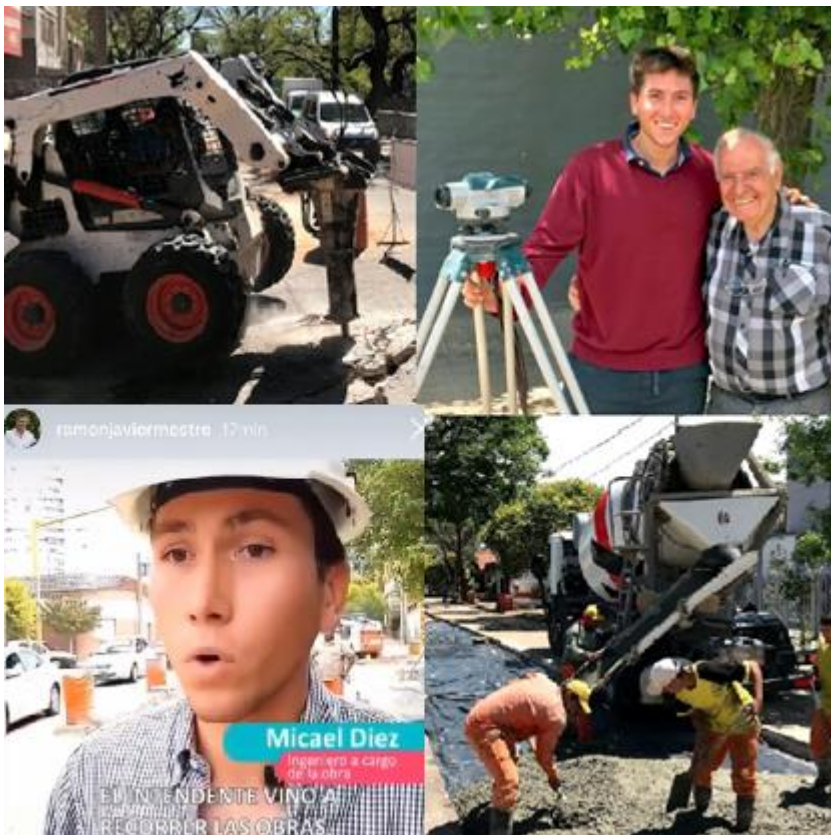


# *“Ejecución, coordinación y supervisión en obras de bacheo de hormigón en barrios General Paz, Newbery y Talleres”.*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE CÓRDOBA  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Físicas y Naturales

Autor:

**DIEZ, Micael**

Tutor:

Ing. Claudio Falavigna

Supervisor externo:

Ing. Darío Sestopal

Carrera:

Ing. Civil

**Año: 2019**

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo representa la culminación de una muy importante etapa de mi vida, y quisiera aprovechar esta oportunidad para agradecerles a todas aquellas personas que estuvieron conmigo en este camino y que me ayudaron a través de su presencia, palabras o gestos a transitarlo con mayor facilidad.

En primer lugar, agradezco a **Dios**, por darme fuerza en los momentos de debilidad, por enderezarme cuando me desviaba del camino correcto, y por permitirme cumplir otro objetivo más en mi vida.

A mi madre, **Miriam**, que siempre me ha dado su apoyo incondicional, me escuchó en mis momentos difíciles y siempre tuvo una solución para todo, me tuvo “cortito” para que haga bien las cosas y no tenga que arrepentirme de mis actos, y principalmente por la formación humana y espiritual que siempre me brindó....Gracias mama!!!

A mi padre, **Guillermo**, quien a partir de los 8 años me empezó a llevar a la obra en contra de mi voluntad porque no me podía ver “al pedo”, y ya de grande dejándome a cargo de algunas obras cuando se iba de viaje, es gracias a quien decidí estudiar esta hermosa carrera en la cual con los pasos de los años me fui convenciendo cada vez más de que era mi verdadera vocación..... Gracias viejo!!!

A mi hermano **Martin**, con quien compartí momentos importantes, inolvidables y hermosos, por escuchar siempre mis problemas y darme grandes consejos respecto a la carrera, a que materias darle prioridad, como estudiarlas y que profesores tratar de evitar jaja. Y sobre todo, por darme ese impulso para seguir adelante que muchas veces necesite.

A mi hermana **Valentina**, con quien conviví 5 años de carrera y que a pesar de las peleas constantes, siempre me mantuvo cortito para que no le aflojara con el estudio, me tuvo mucha paciencia y escucho mis problemas ....Gracias vale!!!

A mis **compañeros de la facultad** Julian, Tota, Aruza, Pato Ruiz, Chaza, Alex, Ronga, Rodrigo, Ali, German, Santi, Juampi, Diego, Enrique, Colo, Ceci, Carla, Vicu, Conty, Vir, Vicky, Dario, Fran y Tomi, gracias por tenerme paciencia, sacarme siempre las dudas, prestarme apuntes y hacer que este camino sea más llevadero.

A mis **amigos** de la vida, a los cuales les agradezco por bancarme durante tantos años y seguir conmigo hasta el día de hoy, por alegrarme mis días, sobre todo los fines de semana, y por estar conmigo siempre.

A cada uno de los **profesores**, que participaron en mi formación profesional, por brindarme su ayuda y trasmitirme sus conocimientos.

A la **UNC**, por abrirme las puertas y darme una educación de las mejores, y facilitarme todas las herramientas que estén a su alcance para formarme como persona y como profesional.

Al **Ing. Claudio Falavigna** por la dirección, dedicación, paciencia y predisposición para guiarme en el presente trabajo

Al **Ing. Sestopal, Ing. Capobianco e Ing. Martinez** por acompañarme, aconsejarme y enseñarme en mi primera experiencia laboral.

Y por último quisiera agradecer a ocho personas muy importantes para mí:

A mi primo **Santiago**, y mis amigos **Pablo, Mateo y Patricio**, por acompañarme, sacarme una sonrisa, aconsejarme y compartir tantos momentos de felicidad inolvidables

A mi amiga **Josefina**, que me explicaba todas las veces que fuese necesario cada vez que no entendía, me retaba cuando me distraía y me ayudo con todo lo que podía. ¡Gracias amiga!!!

A mi amigo y compañero **Mayco**, por empujarme siempre hacia adelante y no dejar que me frene, por su paciencia ante mis locuras, por su apoyo incondicional, por hacer que los días de estudio sean menos pesados y por todos esos momentos de felicidad compartidos.

A mi gran amor **Candela**, pilar fundamental en esta última etapa porque todas las semanas me llamaba e insistía para que avanzara con la PS. Gracias por tu apoyo, comprensión, paciencia, por escucharme y por estar siempre a mi lado incondicionalmente....

A mi hermano **Julián**, quien con su amor incondicional hacia mí, logro que yo este hoy acá a punto de ser Ingeniero, porque fue el único que creyó en mis capacidades, que me hizo ver que era capaz y me impulso durante mucho tiempo a estudiar la carrera. Logrando que muchas veces me esforzara el doble con el estudio para demostrarle que no estaba equivocado. Y sobre todo, gracias por todos los resúmenes excelentes de cada una de las materias que me guardaste.

Gracias a todos.....

## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>7</b>
1.1 GENERALIDADES DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA	7
1.2 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS DEL TRABAJO	9
1.3 OBJETIVOS PERSONALES	9
1.4 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	9
1.5 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO	10
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.</b>	<b>11</b>
2.1 UBICACIÓN DE LA OBRA: CIUDAD DE CÓRDOBA	11
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA.	15
<b>3. MÉTODO CONSTRUCTIVO.</b>	<b>16</b>
3.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA A INTERVENIR, CORTE DE LA VÍA Y SEÑALIZACIÓN.	16
3.2 ASERRADO, ROTURA, EXTRACCIÓN, LIMPIEZA, TOPADO Y TRANSPORTE DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	21
3.3 PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE	26
3.4 EXCAVACIONES PROFUNDAS	34
3.5 REPOSICIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUELO	37
3.6 EJECUCIÓN DE SUB-BASE DE HORMIGÓN POBRE	39
3.7 PROVISIÓN DE HORMIGÓN PARA PAVIMENTO H-30	41
3.8 REPOSICIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN SIMPLE DE ESPESOR VARIABLE CON CORDONES UNIFICADOS	43
3.8.1 Distribución del hormigón	44
3.8.2 Terminación superficial	46
3.8.3 Juntas de dilatación	50
3.8.4 Sellado de juntas	53
3.9 REPARACIÓN DE VEREDAS	57
3.10 EJECUCIÓN DE CORDÓN	58
<b>4. PARTES DIARIOS Y CERTIFICACION DE LA OBRA</b>	<b>58</b>

4.1 PARTES DIARIOS	58
4.1.1 Causas de los desperdicios:	60
4.2 CERTIFICACION DE OBRA	60
<b>5. CONTINGENCIAS Y SOLUCIONES</b>	<b>64</b>
5.1. EN LAS ETAPAS DEL METODO CONSTRUCTIVO	64
5.1.1. Durante la delimitación del área a intervenir, corte de la vía y señalización	64
5.1.2. En el aserrado, rotura, extracción, limpieza, topado y transporte de pavimento de hormigón	65
5.1.3. En preparación de la subrasante	66
5.1.4. En excavaciones profundas	67
5.1.5. En reposición de pavimento de hormigón simple de espesor variable con cordones unificados	67
5.2. SUGERENCIAS REALIZADAS, ACEPTADAS Y ADOPTADAS.	68
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>70</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Viamonte 230 (Barrio Gral. Paz); Juan XXIII (Barrio Talleres); Jorge Eduardo Newbery (Barrio Newbery) .....	11
Figura 2. Viamonte 230 (Barrio Gral. Paz); Juan XXIII (Barrio Talleres); Jorge Eduardo Newbery (Barrio Newbery).....	12
Figura 3. Baches ejecutados en Barrio General Paz.....	13
Figura 4. Baches ejecutados en Barrio Newbery .....	13
Figura 5. Baches ejecutados en Barrio Talleres.....	14
Figura 6. Delimitación con aerosol de área a intervenir .....	16
Figura 7. Calzada con problemas de pendiente .....	17
Figura 8. Nivelación de la boca calle de Homero esquina Tadeo Davila. ....	18
Figura 9. Corte y señalización en Duarte Quirós.....	20
Figura 10. Señales que advierten acerca de la ejecución de trabajos de construcción y mantenimiento de la vía.....	20
Figura 11. Vallado para impedir el acceso al área de trabajo de vehículos o personas ajenas a las involucradas en la obra .....	21
Figura 12. Aserrado con disco de corte.....	22
Figura 13. Minicargadora 650 con martillo hidráulico.....	22
Figura 14. Pala frontal cargando batea .....	23
Figura 15. Sitio de descarga aprobado y autorizado por la inspección.....	24
Figura 16. Terminación manual sobre los bordes del hormigón para dejarlos rectos y normales a la base. ....	25
Figura 17. Brasero válvula exclusiva que debe dejarse a nivel. ....	26
Figura 18. Nivelación de cuneta .....	29
Figura 19. Ejecución de cuneta independiente a la calzada .....	30
Figura 20. Control de espesores. ....	31
Figura 21. Cortando subrasante con pala cargadora y Minicargadora para llegar a los 18 cm de espesor .....	32
Figura 22. Newbery esquina Eusebione.....	33
Figura 23. Encofrado perdido para que el hormigón no ingrese a las cloacas.....	33
Figura 24. Pala cargadora y Minicargadora realizando excavación profunda.....	34
Figura 25. Conexión clandestina de agua rota.....	35
Figura 26. Bache inundado por cañería dañada. ....	36

Figura 27. Aguas Cordobesas desagotando el bache para poder anular la conexión.	36
Figura 28. Compactando la subrasante con rodillo liso vibrador .....	38
Figura 29. Excavación profunda con material contaminado.....	40
Figura 30. Ejecución de hormigón pobre.....	40
Figura 31. Cono de Abrahams.....	42
Figura 32. Colocación de Agropol .....	44
Figura 33. Distribución del hormigón con palas.....	45
Figura 34. . Vibrado del hormigón .....	46
Figura 35. Terminación superficial con palón.....	47
Figura 36. Terminación superficial con cinta.....	48
Figura 37. Hormigonado en tiempo frio.....	49
Figura 38. Diseño de juntas de dilatación.....	53
Figura 39. Calentamiento de pan asfáltico.....	54
Figura 40. Pintura asfáltica .....	55
Figura 41. Pan asfáltico .....	55
Figura 42.. Correcto tomado de juntas .....	56
Figura 43. . El sellado de junta del hormigón nuevo será con bacheo asfáltico.....	56
Figura 44. Tanza indica el nivel del hormigón terminado que obstruirá la salida del agua.....	58
Figura 45.. Parte diario producción. Mes de mayo. Obra: General Paz .....	59
Figura 46. . Planilla de certificado. Barrio General Paz. Mes de mayo. ....	62
Figura 47.. Certificado barrio General Paz. Mes de mayo.....	63
Figura 48. Rotura de aleta frente a la estación de Trolebuses.....	65
Figura 49. Arreglo de pérdida de aguas grises.....	66
Figura 50. Ejecución del nuevo cableado de Trolebuses.....	67

## **1. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 GENERALIDADES DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA**

El presente informe técnico es el resultado de la coordinación, supervisión y ejecución de las obras de Bacheo con Hormigón Año 2018 -2019 - sector Norte a cargo de la empresa SESTOPAL SA, contratada por la Municipalidad de Córdoba; bajo la supervisión constante de los ingenieros Carlos CAPOBIANCO y Darío SESTOPAL, quienes brindaron su tiempo, experiencia, confianza y dedicación para facilitar mi trabajo.

La obra consiste en el reemplazo de losas de hormigón en mal estado, en especial aquellas necesarias para garantizar un adecuado escurrimiento del agua, es decir la construcción de cordones cuneta y badenes.

La totalidad de estas tareas se regirá por lo establecido en el Pliego de Condiciones Particulares y Especificaciones Generales, Ref: OBRA “BACHEO CON HORMIGON AÑO 2018-2019-SECTOR NORTE”. Expediente N° 021.576./18

Su principal objetivo es lograr una mejora significativa en las condiciones del tránsito vehicular, como así también para el drenaje superficial de aguas pluviales; reduciendo además los costos de mantenimiento.

Complementariamente, quedan materializadas las veredas que fueron afectadas por la obra, contribuyendo así a incrementar la consolidación de las urbanizaciones existentes.

Este tipo de obra es de gran importancia para la ciudad, ya que contar con pavimentos rígidos en buen estado y buen escurrimiento del agua es esencial en la infraestructura urbana que es necesaria para la organización estructural de las ciudades y el desarrollo de las actividades humanas.

Como se mencionó anteriormente, esta reestructuración produce mejoras tanto para el tránsito como es la disminución en los tiempos de demora y en los costos de mantenimiento de los vehículos. También genera beneficios a los vecinos al solucionar problemas de ciertas viviendas, algunas afectadas por las vibraciones causadas por el



paso del tránsito pesado por losas fisuradas y por las filtraciones de agua en el pavimento, que provocan el asentamiento de las casas ocasionando fisuras en la estructura.

Para llevar a cabo la ejecución de esta obra, debieron llevarse a cabo las siguientes actividades:

- Realizar los relevamientos topográficos necesarios en calles con problemas de drenaje, para buscar soluciones en conjunto con la inspección de Obras Viales.
- Organización y logística de las obras, es decir de la mano de obra, maquinaria y materiales buscando siempre la optimización de los tiempos e insumos.
- Controlar el buen funcionamiento y cuidado de la maquinaria necesaria para la obra.
- Efectuar el control de materiales e insumos realizando los ensayos para el control de calidad correspondiente.
- Diseñar el desvío del tránsito ocasionados por el corte de las calles, con la cartelería correspondiente.
- Controlar y verificar la colocación de la cartelería correspondiente para lograr seguridad vial y peatonal.
- Realizar la construcción de pavimento de hormigón cumpliendo con todas las normas reglamentarias y Pliego de Especificaciones Técnicas, controlando su calidad conforme a los pedidos de la Inspección, con el fin que se realicen satisfactoriamente.
- Verificar que el avance de obra se realice como lo establece el contrato de obra, adoptando las medidas necesarias para evitar ciertos inconvenientes que se pudieran presentar, como por ejemplo la aplicación de multas.
- Realizar el cómputo y certificaciones de los trabajos efectuados de la obra.

## **1.2 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS DEL TRABAJO**

El objetivo general de este informe técnico es describir el proceso de ejecución de bacheo de hormigón llevado en cabo en los barrios General Paz, Newbery y Talleres.

Se enuncian los siguientes objetivos específicos:

- Detallar cada una de las etapas involucradas en el proceso de ejecución de la obra, el personal implicado, los equipos, maquinarias, materiales utilizados y metodologías constructivas.
- Especificar los problemas originados durante la realización de la obra y las soluciones adoptadas.

## **1.3 OBJETIVOS PERSONALES**

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

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

## **1.4 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

David Sestopal es una empresa constructora, dedicada a la ejecución de obras de ingeniería, especializada en obras viales. Radicada en la Ciudad de Córdoba,

con más 40 años de experiencia en el rubro. Es una empresa familiar, de dos generaciones.

Cuenta con un área administrativa y con una operativa, la cual a su vez se distribuye y organiza en función de las diferentes obras a realizar. Actualmente cuenta con 6 empleados en la primera área, y 30 empleados en la segunda entre operarios, maquinistas e ingenieros.

En la empresa hay solo 3 ingenieros, Padre e Hijo que son los dos dueños, gerentes de la empresa y representante técnico de todas las obras desarrolladas; y el Ingeniero Capobianco, que es el asesor técnico.

La constructora Sestopal, como contratista, fue beneficiaria de la licitación de las obras de Bacheo con Hormigón Año 2018 -2019 - sector Norte de la ciudad de Córdoba, obras de las cuales tratará el informe.

