

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES**

**CONVENIO DE COOPERACION TECNICA Y
CAPACITACION
MOPT - UCR**

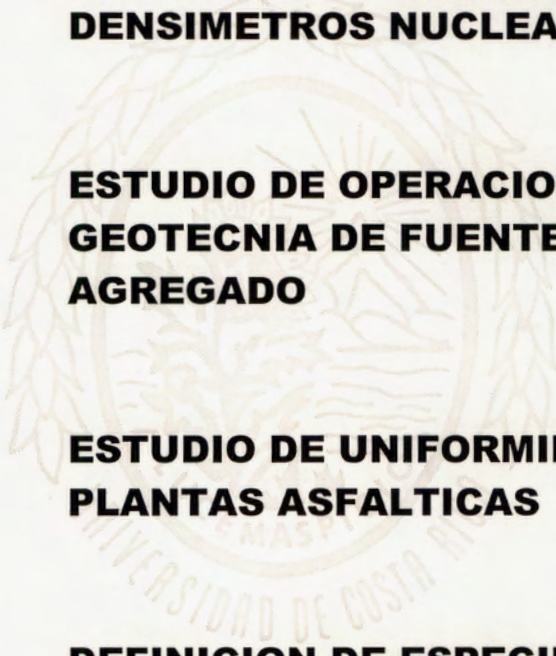
INFORME DE AVANCE

VOLUMEN I



**UCR - MOPT
OCTUBRE 1998**

INDICE GENERAL DE CAPITULOS

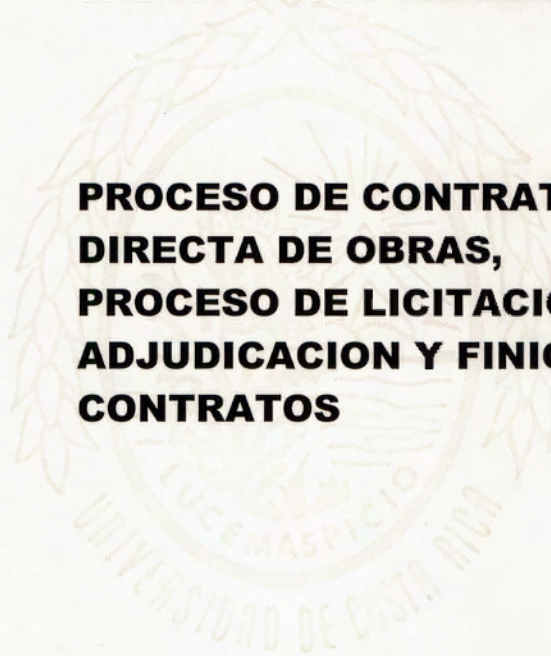
- CAPITULO 1 PRESENTACION**
- CAPITULO 2 ACTIVIDADES DE ENTRENAMIENTO**
- CAPITULO 3 OPERACION Y CALIBRACION DE
DENSIMETROS NUCLEARES**
- CAPITULO 4 ESTUDIO DE OPERACION Y
GEOTECNIA DE FUENTES DE
AGREGADO**
- CAPITULO 5 ESTUDIO DE UNIFORMIDAD DE
PLANTAS ASFALTICAS**
- CAPITULO 6 DEFINICION DE ESPECIFICACIONES
Y CONTROLES DEL
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
RUTINARIO**
- CAPITULO 7 INSPECCION DE PLANTAS
ASFALTICAS**
- 

**CAPITULO 8 PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACION
DE CONTROL DE CALIDAD**

**CAPITULO 9 PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO Y
CONTROL DE
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES**

**CAPITULO 10 RESULTADOS DE ENSAYOS DE
LABORATORIO REALIZADOS**

**CAPITULO 11 PROCESO DE CONTRATACION
DIRECTA DE OBRAS,
PROCESO DE LICITACION,
ADJUDICACION Y FINIQUITO DE
CONTRATOS**



CAPITULO 1

PRESENTACION

1. PRESENTACION

1.1 INTRODUCCION

De acuerdo con las disposiciones del Convenio de Cooperación MOPT – UCR, este informe de avance, presenta los resultados del trabajo técnico efectuado, dentro del marco de los compromisos y objetivos formulados en el citado acuerdo de cooperación inter-institucional.

De conformidad con lo que señala este Convenio, la orden de inicio emitida por el Ministerio, pone oficialmente en vigencia la ejecución de este acuerdo inter-institucional. A partir de este acto, de inmediato procedimos a dar inicio a los trabajos que la Universidad se comprometió a realizar, a fin de dar cumplimiento a los compromisos suscritos.

Dentro de este marco de cooperación inter-institucional, en los capítulos sucesivos se detallan los alcances de los trabajos efectivamente realizados hasta la fecha.

1.2 OBJETO DEL CONVENIO

Con el propósito de ubicar el contenido de este informe de avance dentro del contexto del Convenio de Cooperación MOPT – UCR, conviene tener presente los objetivos y metas fundamentales que motivaron este proyecto, a saber:

1.2.1 ESPIRITU DEL CONVENIO

El objetivo último y por ende el compromiso fundamental implícito en este Convenio, se centra en formular y poner en ejecución un NUEVO MODELO DE CONTROL DE PROYECTOS DE OBRAS VIALES. Esta ambiciosa meta se formuló dentro de las siguientes circunstancias:

- i. Desarrollar actividades dentro de un equipo de trabajo “heterogéneo”, con el siguiente perfil:
 - a) Consultores de gran experiencia práctica en ejecución de proyectos viales (en general, más de 30 años de experiencia).
 - b) Ingenieros de proyecto graduados recientemente, con actitud receptiva para recibir capacitación y ante todo, que sean capaces de poner en ejecución un nuevo modelo de control de obras.
 - c) Inspectores de planta y de campo, de mucha experiencia (más de 25 años), y con una trayectoria “intachable” en el ejercicio de sus funciones.

- d) Un equipo de alto nivel técnico-científico, con conocimiento suficientemente actualizado, que sea capaz de formular, soporte teórico experimental y poner en ejecución el nuevo modelo de control de proyectos. Este equipo profesional lo aporta el LANAMME.
- ii. Aprovechar los proyectos de mantenimiento rutinario por contrato, como medio para realizar una paulatina implementación del nuevo modelo de control de obras. Por muchas razones, inclusive contractuales, no es posible realizar un cambio inmediato completo del sistema de control de proyectos, porque lleva implícito entre otras cosas: cambios de mentalidad y actitudes profesionales, cambios de actividades administrativas, capacitación a todos los niveles (desde inspectores hasta consultores), modificación de marcos legales y de especificaciones, formulación de toda la papelería y formularios nuevos de control, cambios en los laboratorios privados y empresas constructoras, etc.
- iii. Brindar el soporte y la asesoría técnica en todo el ámbito de ejecución de dichos contratos de mantenimiento rutinario, esto es :
- (a) Cierre y finiquito de los proyectos del programa anterior (Cero Huecos).
- (b) Formulación de carteles.
- (c) Atención del proceso licitatorio (licitar, atender aclaraciones y apelaciones, atender observaciones de la Contraloría, evaluar y adjudicar ofertas de los contratistas, atender reuniones de pre-oferta, etc.
- (d) Atender la situación de emergencia (absolutamente impredecible) que se presentó a raíz de los atrasos surgidos durante el proceso licitatorio, especialmente en virtud de las apelaciones que se presentaron. Es claro que estos atrasos originaron la necesidad de atender con carácter urgente el mantenimiento de carreteras, en vías donde se tenía previsto contratar dichas actividades de conservación. Circunstancia que no se dio por las razones apuntadas.
- (e) Consecuentemente con lo anterior se hizo necesario, llevar a cabo y con carácter urgente, un proceso de contratación de mantenimiento, a fin de atender el mantenimiento de las vías, que pertenecían a este proyecto piloto MOPT – UCR.

Necesariamente, el Convenio debía dar el soporte y la asesoría técnica a las actividades antes descritas, porque dichos contratos estaban dentro del ámbito del convenio, y por ende el cartel, su marco de especificaciones y sus procedimientos de control y pago en función de la calidad, estaban dentro del nuevo esquema de control de obras.

- iv. Aprovechar la puesta en ejecución del nuevo modelo de control de obras para participar de esta metodología a un mayor número de profesionales del MOPT. Este objetivo motivó que se ampliara el ámbito de acción del proyecto, en comparación con la etapa anterior (Cero Huecos).

- v. Generar y poner en ejecución una nueva figura de apoyo al control de proyectos, con las características de una AUDITORIA TECNICA DE ALTO NIVEL, y hacer que este ente fiscalizador tenga funciones y responsabilidades claramente definidas.
- vi. Poner en ejecución un programa de capacitación e información que involucre a:
- Jerarcas del Ministerio
 - Funcionarios con rango de Directores de Area
 - Consultores
 - Ingenieros de proyecto
 - Inspectores de campo
 - Inspectores de planta
 - Ingenieros y capataces de las empresas constructoras
- vii. Hacer que el modelo de control de obras, bajo el principio de aseguramiento de la calidad, cubra todo el espectro del proceso de contratación:
- Formulación del cartel
 - Proceso licitatorio y redacción de contratos
 - Etapa de inicio de los proyectos y preparación técnica previa
 - Etapa de ejecución de los proyectos (control de avance físico, financiero y de calidad)
 - Control de la seguridad vial y del manejo del tránsito y de maquinarias y equipos
 - Realización de pagos en función de la calidad medida
 - Finiquito de los contratos

Por lo tanto, NO se trata de un Convenio de asesoría técnica para inspección de proyectos viales, es un convenio de mayor alcance que consiste en la implementación de un **MODELO INTEGRAL DE CONTROL DE OBRAS PUBLICAS PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA REALIDAD DE COSTA RICA.**

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Dentro del marco conceptual, descrito anteriormente, se definieron los objetivos específicos al presente Convenio.

Conviene tener presente que al plantear estos objetivos específicos, quedaron implícitas las siguientes premisas:

- (a) Que este proyecto piloto de control de obras se aplicaría, en primera instancia, a contratos de mantenimiento rutinario.
- (b) Que sólo uno, de los tantos componentes del Convenio, aplicaría directamente a brindar soporte y asesoría técnica para la inspección de obras.
- (c) Que dicha labor de inspección se enmarcaría dentro de la NUEVA METODOLOGIA INTEGRAL que se estaba implementando.
- (d) Que los contratos de mantenimiento en trámite, sobre los cuales, en primera instancia aplicaría el nuevo modelo de control, entrarían en ejecución en el corto plazo, circunstancia que se vio afectada por apelaciones legales y aclaraciones al cartel.

Según se indicó anteriormente, ante este imprevisto surgieron otros "contratos de emergencia", que no modificaban EN NADA el objetivo de aplicar el modelo a CONTRATOS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO, y que además dichos contratos se ejecutarían en vías que estaban dentro del ámbito de este proyecto piloto.

1.3 UBICACIÓN DEL TRABAJO EJECUTADO DENTRO DE LOS TRAMITES DEL CONVENIO

En los apartados anteriores, se detalló el objeto general de este convenio de cooperación, el espíritu que lo motivó y justificó este proyecto piloto, así como el contexto dentro del cual se enmarcaron sus objetivos específicos.

En síntesis, se deduce claramente que el trabajo hasta la fecha ejecutado en este proyecto piloto de cooperación, está fundamentado en los siguientes aspectos de orden formal:

- Este proyecto piloto que ejecutan de forma conjunta el Ministerio y la Universidad, es un "CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL" con connotaciones muy claras de "PROYECTO DE INVESTIGACION" y por su naturaleza y propósitos, nada tiene que ver con un "típico contrato de consultoría".

- Existe orden de inicio de parte del Ministerio, acto administrativo que oficializa la puesta en vigencia de Convenio. Así lo establece el mismo documento de acuerdo.
- A partir de dicha orden de inicio, la Universidad queda obligada a honrar los compromisos suscritos en el Convenio.
- No existe ningún acto administrativo, posterior a la orden de inicio, que suspenda la ejecución del Convenio.
- Queda demostrado fehacientemente, que ante la vigencia del Convenio, la Universidad ha procedido a realizar el trabajo necesario para cumplir con los compromisos suscritos.
- Como se demuestra a lo largo del contenido del presente informe, el trabajo ejecutado por la Universidad se enmarca estrictamente dentro de los objetivos, propósitos y espíritu del Convenio.

1.4 CONVENIENCIA DE SUSCRIBIR UN ADDENDUM, PARA ADECUAR EL CONVENIO AL PLAZO DE EJECUCION DE LOS 23 CONTRATOS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

De acuerdo con el plazo de vigencia del presente Convenio y por las circunstancias e imprevistos ya señalados, la labor de asistencia y asesoría técnica por parte de la Universidad en la ejecución de estos 23 contratos de mantenimiento rutinario, se vería truncada, porque de acuerdo con la forma como se perfila el calendario de dichas contrataciones, al finalizar este Convenio aún estarán en ejecución los contratos de mantenimiento.

Teniendo en cuenta que tales contratos, desde su proceso licitatorio, se están implementando bajo un nuevo esquema de control (desde la licitación, hasta el finiquito), resulta muy conveniente readecuar el Convenio vigente MOPT – UCR, para que en dichos proyectos no se trunque la aplicación del nuevo modelo de control.

Ante esta circunstancia se está formulando el correspondiente addendum, con sus debidos explicaciones y justificaciones, a fin de no dejar al descubierto el problema y perjuicio para el país que significaría “descontinuar” la aplicación del nuevo esquema de control de obras a un conjunto de proyectos en ejecución.

Conviene dejar claro nuevamente que en la etapa de ejecución de proyectos la Universidad brinda soporte técnico y asesoría, dentro de los términos del Convenio, y no tiene a cargo la labor propiamente de inspección de los proyectos. En consecuencia, la función de inspección se convierte en una labor de equipo (MOPT – UCR), donde cada una de las partes tiene sus responsabilidades previamente definidas.

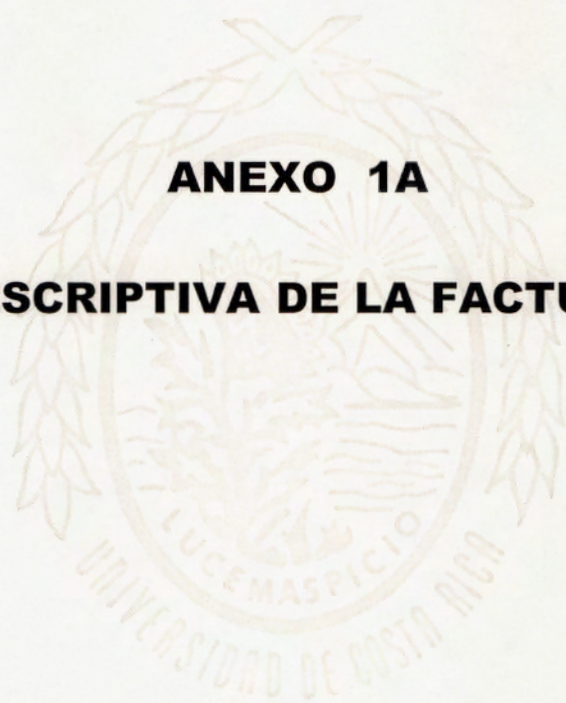
1.5 CONTENIDO DEL INFORME DE AVANCE

Este informe está estructurado en once capítulos y sus respectivos anexos, separados en dos volúmenes. Sintetiza éste la labor realizada en el período y presenta los aspectos más relevantes con respecto a los resultados obtenidos.

La estructuración de este informe es coincidente con la “descriptiva” de la labor realizada, documento que sirvió de soporte para iniciar el trámite del segundo desembolso. Esta “descriptiva” se presenta en el Anexo 1A de este capítulo.



ANEXO 1A
DESCRIPTIVA DE LA FACTURA



DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El trabajo realizado se centró en los siguientes aspectos:

1. **Tramitación y seguimiento de los contratos de mantenimiento, (continuación del programa de mantenimiento de la primera etapa).** Se hizo necesario ampliar estos contratos en virtud de la necesidad urgente de atender las demandas de mantenimiento de la red vial, especialmente en este período de lluvias. Esta labor conlleva el levantamiento de cantidades de obra, por ruta, la formulación del pliego de especificaciones, la preparación de los documentos de licitación, el estudio de ofertas y la atención del proceso de licitatorio.
2. **Programación del mantenimiento rutinario de la red vial para el período agosto 1998 a diciembre 2000.** Esta programación y organización del trabajo de control de proyectos a ejecutar por parte de la Administración, fue necesario realizarla, para preparar todo el sistema de supervisión e inspección del trabajo a ejecutar a través de los 23 contratos de mantenimiento en trámite.
3. **Análisis de ofertas y adjudicación de los 23 contratos de mantenimiento rutinario.** Este trabajo se concluyó hasta la etapa de adjudicación. En adelante corresponde dar seguimiento al proceso administrativo y de apelaciones o aclaraciones ante la Contraloría.
4. **Inspección de plantas asfálticas.** Se continúa con la inspección de plantas asfálticas, siguiendo para ello las pautas que se aplicaron en la 1° etapa del programa de mantenimiento rutinario.
5. **Pruebas de laboratorio.** Aunque el volumen del trabajo de campo disminuyó en este periodo, fue necesario realizar las pruebas de laboratorio, para brindar soporte técnico de laboratorio a los ingenieros de proyecto.
6. **Capacitación a Inspectores.** Se formuló un programa de entrenamiento a inspectores de planta e inspectores de campo. Este proyecto de entrenamiento tiene como propósito capacitar a este personal en las nuevas funciones que deben desempeñar al ponerse en ejecución, en este programa de mantenimiento rutinario, los nuevos procedimientos de control de obra viales. El trabajo consiste en la preparación de los materiales y la coordinación de charlas de entrenamiento con estos funcionarios. Separadamente se ejecutan dos programas de entrenamiento, uno para inspectores de campo y otro para inspectores de planta.

7. **Entrenamiento a Ingenieros de Proyecto.** Este trabajo, de características similares al anterior, consiste en la preparación de materiales e impartir charlas, donde se intercambian inquietudes con los profesionales responsables de la ejecución de los proyectos y simultáneamente se van introduciendo los nuevos conceptos de control de obras.
8. **Programa de entrenamiento a los Contratistas.** Se trabaja preparando el material a presentar a los Contratistas, relacionado con el nuevo modelo de ejecución y control de obras. Actualmente se tiene programada la primera charla par el 7 de octubre.
9. **Puesta a punto del método de compactación con el equipo nuclear.** Una parte importante del control de campo está relacionado con la compactación de la mezcla. Para facilitar estos procedimientos de control se está poniendo a punto el ensayo con el densímetro nuclear. Este trabajo investigativo comprende los siguientes aspectos:
 - Construcción de bloques de calibración con tres densidades diferentes.
 - Evaluación comparativa de la precisión y dispersión de cada uno de los equipos disponibles.
 - Estudio en campo de las variables que eventualmente podrían afectar las lecturas de los aparatos, esto es:
 - Tiempo de emisión.
 - Temperatura.
 - Espesor de capa.
 - Humedad.
 - Regularidad superficial y textura de la superficie de apoyo del aparato.

Preliminarmente, se ha encontrado que esta última variable es la que más afecta las lecturas de estos aparatos, no obstante hasta que se complete la investigación se tendrán los resultados definidos.

Lo que sí resulta claro, a este nivel de la investigación, es que hay varios parámetros que afectan las lecturas que se obtienen con el densímetro nuclear.

10. **Estudio de la variación de las densidades máximas teóricas de las mezclas asfálticas.** Par poder llevar un control continuo de la compactación se deben referir las densidades de campo a la máxima teórica del diseño. Sin embargo la falta de homogeneidad en la producción de mas mezclas afecta directamente ese parámetro de control (la máxima teórica). Esta situación se presenta por varias circunstancias como por ejemplo:

- Cambios en la dosificación del asfalto.
- Cambio de la fuentes de agregados.
- Cambios drásticos en la granulometría de la mezcla.

En consecuencia, dada la importancia de este parámetro de control (la densidad máxima teórica) se está llevando a cabo un trabajo investigativo que pretende evaluar la dispersión de dicho parámetro en diferentes plantas de producción de mezcla del programa de mantenimiento rutinario.

11. **Evaluación geotécnica y de la explotación de las fuentes de agregados del programa de mantenimiento rutinario.** Se ha observado que una de las causas de la falta de homogeneidad de las mezclas está asociada con las características de los tajos (fuentes de materiales) y sus procedimientos de explotación, lo cual se agrava cuando el productor de mezcla cambia de fuentes de agregados sin mediar un nuevo diseño de mezcla.

Este trabajo tiene un avance de más de un 30%, y será muy útil para el control de fuentes de agregados en la producción de mezclas asfálticas.

