	9	143,19		70	54,4	Golpes	25	Aro de 5000 Kg Cte k. 15,91 Sobrecarga 9,08 Kg	Molde 4
1,27	21	334,11				Entró			
1,9	31	493,21		105	60,3	Salió			
2,54	43	684,13	737			Sobrecargas	9,08		
5,08	75	1193,25	1225	133	58,1	Flex inicial			
7,62	94	1495,54				Flex final			
10,16	113	1797,83		161	57,7	% hinchamiento			
12,7	126	2004,66							

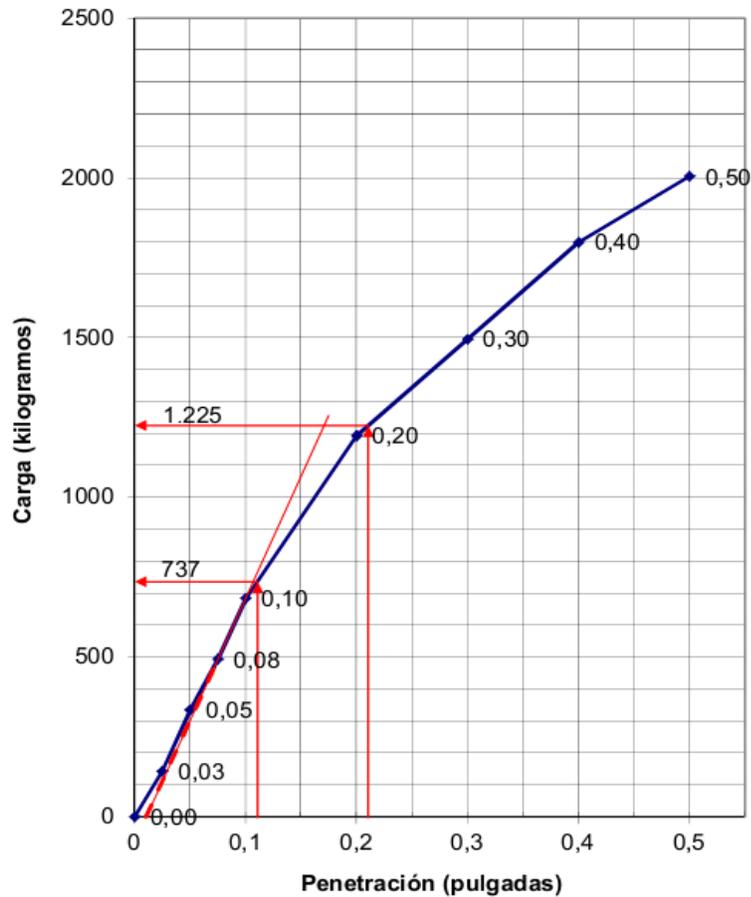


Fig. N° 132-9 Valor soporte molde 4 S.B.



Fecha de ensayo:  
 Fecha de moldeo:  
 Reg.L001.01.AF.5334

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L002.10. AF.0095

**ENSAYO DE VALOR SOPORTE** (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico N°1 Simplificado)

Penetración	Deflexión	Carga		Standard Kg/cm <sup>2</sup>	C.B.R %	Densidad Proctor	Material	
mm	ARO	Kg	Correg			Método		
0,63	5	79,55		70	40,1	2,181	SUELO ARENA	
1,27	11	175,01						
1,9	21	334,11		105	37,0	2,031		
2,54	31	493,21	543					
5,08	45	715,95	752	133	34,0	12		
7,62	55	875,05						
10,16	64	1018,24		161	32,7	9,08		
12,7	71	1129,61						
				183	31,9			