### **1.5 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO**

El puesto que desempeñé durante la presente Práctica Supervisada fue el de “. El mismo abarcó una serie responsabilidades que se fueron asignando a medida que la obra avanzaba y que consistieron básicamente en tareas de dirección, supervisión y control, relevamiento y registros.

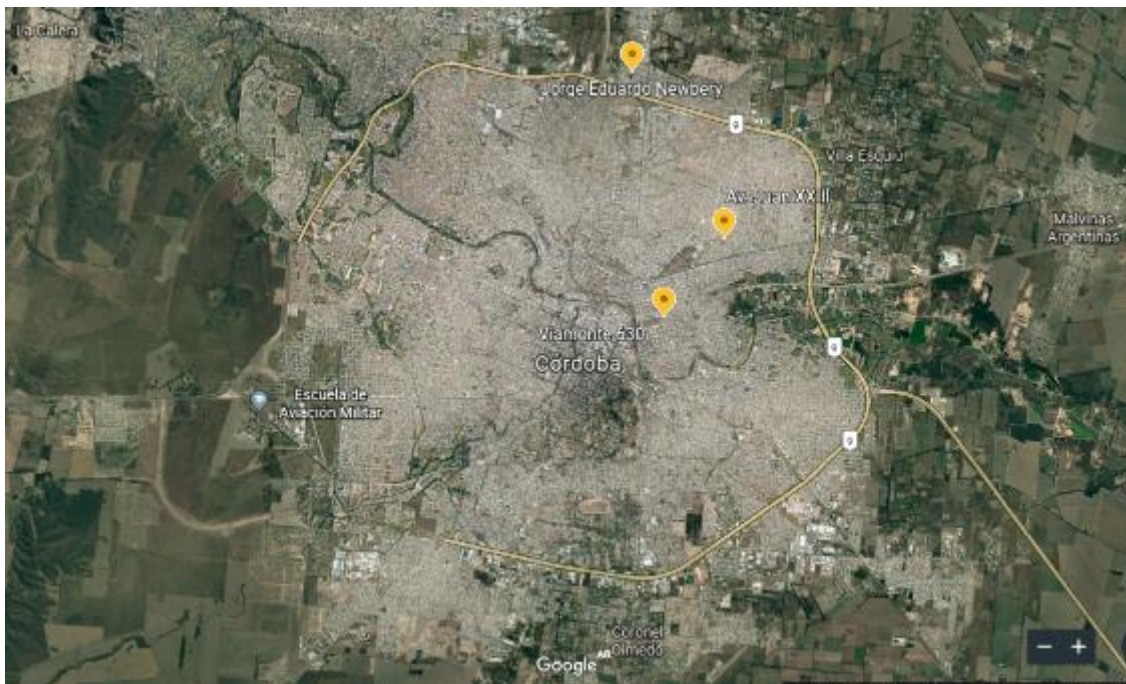
## **2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.**

### **2.1 UBICACIÓN DE LA OBRA: CIUDAD DE CÓRDOBA**

La obra se encuentra emplazada en la Ciudad de Córdoba, la cual está dividida, a partir del Río Suquía, en dos zonas: norte y sur. Así, se destaca que la obra desarrollada está destinada a la zona norte, abarcando un total de 3 barrios simultáneamente. En este informe se hará hincapié en la etapa que abordó los barrios General Paz, Talleres y Newbery; dentro de los cuales este último se encuentra en una posición periférica (fuera del anillo de circunvalación), y los otros dos en un área intermedia.

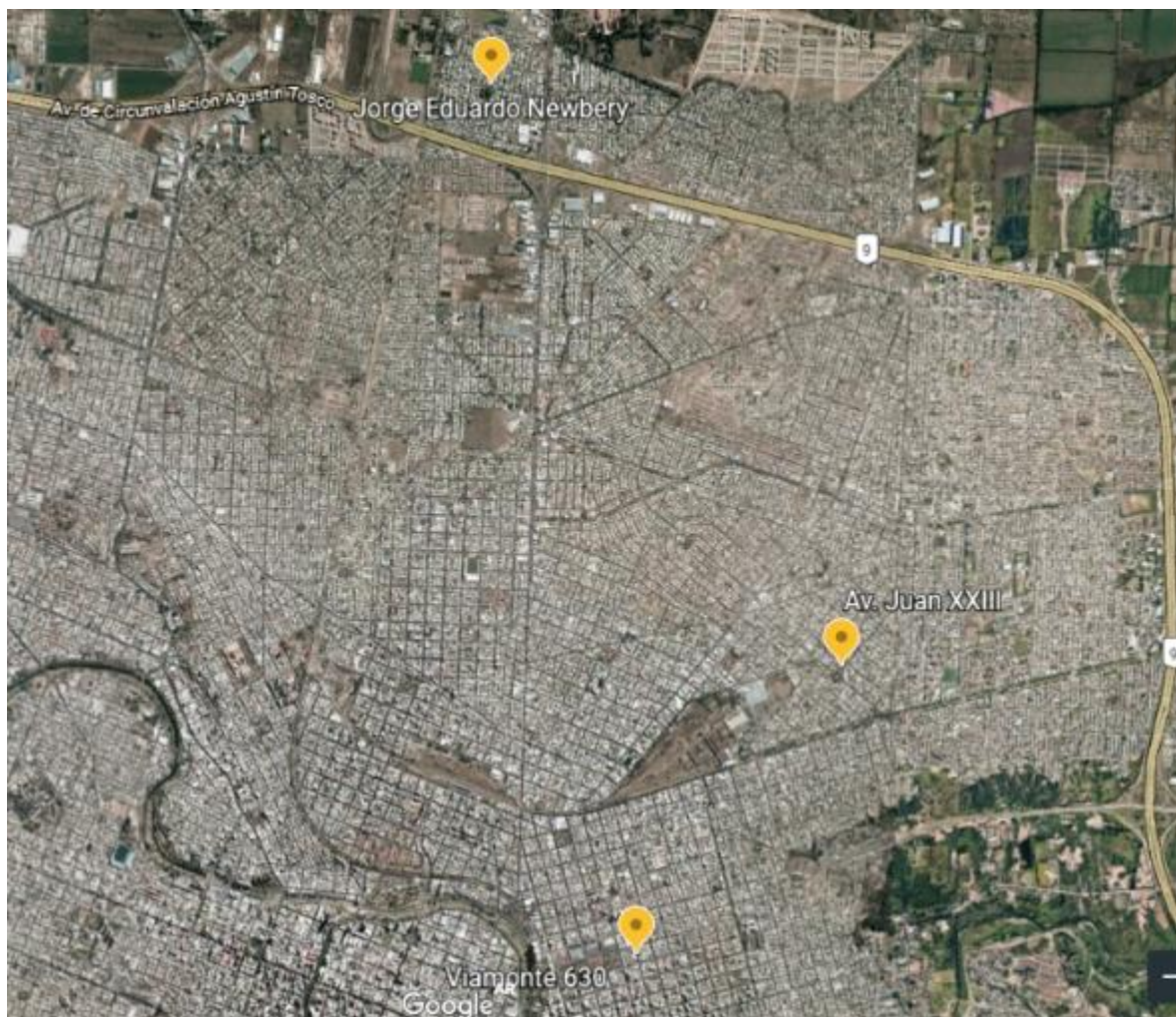
Cabe destacar, que también se trabajó en La Cañada, Roque Funes (URCA), Fragueiro, Duarte Quirós y Alta Córdoba.

En la Figura 1 y Figura 2 se observa la ubicación general de la obra en relación a la mancha urbana.



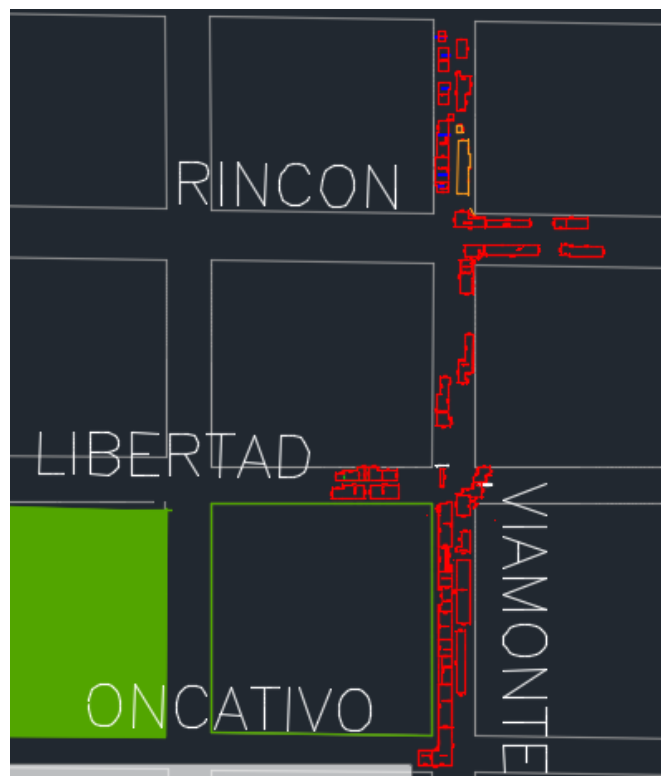
*Figura 1. Viamonte 230 (Barrio Gral. Paz); Juan XXIII (Barrio Talleres); Jorge Eduardo Newbery (Barrio Newbery)*

*“Ejecución, coordinación y supervisión en obras de bacheo de hormigón en barrios General Paz, Newbery y Talleres”*

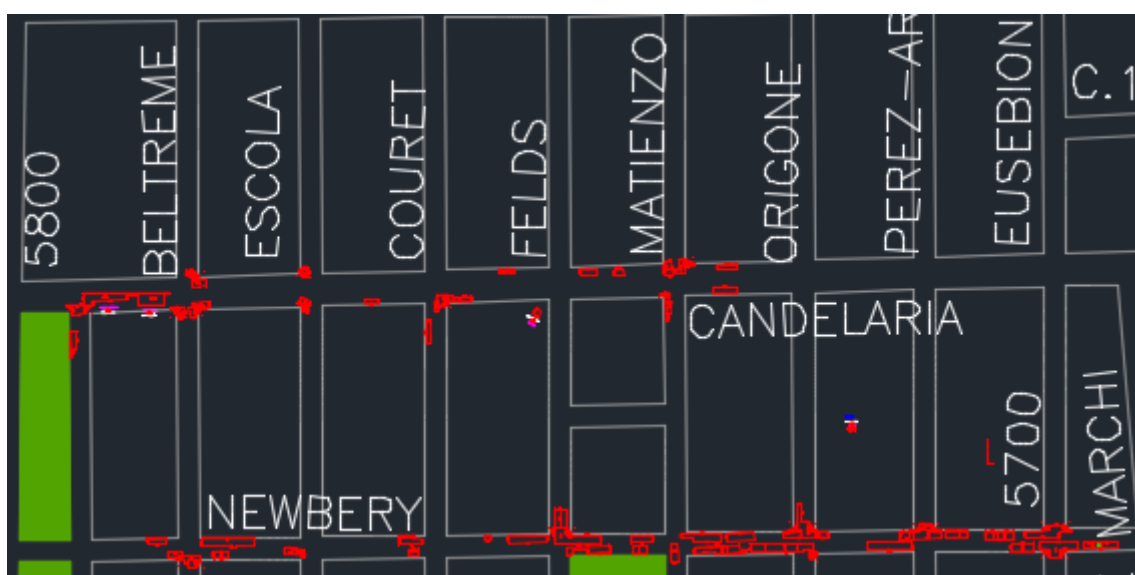


*Figura 2. Viamonte 230 (Barrio Gral. Paz); Juan XXIII (Barrio Talleres); Jorge Eduardo Newbery (Barrio Newbery)*

En la Figura 3, se pueden observar el croquis con los baches ejecutados en el Barrio General Paz, en la Figura 4 los baches resueltos en el Barrio Newbery y en la Figura 5 los baches solucionados del Barrio Talleres.



*Figura 3. Baches ejecutados en Barrio General Paz*



*Figura 4. Baches ejecutados en Barrio Newbery*



Figura 5. Baches ejecutados en Barrio Talleres

## **2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA.**

Debido a la necesidad de realizar reparación, mantenimiento, perfeccionamiento y bacheo en los pavimentos obsoletos de la ciudad de Córdoba, la Municipalidad de Córdoba llama a licitación Pública para realizar trabajos de remoción, extracción y transporte del material dañado; reconstrucción de las capas subyacentes de las áreas removidas y ejecución del paquete estructural con hormigón simple.

Los lugares de intervención los determina la inspección de acuerdo a las necesidades, trabajando intensamente en sectores específicos de la ciudad.

*El presupuesto oficial es de \$52.866.918 (Pesos cincuenta y dos millones ochocientos sesenta y seis mil novecientos dieciocho con cero centavos). -*

El contrato se rige por el Sistema Modular compuesto por un ítem único subdividido en sub ítems o rubros, uno para cada tarea que serán desarrollados más adelante desde el punto 3.2 al 3.10.



### **3. MÉTODO CONSTRUCTIVO.**

En este capítulo se detallan todas las tareas realizadas antes y durante el proceso de ejecución de las distintas obras de bacheo. Desde la gestión necesaria para el comienzo de las tareas, hasta la dirección de obra en la etapa de ejecución.

Se presentan conclusiones, opiniones y acotaciones en los casos que fuesen necesarios.

#### **3.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA A INTERVENIR, CORTE DE LA VÍA Y SEÑALIZACIÓN.**

La demarcación de la zona a intervenir y dimensiones de obra corresponde a la Inspección de la Dirección de Vialidad Municipal. Queda a criterio total de la Inspección qué y cuanto romper y rehabilitar, no obstante, permiten opinar sobre mejores opciones de cómo realizar la tarea.

La inspección determina cual es el barrio a intervenir. Se acuerda un día y punto de encuentro para definir y delimitar con aerosol las áreas a intervenir (como se puede observar en la figura 6). Se establece un periodo aproximado no mayor a dos meses para llevar a cabo el bacheo del sector. Y luego trasladarse a otro barrio de la ciudad de Córdoba.



*Figura 6. Delimitación con aerosol de área a intervenir*

En el lugar se procede a un relevamiento visual de la zona de trabajo, donde se trata de determinar la causa generadora del problema a efectos de buscar la solución que mejor resuelva el problema.

Fue necesario en muchos casos hacer una nivelación en donde se observa problemas de pendientes como en la Figura 7 y para determinar si era necesario extenderse más allá de lo demarcado, con la finalidad de obtener las pendientes mínimas necesarias para lograr un adecuado escurrimiento.



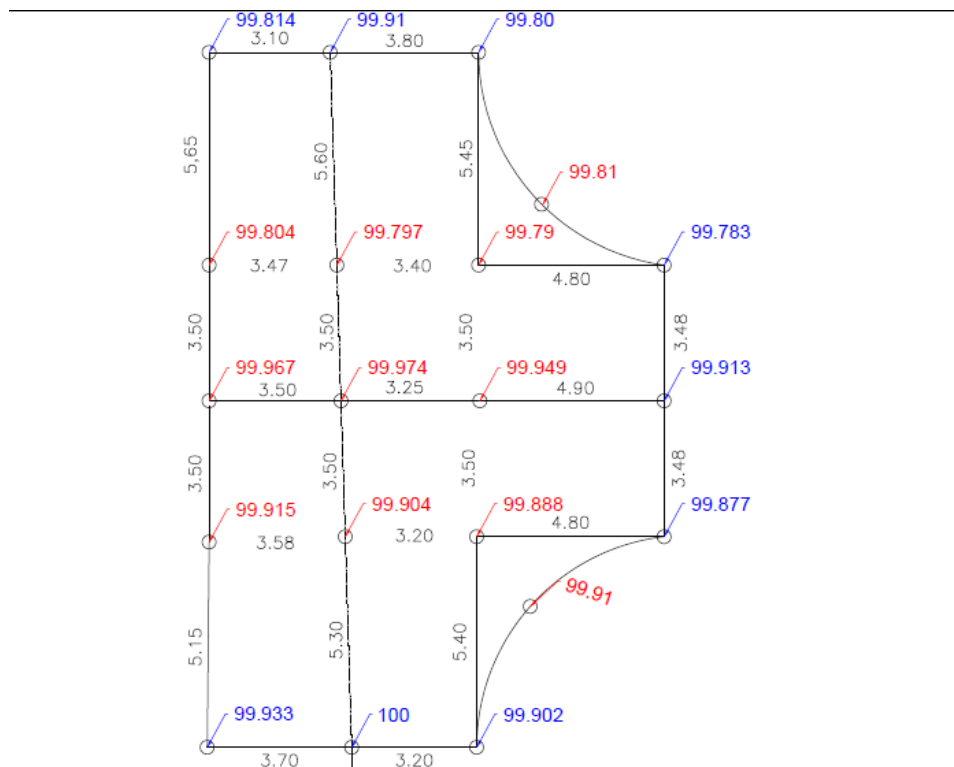
*Figura 7. Calzada con problemas de pendiente*

Este relevamiento, cuando la intervención fue en badenes y bocacalles, se realizó tanto sobre las cunetas a repavimentar como en las calles aledañas, con el objetivo de poder proyectar de forma adecuada para garantizar el escurrimiento del agua.

Los trabajos realizados en esta etapa se desarrollaron con la ayuda de un nivel óptico y un ayudante encargado de colocar la mira en los lugares que le establecía.

La cantidad de puntos a tomar y la definición de los mismos, estuvo ligado a mi poca experiencia, provocando las primeras veces repetir la tarea por falta de datos. Posteriormente se produjo el procesamiento de la información, como es el ejemplo de

la *Figura 8*, para enviarlo a la inspección de Obras Viales, para que allí elaboraran los proyectos correspondientes.