12. **Sistematización de la supervisión de los procedimientos de auto-control de los contratistas.** Al entrar en vigencia el sistema de auto-control, según lo establecen los documentos contractuales del Programa de Mantenimiento Rutinario, se hace necesario montar un sistema especial de supervisión de muestreos y verificación de resultados. Entre otras cosas, debe erradicarse toda posibilidad de que solamente se envíen resultados de una parte de las muestras tomadas o que de una muestra solamente se remitan parte de los resultados obtenidos. Este nuevo sistema de auto-control modifica de forma importante la labor que compete a los inspectores de campo y de planta, así como al Ingeniero de Proyecto, en relación con el control de calidad. Entre otras cosas se están confeccionando las bitácoras de muestreos y sus respectivos instructivos, para luego dar un entrenamiento especial a los ingenieros de proyecto y a los inspectores sobre la supervisión y seguimiento de los muestreos que hace el contratista.

13. **Puntualización de los nuevos estándares de calidad y sistema de control del programa de mantenimiento rutinario.** Con la participación del equipo de Consultores (UNEPROVI), se está haciendo un análisis pormenorizado de todas las especificaciones establecidas en el programa de mantenimiento rutinario. Este trabajo pretende, entre otras cosas:

- Interpretar las especificaciones y el criterio técnico que lo soporta.
- Delimitar el alcance de las especificaciones con la mayor claridad posible. Por ejemplo, en relación con la exigencia a las plantas asfálticas, a la seguridad vial, al cumplimiento respecto a brigadas, en lo relativo a los planes de trabajo, etc. etc., hasta llegar a aspectos muy puntuales como definir los rangos de temperatura permisibles para envío, recepción y colocación de la mezcla asfáltica.

Se tiene como meta uniformizar los estándares de calidad y las exigencias en los 23 contratos, de manera que una vez que se tengan definidos todos los alcances de las exigencias contractuales, se impartirá la capacitación y la documentación correspondiente a los ingenieros de proyecto para su implementación.



CAPITULO 2

ACTIVIDADES DE ENTRENAMIENTO

2. ACTIVIDADES DE ENTRENAMIENTO

2.1 INTRODUCCION

La aplicación de un nuevo modelo de control de obras viales requiere de un proceso de capacitación y divulgación intenso para que llegue a todos los funcionarios encargados de aplicarlo y también a las empresas constructoras. De nada sirve diseñar una nueva metodología de control que se quede en el archivo. Tampoco se logran resultados exitosos si los nuevos procedimientos no son comprendidos ni conocidos por los participantes en la administración de los proyectos. La comunicación frecuente entre funcionarios y el apoyo y asistencia del Lanamme son elementos imprescindibles para lograr un cambio significativo en la ejecución de obras viales en Costa Rica.

Por esta razón se han organizado varias sesiones de capacitación formal en las cuales se presentan los cambios de procedimientos y se despejan las dudas que tengan los funcionarios. En este sentido se han organizado charlas para los inspectores de campo, para los inspectores de planta, para los ingenieros de proyecto y consultores y también para las empresas contratistas interesadas. También se han hecho esfuerzos por presentar y explicar a las jefaturas de dirección y a las autoridades máximas del MOPT, los aspectos más importantes del nuevo modelo para hacer más eficiente el control de obras viales. Todos debemos conocer el modelo y el papel que juega cada uno para lograr buenos resultados en beneficio del país.

En este sentido, se han organizado varias charlas técnicas cuyos materiales escritos y transparencias se presentan en esta sección. Este proceso de comunicación y capacitación no ha terminado y continuará con cierta frecuencia porque el tema de control de proyectos es sencillo en teoría pero bastante complejo en la práctica real. El MOPT debe sistematizar la sana costumbre de capacitar y facilitar la comunicación entre funcionarios para alcanzar mejores metas técnicas en sus proyectos. Dentro de este esfuerzo también se ha querido involucrar a los abogados y directores del MOPT porque forman parte del nuevo modelo de control de obras viales.

En algunos casos se han hecho visitas de entrenamiento en sitio a los inspectores sobre procedimientos de toma de muestras y manejo correcto de agregados. También se han desarrollado algunos archivos de diapositivas para ilustrar las actividades de capacitación. Próximamente se desarrollaría un sitio en la red internet para consultar sobre los controles y obligaciones que implica en nuevo modelo de control. Con este medio, todo contratista tendría acceso a los controles necesarios para asegurar la calidad de sus proyectos.

2.2 CONTENIDO TEMATICO DEL ENTRENAMIENTO

Las tablas siguientes contienen los temas que se tratan en las actividades de capacitación y entrenamiento. En términos generales, los temas se ubican en tres líneas principales: aspectos técnicos de ingeniería y control de materiales y obras, elementos de administración técnica de contratos y modelación de actitudes y liderazgo del profesional para interactuar con los contratistas y dentro del MOPT.

Tabla No. 2.1 Temas para entrenamiento de ingenieros en el P.M.R. (1era parte)

| TEMAS | SUBTEMAS |
|---|--|
| Objetivos y metas del programa de mantenimiento rutinario | Definición de alcance y metas generales. Análisis de los logros y experiencia pasados. |
| El concepto de control de calidad y aseguramiento de calidad | Módulos principales del control y aseguramiento de calidad del P.M.R. |
| Ensayos de aceptación de materias primas | Repaso de cada ensayo y los datos que ofrece para mejorar la calidad de materiales |
| Ensayos de mezclas asfálticas | Ensayos de control de las mezclas |
| El diseño de mezcla | Importancia y contenido experimental mínimo |
| Diseño de sellos y tratamientos superficiales | Importancia y contenido. Repaso de defectos constructivos principales. |
| Tolerancias de variación para materiales y conceptos estadísticos. | Definición de tolerancias y ejercicios de aplicación. Gráficos de seguimiento. SPEC |
| Concepto de auto-control de calidad aplicado y métodos de supervisión del mismo | Qué deberían hacer las empresas para controlarse por sí mismas día a día. |
| Objetivos y uso de la bitácora de muestreo | Formato e información a llenar |
| Toma de muestras con técnicas correctas | Procedimientos normados. Aleatoriedad y muestreo específico. |
| Objetivos y procedimientos de la seguridad vial | Importancia y repaso de fallas principales |
| Revisión y aplicación de la normativa vigente y detalle de especificaciones de contrato | Objetos y elementos mínimos requeridos |
| Objetivos y uso de la bitácora de obras en sitio | Finalidad de la bitácora y uso obligatorio para los profesionales |
| Pólizas y garantías del contrato. Importancia y finalidad. | Revisiones periódicas necesarias y función. |

Tabla No. 2.2 Temas de entrenamiento para ingenieros (2da parte)

| TEMAS | SUBTEMAS |
|--|---|
| Programas de obras y su actualización mensual | Eventos de fuerza mayor y eventos compensables en el plazo. |
| Pago correcto de reajustes con control de programa | Cálculo de reajustes solamente con fechas de obras aprobadas en programa |
| Trámite de estimaciones y pago según calidad efectivamente medida en las obras | Requisitos (lista) para autorizar el pago de obras |
| Responsabilidad profesional del ingeniero de proyecto | La sociedad requiere que el ingeniero de proyecto asegure la calidad de lo que paga. |
| Controles especiales de los contratos del P.M.R. (seguridad vial, flujo de caja, brigadas, programas) | Sanciones pecuniarias diversas que puede aplicar el ingeniero de proyecto. |
| Control de producción de plantas | Principio de funcionamiento y controles mínimos necesarios (sección 401.12 CR-77) |
| La fórmula de trabajo y su ajuste en la planta | Cambios que afectan la fórmula de trabajo |
| Calibraciones requeridas en una planta | Elementos electro-mecánicos y electrónicos que requieren calibración |
| Procedimientos de bacheo y reparación en sitio | Procedimientos aceptables y no aceptables en el bacheo |
| Revisión y rechazo de equipos deficientes | Cualidades y problemas clásicos de los equipos |
| Sección de prueba de la compactación | Importancia y utilidad de esta sección para la empresa constructora |
| Relaciones entre ingeniero y consultor | Obligaciones y coordinación de labores de cada profesional |
| Relaciones entre ingeniero y los departamentos del MOPT | Apoyo legal, político y de jefaturas que requiere el ingeniero para imponer disciplina |
| Garantía de cumplimiento, garantía de calidad y rechazo de obras | Análisis de las responsabilidades en la construcción vial y opciones para problemas serios. |
| Relaciones entre ingeniero e inspector de obras | Comunicación frecuente y efectiva y respeto mutuo. Deben coordinar la inspección. |

Tabla 2.3 Temas de entrenamiento para inspectores del P.M.R.

| TEMAS | SUBTEMAS |
|---|--|
| Funciones del inspector de obras e inspector de planta | Importancia de la labor inspectiva |
| Disciplina y ética esperada de un inspector de obras o plantas | Comportamiento esperado, actitudes positivas y negativas |
| Repaso de controles en sitio y procedimientos a observar | Explicar por qué no se aceptan algunos procedimientos en sitio. |
| Importancia y aplicación de la seguridad vial en cada frente de trabajo | Necesidad de aplicarla correctamente y todos los días. |
| Importancia del informe diario de planta y de campo | Análisis de toda la información que debe ser comprobada y anotada en el informe. |
| Uso de la termocupla y las temperaturas de control | Uso, cuidados y finalidad de la termocupla. Necesidad de calibración. |
| Fallas más frecuentes en el bacheo | Prevenir a los capataces para evitar procedimientos no aceptables |
| Fallas más frecuentes en las plantas asfálticas | Vigilancia de ciertos puntos que dan más conflicto. |
| Uso de la bitácora de toma de muestras | Qué información debe ser anotada |
| Comunicación pronta de anomalías al ingeniero y encargado de auditoría | Es una obligación primordial de la inspección |
| Procedimientos correctos de toma de muestras | Debe conocerse con detalle los procedimientos correctos para tomar muestras. |

2.3 SESIONES DE ENTRENAMIENTO REALIZADAS

Las sesiones formales de entrenamiento se empezaron a organizar en junio de 1998 con algunos ingenieros de proyecto asignados hasta esa fecha al programa de mantenimiento rutinario. Las sesiones han sido charlas técnicas con presentación y discusión de procedimientos y actitudes requeridas para lograr un mejor control de obras. No se han realizado exámenes o pruebas de aprendizaje hasta la fecha, pero se piensa usar estos medios más adelante para estimular más el aprendizaje.

La siguiente tabla indica las sesiones de entrenamiento formal que se han realizado. Adicionalmente se han evacuado numerosas consultas de algunos ingenieros de proyecto e inspectores en forma individual:

Tabla No. 2.4 Sesiones de entrenamiento del P.M.R.

| Sesión de entrenamiento dirigida a: | Fecha | Asistencia |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------|
| Ingenieros de proyecto / consultores | 2 julio, Lanamme | 15 personas |
| Ingenieros de proyecto / consultores | 27 julio, Lanamme | 22 personas |
| Inspectores | 13 agosto, Lanamme | 25 personas |
| Ingenieros de proyecto / consultores | 10 setiembre, Lanamme | 12 personas |
| Ingenieros del Lanamme (interna) | 12 setiembre, Lanamme | 10 personas |
| Ingenieros de proyecto y contratistas | 7 octubre, Lanamme | 30 personas |
| Ingenieros de proyecto y consultores | 14 octubre, UCR | 12 personas |
| Ingenieros de proyecto y contratistas | 29 octubre, ACI MOPT | 6 personas |
| Ingenieros del Lanamme (interna) | 26 octubre, Lanamme | 9 personas |
| Inspectores | 2 noviembre, Lanamme | 16 personas |

Se continuará con este programa de entrenamiento en forma permanente porque es la única forma de mantener la disciplina de trabajo y la comunicación que requiere la complejidad técnica del Programa de Mantenimiento Rutinario. Es muy importante que las jefaturas y directores del MOPT también participen de estas sesiones para que comprendan su importante papel dentro del nuevo modelo de control de obras.

En los anexos 2A y 2B se adjuntan los contenidos de dos de las charlas técnicas ofrecidas como ejemplo de los materiales que se utilizan para discusión y entrenamiento.

ANEXO 2A

**CHARLA TECNICA SOBRE EL NUEVO MODELO DE CONTROL
Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

CONVENIO MOPT – LANAMME (UCR)

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

**CONDICION NECESARIA PARA ENFRENTAR LA
TAREA DE RECONSTRUIR NUESTRA RED VIAL**

**MISION : PROFESIONALISMO Y DISCIPLINA DE
TRABAJO PARA ASEGURAR LA CALIDAD DE LAS
OBRAS**

REUNIÓN CON CONTRATISTAS

7 de octubre de 1998

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO (PMR - MOPT)

PRESENTACION DEL NUEVO MODELO DE CONTROL DE OBRAS VIALES (7 octubre 1998)

Misión del programa de mantenimiento rutinario:

"Profesionalismo y disciplina de trabajo para asegurar la calidad en las obras"

I Sesión

2:10-3:30 p.m.

- Introducción y motivación
- Características de los contratos de mantenimiento rutinario
- Objetivos generales y futuro del programa
- Etapas de los proyectos de mantenimiento
- Aplicación de códigos y leyes vigentes
- Modelo General de Control de Calidad
- Materiales- procedimientos en sitio y planta - contratos
- Diseño de mezcla
- Tolerancias de variación y especificaciones
- Auto-control de calidad y aseguramiento de la calidad
- Contenido de un informe de auto-control de calidad
- Procedimientos de toma de muestras y registro en bitácora
- Fuentes de agregados y manejo de apilamiento de materiales
- Ensayos de aceptación de materiales
- Papel de los laboratorios privados

Sesión de preguntas

3:30- 3:45 p.m.

Intermedio para descanso y café:

3:45- 4:00 p.m.

II Sesión

4:00- 5:15 p.m.

- Manejo del tránsito y la seguridad vial durante las obras
- Uso de la bitácora de proyecto y responsabilidades de los ingenieros
- Control de los programas mensuales de obras y flujo de caja
- Requisitos para tramitar la estimación de obras y el pago
- Defectos inadmisibles en los procedimientos
- Procedimientos de construcción en sitio
- Sección de ensayo de la compactación
- Control general y calibración de plantas de producción de mezcla
- Labor de la inspección de plantas

Sesión de Preguntas

5:15 - 6:00 p.m.

CONTROL DE LA MEZCLA ASFALTICA

A. EN LA PLANTA

| | |
|---------------------------------------|---|
| Explotación de la fuente de agregados | <ul style="list-style-type: none">• Geotecnia de la fuente• Manejo y control de quebradores• Granulometría y forma de partículas• Uniformidad |
| Manejo de apilamientos | <ul style="list-style-type: none">• Forma de apilamientos• Humedad• Acarreo a las tolvas• Uniformidad |
| Tolvas al quemador | <ul style="list-style-type: none">• Granulometría• Humedad |
| Quemador | <ul style="list-style-type: none">• Calibración del quemador / calidad del combustible• Temperaturas• Retorno de polvo• Dosificación de asfaltos |
| Planta | <ul style="list-style-type: none">• Control permanente• Certificación de todos los componentes• Qué se entiende por certificación ? |
| Asfalto | <ul style="list-style-type: none">• Transporte• Contaminación• Almacenamiento• Calentamiento• Dosificación |
| Seguridad en la planta | <ul style="list-style-type: none">• Seguridad a funcionarios y equipos |
| Emisiones | <ul style="list-style-type: none">• Contaminación |

B. En la obra

| | |
|---------------------------|--|
| Despacho | <ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Peso• Estado de la vagoneta• Protección (lona) |
| Transporte | <ul style="list-style-type: none">• Tiempo• Clima |
| Colocación | <ul style="list-style-type: none">• Clima• Temperatura• Condición de la superficie o bache• Control de espesores• Homogenización• Compactación• Acabado• Apertura al tránsito |
| Seguridad Vial | <ul style="list-style-type: none">• Protección a los usuarios• Protección a los trabajadores• Protección a la maquinaria |
| Elementos de la seguridad | <ul style="list-style-type: none">• En la zona de trabajo• Después de la jornada de trabajo: Zanjas, baches, bordes, escombros, materiales, maquinaria |

AUTO-CONTROL EFICIENTE

- Garantía de uniformidad.
- Da seguridad y certeza al suplidor (constructor de la obra) de la calidad del trabajo que realiza.
- Genera los informes (certificados de calidad) donde se DEMUESTRA FEHACIENTEMENTE los niveles de calidad del producto o del trabajo ejecutado en un período.
- El nivel de calidad del trabajo ejecutado permite asociar calidad con precio.
- El seguimiento del auto-control es útil para hacer ajustes en el proceso.
- Auto-control = Responsabilidad profesional.

Programa de Mantenimiento Rutinario de Carreteras P.M.R.

- Misión del programa:
“Disciplina de trabajo para asegurar la calidad en las obras públicas”
- Se requieren empresas constructoras de alta disciplina de trabajo y con la misión de hacer un proyecto de calidad asegurada.
- Debe haber capacitación permanente de técnicos y profesionales y respeto técnico a los códigos y documentos de contratación.

Objetivos y etapas del P.M.R.

- Ejecutar acciones de mantenimiento rutinario en las carreteras nacionales (limpieza de cunetas y drenajes, chapea, sellos, bacheo menor y mayor).
- I Etapa: 120 días de labor intensa para eliminar los defectos mayores. (más brigadas)
- II Etapa: 240 días de labor menos intensa para mantener lo logrado en la primera etapa y corregir otros defectos. (una brigada)
- Se requiere buena colaboración entre ingenieros de la empresa y del MOPT. Próximamente se contrataría a las empresas por mayor plazo (3-5 años).

Marco Legal del P.M.R.

- Ley y Reglamento de la Contratación Administrativa (garantía de cumplimiento y garantía de durabilidad-calidad).
- Reglamento de dispositivos de protección de obras (seguridad vial, MOPT).
- Reglamento de Seguridad en Construcciones.
- Código de Especificaciones CR-77.
- Manual de Construcción MC-83.
- Criterio técnico del ingeniero de proyecto.
- Contenido del cartel, contrato y MNP-MOPT.

ESQUEMA GENERAL DEL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL PMR: PAPEL DEL CONTRATISTA.

OBJETIVOS:

- **Calidad y uniformidad de los materiales a utilizar.**
- **Calidad y seguridad de los procedimientos constructivos.**
- **Calidad de los equipos de producción y construcción.**
- **Calidad y eficiencia en la administración y control de obras.**

PROCEDIMIENTO GENERAL:

- 1. Presentación de diseño de mezcla de acuerdo con la normativa contractual. Incluir la verificación de propiedades del agregado de diseño y la evaluación detallada de las condiciones de la mezcla asfáltica.**
- 2. Autocontrol de calidad: seguimiento histórico de parámetros de calidad del agregado y la mezcla asfáltica, calibración y verificación de equipos y procesos.**
- 3. Presentación de informes de control de calidad: parámetros de control, revisión / actualización del diseño de mezcla.**

4. Cambio de diseño de mezcla cuando cambien las fuentes de agregado y/o tipo de ligante asfáltico.

5. Realización de tramos de prueba en el sitio de las obras.

ELEMENTOS EXTERNOS:

- **Verificación de muestreos: bitácora en planta y sitio.**
- **Verificación de parámetros de calidad.**
- **Verificación de procesos: dosificación, temperaturas y compactación.**
- **Uniformidad de los ligantes asfálticos.**

ELEMENTOS CLAVE:

- **Concepto de diseño de mezcla.**
- **Autocontrol orientado a beneficiar al mismo contratista.**
- **Apego a las especificaciones técnicas.**

ESQUEMA DE ACEPTACION DE LA CALIDAD



INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA: RESUMEN DE CONTENIDO

I - INFORMACION GENERAL

- INFORME PROFESIONAL CON RESPONSABLES DEFINIDOS Y APLICACIÓN DEFINIDA.
- CANTIDADES DE MATERIALES DISPONIBLES (AGREGADOS Y LIGANTES).
- GENERALIDADES SOBRE EL SITIO Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.
- CERTIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA.

II - CARACTERISTICAS DEL LIGANTE ASFALTICO

- CERTIFICADO DE CALIDAD
- TEMPERATURAS DE MEZCLADO Y COMPACTACION UTILIZADAS EN EL DISEÑO

III - CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS DE APILAMIENTO

- TIPOS DE AGREGADOS Y FUENTE DE ORIGEN.
- CARACTERIZACION DE LA FUENTE: ABRASION Y PLASTICIDAD.

IV - PROPIEDADES ESPECIFICADAS DEL AGREGADO DE DISEÑO

- PROPORCIONES DE CADA TIPO DE AGREGADO DE APILAMIENTO
- GRANULOMETRIA DE DISEÑO. INCLUIR TOLERANCIAS.
- PROPIEDADES DEL AGREGADO COMBINADO: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION.
- PROPIEDADES DE LA FRACCION GRUESA DEL AGREGADO COMBINADO.
- PROPIEDADES DE LA FRACCION FINA DEL AGREGADO COMBINADO.

Nota: muestreo previo al ingreso del material en el tambor quemador.

V - PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA

- CURVAS DE DISEÑO. DEBEN INDICARSE TODOS LOS PUNTOS (ANALISIS DE SENSIBILIDAD).
- CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO. INCLUIR TOLERANCIAS.
- PROPIEDADES PARA EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO: PARAMETROS MARSHALL, RAZON POLVO-ASFALTO, VAM, ESTABILIDAD RETENIDA Y RESISTENCIA RETENIDA.

Nota: indicar normativa utilizada y garantizar que ha habido apego a las normas de prueba.