Aro de 5000 Kg  
 Cte k. 15,91  
 Sobrecarga 9,08 Kg

Molde 5

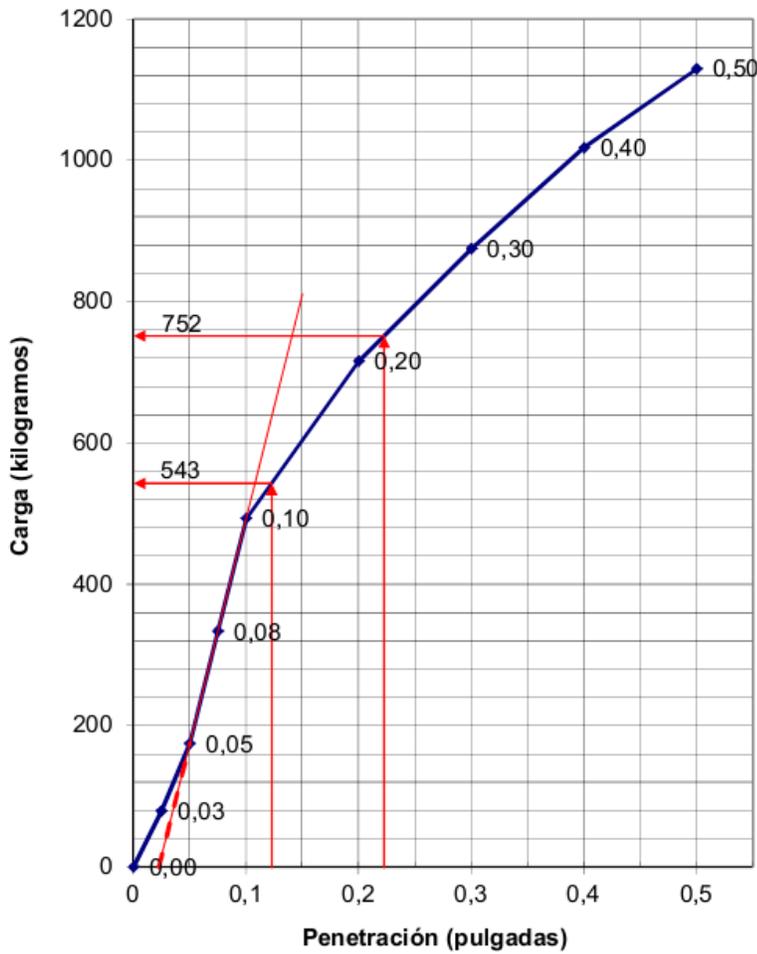


Fig. N° 133-9 Valor soporte molde 5 S.B.



Fecha de ensayo:  
Fecha de moldeo  
Reg.L001.01.AF.5334

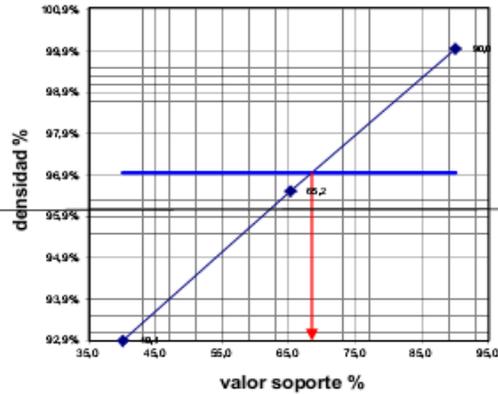
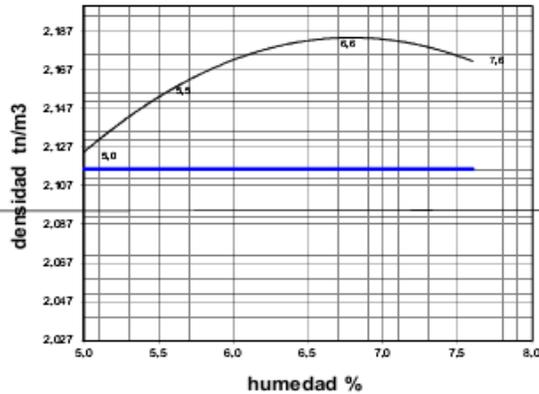
SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
Reg.L002.10 N°: AF.0095  
ENSAYO DE VALOR SOPORTE (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico N°1 Simplificado)

AC)  
torio  
5  
ado)

Molde N°	Humedad	Golpes	Densidad s	V.S %
1	6,4	56	2,189	89,64
2	6,4	56	2,162	90,38
3	6,4	25	2,103	70,2
4	6,4	25	2,109	60,3
5	6,4	12	2,031	40,09
6	6,4	12	2,023	40,09

Promedios			
Golpes	D.seca	V.S	Dens
56	2,176	90,0	100,0%
25	2,106	65,2	96,6%
12	2,027	40,1	92,9%

PROCTOR	
Reg.L001.09 : 09 AF.0231	
Hópt %	Dmáx
6,6	2,181



Densidad Máxima de Proctor (norma V.N.E5-93 método V) 2,181 Kg/ cm3  
97 % (2,116 Kg/cm3) de la densidad máxima de Proctor:

VALOR SOPORTE ADOPTADO	<b>69,0</b> %
------------------------------	---------------

Fig. N° 135-9 Determinación de valor soporte

Como se puede observar al valor obtenido esta por arriba del 40% exigido por lo que estaríamos dentro de las condiciones exigidas de CBR.