*Figura 8. Nivelación de la boca calle de Homero esquina Tadeo Davila.*

A partir de este relevamiento, se procede a organizar el corte de la vía. Para ello se necesita una autorización de corte de la vía pública por un período de tiempo determinado, otorgada por la Comisión de Cortes de la Policía de Tránsito de la ciudad de Córdoba, con autorización de la Inspección de la Dirección de Vialidad Municipal, con los requisitos que exige la ordenanza municipal.

Estos cortes se podrían clasificar en cortes totales o parciales, cada uno de ellos depende de lo que exija el tránsito, las condiciones de la zona y el tipo de problema. Se prioriza mantener los recorridos de colectivos y disminuir al máximo posible las congestiones. Para ello, por ejemplo, si los trabajos son en la totalidad de la calzada, a menos que la inspección lo disponga, se realiza el corte de media calzada, permitiendo el paso de vehículos por el sector libre.

En dicha solicitud de factibilidad de corte de la vía pública se debe especificar con un croquis y memoria descriptiva el área a intervenir, la zona afectada, la propuesta de corte con los desvíos y cartelería correspondiente, como se observa en la *figura 9*, atendiendo al pliego de condiciones particulares, a la Ordenanza 10819 y a su Decreto Reglamentario 3311.

El contratista, según el pliego, deberá efectuar la adecuada señalización de las obras en ejecución a fin de evitar accidentes, mediante la utilización obligatoria de letreros, cuyas dimensiones, características, tipo de letra, etc., serán los establecidos por la Ordenanza y su Decreto Reglamentario, antes nombrados.

El objetivo de la señalización es preservar la seguridad de los vehículos y peatones, además de brindar una adecuada zona de trabajo, atendiendo a las necesidades de seguridad de los operarios, los ingenieros y el personal de inspección.

La cartelería de desvío, se compone de señales de reglamentación (flechas), direccionando al tránsito hacia algún sentido definido por las vías que rodean al bache en cuestión. Además de poseer los datos de la empresa contratista (nombre de la empresa, nombre de la obra, responsable técnico de la obra y un número telefónico para efectuar reclamos), deben incluir la repartición para la cual se efectúan los trabajos: “Municipalidad de Córdoba – Dirección de Obras Viales”.

Por otra parte, para advertir el corte de la calzada en horarios nocturnos, se utilizan balizas, las cuales están compuestas por una batería y una luz, que emite señales luminosas.



Figura 9. Corte y señalización en Duarte Quirós

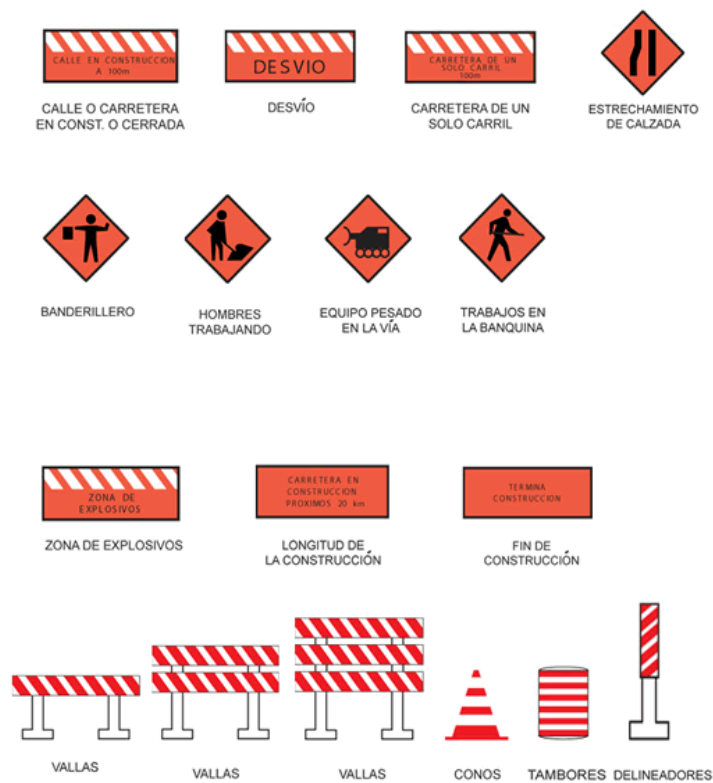


Figura 10. Señales que advierten acerca de la ejecución de trabajos de construcción y mantenimiento de la vía.

Además de la cartelería, se debe cercar al bache con un vallado para evitar que cualquier persona o vehículo ingrese a la zona de trabajo tal como se puede observar en la Figura 11.



*Figura 11. Vallado para impedir el acceso al área de trabajo de vehículos o personas ajenas a las involucradas en la obra*

### **3.2 ASERRADO, ROTURA, EXTRACCIÓN, LIMPIEZA, TOPADO Y TRANSPORTE DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN**

Una vez colocadas las señales de tránsito correspondientes y demarcado el bache queda definida una zona de pavimento, cuneta o badén, la cual debe ser removida. Esta zona queda, generalmente, delimitada por las juntas que ya poseía el pavimento viejo. En caso de no ser así, se debe realizar el aserrado con disco de corte para delimitar el área de trabajo que garantiza bordes rectos, limpios y bien definidos tal como se puede observar en la *Figura 12*.

Para ello, previamente se debe marcar una línea con tiza y regla que será de guía para lograr que el aserrado sea lo más recto y preciso posible.



*Figura 12. Aserrado con disco de corte*

Para la rotura se utilizó un martillo hidráulico accionado por una Minicargadora Bobcat (ver Figura 13). La trituración debe comenzar en las zonas más frágil del hormigón que se encuentra en la intersección de las juntas transversales y longitudinales; mientras que la percusión debe realizarse en lapsos de no más de 10 segundos para evitar que el martillo se sobrecaliente.



*Figura 13. Minicargadora 650 con martillo hidráulico.*

Por otra parte, los trozos de hormigón no deben ser mayores a 50cmx50cm aproximadamente, para que cuando estos sean cargados en la batea no queden grandes vacíos y evitar que la misma sea dañada al caer el escombros de grandes alturas. A su vez, hay veces que es necesario operarlos manualmente para ayudar a la pala cargadora por lo que no deben tener gran peso a efectos de evitar lesiones de los operarios.

Durante la rotura el maquinista debe evitar que el martillo sobrepase el hormigón debido a que en ocasiones las tapadas mínimas de las redes de agua y cloacas no son las exigidas, por lo que sucede con frecuencia romper alguna de las conducciones, generando problemas no solo en la zona de trabajo sino también a los vecinos.

Luego de terminar con la rotura, se procede a la limpieza general con Minicargadora en baches pequeños y con una pala cargadora para grandes superficies, cargando el hormigón triturado en bateas que luego depositan el material en lugares permitidos, como se puede observar en la Figura 14 y Figura 15.



*Figura 14. Pala frontal cargando batea*





*Figura 15. Sitio de descarga aprobado y autorizado por la inspección.*

Una vez que es retirado la mayor parte del material, las caras del hormigón viejo se deben observar rectas y normales a la base, en caso de no serlo, se debe proceder manualmente para generar esta condición. Para ello los operarios utilizan picos, maza y cortafierros golpeando sobre los bordes que presenten aristas no deseadas tal como se puede apreciar en la Figura 16.



*Figura 16. Terminación manual sobre los bordes del hormigón para dejarlos rectos y normales a la base.*

Para finalizar esta etapa, se realiza una limpieza más exhaustiva con pala y escobillón para retirar todos los materiales sobrantes y en caso de ser necesario se utiliza hacha y pico para retirar las raíces de los árboles.

Cabe mencionar que, a la hora de romper el pavimento de hormigón, hay que tener un especial cuidado con la presencia de las tapas de bocas de registro, marcos, cajas, braseros y llaves, de diferentes servicios, como ser agua, cloacas, teléfono, etc. El pliego y en los casos que la inspección lo disponga, obliga a su recolocación y en el caso de que quedaran fuera del nivel del nuevo pavimento por causa de las distintas tareas realizadas, colocarlos al mismo nivel del futuro hormigón.



*Figura 17. Brasero válvula exclusiva que debe dejarse a nivel.*

La realización de esta tarea conlleva mano de obra especializada, el mayor de los inconvenientes se produjo en el sector de la Cañada, porque cuenta con la presencia de los rieles del tranvía que están en desuso. Lo que llevo a un aumento de los tiempos de trabajo y disminución de rendimiento.

### **3.3 PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE**

La subrasante es aquella porción de superficie de 0,15 m de espesor ubicada inmediatamente por debajo del hormigón a ejecutar.

Las tareas de este ítem se refieren:

- Rotura, extracción, remoción, carga, transporte y descarga del material que fuese necesario para lograr las cotas requeridas de la subrasante del pavimento de hormigón a ejecutar, como así también cordones existentes, vados,

alcantarillas, cámaras de servicios públicos y todo aquello que se encuentre en el área de trabajo para una correcta ejecución de la subrasante.

- Cuando hay raíces de árboles que no permiten realizar las tareas, es necesario una poda parcial y se los debe proteger con productos químicos para que no se infecten. Y en caso de ser necesario, se deberá proceder a la extracción y reemplazo de árboles.
- Suministro de material apto, colocación, distribución y compactación dentro de los 0,15 m que conforman la subrasante.

*Se considera material apto aquel que cumpla con las siguientes especificaciones:*

*-Suelos con valores de densidad máxima mayores de 1700 kg/m<sup>3</sup>*

*-Límite líquido menor a 30*

*-Límite plástico menor a 10*

*-Libre de ramas, troncos, matas de hierbas u otros materiales orgánicos.*

La compactación se realizará en una capa de 15 cm de espesor con rodillo vibradores, inmediatamente después de extendido el material para que no pierda la humedad, que en ningún caso se aceptarán valores superiores a la óptima, pudiéndose trabajar hasta un 20 % en menos de dicho valor.

*La densidad en obra exigida dependerá de la clasificación de suelos:*

*Para suelos A1, A2 y A3 (Clasificación HBR) será del 95 % referida al ensayo V de la Norma VN-E5-93. (ANEXO)*

*Para los demás suelos se exigirá el 95% del Ensayo I de la Norma VN-E5-93. (ANEXO)*

*La capa de asiento de la subrasante se deberá compactar al 92% de la densidad máxima correspondiente en un espesor de 0,15 m.*

Una vez que retirado el material triturado y realizada la limpieza, en el caso de que la base cumpla con las especificaciones del pliego, se deja el suelo natural y se procede directamente a la nivelación para luego “cortar” o rellenar la subrasante en caso de ser necesario.

Con la nivelación altimétrica se definen las pendientes transversales y longitudinales de la vía y la cuneta; y teniendo en cuenta el espesor de la losa de hormigón (que según

pliego debe ser de 18 cm como mínimo) se dan los niveles a los diferentes elementos de la calzada y por ende a la subrasante.

Al ser roturas parciales de la calzada, badén o cuneta, las pendientes están condicionadas por las que posee el área adyacente a la que se efectuó la rotura.

El procedimiento para obtenerlas se realiza con nivel óptico y mira, tomando lecturas en el pavimento existente. Para las pendientes longitudinales, se restan las lecturas tomadas en los extremos de la línea de agua de la cuneta y se las divide por la extensión del mismo; mientras que, para las pendientes transversales de la calzada y la cuenta, se toma lectura en el eje de la calzada, entre la calzada y la cuneta, y sobre la línea de agua dividiendo las diferencias de lecturas por las respectivas distancias.

Existen situaciones, como ya se mencionó en un principio, donde las pendientes se encuentran muy por debajo de la pendiente mínima del 3‰ para el escurrimiento de aguas pluviales. En estos casos se busca aumentar la superficie del bache para encontrar el desnivel que garantice una pendiente mínima, lo cual puede llevar a extender el bache a dimensiones muy grandes, como ser hasta cuerdas enteras, que no es el objetivo en una obra de bacheo debido al bajo presupuesto.

Ante este inconveniente, se busca una solución parcial que es aumentar la pendiente transversal de la calzada y de las cunetas, para que el agua que no circula por falta de desnivel tienda a formar una línea permaneciendo en la cuneta y no un charco que abarque parte de la calzada obstaculizando el tránsito de los vehículos y peatones.

Para ello, en primera instancia se lleva a cabo la ejecución de la cuneta, en donde conociendo la pendiente longitudinal, que se supondrá menor que la mínima, se colocan clavos (hierro del 8 de 50 cm de longitud) en toda su extensión, como máximo cada 3 metros para lograr una mayor precisión. Esto se realiza sobre la línea que será la línea de escurrimiento que se obtiene tensando una tanza.

Se divide el desnivel en la cantidad de clavos más uno, que se hayan colocado, y se distribuye la altura en dichos puntos. Para ello a partir de la lectura del nivel en un extremo, se coloca la regla en uno de los clavos y se sube o se baja el mismo hasta

obtener una lectura en la regla igual a la lectura en el extremo más el desnivel parcial asignado para ese tramo.

Una vez colocados y nivelados los clavos en la línea de escurrimiento, se colocan clavos paralelos a esta línea a una distancia de 0,60 a 1,00 m, que serán de referencia para la colocación de los moldes de base. Estos clavos, se nivelan de 5 a 8 cm por encima de los clavos puestos en la línea de escurrimiento, garantizando una buena pendiente transversal.

El procedimiento realizado y antes mencionado se observa en la Figuras 18 y 19.



*Figura 18. Nivelación de cuneta*



*Figura 19. Ejecución de cuneta independiente a la calzada*

El mismo procedimiento se podría aplicar a badenes en los cuales la pendiente longitudinal está por debajo de la mínima, con la salvedad que, a partir de la línea de escurrimiento del badén, se nivela transversalmente hacia ambos lados de la misma, las cuales no pueden ser muy pronunciadas ya que condicionaría el paso de vehículos por encima de él.

En los casos donde la pendiente es mayor o igual a la pendiente mínima, el procedimiento de nivelación sólo se limita a contabilizar el desnivel entre los extremos de la cuneta o badén y distribuirlos en la longitud del mismo. Para ello se colocan clavos en el sentido paralelo al eje de la cuneta o badén, colocando la mira sobre el mismo y sumando o restando los desniveles parciales de cada tramo al desnivel de un extremo.

Terminada esta etapa de nivelación altimétrica, se procede a la materialización de la subrasante, la cual tiene como finalidad servir para el apoyo de la losa propiamente dicha.

Para ello, con una tanza se unen todos los clavos de modo que quede una línea tensa de extremo a extremo del bache, sobre la línea de agua o sobre el extremo de la cuneta

según sea el caso, mientras que otra tanza es tensada en dirección perpendicular a la anterior y se la apoya sobre esta y sobre el eje de la calzada para así (ver Figura 20), mediante una cinta métrica tomar distintos puntos para poder definir si hay que agregar o quitar material a la subrasante hasta lograr los 18 cm de espesor (ver Figura 21). Realizando este procedimiento la veces que sean necesarias hasta obtener el espesor correspondiente en toda la superficie.



*Figura 20. Control de espesores.*





*Figura 21. Cortando subrasante con pala cargadora y Minicargadora para llegar a los 18 cm de espesor*

Por otro lado, en los badenes a ejecutar donde hay bocas de registro de cloacas, como en el caso del barrio Newbery, deben ser posicionadas para que queden al mismo nivel del hormigón terminado.

En los casos que sea necesario reconstruir las losas de las bocas de registro, deben ser armadas con hierro de diámetro 10 mm o con doble maya y con encofrado perdido.

En la Figura 22 y Figura 23 se puede apreciar esto, en una de las intersecciones intervenidas, entre las calles Newbery y Eusebione.

*“Ejecución, coordinación y supervisión en obras de bacheo de hormigón en barrios General Paz, Newbery y Talleres”*



*Figura 22. Newbery esquina Eusebione*



*Figura 23. Encofrado perdido para que el hormigón no ingrese a las cloacas.*

### **3.4 EXCAVACIONES PROFUNDAS**

Se entiende por excavación profunda cuando se extrae el suelo en profundidades mayor a los 0,15 m. por debajo de la cota superior de la sub-rasante.

Una vez que se sustrajo el pavimento en mal estado, si se observa que la base no cumple con las especificaciones del pliego, observándose un suelo con elevado contenido de humedad ocasionado por rotura de instalaciones, suelos muy contaminados con escombros y ladrillos, suelos no aptos como los arenosos, suelos arcillosos o en los casos que la Inspección de Obras lo juzgue necesario; se debe retirar este material con Minicargadora o pala cargadora según las dimensiones del bache lo requieran, para luego poder realizar la nivelación altimétrica anteriormente explicada, tal como se observa en la Figura 24.



*Figura 24. Pala cargadora y Minicargadora realizando excavación profunda*

En la ciudad de Córdoba, hay una gran cantidad de conexiones clandestinas, cañerías viejas de plomo y otras que no respetan las tapadas mínimas que se evitaron manipular. Para esto, previamente a la excavación se localizan, en función de la ubicación de las cajas de conexión ubicadas en la vereda, y se realiza el movimiento de suelo a mano en ese sector. Hubo casos donde la máquina hizo contacto con estas conexiones sin

intención, provocando su rotura, lo que llevo a una demora adicional debido a la necesidad de repararlas, como se aprecia en la Figura 25 y Figura 26.



*Figura 25. Conexión clandestina de agua rota.*



*Figura 26. Bache inundado por cañería dañada.*

Ante esta situación, automáticamente se debe buscar la forma de sellar el caño provisoriamente para que deje de salir agua y no se inunde el bache lo que ocasionará mayores problemas y pérdidas de tiempo de trabajo. Luego, se notifica a Aguas Cordobesas de la situación, ya que ellos son los indicados para arreglar o anular estas conexiones de manera correcta, como se puede observar en la Figura 27.