GUIA PARA LA PRESENTACION DE SOLICITUDES DE REVISION DE DISEÑOS DE MEZCLA

El reporte de diseño de mezcla es un informe profesional que, debe tener el formato y la presentación de un informe de esta naturaleza (índice, empastado, etc) y debe contener al menos los siguientes aspectos :

INFORMACION GENERAL:

- Informe técnico debidamente editado (empastado).
- Índice de contenidos del informe.
- Nombre del laboratorio responsable.
- Fecha del informe de laboratorio.
- Profesional que certifica el informe (nombre y firma).
- Indicación del profesional responsable del contratista que remite el informe para su revisión.
- Certificación del funcionamiento de la planta.
- Se recomienda incluir el historial estadístico de la planta de los tres últimos meses (producción, desperfectos, dispersión estadística de los parámetros de calidad).
- Indicación de cada una de las fuentes de agregados y sus características geológicas, con las que se va a producir la mezcla que corresponde al diseño.
- Volumen disponible de cada fuente (en apilamiento y en la fuente).
- Ubicación exacta de cada fuente de agregados.
- Fecha de muestreo de agregados.
- Técnica de muestreo de agregados utilizada. Indicar el lugar en que se hizo el muestreo.
- Indicar si los agregados muestreados han sido lavados.
- Indicar el tipo de relleno mineral a utilizar, sus características y su forma de incorporación a la planta.
- Indicar si la producción de los agregados incluye el lavado. Indicar el método de lavado.
- Indicar la norma con que se hizo cada uno de los ensayos del informe del diseño de mezcla.

LIGANTE ASFALTICO:

- Fecha de compra del asfalto utilizado en el diseño de mezcla.
- Cantidad de asfalto adquirida.
- Capacidad de almacenamiento de asfalto en el tanque de la planta.

- Certificado de calidad del asfalto utilizado en el diseño de mezcla.
- Indicación del emisor del certificado de calidad del asfalto utilizado en la mezcla.
- Temperatura de mezclado utilizada en el diseño de mezcla.
- Temperatura de compactación utilizada en el diseño de mezcla.

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE APILAMIENTO:

- Proporciones en que se mezclan los agregados de apilamiento para obtener la granulometría de diseño.
- Granulometría de diseño.
- Gravedad específica y absorción del agregado de diseño (mezcla de agregados).
- Análisis de cada fuente de material (según la sección 3.6.1.1 de las especificaciones especiales de las licitaciones del proyecto CERO HUECOS): a) para el material retenido en la malla No. 4 de cada componente indicar abrasión; b) para el material pasando la malla No. 40 de cada componente indicar el índice de plasticidad.

Nota: en caso de usarse una sola fuente, el análisis por separado de cada fuente de material puede obviarse.

PROPIEDADES DEL AGREGADO DE LA MEZCLA RETENIDO EN LA MALLA No. 4 (GRUESO):

- Gravedad específica.
- Absorción.
- Abrasión.
- Pérdida por sanidad.
- Índice de durabilidad.
- Porcentaje de caras fracturadas.
- Porcentaje de carbonatos solubles.

PROPIEDADES DEL AGREGADO DE LA MEZCLA QUE PASA LA MALLA No. 4 (FINO):

- Gravedad específica.
- Absorción.
- Pérdida por sanidad.
- Índice de durabilidad.
- Equivalente de arena.
- Índice de plasticidad.

Nota: todas las pruebas de aceptación de los agregados deben realizarse con material muestreado en los apilamientos o previo a su ingreso al quemador de la planta. No es válido utilizar agregado pasando por el quemador.

PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA:

Disposiciones generales:

Debe indicarse el valor obtenido de los parámetros en cada una de las pastillas (no incluir únicamente promedios), Se debe incluir el volumen de cada una de las pastillas. Deben incluirse los gráficos de las curvas de mejor ajuste.

Parámetros a indicar:

- **Densidad.**
- **Estabilidad.**
- **Flujo.**
- **VAM.**
- **Se recomienda la inclusión de VFA.**
- **Porcentaje de vacíos en la mezcla.**
- **Porcentaje óptimo de asfalto sobre peso total de agregados.**
- **Porcentaje óptimo de asfalto sobre peso total de mezcla.**
- **Razón polvo - asfalto.**
- **Estabilidad retenida.**
- **Resistencia retenida.**
- **RPS.**
- **RCS.**

Notas:

(1) El agregado a utilizar en el diseño de mezcla debe ser muestreado en el apilamiento o en la planta previo al quemador, no es válido utilizar el agregado después de pasar por el quemador de la planta.

(2) Debe indicarse la normativa utilizada en cada prueba de calidad, tanto para los agregados, como para la mezcla asfáltica.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO II

REQUISITOS PARA LA MEZCLA ASFALTICA

| PARAMETRO | MINIMO | MAXIMO | TOLERANCIA (+) | FRECUENCIA CONTROL CALIDAD |
|--|--------------------------|--|-----------------|---|
| Estabilidad | 700 kg | N/A | 200 kg absoluto | 2 por semana |
| Flujo | 20 (1/10 mm) | 40 (1/10 mm) | 20 % relativo | 2 por semana |
| Estabilidad / Flujo | 200 | N/A | 20 % relativo | 2 por semana |
| % asfalto | N/A | N/A | 0.5 % absoluto | 1 por semana |
| % agregado grueso | Curva B mod. | Curva B mod. | 5.0 % absoluto | 1 por día (tolvas) |
| % agregado fino | Curva B mod. | Curva B mod. | 4.0 % absoluto | 1 por día (bache seco) |
| % polvo mineral | Curva B mod. | Curva B mod. | 2.0 % absoluto | 1 por semana (extracción) |
| Polvo / asfalto | 0.6 | 1.3 | 20 % relativo | 1 por semana |
| % vacíos Marshall | 3.0 % | 5.0 % | 0.5 % absoluto | 2 por semana |
| % VMA | 13.0 % | N/A | | 2 por semana |
| % VFA | 65.0 % | 78.0 % | | 2 por semana |
| Resistencia a la compresión uniaxial | 2.1 MPa | N/A | 20 % relativo | 3 por mes |
| Resistencia a la comp. uniaxial retenida | 75 | N/A | 20 % relativo | 3 por mes |
| Estabilidad retenida | 75 | N/A | 20 % relativo | 3 por mes |
| Compactación en sitio | 96 % del óptimo Marshall | Tal que el contenido de vacíos no sea inferior a 3.0 % | | 2 núcleos por día o 5 densidades nucleares por día (1 núcleo cada 25 densidades). |

ADEMAS:

- Control de temperatura en cada vagoneta.
- Registro de temperaturas de mezcla en la planta.
- Baches de prueba.
- Granulometría de polvo mineral (1 cada 50 metros cúbicos).
- Presentar certificados de calidad del asfalto, emulsión y combustible del quemador.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO II

REQUISITOS PARA EL AGREGADO DE DISEÑO

| PARAMETRO | ESPECS. GRUESOS | ESPECS. FINOS | ESPECS. RELLENO MINERAL |
|---|-----------------|--|--|
| Abrasión | 40 % máximo | 40 % máximo | N/A |
| Sanidad | 12 % máximo | 12 % máximo | N/A |
| Durabilidad | 35 mínimo | 35 mínimo | N/A |
| Caras fracturadas | 75 % mínimo | N/A | N/A |
| Residuo insoluble en prueba de carbonatos | 25 % mínimo | N/A | N/A |
| Equivalente de arena | N/A | 55 mínimo | N/A |
| Índice de plasticidad | N/A | 6 % máximo | 4 % máximo |
| Otras restricciones | | 15 % o menos de arena natural, excepto arena de mar, no materia orgánica, ni sustancias deletéreas | El sistema de "bag house" debe funcionar uniformemente. Todo aditivo no líquido se incluye en razón polvo / asfalto. |

REQUISITOS DE CONTROL DE CALIDAD (AUTO-CONTROL):

- Se deberá aportar un certificado mensual (laboratorio encargado).
- Equivalente de arena e índice de plasticidad se realizarán dos veces por semana (planta).

PROPUESTA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD:

- Análisis cada cuatro meses (LANAMME).

REQUISITOS PARA CAPAS SELLADORAS

PROPORCIONES DE AGREGADO Y BITUMEN

- TS-1 → 1.0 l/m² de emulsión asfáltica tipo CRS-1
6.0 kg/m² de agregado con graduación tipo 2
- TS-2 → 1.0 l/m² de emulsión asfáltica tipo CRS-1
6.0 kg/m² de agregado con graduación tipo 2
1.7 l/m² de emulsión asfáltica tipo CRS-1
22.0 kg/m² de agregado con graduación tipo B

ESPECIFICACIONES DE GRANULOMETRIA

| MALLA | TIPO 2 | TIPO B |
|------------------|----------|----------|
| Malla de 12.5 mm | | 100 % |
| Malla de 9.5 mm | 100 % | 85-100 % |
| Malla No. 4 | 85-100 % | 10-30 % |
| Malla No. 8 | 60-100 % | 0-10 % |
| Malla No. 100 | 0 - 10 % | ----- |
| Malla No. 200 | 0 - 1 % | 0 - 1 % |

ESPECIFICACIONES PARA EL AGREGADO DE CAPAS SELLADORAS

| PRUEBA | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Abrasión | 35 % máximo | |
| Sanidad | 12 % máximo | |
| Recubrimiento | 95 % mínimo | |
| Caras fracturadas | 75 % mínimo | |
| Límite líquido | | 25 % máximo |
| Índice plástico | | 6 % máximo |
| Equivalente de arena | | 55 % mínimo |
| Densidad de agregados | 1100 kg/m ³ (combinado) | 1100 kg/m ³ (combinado) |

- RIGEN LAS ESPECIFICACIONES DE LA SECCION 409 DEL CR-77

INFORME DE AUTO CONTROL

Informe de control de calidad del contratista.

Seguimiento permanente de las propiedades de los materiales que el contratista utiliza o compra para el proyecto.

Interesan dos aspectos fundamentales:

- CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIA.

Se refiere al cumplimiento de la normativa vigente en cuanto a la materia prima utilizada, la mezcla asfáltica producida y la calidad de los procedimientos constructivos.

La tolerancia se refiere a la variabilidad a partir del valor de diseño. Representa simultáneamente el nivel de cumplimiento del diseño de mezcla y el nivel de variabilidad de la producción.

- UNIFORMIDAD.

Representa el grado de homogeneidad en el desempeño de la mezcla asfáltica. Es función de la homogeneidad en la materia prima (agregado, asfalto, combustible del quemador), la homogeneidad del proceso constructivo y la homogeneidad en las operaciones de colocación y construcción.

Conforme menor variabilidad en la producción haya, hay mayor garantía del buen desempeño de la mezcla asfáltica.

Además, si se ha cumplido el diseño de mezcla y la producción es uniforme, el porcentaje de cumplimiento de tolerancias y especificaciones será elevado.

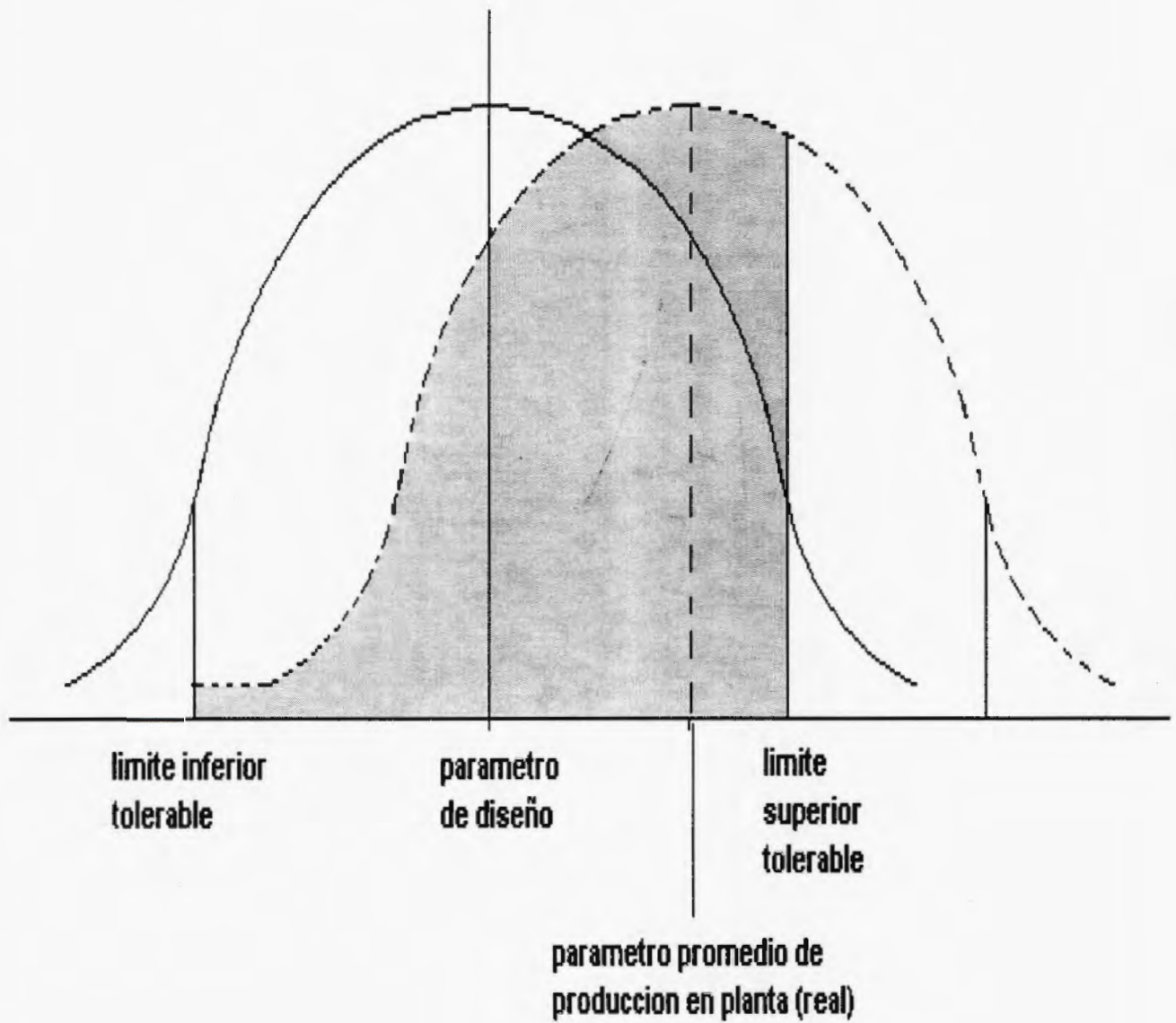
EN RESUMEN: garantizar el cumplimiento del diseño de mezcla, con un grado de variabilidad mínimo.

Contenido del informe de auto-control.

- **Resultados de los ensayos exigidos, de acuerdo con los documentos de contratación y el código de muestreo que da validez a los resultados.**
- **Análisis de resultados respecto a valores del diseño y tolerancias de variación y especificaciones de los parámetros de control de uniformidad. Se deben indiar los casos de no cumplimiento con claridad.**
- **Análisis de resultados y cumplimiento respecto a los ensayos de aceptación de los materiales.**
- **Gráfico de seguimiento acumulado de los resultados de cada parámetro de control. Desde el inicio del proyecto a la fecha. Debe presentarse el soporte de los datos tabulados.**
- **Promedio móvil de los resultados de los parámetros de control y desviación estándar de cada uno.**
- **Comentario técnico sobre los ajustes y controles implementados durante el período anterior, para tratar de cumplir con las tolerancias.**
- **Firma del profesional responsable del informe de auto-control y la firma del Director Técnico de la obra.**
- **Certificado de cumplimiento de calibraciones de planta y condiciones de operación conforme a la normativa vigente, firmado por un profesional responsable.**

Nota: la no presentación parcial o total del informe de auto – control puede, a juicio de la Ingeniería de Proyecto, paralizar el trámite de facturas de estimación.

EFFECTO DE NO ACTUALIZAR LA FORMULA DE TRABAJO



Specification Conformity Analysis

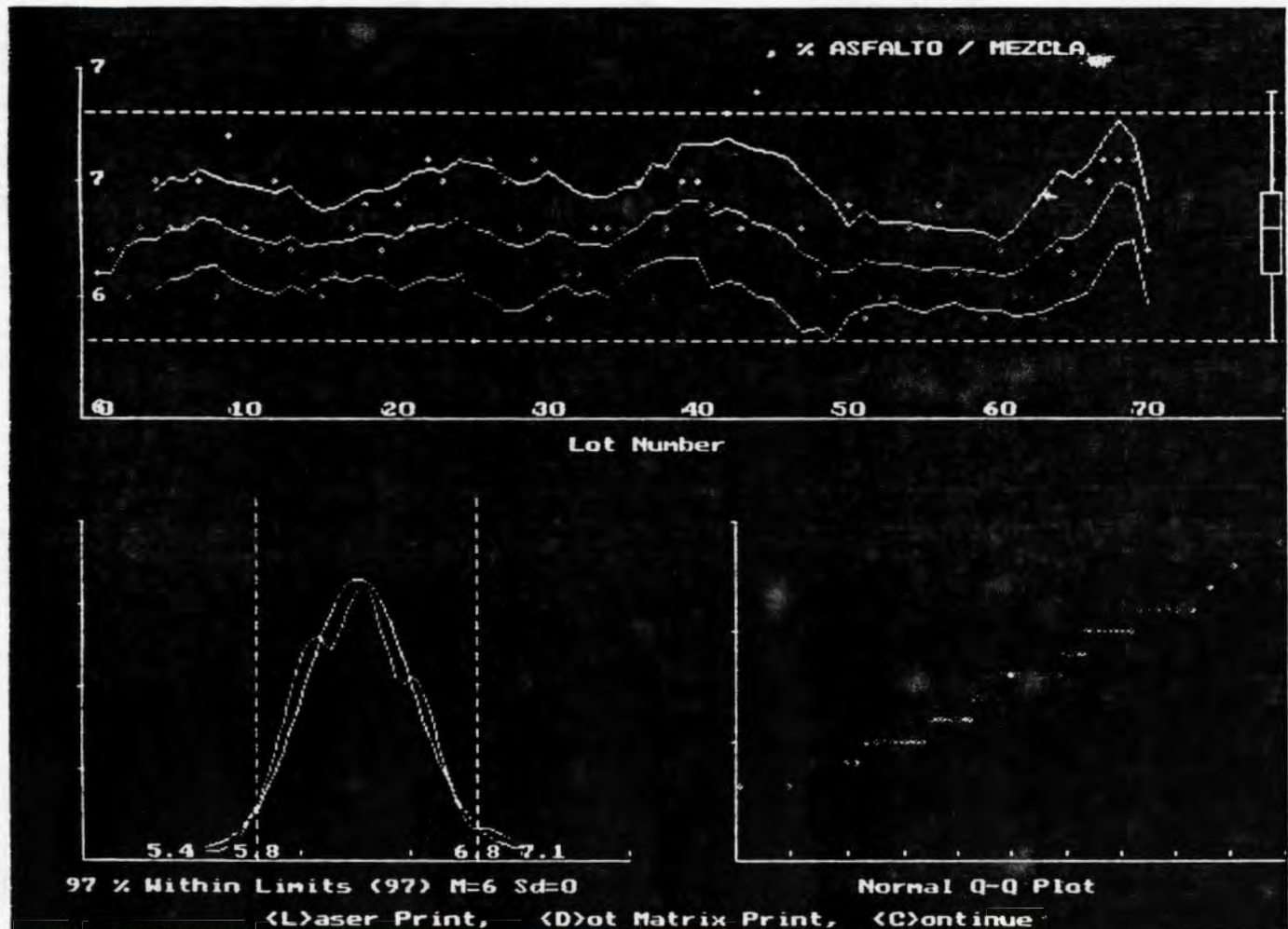
Project Number :
Project Description :
Project Contractor :
Material Supplier :
Location :
Time Period : 02/20/98 to 03/18/98

Material Property : , % ASFALTO / MEZCLA

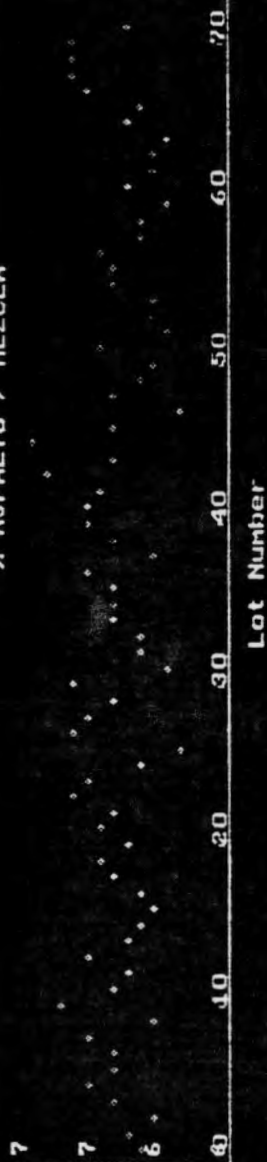
Lower Specification Limit: 5.8
Upper Specification Limit: 6.8