## **10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Como conclusión técnica puedo decir que los trabajos realizados para la materialización de las distintas capas fueron realizados de acuerdo a los procedimientos establecidos en algunas bibliografías y de acuerdo a experiencia propia de cada profesional de la empresa subcontratada por Afema S.A. llegando en algunos casos a existir una discrepancia entre el método usado y las recomendaciones bibliográficas, como por ejemplo se observó en la realización de la segunda capa de sub-base la cual según bibliografía aconseja un espesor mínimo de compactación de 10cm y se realizó esta de 4 cm o como se vio en los trabajos para la colocación de los adoquines. En estas existieron procesos y métodos de trabajos que no eran concordantes por lo que el único respaldo que se tenía era la experiencia profesional de los encargados de cada trabajo.

En cuanto al trabajo de replanteo este no fue de mucha dificultad ya que Vialidad provincial nos proveía del personal que se encargaba de la topografía vial, dándonos de esta forma los puntos de referencia necesarios desde los cuales nosotros podíamos replantear la obra, como así también los planos necesarios los cuales solo tuvimos que corregir al llevar los mismos a obra de acuerdo a las modificaciones realizadas.

En cuanto al aprovisionamiento de material se trató de hacer un control lo más preciso posible pero como a veces teníamos material destinado para otras obras de AFEMA se llevó a tener algunos errores en el volumen de material entrante a la obra.

Una de las cosas que pude observar durante la experiencia de la práctica supervisada es que al realizar cada etapa de la obra o cada ítem con empresas que se especializaban en este tipo de trabajos las fallas que se podían observar eran casi nulas ya que los trabajos eran bien realizados. Pero lo que sí pude observar era que existía una falta de comunicación y de organización entre estas empresas, es decir, un filtro de información entre ellas, lo cual si hubiera sido mejor planificado se podría haber logrado una mejor eficiencia en los tiempos de trabajos realizados.

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>Descripción de la obra: “PASEO DEL KEMPES”.....</b>	<b>3</b>
Diseño geométrico.....	3
Zona proyecto.....	4
Paquete estructural de vía.....	8
<b>2. PERFILES LONGITUDINALES, RASANTES Y PERFILES TRANSVERSALES</b> .....	<b>9</b>
<b>Perfiles.....</b>	<b>9</b>
<b>Curvas verticales.....</b>	<b>9</b>
<b>Diseño de curvas verticales.....</b>	<b>10</b>
El criterio de diseño, controles.....	10
Forma y geometría.....	11
Los elementos de diseño y valores límites a adoptar.....	12
<b>PENDIENTE LONGITUDINALES.....</b>	<b>18</b>
Pendientes Mínimas.....	18
Pendientes Máximas.....	18
Pendientes Máximas Absolutas.....	18
<b>CONCLUSIONES DEL PERFIL LONGITUDINAL.....</b>	<b>18</b>
Análisis del perfil del proyecto.....	21
2.5.1.1 Numero de trochas o carriles, ancho de calzada y carril.....	23
2.5.1.2 Movimiento de suelo.....	24
<b>3. PLAN DE AVANCE DE TAREAS ESTABLECIDO POR LA EMPRESA AFEMA</b> <b>S.A.....</b>	<b>27</b>
<b>Distribución de Ítems a las empresas sub-contratadas por AFEMA S.A.....</b>	<b>29</b>
AFEMA S.A.....	30
INGEMAX-UCONS.....	30
ARENA HERMANOS.....	30
MASCO.....	30
<b>Proveedores de la Mataría Prima y Distribución en obra.....</b>	<b>30</b>
<b>Volúmenes de Materiales empleados y su control en obra.....</b>	<b>31</b>
<b>4. TRAZADO Y REPLANTEO.....</b>	<b>46</b>
<b>ANÁLISIS DEL PROYECTO.....</b>	<b>46</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS.....</b>	<b>47</b>