*Figura 27. Aguas Cordobesas desagotando el bache para poder anular la conexión.*

### **3.5 REPOSICIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUELO**

En el caso que haya sido necesario el reemplazo del material no apto referido en el punto anterior, y colocados los clavos con sus respectivos niveles, se realiza el primer control de medición con tanza y cinta métrica, para determinar la cantidad de suelo-arena que es necesario agregar, proceso que se debe realizar esparciendo el material en la extensión de la base en capas no mayores a 5 cm, que deben ser humedecidas para que su humedad este próxima a la óptima requerida, para luego poder ser compactadas con un rodillo liso vibrador, hasta llegar a la cota superior definida por la nivelación altimétrica.

El suelo-arena no debe contener piedras de más de 5cm, ni elementos extraños, debiendo ser capaz de aportar una densidad máxima superior a los 2000 kg/m<sup>3</sup> ensayado según la norma V.N.E 5-93 y su complementaria, de la Dirección Nacional de Vialidad

*Según pliego, “los suelos situados por debajo de los 0,15 cm, contado a partir de la cota de la sub-rasante, deberán cumplimentar un mínimo del 92% de la densidad máxima correspondiente de acuerdo a su clasificación (para suelos A1, A2 y A3 será del 92% referido al Ensayo V de la Norma VN-E5-93, para los demás suelos se exigirá el 92% del ensayo I de la Norma VN-E5-93.”*

El proceso de compactación debe realizarse reiteradas veces por más que el suelo natural no haya sido removido, ya que tiene como finalidad otorgarle al suelo la densidad máxima requerida.

---

Estos trabajos se realizaron con maquinarias acordes a la dimensión de la obra y a la cantidad de material a manipular. En la Figura 28 se muestra una compactación realizada con rodillo liso vibrador.

Luego de la compactación, cualquiera que sea el suelo utilizado, se debe verificar que no exista acumulación de humedad en una superficie pequeña, denominados comúnmente “colchones”, la uniformidad de la superficie en general y el grado de compactación que posee. Generalmente si un camión cargado no deja huella sobre la base, no se aprecia humedad, es uniforme y no posee colchones, se obtienen resultados cercanos al 95% de la humedad óptima del ensayo.

Los trabajos de este rubro, tienen en cuenta la provisión de material apto, su transporte y descarga en obra, distribución, humedecimiento, perfilado y compactación en las capas que corresponda.

El control de densidad debe hacerse mediante el ensayo “cono de arena” (VN E 8 -66), pero de acuerdo a lo observado en obra, la inspección no realizó ensayos de control de compactación, se recurrió a un control visual y al tacto, para determinar si la subrasante alcanzó una densidad máxima superior a los 2.000 kg/m<sup>3</sup>. y en función de esto, aprobar la subrasante para poder ser hormigonada.



*Figura 28. Compactando la subrasante con rodillo liso vibrador*

### **3.6 EJECUCIÓN DE SUB-BASE DE HORMIGÓN POBRE**

Existen casos donde por mayor excavación profunda que se realice no se llega a una cota donde se encuentre material que cumplan las especificaciones del pliego y garanticen una buena resistencia tal como se puede apreciar en la Figura 29.

Ante esta situación, la Inspección de Obras, determina reponer lo excavado con suelo-arena hasta una cota aproximada de 28 cm por debajo del pavimento viejo y compactarlo para así dejar lista la subrasante donde será ejecutada una sub base de hormigón “pobre” de 0,10 m de espesor en valores promedio. En la Figura 30 se muestra un trabajo de ejecución de hormigón pobre.

Esta sub base de hormigón pobre tiene una serie de ventajas, desde reducir los esfuerzos y deflexiones, hasta controlar el fenómeno de bombeo del suelo bajo las juntas.

También, cuando en la subrasante hubiese cambios volumétricos (por cambios de humedad o por heladas), absorberá esas deformaciones para que no afecten a la capa de rodamiento.





*Figura 29. Excavación profunda con material contaminado.*



*Figura 30. Ejecución de hormigón pobre.*

### **3.7 PROVISIÓN DE HORMIGÓN PARA PAVIMENTO H-30**

Las tareas de este rubro se refieren a la provisión de hormigón elaborado en planta con dosificación en peso y colado en obra.

El hormigón destinado a las tareas de ejecución de pavimentos, cordones, cunetas y bacheo en general, debe cumplir con lo establecido en el pliego de especificaciones técnicas.

El transporte del hormigón elaborado se realizó con dos camiones Mixer que son propiedad de la empresa, no permitiéndose con camiones volcadores.

Como se trabaja muchas veces en vías muy transitadas, donde un corte total o parcial de la misma, condiciona drásticamente el flujo de tránsito, en esta obra se utiliza hormigón H-30 que se caracteriza por alcanzar una resistencia de 220 kg/cm<sup>3</sup> a los 4 días permitiendo la habilitación rápida a esa edad. La característica distintiva de este tipo de hormigón es su alta resistencia, obteniéndose la resistencia necesaria para la habilitación, en una cantidad de días inferior a la necesaria en los hormigones comúnmente usados (H-21).

A diferencia de otros tipos de hormigones, el H-30 tiene la desventaja de que al tener un gran tenor de cemento le confiere una mayor rapidez de fragüe, siendo más sensible a que se ocasionen fisuras no deseadas, requiriendo, por lo tanto, de un especial cuidado tanto en el curado como en la ejecución de juntas.

Cuando se observa que el hormigón que llega a obra tiene un mayor asentamiento al requerido, a través del método del Cono de Abrahams (ver Figura 31), el cual debe ser de 7 cm +/- 1.5 cm, la inspección evalúa si el camión debe ser rechazado.

Cuando comienza la obra, la inspección de obras viales, realiza probetas de forma continua para “conocer” el hormigón con el que se va a trabajar durante la obra.

Luego de haber realizado ese control de calidad, sacan probetas de manera esporádica para mantener el control del material con el que se está trabajando. Estas probetas se ensayan a 7 y a 28 días, debiendo cumplir una resistencia a la compresión de 255kg/cm<sup>3</sup> a los 7 días.

A su vez, en ocasiones la inspección selecciona 4 losas de hormigón que hayan sido hormigonadas hace 7 días para sacar testigos cilíndricos y ensayarlos a compresión para determinar si cumple la condición antes mencionada, controlando también los espesores de las mismas

Cabe destacar, que, si la inspección no lo exige, por parte de la empresa no se realiza ningún control de calidad del hormigón.



*Figura 31. Cono de Abrahams*

### **3.8 REPOSICIÓN DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN SIMPLE DE ESPESOR VARIABLE CON CORDONES UNIFICADOS**

Las tareas de este rubro se refieren a la reparación mediante la nueva ejecución del pavimento de hormigón simple en un espesor 18cm, incluyendo los cordones unificados en los casos que así corresponda.

Terminado con la reposición, perfilado y compactado de la subrasante, quedando el espesor futuro de hormigón con la altura correspondiente y los bordes de rotura limpios, previo a la colocación y vertido del hormigón, se colocan los moldes de base que se ubican sobre la cara donde irán los cordones y sobre zonas donde la inspección ordene un empalme futuro con asfalto.

Los moldes constituyen el encofrado del hormigón, es decir su función es contenerlo durante el fragüe confiriéndole la forma y el espesor correspondiente que debe tomar la estructura del pavimento. Los moldes que se utilizan son metálicos de 15 cm de altura, debiéndose aumentar esa altura, agregando cuñas hasta llegar a los 18 cm correspondientes.

La colocación se realiza mediante nivelación, para lograr correctamente el espesor deseado de hormigón y el escurrimiento de las aguas. Para ello se colocan clavos en la línea donde se ubicarán los moldes, nivelándolos y tirando una tanza entre los clavos.

El borde superior del molde deberá copiar la línea de la tanza, con la mayor precisión posible. Para ello, al ser estos moldes metálicos de 15 cm de espesor, se agregan cuñas de madera hasta lograr que el borde superior del molde quede al mismo nivel de que la tanza, y en caso que el molde quede por encima, se lo golpea suavemente con una maza hasta llegar al nivel deseado. Luego, se deben fijar con clavos y tierra sobre el borde exterior para evitar que el empuje del hormigón los mueva de su lugar e impedir todo tipo de desplazamiento.

Así queda la zona lista para ser hormigonada, pero previo a esto, se debe poner en contacto con la inspección de Obras Viales para que controlen la subrasante y los moldes para que den la aprobación y así continuar con las tareas.

Una vez aprobado, se coloca un film de polietileno de alta densidad (AGROPOL), como se observa en la Figura 32, reforzado con alta resistencia mecánica, para que gracias a su función de barrera hidrófuga, impermeabilizante y aislante; el hormigón no pierda el agua del pastón a través de la superficie de asiento.



*Figura 32. Colocación de Agropol*

### **3.8.1 Distribución del hormigón**

Una vez que el camión de hormigón llega a obra, se debe tener especial atención para evitar el agregado de agua por parte de los operarios para mejorar la trabajabilidad del mismo y facilitar las operaciones para su distribución y terminación, debido que al aumentar la relación agua cemento, disminuye su resistencia dando lugar a una posible fisuración. El control de esta manipulación no siempre se pudo hacer, ya que al tener

tres frentes de trabajo la mayoría de las veces se hormigonaba al mismo tiempo y no se podía controlar.

La distribución del hormigón se lleva a cabo maniobrando manualmente la bandeja del camión Mixer que provee el hormigón, a medida que se va descargando dentro del bache, es esparcido cuidadosamente por otros tres operarios como mínimo con ayuda de palas anchas logrando una distribución homogénea. Esto se aprecia en la Figura 33.



*Figura 33. Distribución del hormigón con palas anchas.*

Una vez que se descargó todo el hormigón del Mixer, se procede a la compactación y vibrado del hormigón. Esta es una etapa fundamental ya que, junto con el hormigón, entra gran cantidad de aire que queda atrapado dentro de la masa, por lo que se debe vibrar para que ese aire que está atrapado dentro del pastón vaya subiendo hasta la superficie y se elimine, haciendo que en la masa no quede aire, mejorando así su resistencia y su durabilidad.

El vibrado se realiza, como se observa en la Figura 34, mediante vibradores de inmersión tipo aguja, que se componen de un pisón el cual se introduce dentro de la masa de hormigón fresco, buscando de cubrir toda la superficie.



*Figura 34. . Vibrado del hormigón*

### **3.8.2 Terminación superficial**

Continuando con las tareas, luego del vibrado, se utiliza un fratacho largo o palón para darle la terminación superficial, logrando una homogeneidad de la superficie y asegurando una correcta nivelación de las pendientes transversales (gálibo) y longitudinales. Para ello, es necesario que la manipulación de este palón sea por parte de un operario con gran experiencia y habilidad en la tarea. Esto puede observarse en la Figura 35.

También, se utiliza un fratacho de mano para corregir las imperfecciones en los bordes y los detalles.



*Figura 35. Terminación superficial con palón.*

Luego, se procede a marcar la línea de agua para garantizar un correcto escurrimiento. Para ello, se apoya una regla sobre los clavos anteriormente nivelados observándose si entre clavo y clavo hay sobrante o falta de hormigón, agregando con palas o quitando con la misma regla, moviéndola hacia un lado y hacia el otro según sea el caso.

Por último, se pasa por toda la superficie una cinta sintética de 15 cm de ancho y 8 m de largo previamente humedecida con agua-cemento para obtener una superficie totalmente lisa sin imperfecciones, como se muestra en la Figura 36.





*Figura 36. Terminación superficial con cinta.*

Luego de realizar el colado y el acabado del hormigón, se procede al curado que es el mantenimiento de la temperatura y humedad del hormigón, favoreciendo la hidratación del cemento.

El propósito es evitar la evaporación para que el proceso de hidratación y fraguado se desarrolle sin inconvenientes, obteniéndose el hormigón con las propiedades óptimas y evitando la aparición de fisuras y reducción de su resistencia.

Existen varios procedimientos para realizar el curado, en este caso se utilizó un producto denominado “Antisol”, el cual se pulveriza sobre el hormigón fresco de manera uniforme formando una membrana de curado que mediante una reacción química forma una película impermeable, resistente y adherente. Este producto, al tener una pigmentación blanca, tiene gran reflectancia a la luz solar, impidiendo la absorción de calor, evitando así que aumente la temperatura del hormigón y la evaporación del agua.

En los casos en donde la temperatura ambiente es inferior a los 5°C, se considera que se está hormigonado en tiempo frío y puede surgir el problema que el hormigón que no termino de fraguar se congele, produciendo un aumento del volumen del agua de la mezcla (se convierte en hielo) y consecuentemente del hormigón. Como no queda agua

en estado líquido para que se produzcan las reacciones químicas, el fraguado y endurecimiento del hormigón se retrasan. Cuando el agua se descongela, el hormigón fragua, se endurece en su estado expandido y su resistencia queda disminuida.

Es por ello, que se debe proteger del congelamiento al hormigón fresco que se encuentra saturado, hasta que su grado de saturación se haya reducido por el proceso de hidratación. En estos casos, se tomó la precaución, en primer lugar, de no hormigonar cuando el pronóstico del tiempo informaba que la temperatura iba a ser inferior a los 5°C en las próximas 8 hs, pero en los casos en los que se alcanzará esa temperatura después de ese tiempo, se colocó alrededor de la superficie hormigonada tachos con aserrín y gasoil, como se observa en la Figura 37, que al prenderse fuego generan un microclima que evita que la helada afecte al hormigón, aunque el curado óptimo es usar aditivos incorporadores de aire, ya que el aire proporciona la capacidad de absorber las tensiones de expansión producidas por el agua al congelarse.



*Figura 37. Hormigonado en tiempo frío.*

Una vez hormigonada, terminada y curada la losa, ni bien el hormigón ya fraguó lo suficiente que pueda soportar cierta carga, se colocan los moldes de cordón y se ejecutaran con el mismo hormigón empleado para la calzada.

Estos moldes que tienen una altura de 15 cm, deben respetar el perfil utilizado en el resto de los cordones del barrio.

La inspección hace mucho hincapié en hormigonar la losa y el cordón en la misma jornada laboral para que el conjunto se comporte como una pieza única, rígida y firme.

Si eventualmente o en caso de excepción no se hormigona el cordón en conjunto con la losa, debido a que el hormigón fue suficiente para llenar únicamente la losa y como es no factible ni económicamente rentable para la empresa pedir un viaje de hormigón con 0,5m<sup>3</sup> o 1m<sup>3</sup>, se colocan estribos cada 30 cm para garantizar una mayor unión y adherencia entre losa y el futuro cordón.

Cabe destacar que como los cordones curvos están más expuestos que los rectos, la inspección exige que al ejecutarlos se deben colocar estribos de 6 mm de diámetro, colocados cada 30 cm y dos hierros longitudinales del mismo diámetro en la parte superior, debiendo ser atados los mismos con alambre y cortados en coincidencia con las juntas de contracción.

El llenado de cordones se realiza con baldes para transportar el hormigón y con una cuchara de albañil se lo coloca dentro del molde, vibrándolo manualmente. La terminación superficial se realiza con fratacho de mano.

Se tomaron todas las precauciones necesarias para que la cara vista del cordón sea perfectamente lisa, sin sopladuras, donde no se permitía aplicar revoques de mortero sobre los mismos para reparar alguna terminación.

### **3.8.3 Juntas de dilatación**

Por otro lado, en los pavimentos rígidos es muy importante considerar el fenómeno de retracción por fragüe, lo cual ocasiona fisuración y más aún en esta obra en donde se utilizó hormigón H-30.

Debe considerarse que entre la losa de hormigón y la subrasante existen fuerzas friccionales, por lo que al querer producirse deformaciones por fragüe, estas se

encuentran impedidas por dicho rozamiento, generándose tensiones. Cuando a lo largo de la losa se produce una tensión superior a la resistencia a tracción del hormigón, este se fisura.

Es por ello que se realizan juntas en el pavimento cuando apenas ha adquirido una mínima resistencia, provocando zonas débiles para que se produzca la fisura por retracción en el lugar deseado, debido a que la contracción del hormigón ocurre a muy temprana edad, como consecuencia de cambios de temperatura durante los procesos de hidratación y fraguado, así como por la pérdida de agua por evaporación.

Entonces, como la fisuración es inevitable, lo único que puede hacerse es elegir dónde se producirán éstas, direccionarlas reproduciendo el patrón de fisuración del pavimento mediante la ejecución de juntas, las cuales se clasifican según su ubicación en longitudinales y transversales; y según su función en de expansión, contracción, articulación, construcción:

- Juntas de expansión: Son generalmente transversales, y proveen espacio para la libre dilatación de las losas. Comprende todo el espesor de la losa y tiene una separación de aproximadamente 2 cm.
- Juntas de contracción: Tienen la función de aliviar las tensiones causadas por la contracción del material y disminuir las de alabeo. Las más comunes son las denominadas “por el plano de debilitamiento”, las cuales pueden ser longitudinales o transversales.
- Juntas de articulación: Se colocan para reducir las tensiones de flexión provocadas por el alabeo, ya sea por temperatura o humedad. Son longitudinales.
- Juntas de construcción: Se realizan a la terminación del trabajo diario o cuando se interrumpe el hormigonado por un período superior a 30 minutos. Pueden ser longitudinales o transversales.