Average: 6.27
Standard Deviation: 0.24
Number of Observations: 71

Percentage of Material Within Specification Limits: 97%



% ASFALTO / MEZCLA



Lot Number

67

47

21

Segment Data

| | | | | | |
|---------|-------|----------------|------|----------|------|
| [1.0, | 20.0] | Average Value: | 6.26 | Std Dev: | 0.19 |
| [21.0, | 46.0] | Average Value: | 6.35 | Std Dev: | 0.26 |
| [47.0, | 66.0] | Average Value: | 6.10 | Std Dev: | 0.17 |
| [67.0, | 71.0] | Average Value: | 6.50 | Std Dev: | 0.17 |

<L>aser Print, <D>ot Matrix Print, <C>ontinue

Specification Conformity Analysis

Project Number :
Project Description:
Project Contractor :
Material Supplier :
Location :
Time Period : 02/20/98 to 03/18/98

Material Property : PASANDO #200

Lower Specification Limit: 3.0

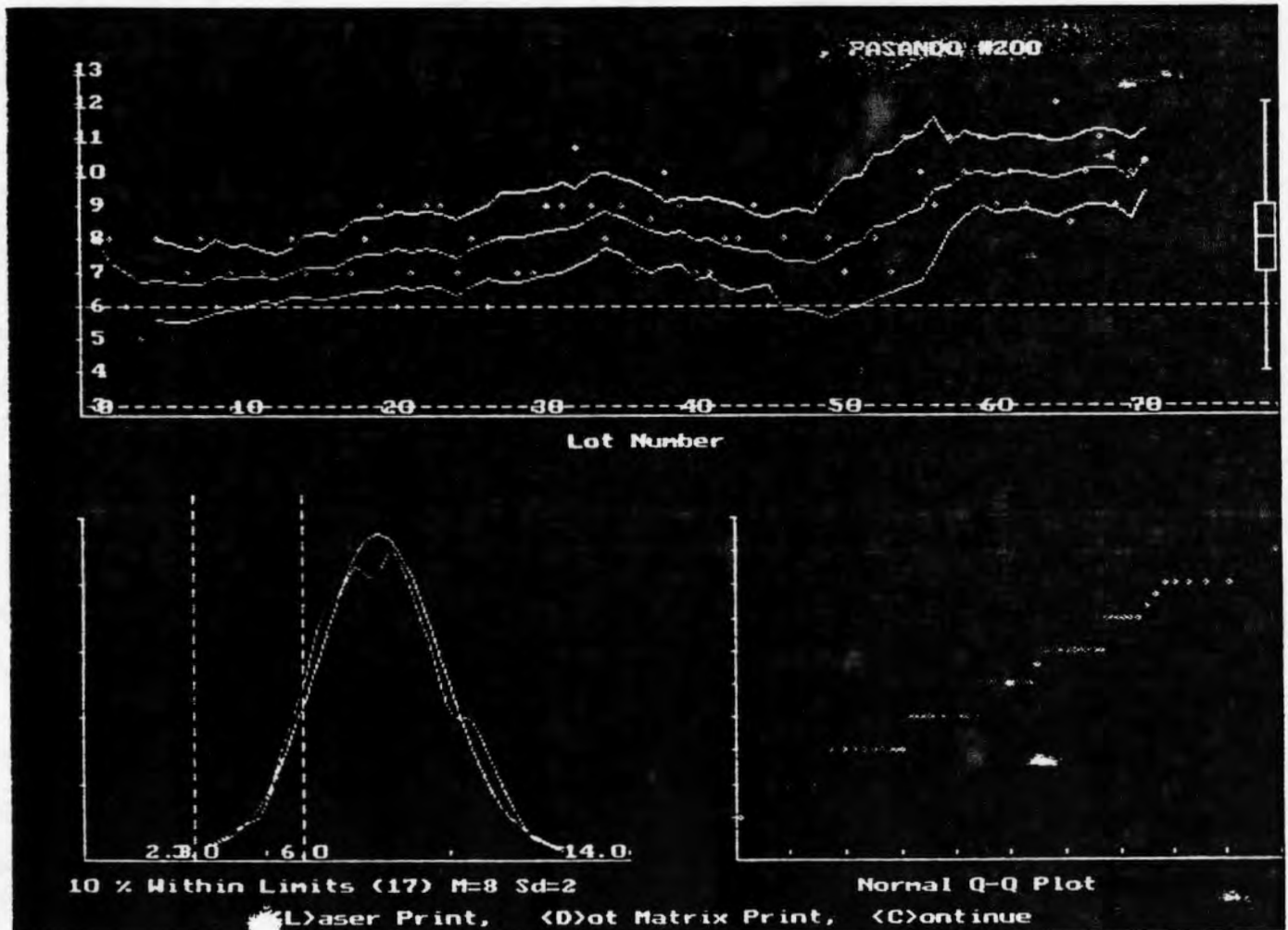
Upper Specification Limit: 6.0

Average: 8.11

Standard Deviation: 1.67

Number of Observations: 71

Percentage of Material Within Specification Limits: 10%



POSSANDO #200



Segment Data

| | | | | |
|---------------|----------------|-------|----------|------|
| [1.0, 30.0] | Average Value: | 7.10 | Std Dev: | 1.09 |
| [31.0, 54.0] | Average Value: | 7.97 | Std Dev: | 1.44 |
| [55.0, 71.0] | Average Value: | 10.11 | Std Dev: | 0.97 |

<L>aser Print, <D>ot Matrix Print, <C>ontinue

BITACORAS DE MUESTREO EN PLANTA Y EN SITIO

PROPOSITO:

- Llevar un control de la cantidad de pruebas de laboratorio por planta, tanto para efectos de control de calidad como para aseguramiento de la calidad.

CARACTERISTICAS:

- Los inspectores (planta y obras) serán los encargados de mantenerlas.
- Son documentos legales, que darán soporte a los resultados reportados.
- Establecerán claramente quienes son los responsables del muestreo y las condiciones en que fue realizado. Los responsables del muestreo firmarán, así como el inspector.
- Podrán ser consultadas por las partes interesadas.
- Representarán toda la actividad de muestreo para cada planta y para cada proyecto.
- Permiten realizar un control cruzado de la información de control de calidad.

APLICACIÓN PRACTICA:

- Se requiere capacitar adecuadamente a los inspectores en las técnicas correctas de muestreo y la forma adecuada de llevar la bitácora.
- Se pueden comenzar a utilizar, a manera de plan piloto, de inmediato.
- Cuando comience la segunda etapa del PMR funcionarán en forma general.
- Se requiere conocer los comentarios y sugerencias de todos los interesados.

FUENTES DE AGREGADOS Y MANEJO DE APILAMIENTOS

- ◆ **Afectan directamente:**
- ◆ Granulometría
- ◆ Absorción
- ◆ Gbs
- ◆ Optimo de asfalto
- ◆ Estabilidad / Flujo
- ◆ Resistencia Retenida
- ◆ Máxima teórica
- ◆ Control de densidades
- ◆ N° de pasadas de compactación
- ◆ Contenido de asfalto por ignición
- ◆ Contenido de asfalto por métodos nucleares

DEFICIENCIAS EN MANEJO DE AGREGADOS

SE MANIFIESTAN EN LA OBRA (en el corto plazo)

- Porosidad
 - Exudación
 - Deformaciones plásticas (roderas, desplazamiento lateral de mezcla)
 - Superficie lisa
 - Desprendimiento de agregados
 - Fisuración
 - Falta de uniformidad en el acabado superficial
- (*) Si la variación se centra en la malla N°200 y/o en el contenido de asfalto el efecto es más notorio.

ENSAYOS DE ACEPTACION

- Abrasión
- Partículas elongadas
- % vacíos en agregado fino
- Sanidad
- Durabilidad
- Caras fracturadas
- Equivalente de arena
- Plasticidad
- Coeficiente de pulimento acelerado
- Contenido de sílice
- Resistencia retenida
- Carbonatos solubles

LABORATORIO DE AUTO-CONTROL

- Responsabilidad profesional de la calidad
- Garantiza al Contratista uniformidad y calidad
- Previene al Contratista de desajustes, dispersión, cambios de tendencias en los parámetros de calidad
- Asesora en los procesos constructivos
- Resultados oportunos
- "Auto-control" del laboratorio
 - Equipo
 - Fechas de calibración
 - Sistema de auto-evaluación de técnicos
 - Sistema de auto-evaluación de procedimientos

Importancia de la seguridad vial en el P.M.R.

- Debe ser la prioridad No. 1 de trabajo. Sin dispositivos de seguridad no se pueden iniciar las labores del día.
- Todos los miembros de la cuadrilla deben usar chaleco reflectivo (sin excepciones para los jefes).
- Los rótulos deben cumplir con el número, las dimensiones, colores, distancias y alturas del reglamento del MOPT.
- No se pueden usar estañones ni elementos peligrosos.
- Debe haber banderilleros permanentes y entrenados.
- Se usarán conos y señales limpias.
- No habrá obstáculos ni baches abiertos en la noche.
- La señalización debe permanecer funcionando todo el día.

Bitácora de proyecto

- Debe ser obtenida del Colegio de Ingenieros por parte del contratista antes de iniciar obras.
- Deben hacerse anotaciones técnicas cada 8 días por parte del Director Técnico. Mejor si se hacen a diario por los ingenieros residentes y de proyecto.
- Debe tener estacionamiento de ubicación de las labores a diario.
- Debe ser revisada mensualmente y entregada al finalizar las obras para recibir el proyecto.

Contenido del programa de trabajo

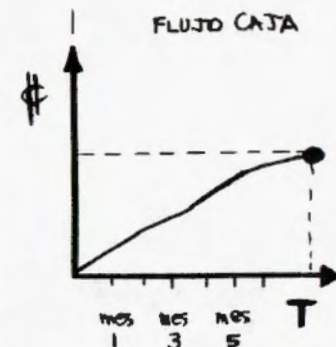
- **Diagrama de Gantt o Barras (una barra por renglón de pago, fechas inicio y término, holguras, maquinaria y personal por barra). (3.2.2)**
- **Flujo de caja por mes y por renglón de pago.**
- **Diagrama de Flechas (Fechas lejanas y próximas, holguras y ruta crítica).**
- **Debe tener nombre y firma de responsable del proyecto. (3.3.6)**
- **La actualización debe ser mensual y comparar lo planeado con lo hecho realmente en avance físico y económico.**
- **Si no se cumple esto cada mes, no se tramitará la estimación de obras del mes correspondiente.**

MODELO DE FLUJO DE CAJA MENSUAL POR RUBROS

| | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre | enero | febrero |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Preparacion diseño mezcla | | | | | | | |
| Movilizacion de cuadrillas | | | | | | | |
| MR-8 -1 | ¢2 222 222.22 | ¢12 222 222.22 | ¢12 222 222.22 | ¢8 333 333.33 | | | |
| MR-9-1 | ¢10 000 000.00 | ¢15 000 000.00 | | | | | |
| MR-12-1 | ¢1 800 000.00 | ¢2 700 000.00 | | | | | |
| MR-13-1 | ¢2 331 428.57 | ¢4 274 285.71 | ¢194 285.71 | | | | |
| MR-14-1 | ¢5 976 000.00 | ¢6 474 000.00 | | | | | |
| Final de primera etapa | | | | | | | |
| MR-8-2 | | | | ¢2 853 333.33 | ¢10 937 777.77 | ¢9 986 666.66 | ¢9 511 111.11 |
| MR-9-2 | | | | ¢2 800 000.00 | ¢10 733 333.33 | ¢9 800 000.00 | ¢9 333 333.33 |
| MR-12-2 | | | | ¢738 000.00 | ¢2 829 000.00 | ¢2 583 000.00 | ¢2 460 000.00 |
| MR-13-2 | | | | ¢680 000.00 | ¢2 606 666.66 | ¢2 380 000.00 | ¢2 266 666.66 |
| MR-14-2 | | | | ¢936 000.00 | ¢3 588 000.00 | ¢3 276 000.00 | |
| Fin de proyecto | | | | | | | |
| Total | ¢22 329 650.79 | ¢40 670 507.93 | ¢12 416 507.93 | ¢16 340 666.66 | ¢30 694 777.77 | ¢28 025 666.66 | ¢23 571 111.11 |

MODELO DE FLUJO DE CAJA MENSUAL POR RUBROS

| | marzo | abril | mayo | junio | julio | Total |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Preparacion diseño mezcla | | | | | | |
| Movilizacion de cuadrillas | | | | | | |
| MR-8 -1 | | | | | | ¢35 000 000.00 |
| MR-9-1 | | | | | | ¢25 000 000.00 |
| MR-12-1 | | | | | | ¢4 500 000.00 |
| MR-13-1 | | | | | | ¢6 800 000.00 |
| MR-14-1 | | | | | | ¢12 450 000.00 |
| Final de primera etapa | | | | | | |
| MR-8-2 | ¢10 937 777.77 | ¢10 462 222.22 | ¢9 986 666.66 | ¢10 462 222.22 | ¢10 462 222.22 | ¢85 600 000.00 |
| MR-9-2 | ¢10 733 333.33 | ¢10 266 666.66 | ¢2 333 333.33 | | | ¢56 000 000.00 |
| MR-12-2 | ¢2 829 000.00 | ¢861 000.00 | | | | ¢12 300 000.00 |
| MR-13-2 | ¢566 666.66 | | | | | ¢8 500 000.00 |
| MR-14-2 | | | | | | ¢7 800 000.00 |
| Fin de proyecto | | | | | | |
| Total | ¢25 066 777.77 | ¢21 589 888.88 | ¢12 320 000.00 | ¢10 462 222.22 | ¢10 462 222.22 | ¢253 950 000.00 |



Requisitos para trámite de estimaciones (calidad asegurada)

- Obras en sitio revisadas y aprobadas por el ingeniero de proyecto.
- Informe técnico de auto-control para la producción del periodo (con tolerancia respecto al diseño y seguimiento cronológico).
- Toma de muestras conforme a frecuencia solicitada, en forma aleatoria y ante inspector y con registro en bitácora.
- Re-programación mensual de obras y explicación de razones por las cuales no se cumplió con la propuesta.
- Uso correcto de la bitácora de proyecto y de toma de muestras.
- Posible certificación de funcionamiento de planta asfáltica.
- Cualquier faltante en estos requisitos retrasa la aprobación del pago.

Defectos inadmisibles (periodo de corrección de defectos)

- Baches levantados
- Baches con sus bordes quebrados
- Baches hundidos respecto al pavimento
- Baches de caras irregulares (no rectas)
- Baches con exudación o desprendimiento
- Baches contruidos cerca de fugas de agua
- Baches sin compactación adecuada
- Baches hechos con mezcla no aprobada
- Baches colocados sin usar rociador de ligante
- ... más otros defectos según criterio técnico.

PROCEDIMIENTO DE BACHEO

| | |
|-------------------------|--|
| Señalización | <ul style="list-style-type: none">• Debe ser satisfactoria ante un INSPECTOR DE SEGURIDAD |
| Preparación del bache | <ul style="list-style-type: none">• Concepto de reparación• Uso del equipo y la técnica apropiada |
| Colocación de la mezcla | <ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Acabado geométrico y textura• No segregación• Bordes |
| Compactación | <ul style="list-style-type: none">• Equipo apropiado• Conforme con el bache o tramo de prueba• Acabado superficial |
| Remoción de escombros | <ul style="list-style-type: none">• Preestablecido y aprobado por la inspección• No obstruir drenajes• No poner en peligro a los usuarios |
| Baches abiertos | <ul style="list-style-type: none">• Caso excepcional• Requiere señalización• Seguridad durante la noche• Requiere acabado de bordes |
| Limpieza de drenajes | <ul style="list-style-type: none">• Lograr:• Funcionamiento eficiente de drenajes• Mismas observaciones anteriores respecto a seguridad para los usuarios y obstrucciones a escorrentías superficiales |

SECCION DE PRUEBA DE COMPACTACION

- ◆ Responsabilidad del Contratista
- ◆ El Ingeniero del Contratista es el responsable profesional
- ◆ Muy útil para el auto-control de compactación
- ◆ El contratista debe hacer tantos como las circunstancias lo requieran
- ◆ No se hace para que lo apruebe la Inspección, sirve de apoyo al Contratista para ejecutar su trabajo de campo
- ◆ Interpretar los resultados y hacer uso de ellos para realizar el trabajo de campo, obliga a que el Contratista lo delegue a un funcionario con experiencia y criterio

¿ PARA QUE SIRVE LA SECCION DE PRUEBA DE COMPACTACION ?

Para ajustar en el campo, la energía de compactación: o sea el número de pasadas, peso, frecuencia de vibración y velocidad del compactador.

¿ QUE ASPECTOS INCIDEN EN LA COMPACTACION ?

| | |
|----------------------------|---|
| ◆ Propiedades de la mezcla | <ul style="list-style-type: none">• Granulometría• % de finos• Temperatura de mezclado |
| ◆ Temperatura de la mezcla | <ul style="list-style-type: none">• El número de pasadas requerido varía con la temperatura de compactación |
| ◆ Espesor de capa | <ul style="list-style-type: none">• Poco espesor enfría más rápido• A mayor espesor, mayor número de pasadas |
| ◆ Temperatura ambiente | <ul style="list-style-type: none">• El clima frío y el viento enfrían más rápido la mezcla |
| ◆ Equipo de compactación | <ul style="list-style-type: none">• Peso, velocidad, frecuencia y lubricación del compactador |
| ◆ Rigidez de la base | <ul style="list-style-type: none">• Una capa de mezcla compacta más rápido sobre una capa rígida |

TABLA No 1
Mezcla modificada con Plástico y Eastman
Resistencia compresión uniaxial
Intemperismo inmersión 60°C

| %Asfalto | 5.5 | 5.5 | 6.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Tipo | M.R. | M.V. | 2% P | 4% P | 6% P | 3% E | 5% E |
| Tiempo (horas) | R.C.U. (kg) | R.C.U. (kg) | R.C.U. (kg) | R.C.U. (kg) | R.C.U. (kg) | R.C.U. (kg) | R.C.U. (kg) |
| 0 | 6135 | 3745 | 7265 | 11425 | 15785 | 3775 | 4435 |
| 24 | 3800 | 1910 | 5165 | 9100 | 11900 | 2913 | 3135 |
| 48 | 0 | 0 | | | | | |
| 72 | | | | | 0 | | |
| 216 | | | | | | | |
| 240 | | | 2385 | 6335 | | 2800 | 3020 |

Gráfico N 1. Comparación de Mezcla Virgen vs Mezcla Modificada con plástico (2, 4 y 6 %) y con eastman (3 y 5%)
Resistencia Compresión uniaxial - intemperismo inmersión 60°C

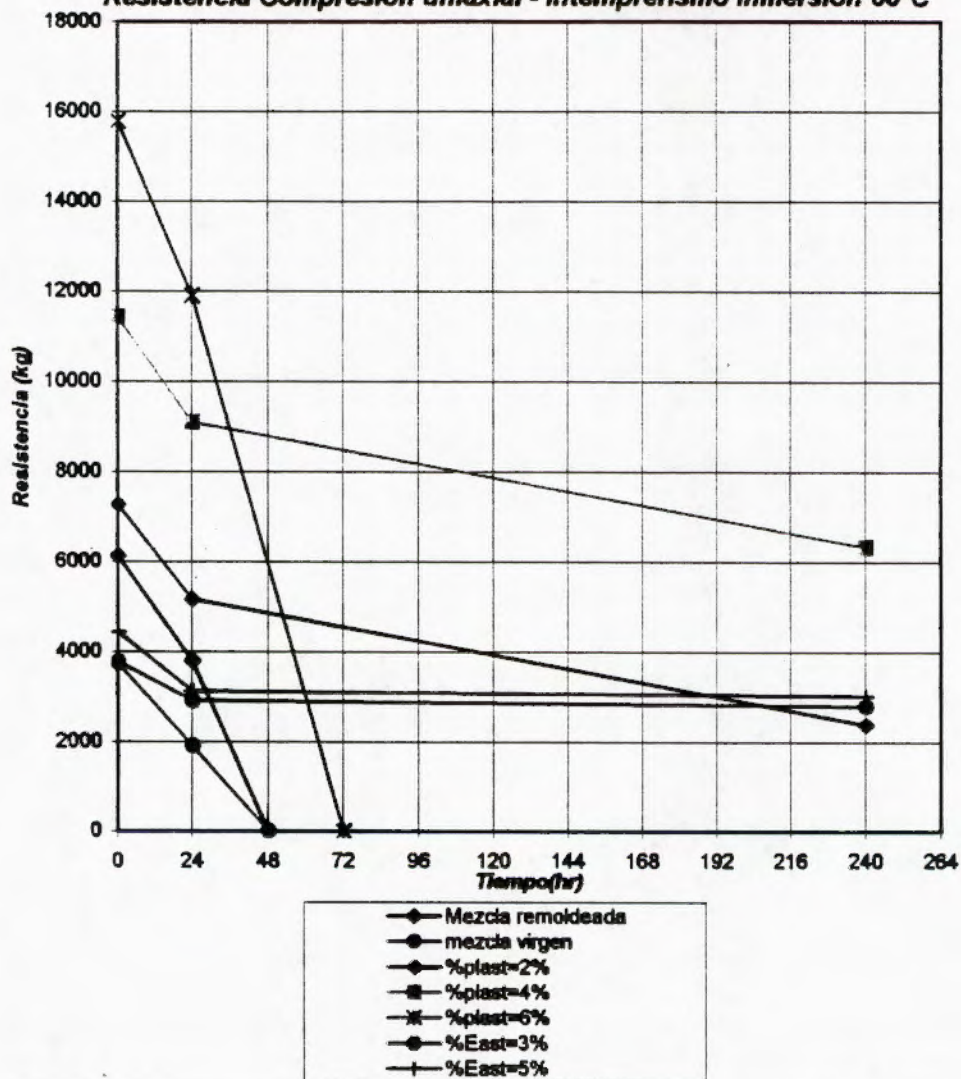


Tabla 5.11 Relaciones de resistencia de las pastillas degradadas (7% de cemento)

| Fuente | Rc28 | Rc53 | Rc53* | $\frac{Rc53^*}{Rc28}$ | $\frac{Rc53^*}{Rc53}$ | $\Delta Rc53$ |
|--------|------|------|-------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| #1 | 44,9 | 45,8 | 36,2 | 0,81 | 0,79 | 9,6 |
| #2 | 46,7 | 52,1 | 33,2 | 0,71 | 0,64 | 18,9 |
| #3 | 60,9 | 62,1 | 58,4 | 0,96 | 0,94 | 3,70 |