Materialización de Puntos de Referencia.....	48
<b>Conclusión.....</b>	<b>53</b>
<b>5. REALIZACIÓN DE TERRAPLÉN Y SUB-RASANTE.....</b>	<b>55</b>
<b>LIMPIEZA DE TERRENO Y DESTRONQUE.....</b>	<b>55</b>
<b>TERRAPLÉN Y DESMONTES.....</b>	<b>57</b>
TERRAPLÉN EN ZONAS DE ALCANTARILLAS.....	59
PROCESO SIMPLIFICADO FUE EL SIGUIENTE:.....	59
<b>SUB-RASANTE.....</b>	<b>64</b>
Materialización.....	64
<b>6. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>67</b>
<b>Materialización de Niveles de la Capa.....</b>	<b>67</b>
<b>Distribución del Material Constituyente de la Capa.....</b>	<b>67</b>
<b>Trabajos de Terminación para la Realización de la Capa.....</b>	<b>69</b>
Esparcido de material.....	69
Humectación de la capa.....	69
Compactación de la Capa.....	70
6.3.3.1 Número de Pasadas (n).....	71
Segunda Capa.....	71
<b>Terminación de la capa de sub-base.....</b>	<b>71</b>
<b>Verificación de Niveles.....</b>	<b>72</b>
<b>Perfilado o Corrección de Niveles de la Capa.....</b>	<b>72</b>
<b>Control de la sub-base.....</b>	<b>72</b>
<b>Problemas que se produjeron después de la realización de la capa.....</b>	<b>72</b>
Densidad no Verificada.....	72
Exceso de Humectación.....	75
<b>7. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>78</b>
<b>Trabajos necesarios para su materialización.....</b>	<b>79</b>
Materialización de Niveles de la Capa.....	79
Distribución del Material Constituyente de la Capa.....	82
Trabajos de terminación de la Capa.....	83
A continuación vamos a dar algunas especificaciones técnicas y características propias de los equipos a emplear.....	85
7.1.4.1 Compactador de rodillos lisos vibratorio.....	85
7.1.4.2 Compactador Neumático o de ruedas de goma.....	88
Procedimiento de Compactación.....	89

<b>CONTROLES DE LA CAPA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>90</b>
Verificación de niveles.....	90
Perfilado o corrección de niveles de la capa.....	90
Control de la sub-base.....	90
<b>Trabajos realizados para la materialización de la segunda capa de base granular.....</b>	<b>91</b>
Materialización del cordón cuneta.....	91
Materialización de la segunda capa de base granular.....	95
<b>8. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>97</b>
<b>Conceptos a tener en cuenta.....</b>	<b>97</b>
<b>Adoquines.....</b>	<b>98</b>
Ventajas del uso de los pavimentos de adoquines.....	98
Capas.....	99
Normativas.....	100
Características físicas de los adoquines.....	100
<b>EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y TRABAJOS REALIZADOS PARA SU COLOCACIÓN.....</b>	<b>103</b>
Equipos y Herramientas.....	104
<b>Trabajos para la realización del pavimento de adoquines.....</b>	<b>108</b>
Estructuras de confinamiento.....	108
Planificación de los trabajos.....	110
Trabajos para la colocación de Adoquines.....	112
<b>9. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>131</b>
<b>Normativa y Exigencias según Pliegos.....</b>	<b>132</b>
Exigencias Generales.....	132
<b>Exigencias de los Pliegos por Capas.....</b>	<b>134</b>
Ensayos para Subrasante.....	134
Sub-Base.....	134
Ensayos a realizar en Base Granular (0-20).....	135
9.2.3.1 Desgaste.....	135
9.2.3.2 Plasticidad y granulometría.....	135
Ensayos de Adoquines.....	137
9.2.4.1 Ensayo de Abrasión.....	137
9.2.4.2 Resistencia a la compresión.....	138
9.2.4.3 Absorción.....	138
9.2.4.4 Criterios de Aceptación y rechazo.....	138
9.2.4.5 Si tenemos en cuenta otras normas como son las de Guatemala.....	139
<b>Ensayos realizados por la empresa AFEMA S.A para evaluación de materiales y de capas del paquete estructural.....</b>	<b>140</b>
Base Granular.....	140
9.3.1.1 Granulometría.....	141