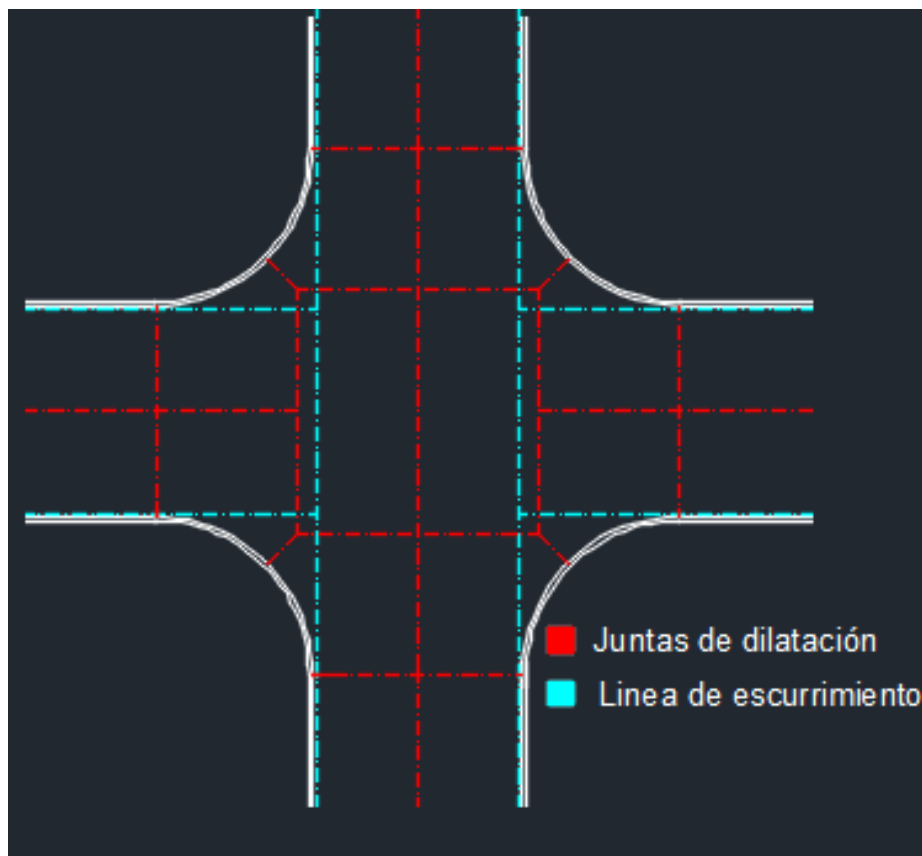
Por otra parte, las juntas longitudinales deben coincidir con las juntas de construcción o con los anchos de las calzadas. En intersecciones de calles y/o badenes, las juntas deben respetar las separaciones máximas recomendadas, mantener la relación de esbeltez por debajo de 1,5, hacer coincidir con juntas de pavimentos existentes y estructuras fijas. Cuando las formas de las losas son irregulares, se trata de mantenerlas lo más rectangulares posibles.

La profundidad de las juntas es de aproximadamente un tercio del espesor de la losa, se hace con la aserradora y un disco de aproximadamente 7 u 8 mm de espesor; y se realizan de tal modo que los paños que se formaran no tengan superficies mayores a 16 m<sup>2</sup>. Además, otra condición a respetar es que no deben existir ángulos menores a 60° entre intersecciones de losas y juntas. Es aconsejable, que siempre los ángulos sean iguales o mayores a 90°.

Muchas veces se me presentaron casos complicados, como en el de intersecciones de calles que no son perpendiculares entre sí, y que no se repavimentaban en su totalidad. En estos casos debía guiarme de las juntas del diseño anterior para mantener una continuidad de juntas, las cuales muchas veces no habían sido ejecutadas con el mejor de los criterios. Se provocaba así una complicación sobre la cual necesitaba de la ayuda de la inspección para estudiar el caso y llegar a un acuerdo para resolverla.

Como el diseño de estas juntas es fundamental para que las tensiones viajen de la forma más adecuada para evitar futuras fisuras en sectores no deseados, creo que se debería dar mayor importancia y un estudio más profundo por parte del estudiante para poder resolver diversas situaciones particulares.

Para el caso de las bocacalles y badenes o zonas de escurrimiento de aguas, se tuvo un especial recaudo en la construcción de juntas, de tal manera que no coincidieran con los sectores donde exista dicho escurrimiento, debiendo desplazarlas un mínimo de 0,60 m, tal como se puede apreciar en la Figura 38.



*Figura 38. Diseño de juntas de dilatación.*

Otro factor a tener en cuenta es el alabeo de las losas cuando el hormigón está endurecido, que se produce por las diferencias diarias de temperatura entre la cara inferior y superior de la losa. Esta deformación se ve impedida por el peso propio de la losa, por la reacción de la subrasante y por las cargas de tránsito (alabeo impedido).

Por ejemplo, durante el día la temperatura de la superficie es mayor que la de la parte inferior de la losa, por lo que la losa intenta curvarse de manera que se tracciona la parte superior y se comprime la parte inferior, pero al estar impedida la deformación se producen compresiones en la cara superior y tracciones en la inferior.

### **3.8.4 Sellado de juntas**

Una vez que se materializan las juntas, es necesario y fundamental su sellado, para evitar el ingreso de agua que producirá el bombeo (siendo este uno de los principales

causantes de la falla del pavimento rígido) y minimizar el ingreso de materiales incompresibles (que no permiten la dilatación de la losa), generándose en consecuencia roturas en juntas de dilatación o expansión.

Es por eso que antes del sellado se toma la precaución de limpiar adecuadamente la junta, utilizando las herramientas apropiadas para barrido, soplado, cepillado y secado, según fuera necesario. Luego, con un pincel se impriman las caras de las juntas con una pintura asfáltica. Estando estas aun con adhesividad, se vierte asfalto en panes de aplicación en caliente, hasta el nivel superior de la junta.

El asfalto en panes de aplicación en caliente es un Sellador plastificado para juntas de dilatación, compuesto de PEX Asfalto Plástico, para conservar su plasticidad en el tiempo, y resistir sin escurrimiento a elevadas temperaturas atmosféricas.

Para que el pan asfáltico adquiera fluidez para su aplicación, debe ser calentado. Para ello en un tacho de 200 litros cortado por la mitad, con fuego por debajo, se introducen estos panes, que son derretidos como se observa en la Figura 39.



*Figura 39. Calentamiento de pan asfáltico.*

En la figura 40 y 41 se muestran la pintura asfáltica y los panes asfálticos utilizados, respectivamente. Así como sus características



*Figura 40. Pintura asfáltica*



*Figura 41. Pan asfáltico*

Se cubrió con el material toda la junta en ancho y longitud, dejando un pequeño resalto sobre el pavimento, eliminando posteriormente con la ayuda de una pala todo el material excedente.

No se le suele dar mucha importancia a esta tarea, pero si se logra un buen sellado como se observa en la Figura 42, al ser las juntas el principal medio de ingreso de agua en los pavimentos, no habrá presencia de esta debajo de la losa, que es el factor principal y fundamental para que se provoque el fenómeno de bombeo, garantizando así evitar la erosión del material fino que se encuentra debajo y aumentando en gran medida la vida útil del pavimento.





*Figura 42.. Correcto tomado de juntas*

Hay casos, como se observa en la Figura 43, en donde se hace imposible tomar la junta debido a que el hormigón nuevo está contiguo a un pavimento en mal estado, sobre el cual la inspección no tomó la decisión de rehacerlo considerando que el mismo debe ser bacheado con asfalto ya que hay otros sectores más comprometidos que necesitan ser reconstruidos.



*Figura 43. . El sellado de junta del hormigón nuevo será con bacheo asfáltico*

Por otro parte, las juntas de dilatación o juntas de articulación, se construyen con material compresible, como el polietileno expandido y de un espesor mínimo de 2 cm.

### **3.9 REPARACIÓN DE VEREDAS**

Muchas veces la trituración de la calzada y el cordón cuneta, provoca la rotura de las veredas adyacentes que deben ser reparadas con mosaicos similar al existente y su respectivo contrapiso de 10 cm de espesor, con mortero 1/5-1-3-5 (cemento-cal-arena-cascotes).

En caso de no conseguirse el mosaico similar al existente, será de acuerdo al Código de Edificación de Córdoba.

Cuando se modifican las pendientes de las cunetas, en muchos casos, las veredas quedan por debajo del nivel terminado del cordón, lo que trae aparejado en muchas cosas que los marcos y tapas existente, quedan fuera de nivel, al igual que el desagüe pluvial que queda obstruido y por debajo del nivel de losa del pavimento, como se muestra en la Figura 44.

Ante esta situación, inmediatamente después de ser hormigonada la losa, se debe proceder a la reparación completa de la vereda para llevar los desagües pluviales a su cota de proyecto, que garantice la salida del agua pluvial, mientras que los marcos y tapas se recolocan en su nueva posición. En caso de que estos estén dañados, se gestiona con la Repartición correspondiente la provisión de elementos nuevos.



*Figura 44. Tanza indica el nivel del hormigón terminado que obstruirá la salida del agua*

### **3.10 EJECUCIÓN DE CORDÓN**

Esta etapa hace referencia a la ejecución de cordones 0.15 m. de altura por toda la longitud de la calzada y cuneta repavimentada, o por la longitud que la inspección lo ordene en los caos que sea necesaria la renovación de los cordones dañados.

Cuando el cordón no se hormigona junto con la cuneta en la misma jornada laboral, se colocan estribos de diámetro de 6 mm. cada 25 cm. Para fijar estos estribos, se perfora hasta un tercio del espesor del pavimento y luego se unen por dos hierros longitudinales de diámetro 6 mm.

Como se mencionó anteriormente, al igual que los cordones unificados, el llenado de cordones se realiza con baldes de mano y con una cuchara de albañil se lo coloca dentro del molde, vibrándolo manualmente. La terminación superficial se realiza con fratacho de mano.

## **4. PARTES DIARIOS Y CERTIFICACION DE LA OBRA**

### **4.1 PARTES DIARIOS**

Un aspecto importante que se realizó durante el trabajo es la realización de los partes diarios, donde se lleva a cabo el control de producción, teniendo en cuenta:

*“Ejecución, coordinación y supervisión en obras de bacheo de hormigón en barrios General Paz, Newbery y Talleres”*

- Áreas abiertas sin hormigonar
- Excavaciones profundas
- Áreas hormigonadas.
- Volumen de hormigón utilizado por cada camionero.
- Volumen de hormigón teórico según área y espesor 18 cm.

Las áreas fueron medidas en cada jornada para el cálculo teórico de la cantidad de metros cúbicos necesarios para hormigonar el bache.

El uso de esta herramienta diaria, permite cuantificar los desperdicios diarios de hormigón, pudiendo así identificar anomalías en las cantidades utilizadas. Se presenta a continuación en la Figura 45, un modelo de parte diario de producción realizado:

<b>PARTE DIARIO MAYO</b>							
<b>OBRAS: Bacheo GENERAL PAZ</b>							
<b>CUADRILLA: ALCARAZ</b>							
Fecha	Abierto sin H(m2)	Excavación (m3)	Hormigonado (m2)	H° AIMAR (m3)	H° Barbosa (m3)	H° tirado (m3)	H° teorico (m3)
Miercoles 15/05			59,45	11		11	10,701
jueves 16/05							
viernes 17/05			153,195	7			
sabado 18/05				22,5		29,5	23,9751
lunes 20/05	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA
martes 21/05			72,78		18	13	13,1004
miercoles 22/05	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA	LLUVIA
jueves 23/05	ANEGAMIENTO	ANEGAMIENTO	ANEGAMIENTO	ANEGAMIENTO	ANEGAMIENTO	ANEGAMIENTO	ANEGAMIENTO
viernes 24/05			54,01	10		10	9,7218
sabado 25/05	FERIADO	FERIADO	FERIADO	FERIADO	FERIADO	FERIADO	FERIADO
lunes 27/05							
martes 28/05			77,655	8	7	14	13,9779
miercoles 29/05			131,9	21	7	44	43,6311
jueves 30/05			77,07	16		16	13,8726
viernes 31/05			64,68	8	5	11	11,6424
sabado 1/06			83,21	16		16	14,9778
lunes 03/06							
martes 04/06			114,9	16	7	20	20,682
miercoles 05/06							
jueves 06/06			131,58	8	14	22	23,6844
viernes 07/06			83,57	8	7	15	15,0426
sabado 08/06	204,16						
lunes 10/06							
martes 11/06			111,11	20		20	20
miercoles 12/06			43,33	8		8	7,8
jueves 13/06			65,56	8	4	12	11,8
<b>ACUMULACIÓN</b>			<b>1324</b>	<b>187,5</b>	<b>69</b>	<b>261,5</b>	<b>254,6091</b>
<b>H° DESPERDICIAO</b>		<b>6,8909</b>					
<b>% H DESPERDICIAO</b>		<b>2,71%</b>					

*Figura 45.. Parte diario producción. Mes de mayo. Obra: General Paz*

#### **4.1.1 Causas de los desperdicios:**

Se desperdicia hormigón debido a:

- Irregularidades en el espesor de la base. Como consecuencia de la necesidad de rapidez de ejecución, no es posible lograr un espesor de 18 cm en la totalidad de la superficie, dado que si en un sector hay 17 cm la inspección exige que retires 1 cm para llegar al espesor establecido. Como en la práctica no es posible, ya que la Minicargadora no trabaja con esa actitud, quedan espesores de 18.5 cm hasta 19 cm, que no pueden ser corregidos agregándole suelo-arena, ya que este no se adhiere en espesores tan pequeños y queda material suelto.
- Muchas veces los operarios no utilizan regla para “cortar” el hormigón para sacar el excedente. En estos casos, el hormigón se distribuye con pala de mano y “palón”, sin garantizar un espesor homogéneo en toda la superficie.
- Luego de observar pérdidas mayores a las estimadas, tome la decisión de pesar al camión en una balanza propia antes y después de ingresar a la planta, descubriendo una falta de 0.5m<sup>3</sup> de hormigón.
- Por las causas mencionadas, a la hora de pedir hormigón se redondea, el cálculo teórico más un error del 3%, hacia arriba en 5 décimas. Es decir, si el cálculo, por ejemplo, en una superficie de 40m<sup>2</sup> y un espesor de 18cm da 7,2m<sup>3</sup> más el 3% hace un total de 7.4m<sup>3</sup>, se solicita 7,5 m<sup>3</sup>. Ocasionando así algunas veces desperdicios, pero garantizando que no falte hormigón lo que ocasionaría un mayor gasto.

#### **4.2 CERTIFICACION DE OBRA**

Realice la correspondiente medición, croquis y ubicación en mapa, mes a mes, de cada bache realizado y las cantidades efectivamente ejecutadas en cada una de las distintas tareas que conformaron el ítem del proyecto.

Una vez dibujados, medidos y computados los trabajos aprobados, un certificado mensual de obra, compuesto por planillas Excel y una tabla resumen para cada barrio, las cuales se pueden observar a modo de ejemplo en la Figura 46 y Figura 47.

En cada planilla, se debe ilustrar el bache ejecutado con las respectivas medidas para que la inspección pueda corroborarlas y se aplican a las cantidades medidas, según los cálculos métricos elaborados, el "coeficiente corrector de unidad de medida" que se extraen de las tablas elaboradas en la etapa de proyecto.

El producto de esta multiplicación transforma dichas cantidades ejecutadas en módulos, cuyo valor multiplicado por el precio unitario del módulo da como resultado el precio de las distintas tareas llevados a cabo.

**“Ejecución, coordinación y supervisión en obras de bacheo de hormigón en barrios General Paz, Newbery y Talleres”**

MES DE EJECUCIÓN: Mayo 37		PLANILLA N°: 0			
MUNICIPALIDAD DE CORDOBA					
Obra: Bacheo con Hormigon Año 2018 -2019 - sector Norte		Lado:			
EXPEDIENTE N°: 022.035/2017		Fecha de inicio de obra: 28/11/2018			
PLAZO DE OBRA: 300 días		Fecha final de obra: 28/11/2019			
Contratista: Empresa David Sestopal		Monto de contrato: \$ 61.970.385,78			
Certificado de Obra N°:		Cantidad de Módulos: 17379,00			
LICITACION PUBLICA N°:		Precio unitario del Módulo: \$ 3.565,82			
DECRETO DE ADJUDICACION N°:					
PRESUPUESTO OFICIAL : \$61,970,385.78					
CROQUIS DE LA REHABILITACION					
UBICACIÓN:		Operaciones			
		Areas			
		Sup. Total: 179,84 m2			
		Repos. Pav H°>80 m2 SI			
		Repos. Pav H°<80 m2 NO			
		Cordón cuneta			
		BACHE N°= 0			
		N° de remito: 0,00			
		Tipo de Hormigón: H-30			
		Espesor de H°: 0,18 m			
		Rotura de H°: 179,84 m			
Prep. Subrasante: 179,84 m2					
HPPPE// 0,00 m2					
Provisión de H°: 32,88 m3					
Repos. De Pav.: 182,68 m2					
Cordón: 18,90 m					
Ejecucion Cordon: 0,00 ml					
Espesor de Subra.: 0,00 m					
Computo					
IT	DESIGNACION	UN	Cantidad	COEF. CORR	Módulos
I.a	ROTURA, EXTRACCION LIMPIEZA TOPADO Y TRANSPORTE DE PAV DE HORMIGON	m2	179,84	0,100	17,984
I.b	ROTURA, EXTRACCION LIMPIEZA TOPADO Y TRANSPORTE DE PAV ASFALTICO	m2		0,080	
I.c	PREPARACION DE LA SUBRASANTE	m2	179,84	0,050	8,992
I.d	EXCAVACIONES PROFUNDAS	m3	26,98	0,090	2,428
I.e	REPOSICION Y COMPACTACION DE SUELO	m3	26,98	0,300	8,093
I.f	EJECUCION DE SUB-BASE DE HORMIGON POBRE				
	a) 80,00 m2 o mas	m2		0,060	0,000
	b) menos de 80,00 m2	m2	0,00	0,070	0,000
I.g	PROVISION DE HORMIGON PARA PAVIMENTO	m3	32,88	1,000	32,882
I.h	PROVISION DE HORMIGON POBRE	m3	0,00	0,900	0,000
I.i	REPOSICION DE PAV DE H° S° DE ESPESOR VARIABLE CON CORDONES UNIFICADOS				
	a) 80,00 m2 o mas	m2	182,68	0,140	25,575
	b) menos de 80,00 m2	m2	0,00	0,150	0,000
I.j	EJECUCION DE CORDON CUNETA	m2		0,160	0,000
I.k	REPARACION DE VEREDAS	m2		0,350	0,000
I.l	EJECUCION DE CORDON	ml	0,00	0,140	0,000
		m3			
<b>Total de Módulos</b>					<b>95,953</b>