* Pastillas degradadas en compresión simple

Tabla 5.12 Relaciones de resistencia de las pastillas degradadas (9% de cemento)

| Fuente | Rc28 | Rc53 | Rc53* | $\frac{Rc53^*}{Rc28}$ | $\frac{Rc53^*}{Rc53}$ | $\Delta Rc53$ |
|--------|------|------|-------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| #1 | 51,8 | 52,8 | 56,4 | 1,08 | 1,07 | -3,6 |
| #2 | 49,3 | 56,5 | 34,9 | 0,71 | 0,62 | 21,60 |
| #3 | 66,5 | 69,4 | 65,8 | 0,99 | 0,95 | 3,60 |

* Pastillas degradadas en compresión simple

Tabla 4.13 Relaciones de resistencia a tracción diagonal de las pastillas degradadas (5% de cemento)

| Fuente | Rt53 | Rt53* | $\frac{Rt53^*}{Rt53}$ | Rt53 |
|--------|------|-------|-----------------------|------|
| #1 | 20,2 | 2,65 | 0,13 | 17,6 |
| #2 | 11,2 | 0,69 | 0,06 | 10,5 |
| #3 | 17,8 | 5,45 | 0,31 | 12,4 |

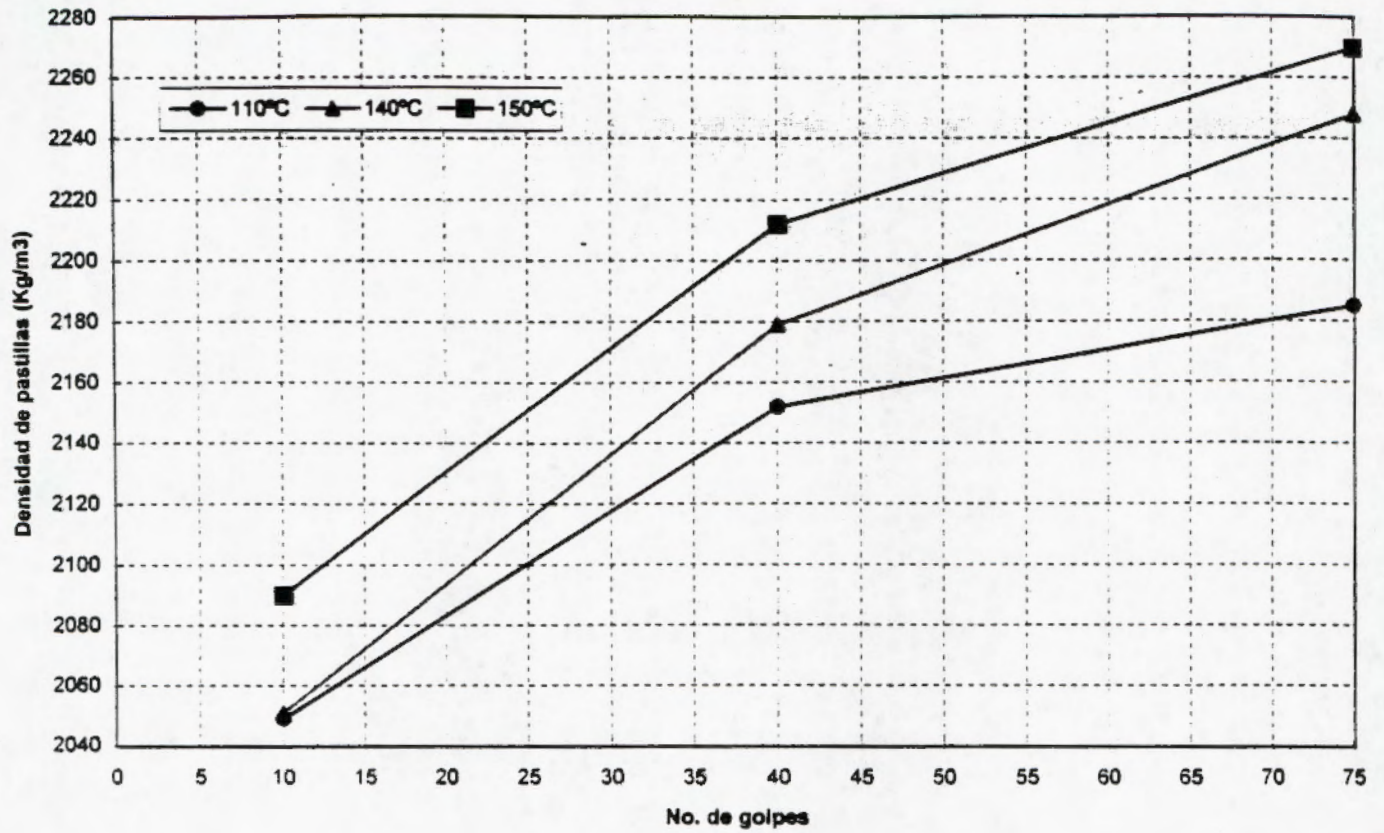
Tabla 4.14 Relaciones de resistencia a tracción diagonal de las pastillas degradadas (7% de cemento)

| Fuente | Rt53 | Rt53* | $\frac{Rt53^*}{Rt53}$ | Rt53 |
|--------|------|-------|-----------------------|------|
| #1 | 22,3 | 3,81 | 0,17 | 18,5 |
| #2 | 23,1 | 3,52 | 0,15 | 19,6 |
| #3 | 23,4 | 8,76 | 0,37 | 14,6 |

Tabla 4.15 Relaciones de resistencia a tracción diagonal de las pastillas degradadas (9% de cemento)

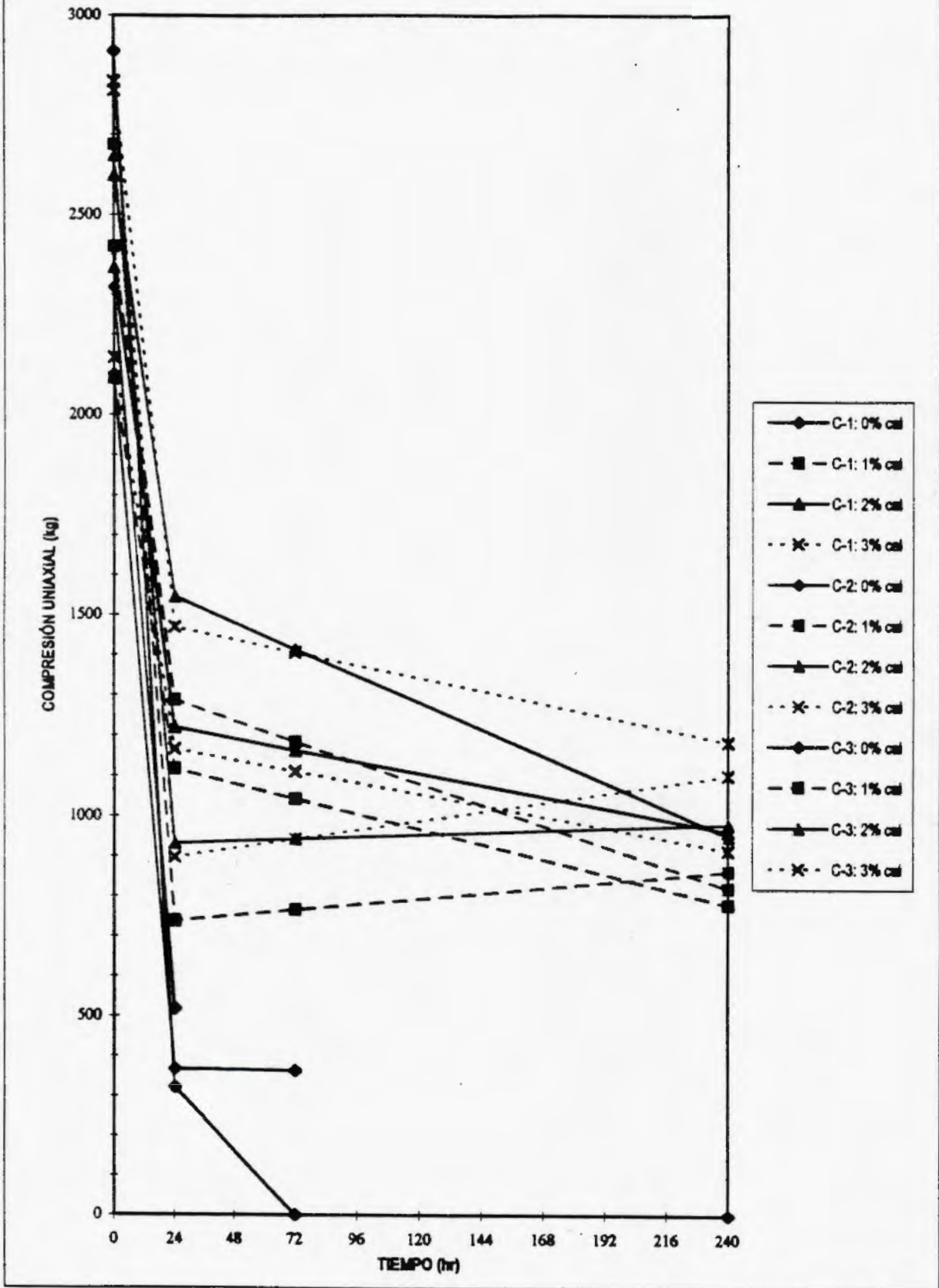
| Fuente | Rt53 | Rt53* | $\frac{Rt53^*}{Rt53}$ | Rt53 |
|--------|------|-------|-----------------------|------|
| #1 | 23,8 | 7,87 | 0,33 | 15,9 |
| #2 | 25,3 | 4,16 | 0,16 | 21,1 |
| #3 | 26,9 | 9,20 | 0,34 | 17,7 |

* Pastillas degradadas.



| Temperatura | No. Golpes | | |
|-------------|------------|-------|-------|
| | 10 | 40 | 75 |
| 110°C | 2049 | 2152 | 2185 |
| % | 90.26 | 94.80 | 96.26 |
| 140°C | 2051 | 2179 | 2248 |
| % | 90.35 | 95.99 | 99.03 |
| 150°C | 2090 | 2212 | 2270 |
| % | 92.07 | 97.44 | 100 |

Gráfico 4.14 COMPRESIÓN UNIAXIAL (% ÓPT. ASFALTO)



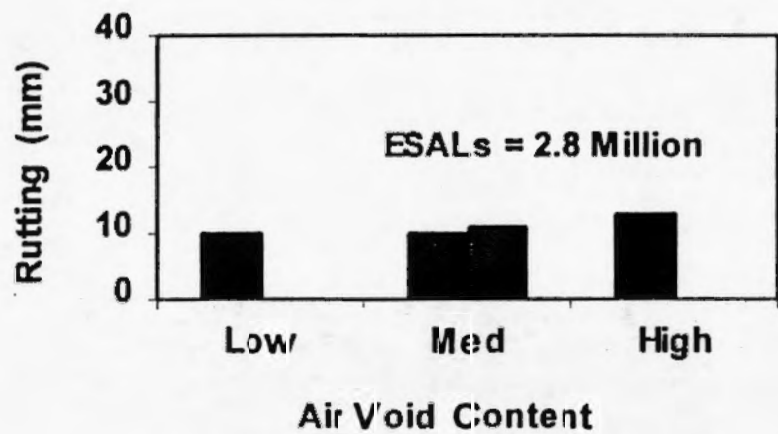


Figure 5. Fine Plus Gradation at Optimum Asphalt Binder Content

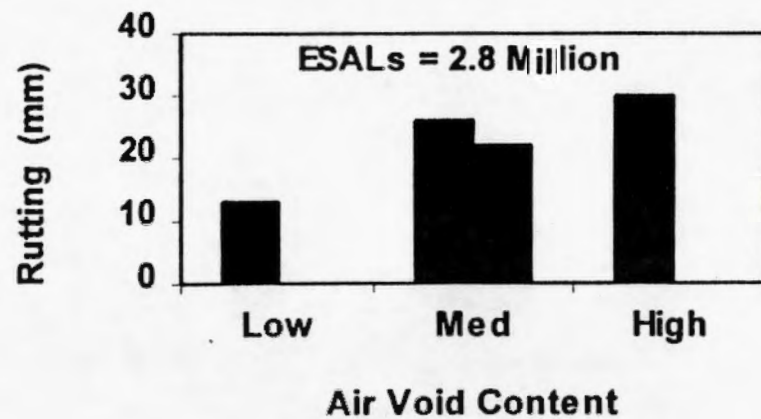


Figure 7. Coarse Gradation at Optimum Asphalt Binder Content

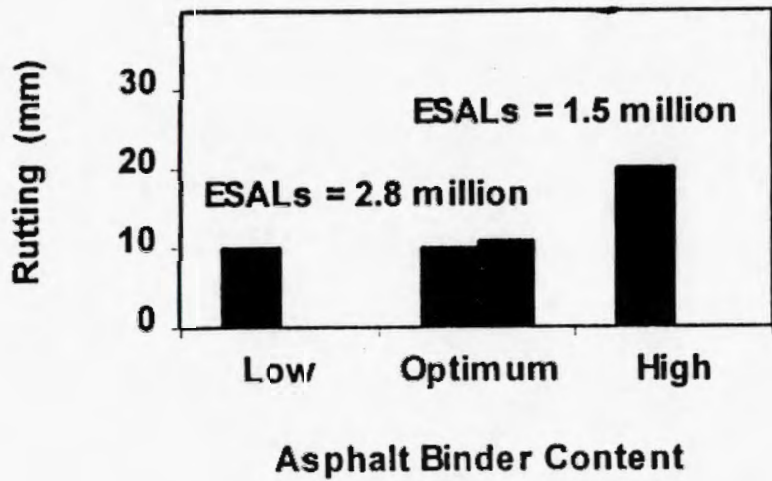


Figure 6. Fine Plus Gradation at 8% Air Void Content

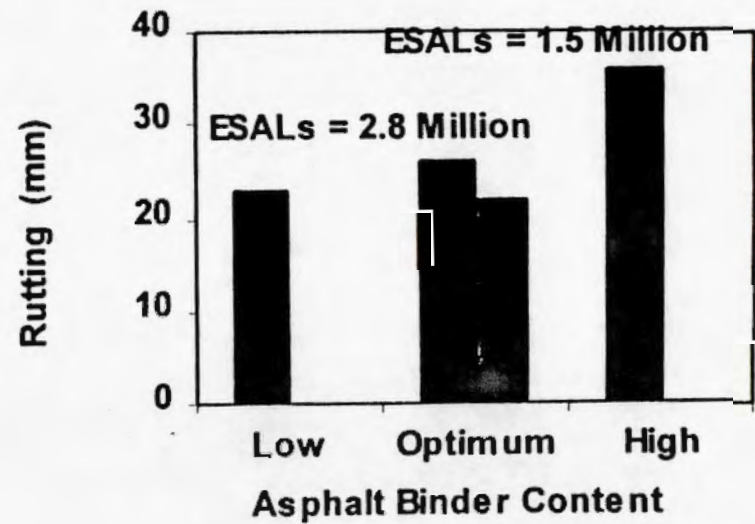
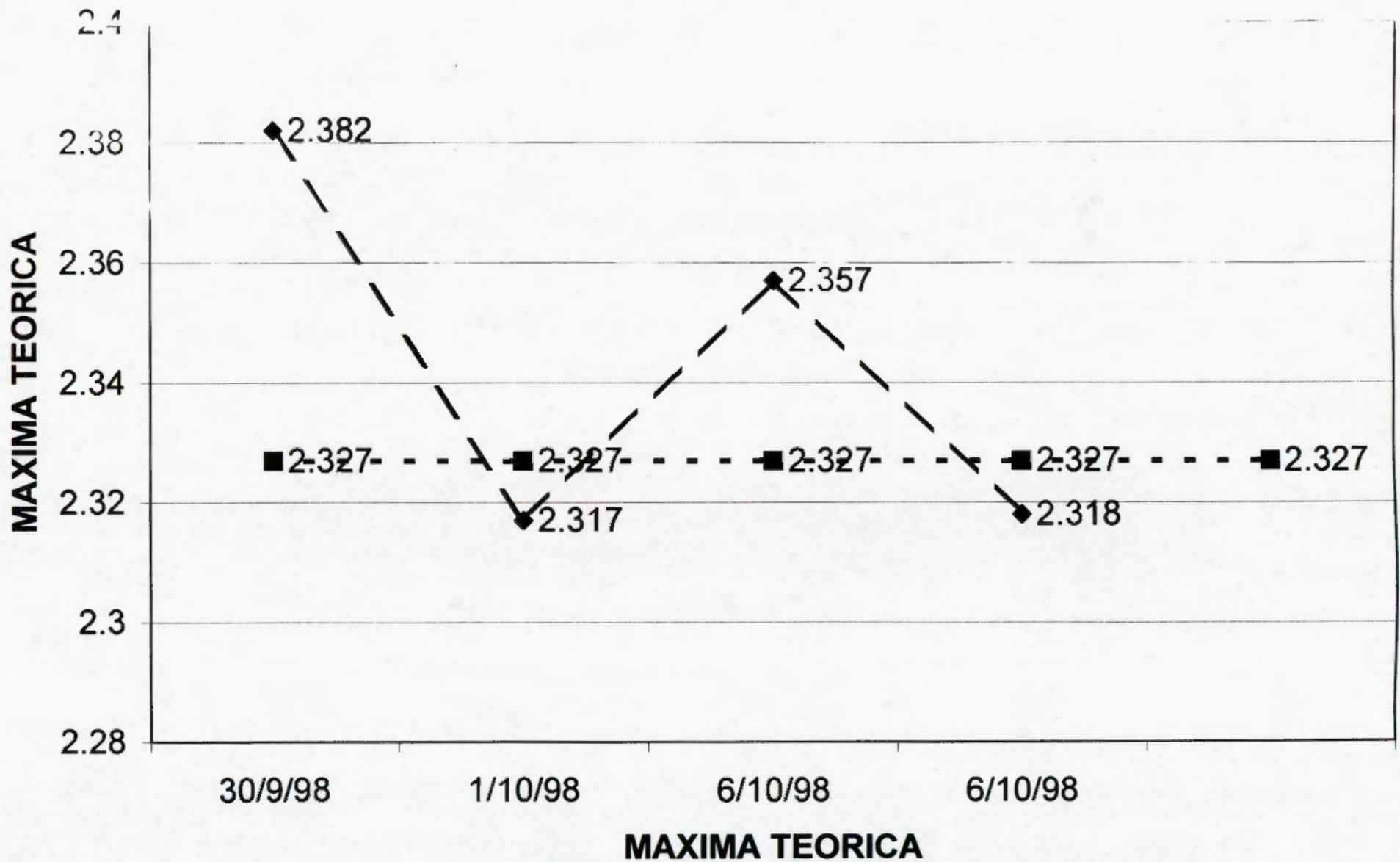