9.3.1.2 Limite plastico – limte liquido – indice de grupo.....	143
9.3.1.3 Desgaste de los angeles.....	144
9.3.1.4 Ensayo de Proctor Modificado T-180.....	147
Sub-Base de Suelo Arena.....	148
9.3.2.1 Granulometría.....	148
9.3.2.2 Limite Líquido y Límite Plástico.....	149
9.3.2.3 Compactación de Suelos.....	150
<b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>162</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N° 1-1 Geometría de rotonda-----	3
Fig. N° 2-1 Zona de emplazamiento de la vía-----	4
Fig. N° 3-1 Geometría preliminar-----	4
Fig. N° 4-1 Escurrimiento pluvial en la zona de proyecto-----	5
Fig. N° 6-1 Ductos de desagote y alternativa final de la vía-----	6
Fig. N° 7-1 Localización de las alcantarillas y ductos de aporte de agua-----	6
Fig. N° 8-1 Alcantarilla de desagüe proveniente del terreno lindero-----	7
Fig. N° 9-1 Canal de desagüe lindero-----	7
Fig. N° 10-1 Alcantarilla de desagüe de terreno lindero-----	7
Fig. N° 11-1 Perfil tipo de la vía del proyecto-----	8
Fig. N° 12-2 Parábola adoptada-----	11
Fig. N° 13-2 Parámetros de la curva-----	15
Fig. N° 14-2 Perfil longitudinal del proyecto-----	17
Fig. N° 15-2 Perfiles Transversales-----	19
Fig. N° 16-2 Perfiles transversales-----	20
Fig. N° 17-2 Tipos de perfiles-----	20
Fig. N° 18-2 Perfil Tipo de Proyecto-----	21
Fig. N° 19-2 Perfil de Proyecto en Zona de Dársena-----	21
Fig. N° 20-2 Perfil transversal en zona de Rotonda-----	23
Fig. N° 21-2 Determinación del número de carriles-----	23
Fig. N° 22-2 Determinación de ancho de calzada-----	24
Fig. N° 23-2 Zona de Poligonal base de proyecto-----	25
Fig. N° 24-4 Materialización de punto fijo-----	48
Fig. N° 25-4 Mojón con estaca y pintada con cal-----	49
Fig. N° 26-4 Mojones de replanteo-----	50
Fig. N° 27-4 Estacas de cantero central-----	50
Fig. N° 28-4 estacas a nivel terminado de capa-----	50
Fig. N° 29-4 Niveles replanteados en obra-----	51
Fig. N° 30-4 Puntos de replanteo en rotondas-----	52
Fig. N° 31-4 Replanteo curva de Enlace-----	53
Fig. N° 32-5 Zona de limpieza-----	55
Fig. N° 33-5 Desperdicios sacados de la zona de camino-----	56
Fig. N° 34-5 Zona de movimiento de suelo-----	56
Fig. N° 35-5 Movimiento de suelo en zona de alcantarilla-----	57
Fig. N° 36-5 Movimiento de suelo zona rotonda-----	57
Fig. N° 37-5 Zona de terraplén-----	58
Fig. N° 38-5 desmonte en alcantarillas-----	60
Fig. N° 39-5 Colocación de alcantarilla de sección circular-----	60
Fig. N° 40-5 Terraplén en zona de alcantarilla-----	61
Fig. N° 41-5 riego con camión regador-----	62
Fig. N° 42-5 Compactación con pata de cabra-----	63
Fig. N° 43-5 Compactación Inicial con pata de cabra-----	64
Fig. N° 44-5 compactación final con rodillo de goma-----	65