Figura 46. . Planilla de certificado. Barrio General Paz. Mes de mayo

“Ejecución, coordinación y supervisión en obras de bacheo de hormigón en barrios General Paz, Newbery y Talleres”

GENERAL PAZ - MAYO																				
IT	DESIGNACION	UNID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	CANTIDAD	COEF. CORR	CANTIDAD DE MODULOS
I.a	ROTURA, EXTRACCION LIMPIEZA TOPADO Y TRANSPORTE DE PAV DE HORMIGON	m2	58,32	130,93	14,40	39,61	148,98	129,18	107,57	64,12	81,27	52,92	60,72	128,52	83,09	179,84	24,32	1303,790	0,100	130,379
I.b	ROTURA, EXTRACCION LIMPIEZA TOPADO Y TRANSPORTE DE PAV ASFALTICO	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,080	0,000
I.c	PREPARACION DE LA SUBRASANTE	m2	58,32	130,93	14,40	39,61	148,98	129,18	107,57	64,12	81,27	52,92	60,72	128,52	83,09	179,84	24,32	1303,790	0,050	65,190
I.d	EXCAVACIONES PROFUNDAS	m3	8,75	19,64	2,16	5,94	49,24	19,38	16,14	9,62	12,19	7,94	9,11	19,28	0,00	26,98	0,00	206,348	0,090	18,571
I.e	REPOSICION Y COMPACTACION DE SUELO	m3	8,75	19,64	2,16	5,94	49,24	19,38	16,14	9,62	12,19	7,94	9,11	19,28	0,00	26,98	0,00	206,348	0,300	61,904
I.f	EJECUCION DE SUB-BASE DE HORMIGON POBRE		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000		
	a) 80,00 m2 o mas	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,060	0,000
	b) menos de 80,00 m2	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,070	0,000
I.g	PROVISION DE HORMIGON PARA PAVIMENTO H-30	m3	10,70	23,98	2,59	7,13	31,08	23,74	19,89	11,64	14,98	9,75	10,93	23,68	15,04	32,88	4,38	242,394	1,000	242,394
I.h	PROVISION DE HORMIGON POBRE	m3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,900	0,000
I.i	REPOSICION DE PAV DE HF 5º DE ESPESOR VARIABLE CON CORDONES UNIFICADOS																	1324,408		
	a) 80,00 m2 o mas	m2	0,00	133,20	0,00	0,00	150,44	131,90	110,50	0,00	83,21	0,00	0,00	131,58	83,57	182,68	0,00	1007,050	0,140	140,987
	b) menos de 80,00 m2	m2	59,45	0,00	14,40	39,61	0,00	0,00	0,00	64,68	0,00	54,18	60,72	0,00	0,00	0,00	0,00	293,038	0,150	43,956
I.j	EJECUCION DE CORDON CUNETAS	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,32	24,320	0,160	3,891
I.k	REPARACION DE VEREDAS	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,350	0,000
I.l	EJECUCION DE CORDON	m1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,140	0,000
																		<b>Total de Módulos</b>		<b>707,272</b>

Figura 47.. Certificado barrio General Paz. Mes de mayo.



## 5. CONTINGENCIAS Y SOLUCIONES

En este capítulo se describen los principales problemas que surgieron en las distintas etapas del método constructivo y se detallan las soluciones adoptadas en los casos que pudieron resolverse. También se incluyen las sugerencias realizadas a la empresa para mejorar la productividad.

### 5.1. EN LAS ETAPAS DEL METODO CONSTRUCTIVO

#### 5.1.1. Durante la delimitación del área a intervenir, corte de la vía y señalización

Dentro de los problemas encontrados en esta etapa se pueden citar los siguientes:

- En los barrios donde había mucho tráfico se dificultaba la demarcación del área a intervenir por lo que fue necesario en muchos casos cortar por completo la circulación de vehículos con conos propios y carteles de obra, debido a que la mayoría de las veces no se contó con la presencia de personal municipal de tránsito.
- No todas las calles podían ser cortadas por lo que se corrieron riesgos al trabajar en posiciones cercanas al tránsito, implicando esto un mayor tiempo de trabajo al tener que esperar que pasaran los vehículos.
- No siempre es posible contar con el mismo ayudante, por lo que disponer de distintas personas implica instruirlos en el modo de colocar la mira y esto genera mayor tiempo de trabajo.
- Una vez terminado el relevamiento se observó que para lograr un buen escurrimiento del agua había que reemplazar las cunetas de cuadras enteras para lograr una pendiente adecuada, pero como estas cunetas no estaban en su totalidad en malas condiciones, se optaba por sustituir únicamente las zonas críticas, priorizando otros sectores que estaban en peor estado. Logrando una solución parcial del problema debido al bajo presupuesto municipal.
- La cartelería de señalización no es respetada por la totalidad del tránsito, debido a la falta de educación de gran parte de la sociedad, lo que ocasiona grandes peligros y pérdida de tiempo al tener que darle indicaciones al conductor para que pueda salir de la zona de trabajo y así poder continuar con las tareas.
- En la intersección Viamonte esquina Oncativo se tuvo que reemplazar toda la bocacalle completa. Pero al ser una calle con mucho tránsito, se tomó la decisión de hacerla en 4 etapas, aleta por aleta, dejando así siempre un tránsito pasante.

Una vez ejecutadas las primeras 3 etapas, al realizar la rotura del último paño (Figura 48) el director de la empresa Trolebús se acercó a la zona de trabajo para notificarme que estaba dejando sin colectivos a toda la ciudad debido a que como estos son eléctricos y están alimentados por una catenaria no pueden desviarse. Ante esta situación, resolví retirar los escombros y dejar rampas de suelo-arena para que los colectivos pudieran transitar momentáneamente. Pero como la tarea debía realizarse y el hormigón H-30 no puede ser habilitado antes de los 4 días, tomé la decisión en conjunto con la inspección de Obras Viales y el director de Trolebuses, de hormigonar los 250m<sup>2</sup> con aditivo

acelerador de fragüé, un día sábado a las 9 am. para poder ser habilitados a las 72 hs y de esta forma únicamente el día lunes los colectivos no pudieron transitar.

Este suceso, podría haberse evitado si, hubiese existido advertencia por parte de la Dirección de Trolebuses, dado que hacia 1 mes que estábamos trabajando enfrente de su depósito, como así también de parte de la Comisión de Cortes de la Policía de Tránsito, si hubieran notificado de este problema. Es decir, fue un error en conjunto de esas dos partes, sumado a mi falta de experiencia profesional en el asunto.



Figura 48. Rotura de aleta frente a la estación de Trolebuses

### **5.1.2. En el aserrado, rotura, extracción, limpieza, topado y transporte de pavimento de hormigón**

Durante los días de lluvia, y los días posteriores, resultaba imposible transportar el hormigón triturado hacia su deposición final debido a que los camiones quedaban atascados en el camino de tierra que conducía al lugar establecido. Generando así, una merma en la productividad ya que no se podía avanzar con la rotura debido a que está prohibido el acopio de material en la vía pública.

Ante esta situación, consulté en qué lugar depositaban los materiales, a aquellos camioneros que me cruzaba en la vía pública cargando escombros y a empresas encargadas de tareas de demolición.

Luego de varias consultas y visitas a los lugares que me indicaron, logre encontrar uno que cumplía con todos los requisitos que buscaba:

- El lugar se encuentra 11 km más cerca al depósito anterior. Que equivale un ahorro de 22 km en un viaje de descarga, que se ve reflejado en combustible y tiempo.

- El depósito anterior cobra \$200 por batea, mientras que este nuevo lugar es totalmente gratuito.
- Se llega por circunvalación y solo hay 200 m de camino de ripio que está cubierto por 0-20 lo que garantiza que no haya inconveniente cuando llueve y los camiones no queden empantanados.
- A diferencia del depósito anterior, no es necesario llevar una pala mecánica para distribuir de forma homogénea los escombros con todo lo que ello implica, sino que en el lugar hay personal encargado de esta tarea.

### 5.1.3. En preparación de la subrasante

En el barrio Newbery las cloacas se encontraban colapsadas, por lo que cuando se debía reconstruir el área deteriorada adyacente a una boca de registro, se observó que debajo de la losa había presencia de aguas grises, la cual se filtraba por el espacio que había entre el fuste y la losa armada superior de la boca de registro ya que no se encontraban selladas adecuadamente.

Ante esta situación, se esperaba el día en el cual bajara el nivel de cota de las aguas grises en el interior de la boca de registro, para luego realizar una zanja de un ancho de 20 cm alrededor de la boca de registro como se observa en la Figura 49, y luego hormigonar con los paños contiguos para de esta forma sellar la unión adecuadamente y evitar futuras filtraciones.



Figura 49. Arreglo de pérdida de aguas grises

Por otro lado, en épocas de lluvias los baches que están abiertos se inundan y se perdía mucho tiempo desagotándolos con baldes a mano, por lo que insistí a la empresa para que pusieran en

funcionamiento un camión de agua que estaba fuera de servicio, para poder utilizarlo y desagotar las superficies rápidamente.

#### 5.1.4. En excavaciones profundas

Un caso particular al realizar excavación profunda, sucedió en la calle Viamonte, al dañar unos cables especiales de gran valor que alimentan las catenarias de los Trolebuses, los cuales se encontraban a 0,50 m de profundidad no respetando la tapada mínima.

Ante este problema, dado el gran valor económico de los cables y para evitar futuros daños, me puse en contacto con el director de la empresa de Trolebuses llegando a un acuerdo en donde se realizó un nuevo cableado recubiertos con caños de PVC de 1,10 a 1,50 m de profundidad y tapándolos con hormigón pobre, como se observa en la Figura 50.

La empresa brindó los materiales para realizar esta tarea, la cual fue reconocida económicamente por la municipalidad, sin ninguna sanción por la rotura de los cables que no respetaron la tapada mínima.



Figura 50. Ejecución del nuevo cableado de Trolebuses

#### 5.1.5. En reposición de pavimento de hormigón simple de espesor variable con cordones unificados

Uno de los problemas en esta etapa fue que, para ciertos casos de tramos muy largos había carencia de moldes ya que en los 3 frentes se robaron una gran cantidad de ellos y es muy costoso

reponerlos constantemente. Por lo que se recurrió, en esos casos, a hormigonar sin moldes, utilizando como nivel clavos cada 3 metros y como encofrado los límites de la excavación.

A su vez, como los moldes tienen 3 metros de largo y no todos los baches tienen una extensión de un múltiplo de 3, se cortan listones de madera para completar el tramo restante.

Por otro lado, en el barrio Talleres, sucedió que uno de los días de trabajo, se hormigonó a primera hora de la mañana, y a la tarde como el hormigón no había alcanzado la consistencia necesaria no pudo ser aserrado, como consecuencia de esto al día siguiente apareció fisurado, dado que habían pasado más de 24 hs. La inspección rechazó el paño afectado, debiendo reconstruirse, a partir de lo cual se tomó la decisión de que los días en que se hormigone por la mañana, se deben realizar juntas con cartón prensado cuando el hormigón está fresco para evitar este inconveniente.

## **5.2. SUGERENCIAS REALIZADAS, ACEPTADAS Y ADOPTADAS.**

Durante la ejecución de la obra y de acuerdo a las observaciones realizadas, además del cambio del lugar de depósito de escombros y la puesta en servicio del camión de agua, se le realizó al dueño de la empresa algunas sugerencias para un mejor desarrollo de la obra a efectos de optimizar la productividad.

Para llevar a cabo las obras de bacheo en tres frentes distintos de trabajo, la empresa cuenta con 3 compactadores y 3 Minicargadoras Bobcat: una 650, una 220, y una 150. Esta última, además de tener una velocidad de rotura muy lenta con respecto a las demás, tiene la desventaja que no puede cargar escombros a las bateas debido a que la extensión de su brazo no lo permite, lo que provoca una demora en los tiempos de trabajo.

Para subsanar este inconveniente, en un principio, se rotaban las máquinas continuamente en los 3 barrios para compensar las tareas. Esto ocasionaba pérdidas de tiempo en los traslados, no pudiendo obtener los resultados deseados en la producción por parte de la empresa.

A su vez, a menudo las Minicargadoras al igual que los compactadores se rompen por lo que deben ser llevados a un taller mecánico para ser reparadas lo que provoca que una de las cuadrillas no pueda continuar con las tareas.

Al observar esto, se le sugirió a la empresa reducir la mano de obra, y concentrar todas las maquinarias en dos barrios para que en caso de inconvenientes hubiese maquinaria disponible para su reemplazo y no tener que esperar hasta que sean arregladas, además de no perder tiempo de trabajo en el traslado de las mismas para su rotación.

Por otra parte, los operarios trabajaban de lunes a viernes de 8 a 17 hs y los días sábados de 8 a 12 hs. Pero a mi entender, trabajar los días sábados no era una buena elección, ya que en las

4hs de trabajo se perdía más de 1hs en traslado de las maquinarias y desayuno de los operarios y además los tiempos de trabajo permitían llevarle hormigón solamente a una de las cuadrillas, ocasionando que las otras cuadrillas no rindieran lo mismo que durante la semana, al no tener motivación para trabajar porque no iban a hormigonar.

Ante esta observación, propuse trabajar 1 hs más de lunes a jueves a cambio de no trabajar los días sábados.

Luego de tomar esta serie de medidas, junto con el cambio de lugar de deposición de los escombros, se logró una certificación mensual de 3095 m<sup>2</sup> y posteriormente de 3160 m<sup>2</sup>, cuando la mayor producción por parte de la empresa en dos años de ejecución de obras de bacheo había sido de 2700 m<sup>2</sup>.

## 6. CONCLUSIONES

Se cumplieron satisfactoriamente la mayoría de los objetivos propuestos al comienzo de la PS, tanto generales como particulares.

Llevar a cabo la práctica profesional resultó un desafío interesante debido a que tuve que enfrentarme a situaciones nuevas, disímiles y de gran responsabilidad en las que puse a prueba mi capacidad personal y profesional para resolverlas.

Con el tiempo adquirí experiencia y seguridad para adoptar soluciones, y habilidad para lograr la dirección y coordinación de obras, incluyendo la logística diaria de las obras. Planificando la forma de desarrollar las actividades, del modo más práctico y eficiente posible, con los materiales, maquinarias y personal disponible

Aprendí a confeccionar los certificados, conocí y frecuenté el área donde se gestionan, para conseguir su aprobación final. Logré en poco tiempo un reconocimiento mutuo de todo el personal interviniente, lo que permitió poder discutir y llegar a acuerdos para una realización óptima de los trabajos

Me relacioné, con muchos profesionales y empleados de diferentes reparticiones, quienes generosamente escucharon mis inquietudes y me dieron siempre respuestas de manera cordial, logrando una satisfactoria interacción. La relación con los operarios si bien no fue fácil en un principio, también fue mejorando, llegando a tener un trato de respeto y cordialidad. Y a través de esta buena conexión, especialmente con el personal más calificado, pude nutrirme de su experiencia práctica.

En todas las tareas desarrolladas, traté de desenvolverme con mesura para alcanzar un rendimiento óptimo, principalmente en una tarea tan difícil como la de conducción del personal a cargo, equilibrando el trato cordial en el ambiente de trabajo con la responsabilidad de ser autoridad ante la tarea encomendada.

Por otro lado, la inspección me aportó sus años de experiencia en el tema, colaborando significativamente a mi aprendizaje. Con ellos tuve una muy buena relación, marcando pautas de trabajo y generando un ámbito placentero para un buen desempeño de las tareas.

Durante el desarrollo de la práctica supervisada pude aplicar e integrar los conocimientos teóricos adquiridos en las diversas materias cursadas en la carrera.

Percibí en cada actividad desplegada los conocimientos teóricos adquiridos, pero noté la falta de experiencia práctica, sin embargo, esto no me limitó para tomar decisiones, ayudado siempre por

la consulta a referentes próximos como el Ing. Capobianco, Ing. Sestopal, la Inga. Martínez y en el caso que fue necesario con mi padre y hermanos, guiándome siempre con recursos de un profesional honesto y responsable.

Disfruté durante la realización de esta práctica, me sentí a gusto y orgulloso de la carrera elegida, por el amplio espectro de tareas que podemos realizar, como así también, porque nuestro ejercicio profesional es silencioso, de bajo de perfil y de gran importancia para la sociedad.

Al finalizar la presente práctica, me siento capacitado y con el temple necesario para afrontar cualquier trabajo afín a la Ingeniería Civil.

Fue una experiencia enriquecedora y complementaria. Adquirí conocimientos que no son desarrollados en la carrera, en particular aquellos vinculados a las relaciones humanas dentro del ámbito laboral.

Cabe destacar la importancia de esta actividad por brindar la oportunidad de inserción en el ambiente laboral y experimentar el trabajo en el ejercicio de la profesión.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Dirección de Obras Viales. Licitación pública N° 56/18. Pliego de Condiciones, Ref: OBRA “BACHEO CON HORMIGON AÑO 2018-2019-SECTOR NORTE”. Expediente N° 021.576. /18
- Departamento de Construcciones Civiles – Cátedra de Transporte II, Principios de diseño geométrico. UNC, Córdoba, 2014.
- Instituto del Cemento Portland Argentino, Diseño de mezclas de hormigón. Instituto del Cemento Portland Argentino, Santa fe, 2013.
- Instituto del Cemento Portland Argentino, Diseño de pavimentos rígidos. Instituto del Cemento Portland Argentino, San Salvador de Jujuy, 2012,
- Instituto del Cemento Portland Argentino, Proyecto y ejecución de reparaciones en pavimentos. Instituto del Cemento Portland Argentino, Santa Cruz, 2013.