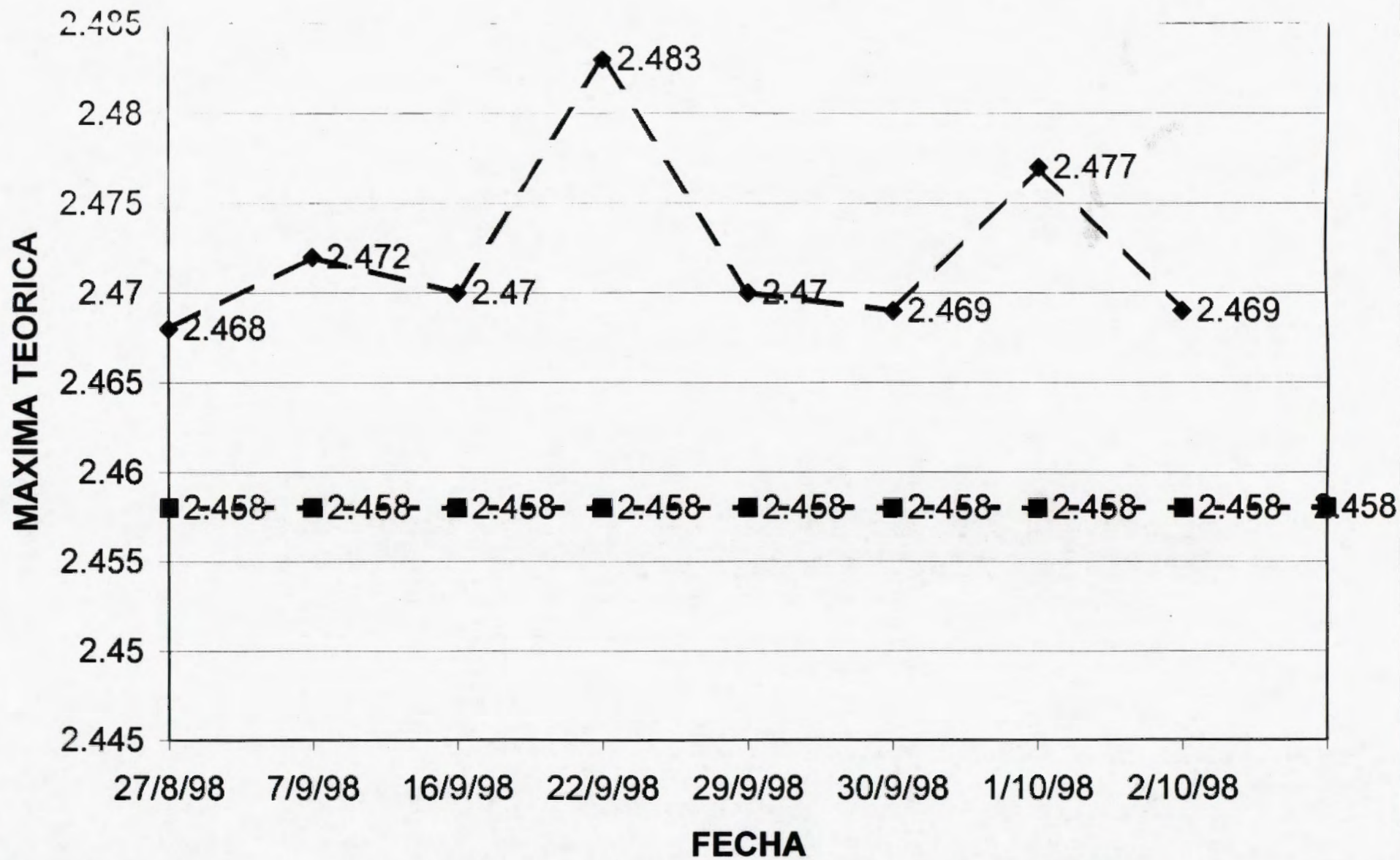
Figure 8. Coarse Gradation at 8% Air Void Content

GRAFICO COMPARATIVO ENTRE MAXIMAS TEORICAS DE PLANTA Y LA DE DISEÑO



—◆— ·MAX. TEO. DIARIAS ·■· ·MAX. TEO. DISEÑO

GRAFICO COMPARATIVO ENTRE MAXIMAS TEORICAS DE PLANTA Y I.A DE DISEÑO



—◆— MAX. TEO. DIARIA —■— MAX. TEO. DISEÑO

ANEXO 2B

**MATERIALES DE LA CHARLA TECNICA SOBRE EL
PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD "SPEC"**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

CONVENIO M.O.P.T.- U.C.R.

**“MISION: PROFESIONALISMO Y DISCIPLINA DE TRABAJO
PARA ASEGURAR LA CALIDAD DE LAS OBRAS”**

**CHARLA TECNICA SOBRE PROGRAMA DE CONTROL
ESTADISTICO DE TOLERANCIAS DE MATERIALES
“SPEC”**

**LANAMME, U.C.R.
15 DE OCTUBRE DE 1998**

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

ESPECIFICACION: valores recomendados por el diseñador del proyecto o por los códigos de construcción.

VALOR DE DISEÑO: valores determinados en laboratorio con los materiales disponibles para acercarse a la especificación.

TOLERANCIA DE VARIACION: variación aceptable de los parámetros de la obra respecto a los valores de diseño de una mezcla.

SEGUIMIENTO CRONOLOGICO: recopilación en orden cronológico de los resultados o parámetros de control de un proceso productivo desde su inicio hasta el final. Puede tener divisiones parciales por lote de producción.

GRAFICOS DE CONTROL: gráfico de seguimiento cronológico que muestra la variación de los parámetros en el tiempo y permite determinar anomalías en la producción.

PROMEDIO MOVIL: valor promedio de los últimos datos de una serie cronológica que indica el comportamiento general de este último periodo de datos.

DISTRIBUCION NORMAL o de GAUSS: distribución probabilística de datos que responden a un proceso natural de ocurrencia como en la producción de materiales.

VALOR MEDIO: valor promedio de una serie de datos

DESVIACION ESTANDAR: desviación de un conjunto de datos respecto a su valor medio.

CUARTIL ESTADISTICO: sub-grupo de una cuarta parte de datos que indica la tendencia interna del grupo de datos. Existen cuatro cuartiles en toda distribución, dos alrededor del valor medio y dos en los extremos.

"OUTLIERS": datos o casos aislados que se apartan mucho de la tendencia general de un conjunto de datos y que pueden originarse en errores excepcionales o fallas del ensayo. En muchas ocasiones deben ser eliminados.

**PUERTO RICO HIGHWAY AND TRANSPORTATION AUTHORITY
CONTRACT EVALUATION AND FEDERAL AFFAIRS AREA**

Software "SPEC"

**SPECIFICATION CONFORMITY ANALYSIS
(MENU PRINCIPAL)**

| ACCOUNTS | SPECIFICATIONS | DATA | ANALYZE | UTILITIES |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--|--|
| ADD (agregar cuenta para datos) | ADD (agregar tolerancias) | EDIT (editar datos existentes) | ANALYZE (analizar cumplimiento de una cuenta) | TRANSFER (transferir datos) |
| EDIT (editar una cuenta existente) | EDIT (editar tolerancias) | PRINT (imprimir serie de datos) | MULT DIST (ver varias distribuciones a la vez) | DELETE (borrar) |
| DELETE (borrar cuentas) | DELETE (borrar) | | MULT PLOT (ver varios gráficos a la vez) | PRINT (imprimir) |
| PRINT (imprimir) | | | BOX PLOTS (ver gráficos de cuartiles de varias cuentas) | HELP (ayuda general en inglés y tolerancias básicas) |
| QUIT (salir del programa) | | | DIVIDE (dividir una cuenta en sub-poblaciones) | |
| | | | PRINT (imprimir) | |

PROGRAMA DE ANALISIS ESTADISTICO DE ENSAYOS Y CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES "SPEC" FHWA, PUERTO RICO

Pasos generales de utilización:

- 1) Definir una nueva cuenta con los datos del proyecto (comando ADD del primer menú). Hay que definir una cuenta para cada tipo de datos, por ejemplo, una para granulometría, otra para Marshall, otra para concreto, etc. En general, la instrucción CTRL-ENTER termina el proceso y acepta la información en todos los menús.
- 2) Definir el parámetro que se va a evaluar e incluir en la cuenta (seleccionando en la lista) con sus límites de especificación o aceptabilidad. Aquí hay un problema de funcionamiento porque los límites deben ser cambiados fuera del programa, editando el archivo respectivo (que tiene un nombre terminado en .dt) con el editor de DOS y cambiando allí los límites de especificación sin alterar la posición de los caracteres del archivo. Aquí también se podrían incluir datos de los ensayos siguiendo el formato establecido por el archivo.
- 3) Introducir los datos de los ensayos, uno a uno, usando el comando EDIT del tercer menú y las funciones F2 y F1.
- 4) Realizar los análisis estadísticos según los comandos descritos a continuación:

Opción ANALYZE:

Al aplicar este comando se producen tres gráficos y se hace una prueba estadística de normalidad de los datos para ayudar al usuario a identificar las anomalías o tendencias en los datos y para estimar el porcentaje de las medidas que están dentro de las especificaciones. El gráfico de la parte superior es un ploteo de los datos con el número de lote en el eje horizontal y los valores en la escala vertical (el eje horizontal debe tener datos ordenados cronológicamente).

Además de los datos de los ensayos, el gráfico muestra la tendencia del valor medio de los datos mediante una media móvil o mediante LOWESS (valor medio suavizado con un peso de ponderación). La línea central representa la tendencia de la media y se presenta con una banda que representa una desviación estandar (hacia arriba y hacia abajo) de los últimos 11 datos. La curva central permite identificar la tendencia general de los datos. Las curvas paralelas indican los cambios en la dispersión relativa de los datos a lo largo del tiempo. Si la banda entre las curvas externas se amplía, es una indicación de que la dispersión de los datos aumenta (reflejando una pérdida de control del parámetro en el proceso productivo). Por el contrario, una banda que converge indica la reducción de la dispersión (mejoría del control).

El gráfico también presenta los límites de especificación que se hayan predeterminado para cada análisis. Con ello se puede observar si la curva de la tendencia se ubica en los límites de aceptación y la tendencia que tenga para mantenerse o salir de allí.

En la parte derecha se presenta un indicador de la distribución de datos en forma de caja. Esta caja sirve para identificar los datos muy desviados (outliers) y para juzgar la simetría de los datos. La caja formada por tres líneas cortas horizontales representan en orden ascendente el primero, segundo y tercer cuartil de la frecuencia de datos. El segundo cuartil refleja la media de la distribución. El área de la caja representa el 2do y 3er cuartil de la distribución. Si una de las cajas o subpartes es mayor que la otra, esto significa que los datos están sesgados en el cuartil que tenga la mayor caja. De la parte inferior y superior de la caja se extienden líneas hasta los datos más alejados menos 1.5 veces el rango entre cuartiles de la caja. Si existieran datos aún más alejados, se consideran muy desviados (outliers) y se indican con asteriscos (*).

El gráfico inferior derecho es un ploteo Q-Q como indicación visual de normalidad en la distribución de los datos. Si el alineamiento de los datos de este gráfico difieren significativamente de una línea recta se evidencia una distribución no normal. Adicionalmente se hace una prueba de Kolmogorov sobre normalidad y si es significativa a un nivel de 20% de confianza aparece un mensaje que indica un comportamiento diferente del de la distribución normal.

El tercer gráfico localizado en la parte inferior izquierda contiene dos curvas. Una curva es la función de densidad de la distribución normal con el mismo valor medio y desviación estándar de todos los datos. La segunda curva (irregular) es un función de densidad generada con los datos y superimpuesta en la misma posición de la curva normal para efectos comparativos. Esta comparación permite observar directamente la existencia de varias modas o el sesgo de la distribución real de datos respecto al comportamiento normal. Debe tenerse cuidado al interpretar esta curva cuando el número de datos es bajo, ya que para muestras pequeñas la función de densidad empírica no será regular ni suavizada.

El gráfico contiene líneas verticales a trazos que indican los límites de especificaciones para ubicar la tendencia normalizada de los datos. Los números de la parte inferior indican de izquierda a derecha, la cantidad de datos que entran en el límite de especificación asumiendo una distribución normal de ellos. El siguiente número (en paréntesis) es porcentaje real de los datos que entran en el rango de especificación. Los siguientes números son el valor medio de los datos y la desviación estándar (sin decimales).

Comando MULT DIST: (ver varias distribuciones)

En esta opción, el usuario puede seleccionar un tipo de material y escoger 16 cuentas de proyectos para comparar visualmente las distribuciones de estas cuentas. Después de seleccionar las cuentas, el programa estima el porcentaje del material que en cada cuenta cae dentro de especificaciones y ordena las cuentas ascendientemente con base en este porcentaje. Los datos se ilustran mediante una serie de funciones de densidad (la normal y la empírica). Los gráficos se muestran en la pantalla así como los códigos de cuenta, el porcentaje dentro de límites, el valor medio y la desviación estándar. Esto brinda una comparación visual rápida y ordenamiento de cuentas o proyectos.

Comando MULT PLOT: (ver los ploteos de datos de varias cuentas)

Este opción es similar a la anterior. En este caso se presentan los gráficos de control y tendencia de cada cuenta seleccionada por el usuario. Esta es una buena manera de comparar los resultados de varias cuentas simultáneamente.

Comando BOX PLOTS: (usar BOX plots y ANOVA para comparar cuentas)

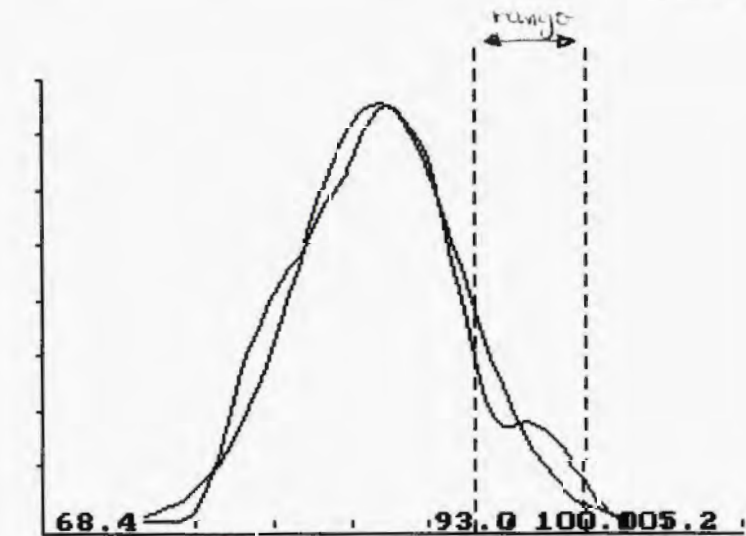
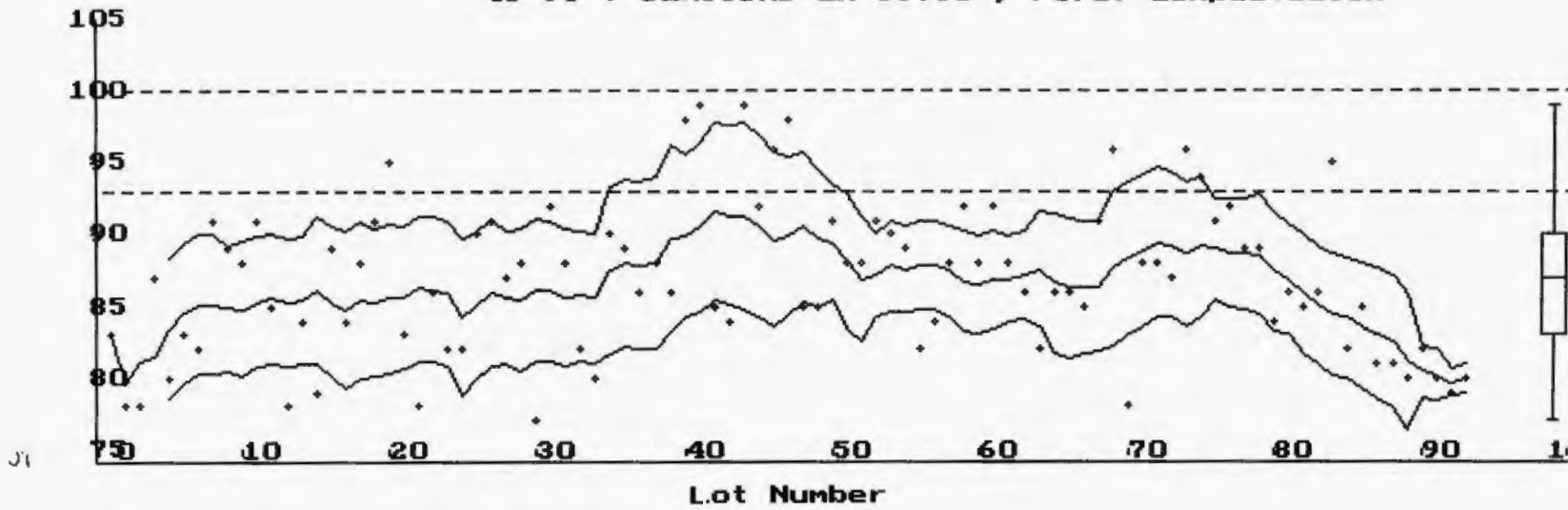
Con esta opción, el usuario puede comparar cuentas para definir si hay diferencia significativas en el valor medio de las mediciones. Después de seleccionar el material y el ensayo requerido, se deben seleccionar las cuentas de proyecto que se quieren comparar. Las cuentas se ordenan en forma ascendente según el valor medio del parámetro escogido. Se dibujan los cuartiles de las cuentas y los límites de especificación respectivos para observar el cumplimiento de los ensayos.

Comando DIVIDE: (dividir en segmentos)

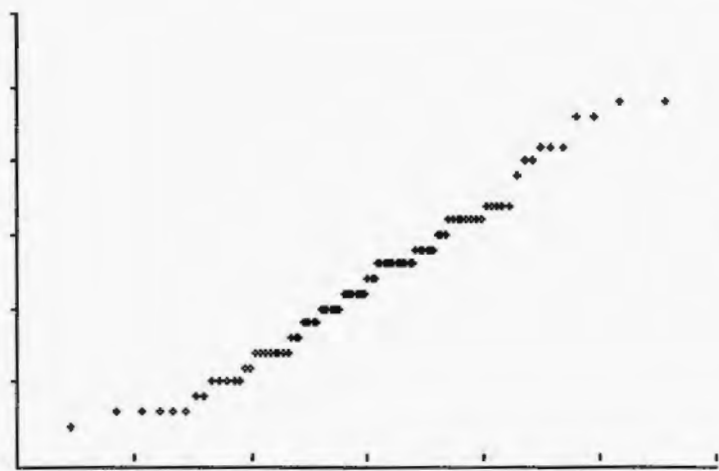
Con este comando se dividen los datos en segmentos o grupos que parecen tener distribuciones diferentes. El procedimiento busca entre los datos aquellos segmentos en que el valor medio o la desviación estándar mediante una prueba estadística indican un cambio probable en el proceso de datos. Como antes se hizo, se asume que la distribución es normal. Esta selección ayuda a determinar puntos donde el proceso de producción parece haber cambiado significativamente.

COMANDO ANALYZE

45-96 : DENSIDAD EN SITIO , Porc. compactacion



11 % Within Limits (11) M=87 Sd=5

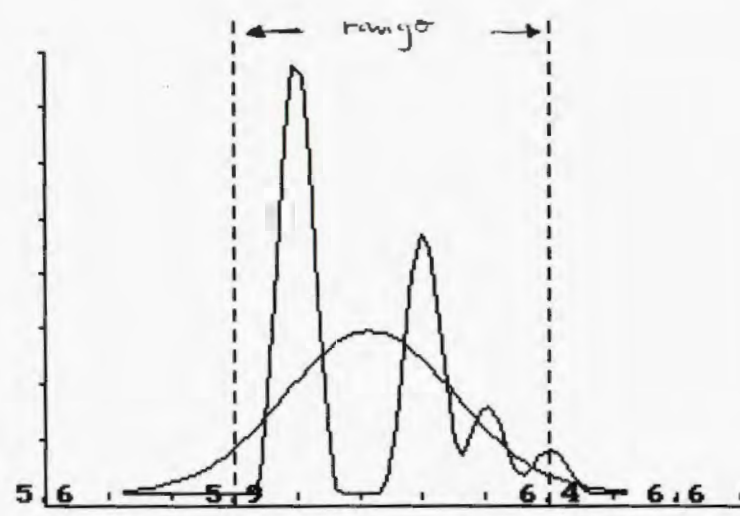
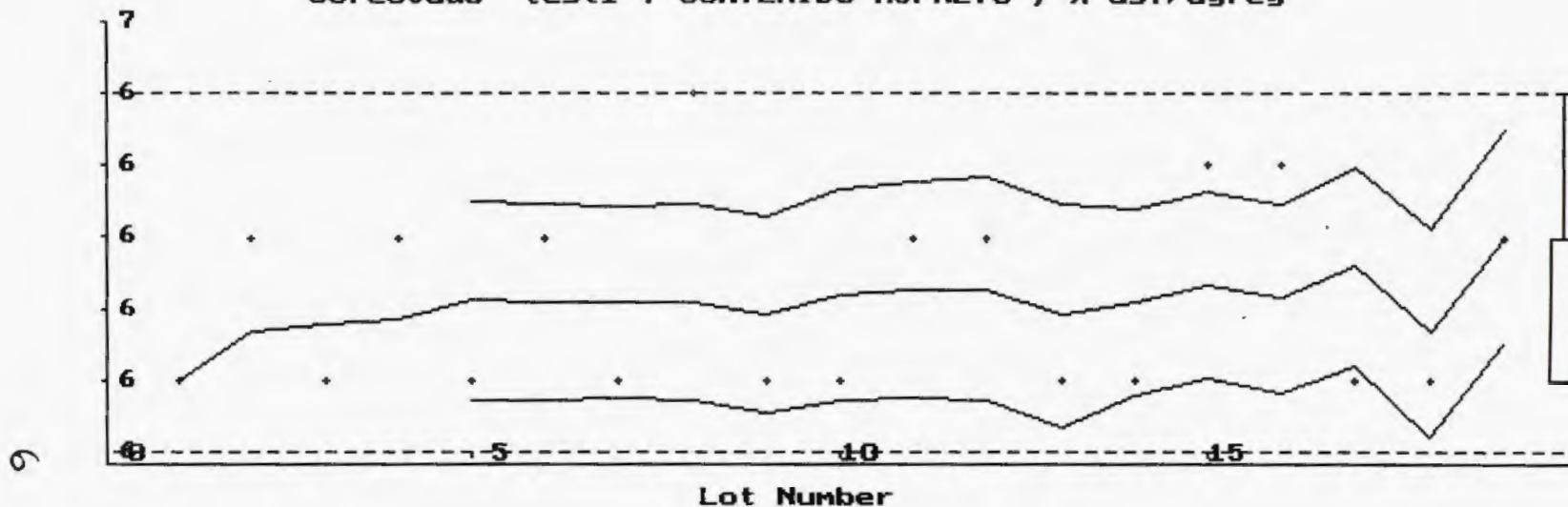


Normal Q-Q Plot

ck!