Fig. N° 45-5 nivel de referencia con estaca de madera-----	65
Fig. N° 46-6 Distribución de sub-base-----	67
Fig. N° 47-6 Escarificación en zona de densidad no verificada-----	73
Fig. N° 48-6 Escarificación-----	74
Fig. N° 49-6 Limpieza de zona escarificada-----	74
Fig. N° 50-6 Zona de Exceso de humedad-----	75
Fig. N° 51-6 Distribución de material en zona de Dársenas-----	76
Fig. N° 52-6 forma de compactación-----	76
Fig. N° 53-7 capas de base granular-----	78
Fig. N° 54-7 replanteo de la primera capa de la base-----	79
Fig. N° 55-7 Mojones de referencia para nivelación de primera capa de base-----	80
Fig. N° 56-7 Puntos de referencia para nivelación-----	81
Fig. N° 57-7 control del espesor de la capa-----	81
Fig. N° 58-7 Distribución del material Base-----	82
Fig. N° 59-7 Distribución de la segunda capa de la base granular-----	83
Fig. N° 60-7 Compactación de Rotonda-----	86
Fig. N° 61-7 Compactador de rodillos lisos Vibratorio-----	87
Fig. N° 62-7 Características técnicas de compactador de rodillos lisos-----	87
Fig. N° 63-7 Compactador neumático-----	89
Fig. N° 64-7 Paquete estructural-----	91
Fig. N° 66-7 colocación de clavos-----	91
Fig. N° 67-7 Encofrados de cordones cunetas-----	92
Fig. N° 68-7 cunetas-----	93
Fig. N° 69-7 cordón de la vía-----	94
Fig. N° 70-7 Segunda etapa de base granular-----	95
Fig. N° 71-7 segunda etapa de base en rotonda-----	96
Si hacemos una comparación podemos distinguir en el siguiente Fig. N° 72-8 los distintos tipos.-----	97
Fig. N° 73-8 tipos de pavimentos-----	97
Fig. N° 74-8 Aquí se puede observar como es la distribución de cargas a través de las distintas capas-----	99
Fig. N° 75-8 Capas Estructurales-----	99
Fig. N° 76-8 Adoquines con bisel y sin bisel-----	100
Fig. N° 77-8 Altura de adoquines-----	101
Fig. N° 78-8 Tipología de adoquines por su forma-----	101
Fig. N° 79-8 forma de colocación-----	102
Fig. N° 80-8 Forma de colocación de adoquines tipo 2-----	102
Fig. N° 81-8 forma de colocación de adoquines tipo 3-----	103
Fig. N° 82-8 pales de adoquines-----	104
Fig. N° 83-8 Distribución de adoquines en obra-----	105
Fig. N° 84-8 corte con cierra circular-----	106
Fig. N° 85-8 Herramientas empleadas-----	107
Fig. N° 86-8 Compactación de adoquines-----	107
Fig. N° 87-8 Estructuras de confinamiento-----	108

En la obra tenemos que nuestro confinamiento externo es el <b>cordón cuneta</b> que forma parte de desagüe pluvial de la vía el cual está asentado como se ve en la figura <b>N° 89-8</b> sobre la primera etapa de la BASE granular-----	109
Fig. N° 88-8 cordón como estructura de confinamiento-----	109
Fig. N° 90-8 Estructura de confinamiento en obra-----	109
Fig. N° 91-8 Procedimiento de trabajo-----	111
Fig. N° 92-8 pasos a seguir-----	111
Fig. N° 93-8 Capa de arena-----	112
Fig. N° 94-8 mala distribución de la arena-----	113
Fig. N° 95-8 Esparcido de la arena-----	114
Fig. N° 96-8 tapado de huellas de rieles-----	114
Fig. N° 97-8 inconvenientes por lluvia-----	115
Fig. N° 98-8 esparcido de arena en obra-----	115
Fig. N° 99-8 lineamiento de adoquines-----	116
Fig. N° 101-8 lineamiento del patrón-----	117
Fig. N° 100-8 Fig. N° 90-8 Forma de colocación del patrón Espina de pescado-----	117
Fig. N° 102-8 Verificación del lineamiento-----	118
Fig. N° 103-8 Primera fila del patrón en obra-----	118
Fig. N° 104-8 cuadrilla mínima-----	119
Fig. N° 105-8 Postura de colocación de adoquines-----	119
Fig. N° 106-8 Colocación de tablonos en zonas avanzadas-----	120
Fig. N° 107-8 forma de colocación errónea-----	120
Fig. N° 108-8 Forma de posicionar el adoquín-----	121
Fig. N° 109-8 forma de fijar un adoquín-----	121
Fig. N° 110-8 juntas de adoquines-----	122
Fig. N° 111-8 forma correcta e incorrecta de colocar un adoquín-----	122
Fig. N° 112-8 Corte de Adoquín con cincel-----	123
Fig. N° 113-8 corte de adoquín con cierra eléctrica-----	123
Fig. N° 114-8 corte de adoquín en obra con cierra circular-----	124
Fig. N° 115-8 Colocación de adoquines cortados-----	124
Fig. N° 116-8 Relleno en zonas donde no se puede colocar retazos de adoquines-----	125
Fig. N° 117-8 Forma de compactación de adoquines-----	126
Fig. N° 118-8 Compactación en obra-----	127
Fig. N° 119-8 Sellado de juntas-----	128
Fig. N° 120-8 compactación final-----	128
Fig. N° 121-8 Forma de compactación final-----	129
Fig. N° 122-8 Sellado por paso vehicular-----	129
Fig. N° 123-8 Forma de limpieza-----	130
Fig. N° 124-9 Ensayo de desgaste-----	138
Fig. N° 125-9 Diagramas de curvas limites-----	142
Fig. N° 126-9 Curvas finales-----	143
Fig. N° 127-9 Granulometría de Sub-Base-----	148
Fig. N° 128-9 Curvas limites según Vialidad provincial-----	149
Fig. N° 129-9 Valor soporte molde 1 S.B.-----	154