## ANEXOS

### NORMA DE ENSAYO VN-E5-93

# COMPACTACIÓN DE SUELOS

## 1- OBJETO

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

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

## 2- APARATOS

- a. Moldes cilíndricos de acero para compactación con tratamiento superficial para que resulten inoxidable (Cincado, cadmiado, etc.) de las características y dimensiones indicadas en las figura 1 y figura 2.
- b. Pisones de compactación, de acero tratado superficialmente, con las características y dimensiones que se dan en la figura 3.
- c. Aparato mecánico de compactación que permita regular el peso, la altura de caída del pisón y el desplazamiento angular del molde o pisón (opcional).
- d. Balanza de precisión, de 1 Kg. de capacidad con sensibilidad de 0,01 gramo.
- e. Balanza tipo Roberval de por lo menos 20 Kg. de capacidad, con sensibilidad de 5 gramos.
- f. Dispositivo para extraer el material compactado del interior del molde (opcional).
- g. Cuchilla de acero o espátula rígida, cuya hoja tenga por lo menos 20 cm. de longitud.
- h. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de altura.
- i. Tamiz IRAM 19 mm. (3/4")
- j. Tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4)
- k. Dispositivo para pulverizar agua.
- l. Bandeja de hierro galvanizado de 660 x 400 x 100 mm.
- m. Bandeja de hierro galvanizado de 150 x 50 mm.
- n. Espátula de acero, de forma rectangular, con las características indicadas en la figura 4.
- o. Elementos de uso corriente en laboratorio: estufas, probetas graduadas, cucharas, etc.

NOTA: Las dimensiones dadas en los ap. g), l), m), son aproximadas.

## 3- FORMA DE OPERAR DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL MATERIAL.

- a. Si se trata de suelo que pasa totalmente por el tamiz IRAM 4,8 mm. (Nº 4), se opera con todo el material librado por dicho tamiz. Si la cantidad de material que queda retenida en ese tamiz es pequeña, igual o menor de 5 %, puede incorporarse a la muestra realizándose el ensayo con el total del suelo. Si la porción retenida es apreciable, mayor del 5 %, se opera como si se tratara de material granular.

- a. Cuando se emplean materiales granulares, o sea los que tienen más del 5 % retenido sobre el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4), se pasa la muestra representativa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), debiendo realizarse el ensayo cuando se correlacione éste con el ensayo de Valor Soporte, según norma VN-E6-68, únicamente con la fracción librada por este tamiz.
  - b. Si el peso del material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) es menor del 15 % del peso total de la muestra, cuando no se correlacione este ensayo con el Valor Soporte, según norma VN-E6 68, después de realizar el ensayo de acuerdo al título 5.4 ap. 2, deberá efectuarse la corrección por material grueso de los resultados obtenidos, tal como se indica en el párrafo 5.7. Para tal fin es necesario determinar el peso específico del material en la condición de saturado y a superficie seca y la humedad de absorción del mismo.
  - c. Si el material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) es superior al 15 % del peso total de la muestra y no se deba correlacionar este ensayo con el Valor Soporte según Norma VN-E6-68 no se harán correcciones por la incidencia del material grueso, pero deberá tenerse la precaución, al verificar las densidades logradas en obra de aplicar la fórmula que se detalla en el ap. d) del título 5.8 Observaciones.
  - d. Únicamente en los casos en que se deba correlacionar este ensayo con el Valor Soporte, según Norma VN-E6-68 el ensayo de Compactación se ejecutará con material que pase el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), compensando el material retenido por este tamiz, por un mismo peso de materia comprendido entre el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) y el tamiz IRAM 4,8 mm. (Nº 4). La granulometría del material corrector será la misma que la de la fracción contenida en el material a ensayar que pasa por criba de 3/4” y retiene el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4), teniendo en cuenta las cribas intermedias.
1. Cuando el porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) sea inferior al 15 %, se compensará el material en su totalidad.
  2. Cuando el porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) sea superior al 15 %, se compensará hasta dicho porcentaje desechándose en la compensación el excedente.
- A los efectos de la exigencia de compactación, este apartado no tendrá vigencia.

#### 4- PROCEDIMIENTO

De acuerdo con las características del material a ensayar se presentan dos casos:

##### a. Material “fino”

Corresponde a suelos que cumplan con lo especificado en el ap. 5.3 (a).

Preparación de la muestra:

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

##### NOTA:

Si el material a ensayar presenta dificultades para la homogeneización del agua incorporada, se preparan las seis porciones con contenidos de humedad crecientes, de dos en dos unidades aproximadamente.

Se mezclan los más homogéneamente posible y se dejan en ambiente húmedo durante 24 horas.

### Compactación de la probeta

- d. Se opera con el molde de 101,6 mm. de diámetro. La energía de compactación quedará determinada por el tipo de pisón, cantidad de capas y número de golpes por capa.

A continuación se dan las características de los distintos tipos de ensayos de compactación a realizar:

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

- e. Se verifican las constantes del molde: Peso del molde ( $P_m$ ) sin collar pero con base y su volumen interior ( $V$ ).
- f. Cuando se considere que la humedad está uniformemente distribuida se arma el molde y se lo apoya sobre una base firme. Con una cuchara de almacenero, o cualquier otro elemento adecuado, se coloca dentro del molde una cantidad de material suelto que alcance una altura un poco mayor del tercio o del quinto de la altura del molde con el collar de extensión, si se han de colocar tres o cinco capas respectivamente.
- g. Con el pisón especificado (2,5 Kg. ó 4,54 Kg.) se aplica el número de golpes previstos (25, 35, 56, etc.) uniformemente distribuidos sobre la superficie del suelo. Para esto debe cuidarse que la camisa guía del pisón apoye siempre sobre la cara interior del molde, se mantenga bien vertical y se la desplace después de cada golpe de manera tal, que al término del número de golpes a aplicar, se haya recorrido varias veces la superficie total del suelo.
- h. Se repiten la operación indicada en el párrafo anterior las veces que sea necesaria para completar la cantidad de capas previstas, poniendo en tal caso, la cantidad de suelo necesaria para que, al terminar de compactar la última capa, el molde cilíndrico quede lleno y con un ligero exceso, 5 a 10 mm. En caso contrario, debe repetirse íntegramente el proceso de compactación.
- i. Se retira con cuidado el collar de extensión.  
Con una regla metálica, puede servir de espátula, ap. 5.2 (g), se limpia el exceso de material.  
Se limpia exteriormente el molde con un pincel y se pesa ( $P_h$ ).
- j. Se saca la probeta del molde, con el extractor de probetas si se dispone de él, o mediante la cuchilla o espátula, en caso contrario. Se toma una porción de suelo que sea promedio de todas las capas, se coloca en un pesa filtro y se pesa.  
Se seca en estufa a 100-105° C, hasta peso constante, para efectuar la determinación de humedad.
- k. Se repiten las operaciones indicadas en los párrafos anteriores, ap (f) a (j), con cada una de las porciones de muestra preparadas para los otros puntos.  
Si se opera con una sola porción, estas operaciones se repiten luego de haber desmenuzado cuidadosamente el material sobrante e incorporado un 2% de agua más, aproximadamente, para cada uno de los puntos a determinar.

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

a. **Material granular**

Corresponde a suelos que cumplan con las características granulométricas indicadas en el párrafo 5 -3 (b).

Preparación de la muestra:

- a. Para cada punto de la curva Humedad - Densidad, se requieren alrededor de 6000 gamos de material seco.  
 b. Igual que en el caso de suelos finos se requieren 5 puntos y se prevé la eventualidad de un 6º punto. Por lo tanto, se preparan 36 Kg. de material y por cuidadoso cuarteo se lo divide en seis porciones para otros tantos puntos.

**Compactación de la probeta**

- c. Se opera con el molde de 152,4 mm. de diámetro. Previa verificación de sus constantes, se lo coloca sobre una base firme y se realizan las operaciones indicadas en los párrafos (f) a (l) del título anterior 5.4 - (1), con la salvedad de que: Los huecos que quedan al ser arrancadas las piedras emergentes, al enrasar la cara superior de la probeta, deben ser rellenados con material fino y compactados con una espátula rígida.

La humedad de cada punto se determina de acuerdo al párrafo (j), sobre una cantidad de material no menor de 1000 gramos y secándolo en bandeja (Ap. 5.2 - m). En el siguiente cuadro, se dan las características de los distintos tipos de ensayo de compactación a realizar:

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	Nº de CAPAS	Nº de GOLPES
IV	152,4	2,5	30,5	3	56
V	152,4	4,53	45,7	5	56

**5- CÁLCULOS Y RESULTADOS**

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

- a. La densidad húmeda ( $D_h$ ) del suelo compactado, aplicando la fórmula:

$$D_h = \frac{P_h - P_m}{V}$$

Donde:

$P_h$  = Peso del molde con el material compactado húmedo.

$P_m$  = Peso del molde.

$V$  = Volumen interior del molde.

- b. La densidad seca ( $D_s$ ), que se obtiene mediante la fórmula:

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

Donde:

$D_h$  = Densidad húmeda.

H = Humedad, en %, del material compactado.

### TRAZADO DE LA CURVA HUMEDAD DENSIDAD

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

### 6- PLANILLAS Y CURVAS

- a. La marcha del ensayo se lleva anotada en una planilla similar al modelo que se adjunta.
- b. El trazado de la curva Humedad-Densidad se realiza en el cuadrículado que se encuentra al pie de la planilla, adoptando las escalas que sean más convenientes en cada caso.

### 7- INCIDENCIA DEL MATERIAL GRUESO

Cuando, conforme a lo indicado en ap. 5.3 (c), en la muestra ensayada se tuvo hasta el 15 % de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), se determina la incidencia del material de tamaño mayor que este último tamiz, utilizando las fórmulas que se indican a continuación:

Humedad óptima corregida  $H_c$   
se calcula con la siguiente  
fórmula:

$$H_c = \frac{(G \times H_a) + (F \times H)}{100}$$

Donde:

$H_c$  = Humedad óptima corregida.

G = Porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

$H_a$  = Porcentaje de humedad absorbida por el material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

F = Porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

H = Humedad óptima resultante para el material que pasa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), expresada en por ciento.

Densidad máxima corregida

Se la obtiene reemplazando valores en la siguiente fórmula:

Donde:

$$D_{mc} = \frac{100}{\frac{F}{d_g} + \frac{100 - F}{D_s}}$$

Donde:

$D_{mc}$  = Densidad máxima corregida.

G = Porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

F = Porcentaje de material que pasa el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

$d_g$  = Peso específico del material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido en el tamiz IRAM 19 mm.(3/4”).

$D_s$  = Densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación ejecutado con el material librado por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

**NOTA:**

Los valores obtenidos con la fórmula dada en el ap. 5.7(b) tienen tendencia a ser mayores que los reales. La diferencia es pequeña para valores de G hasta 15%.

**8- OBSERVACIONES**

- a. La introducción de las variantes con que es posible ejecutar el ensayo de compactación: tamaño del molde, número de capas, cantidad de golpes por cada y peso total del pisón, se justifica en ciertos casos, por la naturaleza de los suelos a utilizar, las características de la obra a ejecutar o la capacidad de los equipos que se prevé emplear.
- b. Para la fijación de la humedad del primer punto del ensayo juega un papel muy importante la experiencia del operador. En ausencia de ésta, puede servir de referencia el valor del límite plástico. En general, el valor de la humedad óptima es algo inferior al límite plástico y atento a que deben conseguirse tres puntos en la rama ascendente de la curva Humedad – densidad, resulta relativamente fácil dar un valor aproximado a la humedad que debe tener el suelo en ese primer punto.
- c. En laboratorios importantes, donde se ejecute un gran número de ensayos se recomienda emplear el aparato mecánico de compactación.
- d. Cuando se apliquen los resultados del ensayo de compactación a materiales graulares que tengan un porcentaje mayor del 15 % retenido sobre el tamiz IRAM 19 mm., no se efectuarán correcciones por la incidencia de material grueso (ver ap. 5.3-d), y se deberá aplicar al controlar las densidades logradas en obra, la siguiente fórmula:

$$D_{sc} = \frac{P_t - P_r}{V_t - V_r}, \text{ siendo } V_r = \frac{P_r}{d_g}$$

Donde:

$D_{sc}$  = Densidad seca corregida.

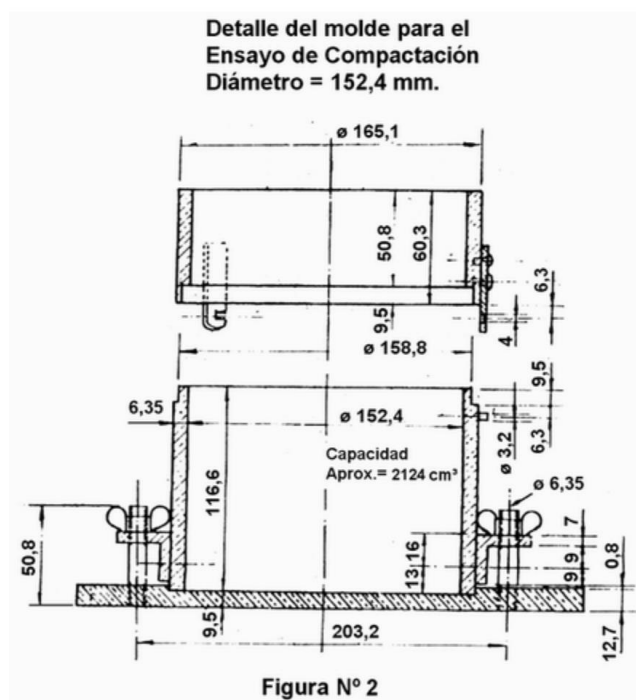
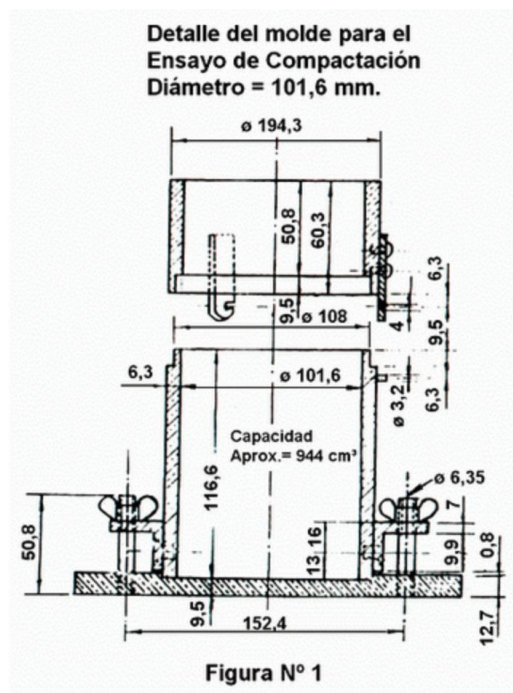
$P_t$  = Peso total de la muestra extraída del pozo.

$P_r$  = Peso del material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

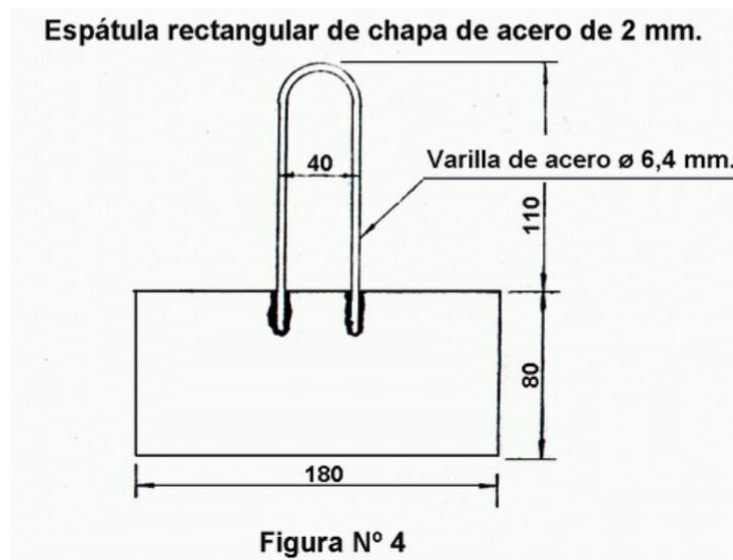
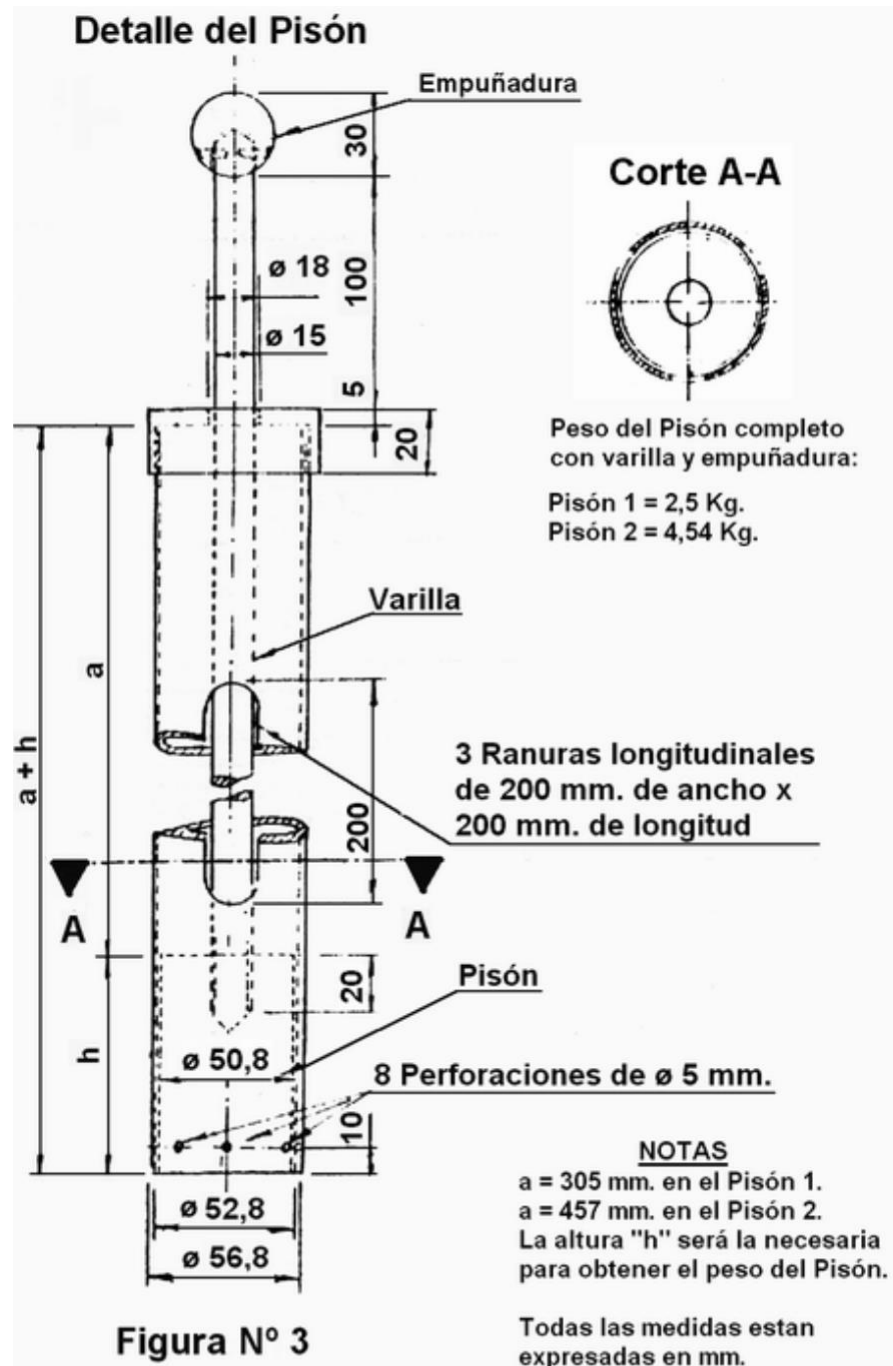
$V_r$  = Volumen ocupado por el material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

$V_t$  = Volumen total del pozo.