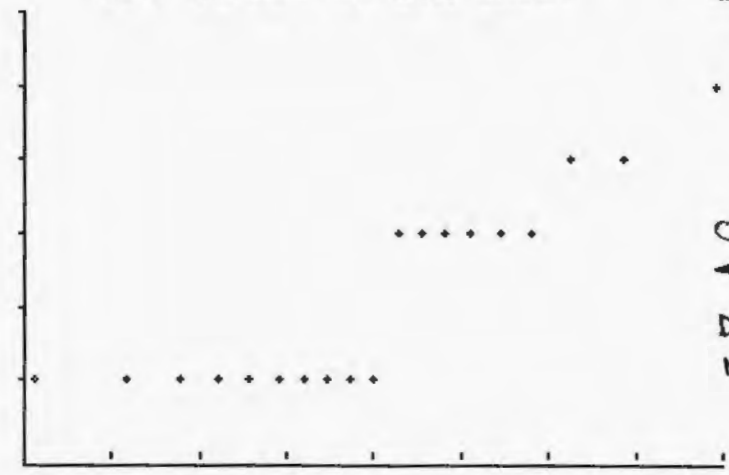
COMANDO: ANALYZE

Corcovado test1 : CONTENIDO ASFALTO , % asf/agreg



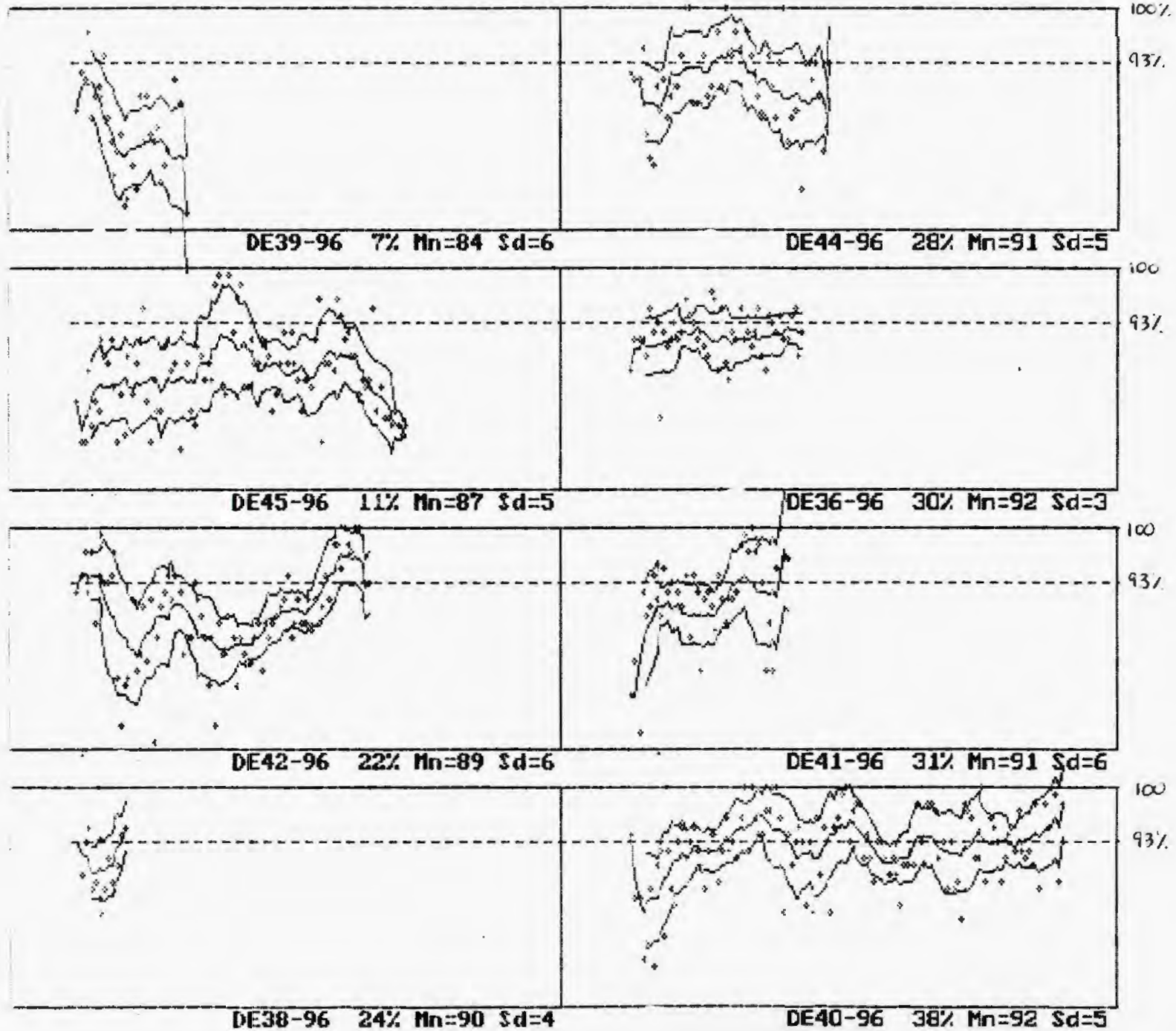
94 % Within Limits (95) M=6 Sd=0

Not Normal at 10% level



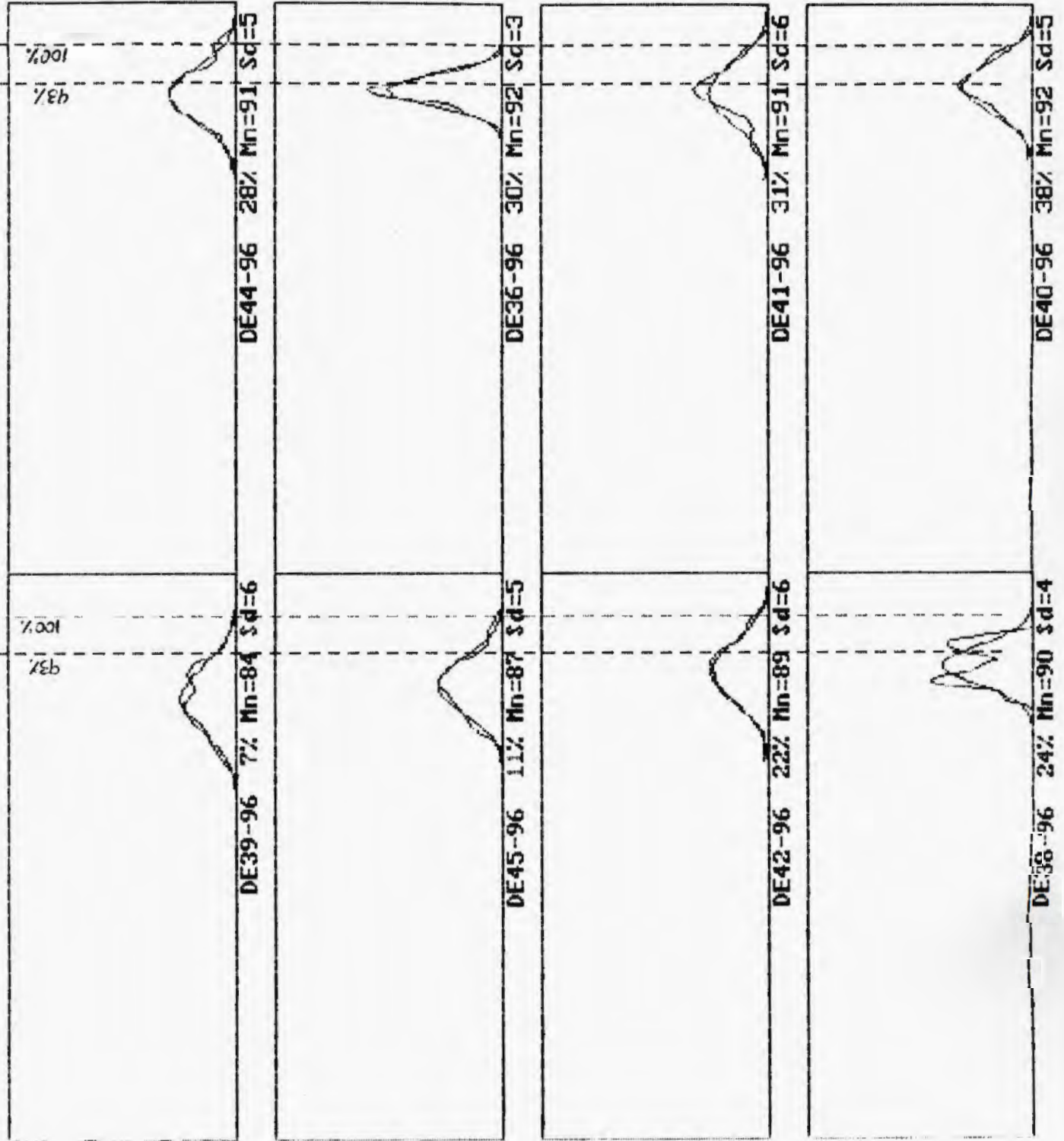
Normal Q-Q Plot

DENSIDAD EN SITIO , Porc. Compact.

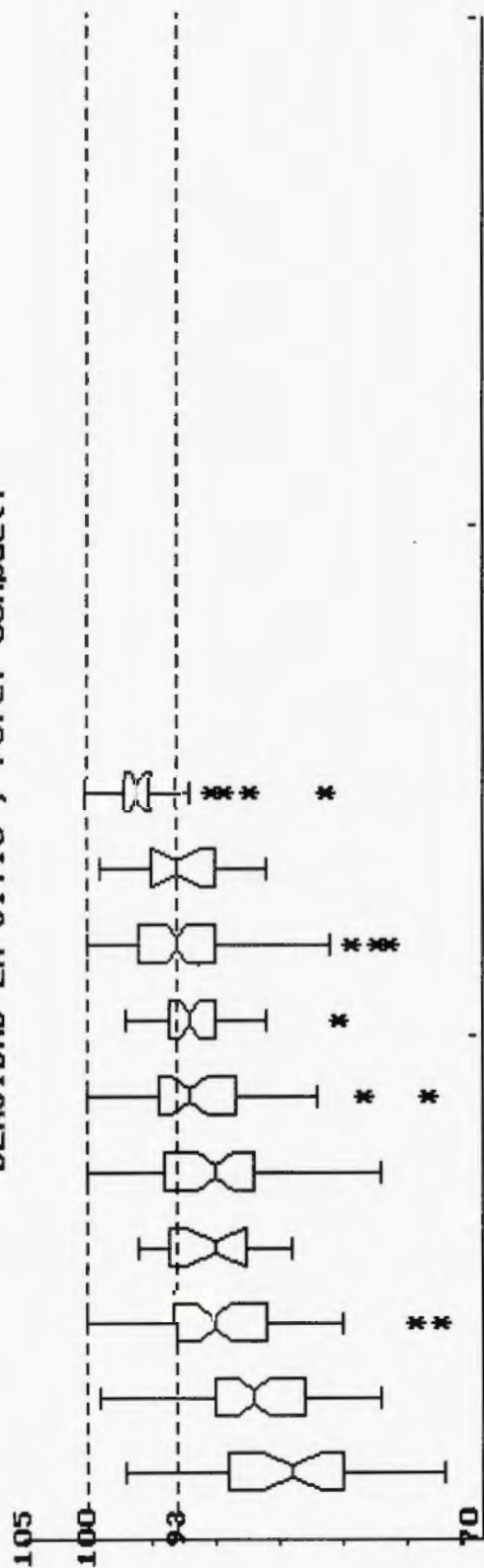


7

DENSIDAD EN SITIO , Parc. Compact.



DENSIDAD EN SITIO , Porc. Compact.



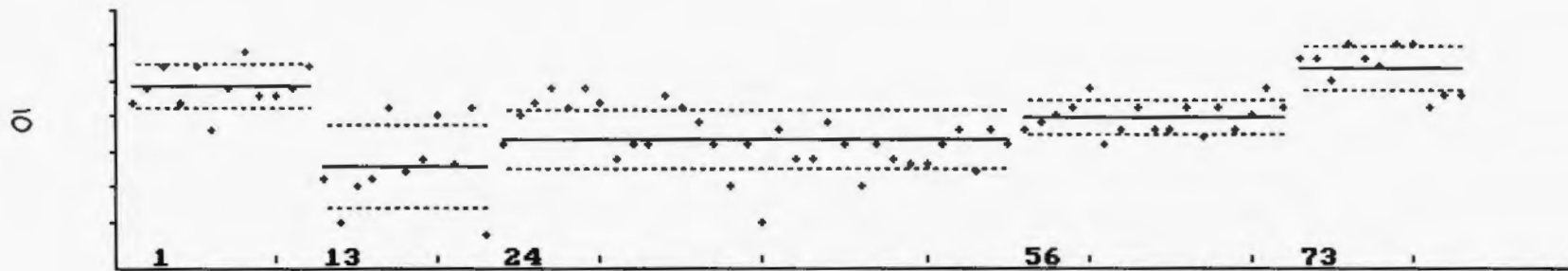
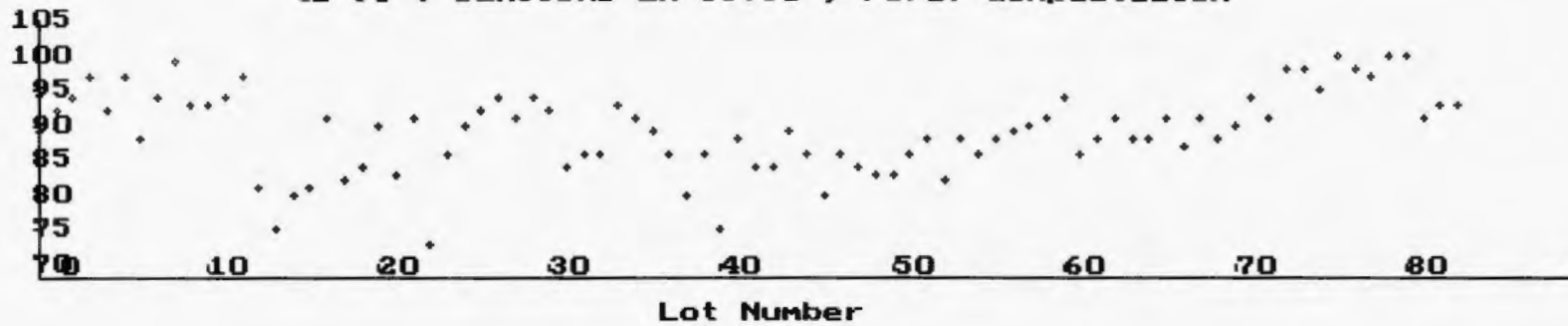
5

ANOVA: F(9,531) = 16.77

DE39-96
 DE45-96
 DE42-96
 DE38-96
 DE44-96
 DE41-96
 DE36-96
 DE40-96
 DE46-96
 DE37-96

COMANDO: DIVIDE

42-96 : DENSIDAD EN SITIO , Porc. compactacion

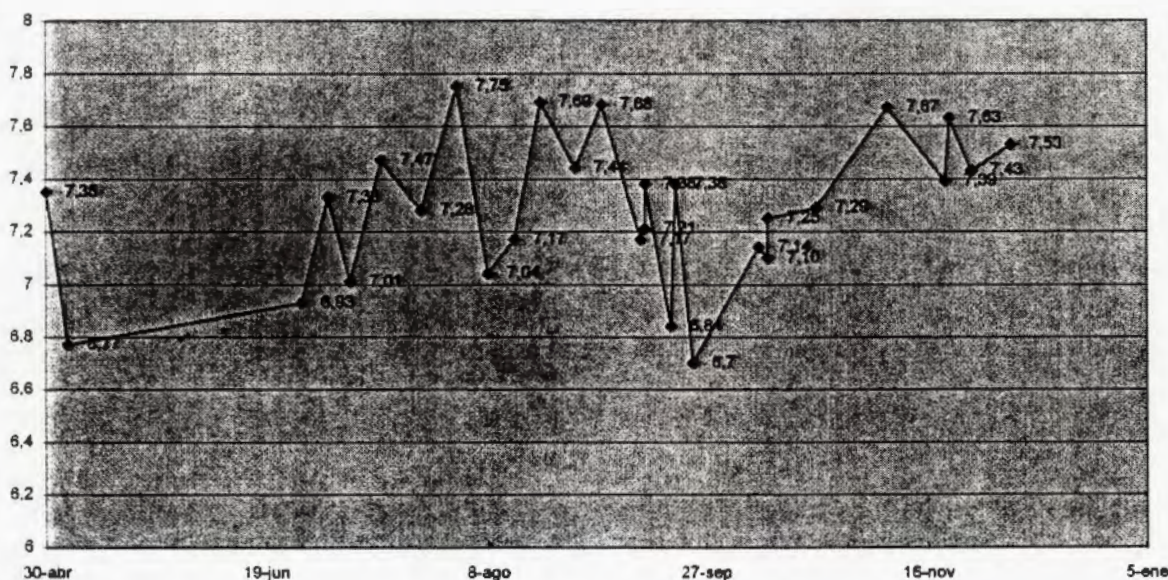


Segment Data

| | | | | | | |
|---|-------|-------|----------------|-------|----------|------|
| [| 1.0, | 12.0] | Average Value: | 94.17 | Std Dev: | 2.98 |
| [| 13.0, | 23.0] | Average Value: | 82.82 | Std Dev: | 6.00 |
| [| 24.0, | 55.0] | Average Value: | 86.63 | Std Dev: | 4.31 |
| [| 56.0, | 72.0] | Average Value: | 89.71 | Std Dev: | 2.26 |
| [| 73.0, | 83.0] | Average Value: | 96.64 | Std Dev: | 3.17 |

| Fecha | % Asfalto | Pas. No.4 | Pas. No.200 | Estabil. | % Vacios | RPS |
|------------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|-------|
| 30-abr | 7,35 | 59 | 6,6 | 1363 | 4 | 28,1 |
| 5-may | 6,77 | 62 | 8,9 | 1180 | 4,5 | 28,6 |
| 27-jun | 6,93 | 54 | 6 | 1277 | 3,0 | 34,7 |
| 3-jul | 7,33 | 65 | 8,1 | 1042 | 3,3 | 36,3 |
| 8-jul | 7,01 | 62 | 6,4 | 1357 | 3,2 | 27,6 |
| 15-jul | 7,47 | 68 | 6,3 | 1321 | 4,4 | 29,9 |
| 24-jul | 7,28 | 65 | 7,8 | 1092 | 3,2 | 31,1 |
| 1-ago | 7,75 | 65 | 7,4 | 1235 | 2,9 | 34,4 |
| 8-ago | 7,04 | 60 | 6,8 | 1324 | 5,1 | 26,7 |
| 14-ago | 7,17 | 63 | 7,2 | 1134 | 4,4 | 33,5 |
| 20-ago | 7,69 | 64 | 7,2 | 1472 | 3,2 | 25,8 |
| 28-ago | 7,44 | 61 | 7,2 | 1199 | 5,0 | 29,9 |
| 3-sep | 7,68 | 62 | 6,8 | 1199 | 3,7 | 31,3 |
| 12-sep | 7,17 | 58 | 7,7 | 1086 | 4,1 | 33,6 |
| 13-sep | 7,21 | 58 | 7,1 | 952 | 5,0 | 39,2 |
| 13-sep | 7,38 | 59 | 7,2 | 1014 | 4,3 | 33,8 |
| 19-sep | 6,84 | 56 | 6,3 | 1224 | 5,1 | 28,1 |
| 20-sep | 7,38 | 59 | 7,2 | 1014 | 4,3 | 33,8 |
| 24-sep | 6,7 | 58 | 8 | 1223 | 4,8 | 25,8 |
| 9-oct | 7,14 | 61 | 7,9 | 1226 | 5 | 30,7 |
| 11-oct | 7,10 | 60 | 7,5 | 1196 | 4,9 | 31,2 |
| 11-oct | 7,25 | 61 | 7,1 | 1176 | 4,0 | 31,1 |
| 22-oct | 7,29 | 65 | 7,9 | 1218 | 4,6 | 28,7 |
| 7-nov | 7,67 | 67 | 6,1 | 1278 | 4,5 | 28,4 |
| 20-nov | 7,39 | 65 | 8,0 | 2323 | 3,2 | 34,8 |
| 21-nov | 7,63 | 62 | 7,3 | 2344 | 3,7 x | |
| 26-nov | 7,43 | 62 | 6,4 | 1519 | 4,8 | 24,0 |
| 5-dic | 7,53 | 63 | 7,3 | 1572 | 4,7 x | |
| Promedio | 7,29 | 61,57 | 7,20 | 1305,7 | 4,18 | 30,81 |
| Desv. Std. | 0,28 | 3,23 | 0,68 | 319,2 | 0,71 | 3,58 |
| Maximo | 7,75 | 68 | 8,9 | 2344 | 5,1 | 39,2 |
| Minimo | 6,70 | 54,00 | 6,00 | 952,00 | 2,90 | 24,00 |

Planta Pedregal - Datos de Vieta & Asoc.
Variacion del Contenido de Asfalto de abril a diciembre 1997



CAPITULO 3

OPERACION Y CALIBRACION DE DENSIMETROS

NUCLEARES

3. OPERACIÓN Y CALIBRACION DE DENSIMETROS NUCLEARES

3.1 INTRODUCCIÓN

3.1.1 OBJETIVOS

- Conocer la variabilidad de las mediciones hechas con densímetro.
- Evaluar el efecto de factores externos como la temperatura, la humedad, la posición y la rugosidad de la superficie.
- Elaborar un documento que sirva de referencia o manual de entrenamiento y operación segura y confiable de los densímetros.