Fig. N° 130-9 Valor soporte molde 2 S.B.....	155
Fig. N° 131-9 Valor soporte molde 3 S.B.....	156
Fig. N° 132-9 Valor soporte molde 4 S.B.....	157
Fig. N° 133-9 Valor soporte molde 5 S.B.....	158
Fig. N° 134-9 Valor soporte molde 6 S.B.....	159
Fig. N° 135-9 Determinación de valor soporte.....	160

## ÍNDICE DE TABLAS Y PLANILLAS

Tabla 1-2 criterios de diseño de curvas verticales.....	11
Tabla 2-2 Parámetros a usar en los criterios de curvas verticales.....	11
Tabla 3-2 Distancia de visibilidad adoptada en función de la velocidad.....	15
Tabla 4-2 Distancia de velocidad operación nocturna.....	16
Tabla 5-2 Pendiente del perfil transversal según tipo de pavimento.....	22
Tabla 6-2 pendiente del perfil transversal en función del tipo de pavimento y de la zona.....	22
Tabla 7-3 Plan de avance del Kempes.....	28
Tabla 8-3 Empresas sub-contratadas por ítems.....	29
Tabla 9-3 Canteras de aprovisionamiento de materiales.....	31
Tabla 10-3 Distribución de materiales componentes de las distintas capas.....	32
Tabla 11-3 Distribución de material de sub-base.....	33
Tabla 12-3 Distribución de base granular.....	34
Tabla 13-3 Distribución base granular en rotondas y dársenas.....	35
Tabla 14-3 Controles de materiales varios.....	36
Tabla 15-3 Control de fresado.....	36
Tabla 16-3 control de Suelo.....	37
Tabla 17-3 control de hormigón.....	39
Tabla 18-3 Control de base granular.....	41
Tabla 19-3 Control de sub-base.....	44
Tabla 20-6 Distribución del material de la capa.....	68
Tabla 21-6 Selección del tipo de compactador en función del material.....	70
Tabla 22-7 Selección de equipos en función del tipo de suelo.....	84
Tabla 23-9 Clases de Adoquines.....	139
Tabla 24-8 Nivel de Absorción.....	140
Tabla 25-9 Resistencia.....	140
Tabla 26-9 Granulometría de Base Granular.....	141
Tabla 27-9 Curvas Límites.....	141
Tabla 28-9 Limite liquido y plastico.....	143
Tabla 29-9 Desgaste de los Ángeles de Base Granular.....	146
Tabla 30-9 Limite Liquido y Plástico de Sub- Base.....	149
Tabla 31-9 Clasificación de suelos.....	150
Tabla 32-9 Determinación del valor de humedad optima y densidad máxima de sub - base .....	151
Tabla 33-9 Determinación del hinchamiento del suelo.....	153

## BIBLIOGRAFÍA

- Normas de ensayos de vialidad nacional
- Normas A.A.S.H.T.O
- Pliegos general de condiciones de vialidad nacional
- Berardo M., Baruzzi A., Vanoli G., Freire R., Tartabini M. (2010); *Principios del Diseño Geométrico Vial*.
- Cátedra de Transporte III (2013) - Apuntes de clases Cátedra de Transporte III – UNC.
- Departamento de tecnología y laboratorio de la Dirección de Vialidad Provincial; TALLERES DE ACTUALIZACIÓN Y ENTRENAMIENTO EN LABORATORIO VIAL; VI edición (2012) módulos 1 y 2.
- Reglamento Técnico para la Certificación Voluntaria de Bloques y Adoquines de Hormigón.
- NORMAS IRAM 11656 Adoquines de hormigón para pavimentos intertrabados. Requisitos y métodos de ensayo.
- Ing. Motti; *CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE HORMIGÓN (2012)*.
- Ing. Ezequiel Rivas Durán (2006); *Ensayos de Laboratorio necesarios para el Control de Calidad de Pavimentos Afirmados*; Primer artículo; 60 paginas.