$d_g$  = Peso específico del material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido en el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).







ENSAYO DE COMPACTACIÓN..... Capas..... Golpes ..... Pisón.....

Nº de muestra..... Ruta.....

Nº de análisis..... Tramo.....

Nº de orden..... Progreso.....

Punto N°	% Aproximado de Agua	Peso del Cilindro + Suelo Húmedo	Tara del Cilindro	Peso Suelo Húmedo	Volumen del Cilindro	PESO ESPECIFICO APARENTE	
						Húmedo (a)	Seco <sup>(1)</sup>
Punto N°	Pesa Filtro N°	Pesa Filtro + Suelo Húmedo	Pesa Filtro + Suelo Seco	Tara del Pesa Filtro	Agua	Suelo Seco	% de Humedad (b)

$$^{(1)} = \frac{100 \times (a)}{100 + (b)}$$

## NORMA DE ENSAYO VN-E8-66

# CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA

## OBJETOS

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar en el terreno el peso unitario de un suelo compactado, corrientemente denominado densidad, y establecer si el grado de compactación logrado cumple las condiciones previstas.

## APARATOS

- a. Dispositivo que permite el escurrimiento uniforme del material utilizado para la medición del volumen, ver figura N° 1.
- b. Cilindro de hierro de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 2.
- c. Bandeja de hierro, con orificio central, de las dimensiones y características indicadas en la figura N° 3.
- d. Cortafríos, cucharas, espátulas u otras herramientas adecuadas para efectuar un hoyo en el terreno y retirar el material removido.
- e. Balanza de por lo menos 5 Kg. de capacidad con sensibilidad de 1 gramo.
- f. Frascos o latas con cierre hermético (para recoger el material retirado del hoyo).
- g. Bolsa de material plástico y/o recipiente de plástico u otro material con tapa preferentemente roscada, de 4 lt. o más de capacidad.
- h. Tamices IRAM 850  $\mu\text{m}$ . (N° 20) y 600  $\mu\text{m}$  (N° 30)
- i. Elementos de uso corriente en laboratorio: probetas, espátulas, palas, pinceles de cerda etc.

## CALIBRACIÓN DEL APARATO

- a. Se seca en la estufa, hasta peso constante, 20 a 25 Kg. de arena silícea de granos redondeados y uniformes.
- b. Por tamizado se separa la fracción que pasa tamiz IRAM 850  $\mu\text{m}$ . (N° 20) y queda retenida en el tamiz IRAM 600  $\mu\text{m}$ . (N° 30).

## NOTA

No es indispensable utilizar estos tamices. Pueden elegirse cualesquiera dos tamices de la serie IRAM, siempre que la arena obtenida cumpla con la condición de que dos determinaciones consecutivas de su peso unitario (ap. 8.3. f), no dan variaciones mayores del 1 %.

No conviene emplear arena muy fina porque se puede trabar al libre movimiento del robinete y provocar vibraciones que modificarían la acomodación de la arena al caer en el pozo.

- c. Se determina el volumen,  $V_c$ , del cilindro (ap. 8.2. b). hasta los 150 mm. de altura.
- d. Se verifica el buen funcionamiento y ajuste de las partes móviles del aparato indicado en ap. 8.2. a.
- e. Se llena el recipiente superior del dispositivo (ap. 8.2. a). con un peso conocido, P1, de la arena preparada según el ap. b. Se apoya firmemente el embudo sobre una superficie plana y rígida, se abre el robinete rápidamente  $\frac{1}{4}$  de vuelta de tal modo que la arena

fluya libremente, hasta constatar que el embudo está totalmente lleno. Se cierra el robinete y se pasa la cantidad de arena sobrante en el recipiente superior, P2.

Por diferencia se determina el peso de la arena necesaria para llenar el embudo,  $P_e = P_1 - P_2$ .

Esta operación se repite cuidadosamente tres veces y se establece como valor de  $P_e$  el promedio. Los valores individuales no deberán diferir entre sí más de 5 g.

- f. Se apoya el embudo en el encastre superior del cilindro, de volumen conocido  $V_c$ , colocado sobre una superficie perfectamente lisa.

Se carga el recipiente superior con el mismo peso de arena  $P_1$  que se utilizó en el ap. e. Se gira el robinete rápidamente  $\frac{1}{4}$  de vuelta, esperando hasta que la arena termine de correr y se determina el peso,  $P_3$ , de la arena que quedó en el recipiente.

Se repite cuidadosamente tres veces esta operación y se toma como valor de  $P_1-P_3$  al promedio las tres determinaciones. Los valores individuales de cada determinación no deberán diferir entre sí en más de 10 g.

- g. Se pesan varias cantidad de arena zarandeada iguales a  $P_1$  y se introduce cada una de ellas en un envase adecuado (ap. 8.2. g). Conviene preparar dos o tres medidas más de arena que el número de ensayos que se prevé efectuar.

## PROCEDIMIENTO

- a. Si el lugar donde debe realizarse la determinación presenta una superficie lisa, se elimina todo el material suelto con el pincel seco y se apoya el embudo del dispositivo, ap. ap. 8.2. a, marcando su contorno para que después de ejecutado el hoyo, cuya densidad piensa determinarse, sea posible colocar el embudo en el mismo lugar. Si la superficie presenta pequeñas irregularidades, antes de eliminar el polvo con el pincel se empareja con una pala ancha.
- b. Con ayuda del cortafrió y la cuchara, o con cualquier otra herramienta adecuada, ap. 8.2.d, se ejecuta un hoyo cuyo diámetro será por lo menos de 10 cm. en el caso de suelos finos y tendrá el valor máximo (16 cm.) cuando se trate de suelos granulares. Sus paredes serán lisas verticales, con una profundidad igual al espesor que pretenda controlarse. Se recoge cuidadosamente todo el material retirado del hoyo, colocándolo dentro de uno de los frascos de cierre hermético (ap. 8.2.f), a medida que se lo va extrayendo. Completada la perforación se ajusta el cierre y se identifica el frasco debidamente.
- c. Se vacía el contenido de uno de los envases, preparado según lo establecido en ap. 8.3 g., en el recipiente superior del aparato, ap. ap. 8.2. a, colocado previamente con su embudo en coincidencia con la marca dejada en la superficie (apartado a.)
- d. Se abre el robinete rápidamente  $\frac{1}{4}$  de vuelta, evitando trepidaciones y se hace fluir libremente la arena dentro de hoyo hasta que permanezca en reposo. Se cierra el robinete y se recoge la arena sobrante en el recipiente, colocándola debidamente identificada en el mismo envase en que venía. Se levanta con cuidado la arena limpia que cayó y se guarda en un recipiente cualquiera para utilizarla posteriormente, previo retamizado.
- e. Si la superficie en donde se efectúa la determinación es irregular y no es posible emparejarla, la operación debe realizarse utilizando la bandeja (ap. 8.2.c) para tener en cuenta el volumen de arena necesario para alisar la cara superior de la perforación. Es necesario en este caso, para cada hoyo, disponer de dos envases llenos de arena de peso  $P_1$ .
- f. En el lugar elegido se limpia cuidadosamente la superficie eliminando con el pincel todo el material suelto. Se coloca sobre la misma bandeja (ap. 8.2.c), asegurándola en forma tal que no pueda moverse. Se coloca el dispositivo (ap. 8.2. a) introduciendo el embudo en el orificio de la bandeja, hecho esto se llena el recipiente superior con el contenido de uno de los envases. Se abre el robinete permitiendo que la arena fluya hasta que se

mantenga en reposo. Se retira el aparato y se vierte la arena sobrante en el envase cuyo contenido se utilizó. Por diferencia se obtiene luego el peso de la arena utilizada, Pe1.

- g. Se limpia toda la arena suelta que cayó sobre la superficie del pozo y la bandeja. Se realiza luego, cuidando de no mover la bandeja, un hoyo en el espesor a controlar con diámetro igual al del agujero de la bandeja y se continúa la determinación en la forma ya indicada en el apartado 8.4. b),c) y d).
- h. Se pasa todo el material depositado en el recipiente hermético, al efectuar el hoyo. Llamemos Ph a este peso.
- i. Se coloca dicho material en una bandeja y se seca a estufa a 105 - 100° c hasta peso constante. Llamemos Ps a dicho paso.
- j. Se pasa la arena sobrante de la operación descrita en el ap. 8.4.d. Llamemos P4 a este peso.

## CALCULOS

a. Constante del embudo: Es igual al peso de la arena que llena el embudo cuando este apoya sobre una superficie plana (ver ap.8.3.c)

Su valor es:  $Pe = P1 - P2$

b. Peso unitario de la arena seca: Se lo obtiene aplicando de fórmula (ver ap. 8.3. f):

$$da = \frac{P1 - P3 - Pe}{Vc}$$

Donde:

P1= Peso de la arena colocada en el recipiente antes del ensayo.

P3= Peso arena remanente.

Pe= Constante del embudo.

Vc= Volumen del cilindro.

c. Densidad de la muestra seca.

Si se realizó la determinación sobre una superficie lisa (ap.8.4.a), se calcula con la fórmula:

$$Ds = \frac{Ps \times da}{P1 - P4 - Pe}$$

Donde:

Ds= Densidad del suelo seco.

Ps= Peso del suelo seco

da= Peso unitario de la arena seca

P1= Peso inicial de la arena empleada en la determinación.  
P4= Peso de la arena sobrante  
Pe= Constante del embudo.

Si se efectuó la determinación sobre una superficie irregular, ap. 8.4.e, la fórmula a aplicar es:

$$D_s = \frac{P_s \times d_a}{P_1 - P_4 - P_{e1}}$$

Donde Ps, da, P1 y P4 tienen la significación antes expresada y Pe1 es el peso de la arena utilizada descrito en ap. 8.4.f.

d. La humedad de la muestra: En el momento del ensayo se calcula mediante la expresión:

$$H\% = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

H= Contenido de humedad, en porcentaje.  
Ph= Peso del suelo húmedo.  
Ps= Peso del suelo seco.

e. Grado de compactación logrado: Se establece aplicando la fórmula:

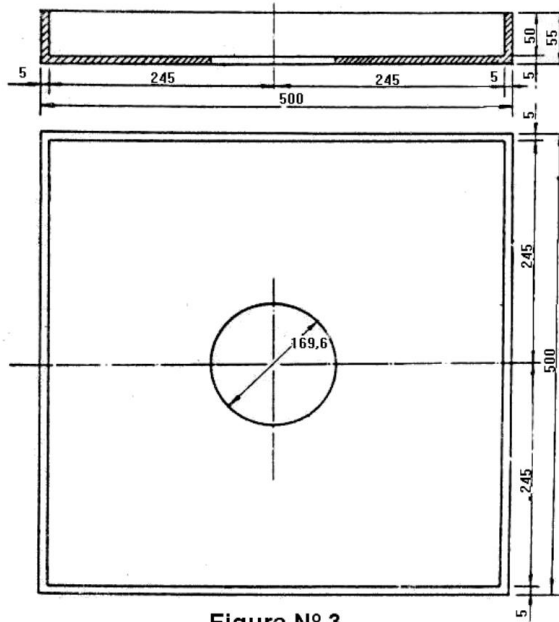
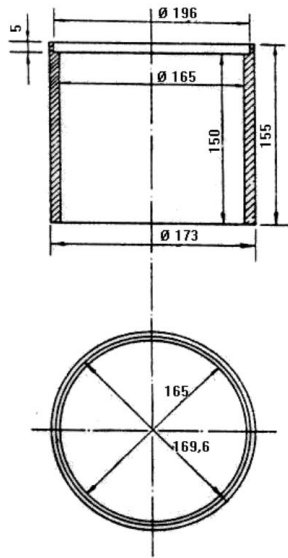
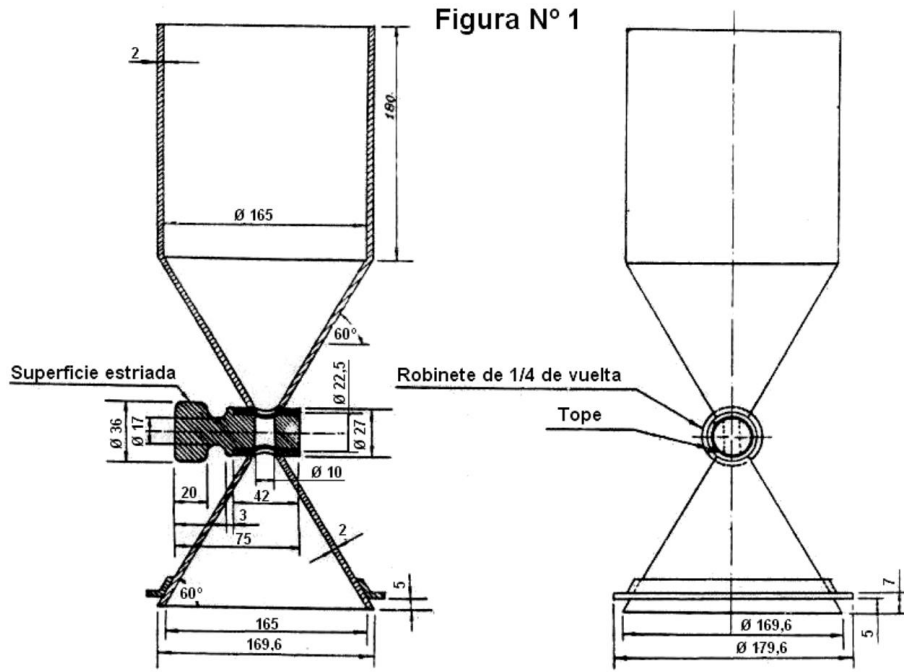
$$C = \frac{D_s}{D} \times 100$$

Siendo:

C= Porcentaje de compactación obtenido con relación a la compactación especificada.  
Ds= Densidad lograda (Kg./dm<sup>3</sup>.)  
D= Densidad (en Kg./dm<sup>3</sup>) que debió obtenerse según lo indicado en el Pliego de Especificaciones de la obra.

## OBSERVACIONES

- a. Es de gran importancia que el material empleado (arena) para llenar el pozo esté constituido por granos de tamaño, naturaleza y peso uniforme, lo más redondeados que sea posible, a fin de asegurar una distribución homogénea, con un índice de vacíos aproximadamente constante.
- b. La humedad determinada en ap. 8.5.d no es indispensable para el cálculo de la densidad, pero es de gran utilidad su conocimiento para vigilar la marcha de la obra.
- c. La verificación del grado de compactación alcanzando, como se explica en ap. 8.5.e, se ajusta a lo establecido en los pliegos en vigencia.



Nota: Todas las medidas estan expresadas en mm.

**CONTROL DE COMPACTACIÓN:** (Método de la arena) Norma VN E 8

Constantes del equipo (1)..... Constante de Embudo..... Pe (g)  
 Volumen del Cilindro..... Vc (cm<sup>3</sup>)  
 Densidad de la Arena..... da (g/ cm<sup>3</sup>)

(1) Deben verificarse cada vez que se cambie de arena.

Progre- siva	Lado	MATERIAL EXTRAÍDO DEL POZO			Peso arena inicial P <sub>1</sub>	Peso arena sobrante P <sub>4</sub>	Peso arena que llena el pozo P <sub>a</sub> = P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> -Pe	Volum po V P = — d g/c
		Peso Húm. Ph	Peso Seco Ps	Humedad H $= \frac{(Ph-Ps)}{Ps}$				
		g	g	%	g	g	g	g/c



*“Ejecución, coordinación y supervisión en obras de bacheo de hormigón en barrios General Paz, Newbery y Talleres”*