3.1.2 METODOLOGÍA

La hipótesis de trabajo consiste en evaluar al menos los siguientes factores que pueden afectar las medidas de compactación tomadas con un densímetro nuclear, a saber:

- Variabilidad propia del instrumento
- Espesor de la capa
- Posición de aparato
- Humedad del material
- Rugosidad (Textura Superficial)

La temperatura ambiente también podría tener un efecto menor sobre las mediciones, sin embargo, como se verá más adelante, este efecto es difícil de aislar cuando se tienen otros factores de mayor impacto que afectan la medición.

En este estudio se analizarán mediciones realizadas con el densímetro nuclear en condiciones controladas de laboratorio (con bloques de calibración) y en el campo (en puntos de control). El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales posee tres densímetros nucleares de capa delgada y uno de capa gruesa. Sus códigos son: 1869, 1870, 2031 y 26224 y la fecha de inicio de operación de cada uno es la siguiente:

Tabla No. 3.1 Equipos de densimetría de la UCR

| DENSIMETRO | FECHA DE INICIO |
|--------------------|-----------------|
| 1869, capa delgada | Julio de 1997 |
| 1870, capa delgada | Julio de 1997 |
| 2031, capa delgada | Agosto de 1998 |
| 26224, capa gruesa | 1995 |

3.2 CUIDADOS ESPECIALES DE LOS EQUIPOS NUCLEARES

Los densímetros son instrumentos que utilizan radiaciones nucleares para su funcionamiento, por lo tanto, se requiere de un curso de entrenamiento para utilizarlos con seguridad. Todos los usuarios del densímetro nuclear deben utilizar "dosímetros" que indiquen la dosis de radiación que han recibido en un lapso determinado. Estos dosímetros deben ser analizados cada tres meses. El personal debe llevar el curso especial del Laboratorio de Física Nuclear Aplicada del Universidad de Costa Rica, como entrenamiento en el uso de equipos nucleares. Esto debe ser una disciplina de trabajo de prioridad N° 1. Los densímetros no pueden ser utilizados si no se llevan a revisión periódica de seguridad.

Es necesario conocer con profundidad el "Manual del Operador" antes de usar el instrumento en el campo. Algunos cuidados que deben tenerse son los siguientes:

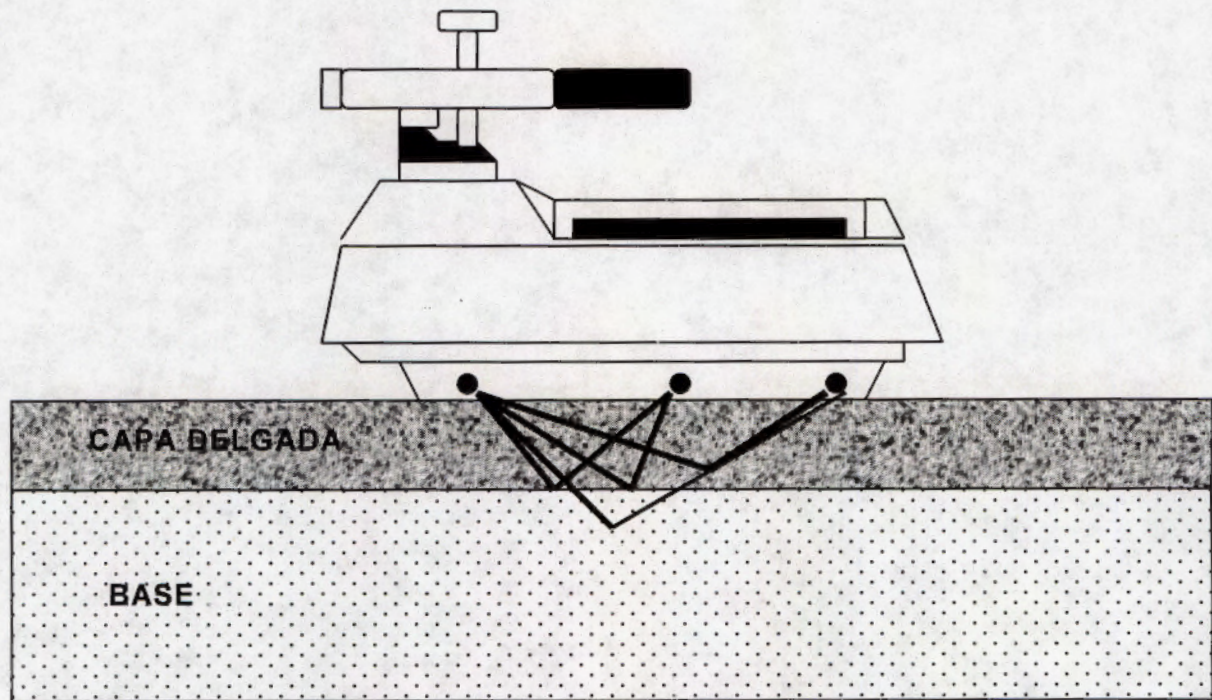
- Anotar en la bitácora de cada aparato el sitio donde se lleva cada día y la estandarización diaria de calibración o prueba.
- Al efectuar mediciones, el operario debe alejarse al menos 4 metros del aparato.
- Poner siempre el candado de cierre para guardarlo y transportarlo.
- Mantener los densímetros en funcionamiento separados 9 m o más en el campo.
- Guardarlos siempre en la caja respectiva.
- Llevarlo a revisión cada 6 meses o cuando sufra golpes.
- Usar rótulo en el vehículo que indique que se llevan equipos radiactivos.

El densímetro de capa delgada obtiene las medidas de densidad usando la radiación gamma (fotones). Los fotones provienen de una fuente de 8 mCi de Cesio 137, localizada en la base del densímetro. Los fotones colisionan con los electrones del material y rebotan para ser medidos. Sin embargo algunos de ellos también son absorbidos por el material.

El densímetro de capa delgada usa dos tubos especiales para detectar los fotones. Cuando la fuente está en la posición de medida, ésta y los detectores están en posición horizontal.

Por lo tanto, la fuente envía fotones a la capa de pavimento y los detectores los reciben, efectuando un conteo de los que han recibido, luego, se correlaciona el número de fotones con una densidad específica.

Figura 3.1 Densímetro nuclear de capa delgada



La fuente radiactiva es calibrada con placas de metal de diferentes espesores y densidades. Con el paso del tiempo, se espera un decaimiento de la emisión nuclear de la fuente. Este fenómeno debe ser tomado en cuenta para recalibrar el aparato.

3.2.1 ESTANDARIZACIÓN DIARIA DEL DENSÍMETRO

Al encender el densímetro, se inicia un proceso de calibración automática durante 5 minutos. Con esto se verifica que la fuente de radiación opere correctamente.

Posteriormente a este proceso, se debe estandarizar el densímetro. La estandarización permite al mismo, analizar las características del terreno en que va a medir. Su duración es de 4 minutos.

Por esto es recomendable que cada vez que se va a medir, se estandarice el aparato. También, si en un mismo día, se realizarán mediciones en dos sitios alejados uno del otro, se debe estandarizar en cada uno de los sitios.

El proceso mencionado, al concluir, genera dos constantes, en la pantalla del densímetro, cuyo valor debe ser menor a 1% y 1,2% respectivamente. Si esto no se cumple, se debe realizar una estandarización más. Si se requieren más de tres estandarizaciones para que se obtengan los valores de las constantes indicados, esto quiere decir que el densímetro tiene problemas de funcionamiento y se debe buscar ayuda profesional de inmediato (en la casa fabricante).

3.3 BLOQUES DE CALIBRACIÓN

El laboratorio posee actualmente tres bloques de calibración, con diferentes densidades. Estos fueron construidos en condiciones muy controladas usando tres tipos de mezcla: una con piedra pómez, otra con agregado mineral de peso normal y la tercera con partículas de acero.

En la figura 3.2 se indican las dimensiones de los bloques de calibración.

Figura 3.2 Dimensiones de los bloques (los tres son idénticos)

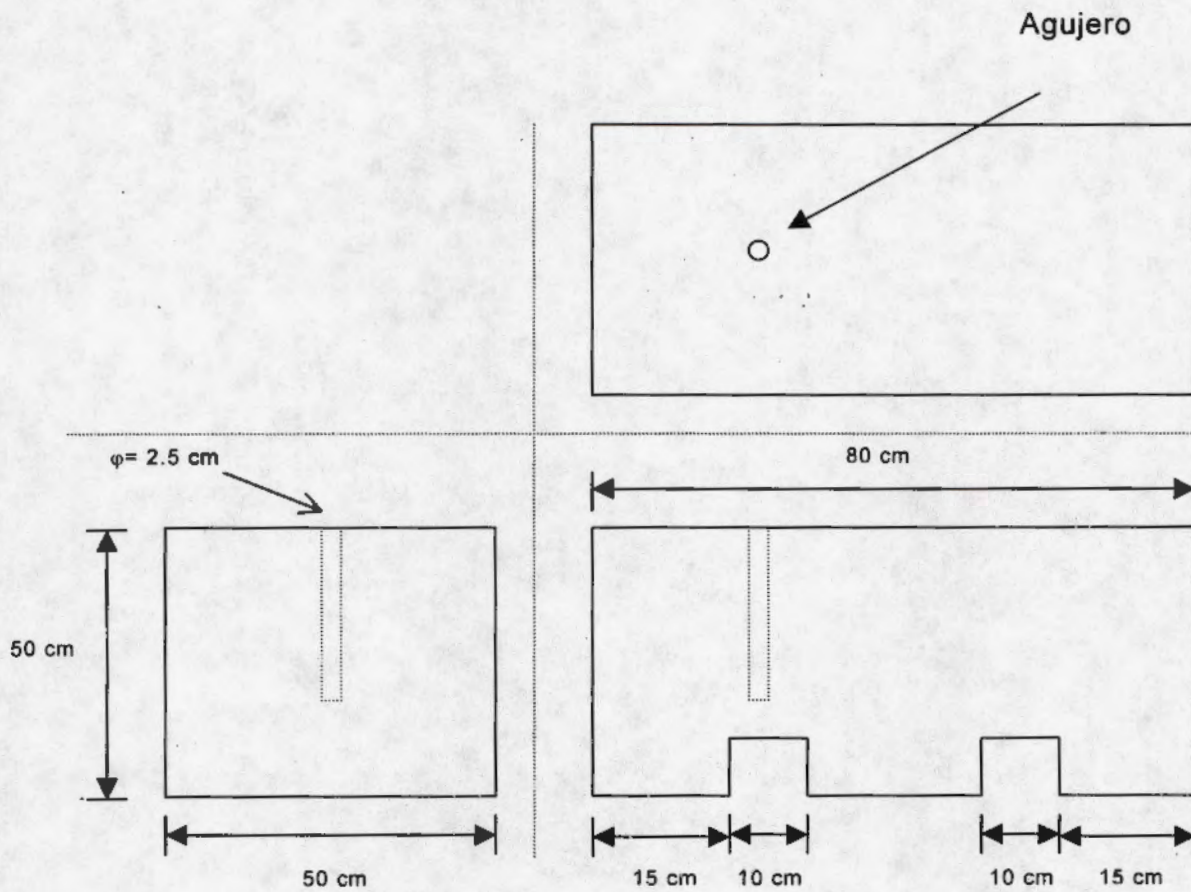
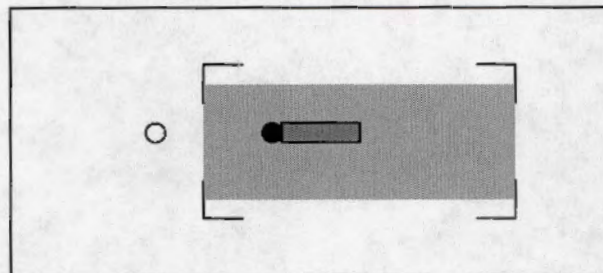


Figura 3.3 Detalle de la posición de los densímetros en los bloques



La densidad aproximada para el bloque construido con agregado mineral, es de 2250 kg/m^3 . A este se le llamó bloque No 1. Al bloque mas liviano se le identificó como el bloque No 2 y tiene una densidad de 1830 kg/m^3 (construido con piedra pómez). Finalmente, el bloque No 3, es el más pesado, debido a que se le agregaron partículas de acero, y presenta una densidad de 2580 kg/m^3 . La densidad exacta no se ha podido determinar por falta de una balanza calibrada para medir pesos en el orden de los 500 kg.

El procedimiento de comprobación de precisión de cada densímetro en los bloques consistió en realizar 9 medidas (27 lecturas), en cada bloque, con cada uno de los densímetros.

Una vez realizadas las medidas anteriores, de forma independiente se hizo un análisis estadístico de lecturas con el programa Spec para conocer la variabilidad de los resultados que se obtienen con éste.

Como los bloques cuentan con condiciones de humedad y densidad uniformes, se espera que la variación de las mediciones sea mínima y totalmente atribuible al funcionamiento normal de cada aparato.

El manual de operación de los densímetros indica que la desviación estándar máxima admisible, para lecturas de 1 minuto, es de 8 kg/m^3 . Se espera que el aparato utilizado no se salga de este rango, pues las condiciones son muy estables en los densímetros.

Además, se realizaron mediciones en los bloques, a 7.5cm con los tres densímetros de capa delgada, variando en cada uno de ellos el tiempo de medida (30s y 1min). Para esto se tomaron 27 lecturas en cada modalidad obteniendo de cada tres de ellas un promedio.

3.3.1 RESULTADOS DE MEDICIONES EN LOS BLOQUES DE CALIBRACIÓN

Con el bloque No.1 se da un comportamiento bastante estable para los tres densímetros. Por ejemplo para el densímetro No. 1869, se presenta una diferencia de un punto entre el promedio a 30 segundos y a un minuto, lo cual es sumamente despreciable.

Para el caso del densímetro No. 2031 se repite la diferencia de un punto. Por último, para el caso del densímetro No. 1870 se presenta una diferencia de 8 puntos, que tampoco representa un cambio significativo (0.38%). Además, las desviaciones estándar que se presentan, siempre están por debajo de los 8 kg/m^3 . Se puede ver que la diferencia del promedio más bajo y el más alto no alcanza el 1.2%.

Para el bloque No.2 tampoco se presentan desviaciones estándar mayores a 8 kg/m^3 . Para el densímetro No. 1869 no se presentó diferencia entre los promedios de 30 segundos y un minuto. Para el No. 2031, apenas fue de 2 unidades. Por último, el No. 1870 presenta una diferencia de 23 unidades que representa un 1.4%.

Las mediciones realizadas en el bloque No.3 presentan desviaciones estándar inferiores a 8 kg/m^3 . Para este bloque no se realizaron mediciones a 30 segundos. Para el densímetro No.1870 se presentan los valores de densidad mas altos, mientras que los mas bajos son los del No.2031. La diferencia máxima porcentual es de 1.5%.

Comparando los valores obtenidos entre los tres densímetros vemos que para el bloque No.1 la diferencia máxima entre las mediciones a 1 minuto es de 0.8%. En el caso del bloque No.2, es de 2%, y en el tres del 1.5%.

Tabla No. 3.2 Mediciones en bloque No.1

| Espesor: | 7.5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | |
|-------------------|-------|-------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|-------------|
| Fecha: | 8-Sep | | 8-Sep | | 8-Sep | | 8-Sep | | 9-Sep | | 9-Sep | |
| Densímetro: | 1869 | | 1869 | | 2031 | | 2031 | | 1870 | | 1870 | |
| Temperatura: | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo de lectura | 1min | | 30 seg | | 1 min | | 30 seg | | 1 min | | 30 seg | |
| 1 | 2107 | | 2116 | | 2102 | | 2096 | | 2113 | | 2117 | |
| 2 | 2098 | | 2109 | | 2099 | | 2092 | | 2109 | | 2126 | |
| 3 | 2102 | 2102 | 2112 | 2112 | 2103 | 2101 | 2123 | 2104 | 2109 | 2110 | 2133 | 2125 |
| 4 | 2108 | | 2111 | | 2102 | | 2110 | | 2117 | | 2141 | |
| 5 | 2106 | | 2107 | | 2099 | | 2094 | | 2121 | | 2122 | |
| 6 | 2116 | 2110 | 2098 | 2105 | 2099 | 2100 | 2109 | 2104 | 2124 | 2121 | 2101 | 2121 |
| 7 | 2102 | | 2122 | | 2111 | | 2099 | | 2115 | | 2130 | |
| 8 | 2109 | | 2117 | | 2102 | | 2096 | | 2117 | | 2121 | |
| 9 | 2109 | 2107 | 2104 | 2114 | 2107 | 2107 | 2107 | 2101 | 2113 | 2115 | 2116 | 2122 |
| 10 | 2106 | | 2096 | | 2104 | | 2119 | | 2124 | | 2125 | |
| 11 | 2109 | | 2112 | | 2106 | | 2096 | | 2114 | | 2131 | |
| 12 | 2112 | 2109 | 2101 | 2103 | 2115 | 2108 | 2111 | 2109 | 2118 | 2119 | 2138 | 2131 |
| 13 | 2118 | | 2110 | | 2115 | | 2112 | | 2122 | | 2137 | |
| 14 | 2113 | | 2104 | | 2101 | | 2097 | | 2116 | | 2139 | |
| 15 | 2101 | 2111 | 2108 | 2107 | 2104 | 2107 | 2097 | 2102 | 2119 | 2119 | 2117 | 2131 |
| 16 | 2105 | | 2097 | | 2096 | | 2117 | | 2115 | | 2124 | |
| 17 | 2102 | | 2092 | | 2091 | | 2086 | | 2123 | | 2131 | |
| 18 | 2104 | 2104 | 2116 | 2102 | 2108 | 2098 | 2098 | 2100 | 2112 | 2117 | 2140 | 2132 |
| 19 | 2106 | | 2121 | | 2102 | | 2104 | | 2126 | | 2122 | |
| 20 | 2107 | | 2107 | | 2100 | | 2103 | | 2128 | | 2114 | |
| 21 | 2110 | 2108 | 2108 | 2112 | 2105 | 2102 | 2113 | 2107 | 2119 | 2124 | 2124 | 2120 |
| 22 | 2113 | | 2111 | | 2111 | | 2097 | | 2138 | | 2140 | |
| 23 | 2107 | | 2120 | | 2102 | | 2110 | | 2129 | | 2125 | |
| 24 | 2106 | 2109 | 2124 | 2118 | 2109 | 2107 | 2103 | 2103 | 2126 | 2131 | 2133 | 2133 |
| 25 | 2106 | | 2087 | | 2109 | | 2094 | | 2128 | | 2149 | |
| 26 | 2110 | | 2109 | | 2108 | | 2096 | | 2127 | | 2112 | |
| 27 | 2106 | 2107 | 2104 | 2100 | 2111 | 2109 | 2107 | 2099 | 2109 | 2121 | 2137 | 2133 |
| Promedio | 2107 | 2107 | 2108 | 2108 | 2104 | 2104 | 2103 | 2103 | 2120 | 2120 | 2128 | 2128 |
| Desv.est. | 4.55 | 2.78 | 9.18 | 6.30 | 5.66 | 4.01 | 9.16 | 3.11 | 7.20 | 5.85 | 10.90 | 5.28 |

Figura No. 3.4 Comparación de Densímetros en el bloque No.1, a 7.5cm, a 1min

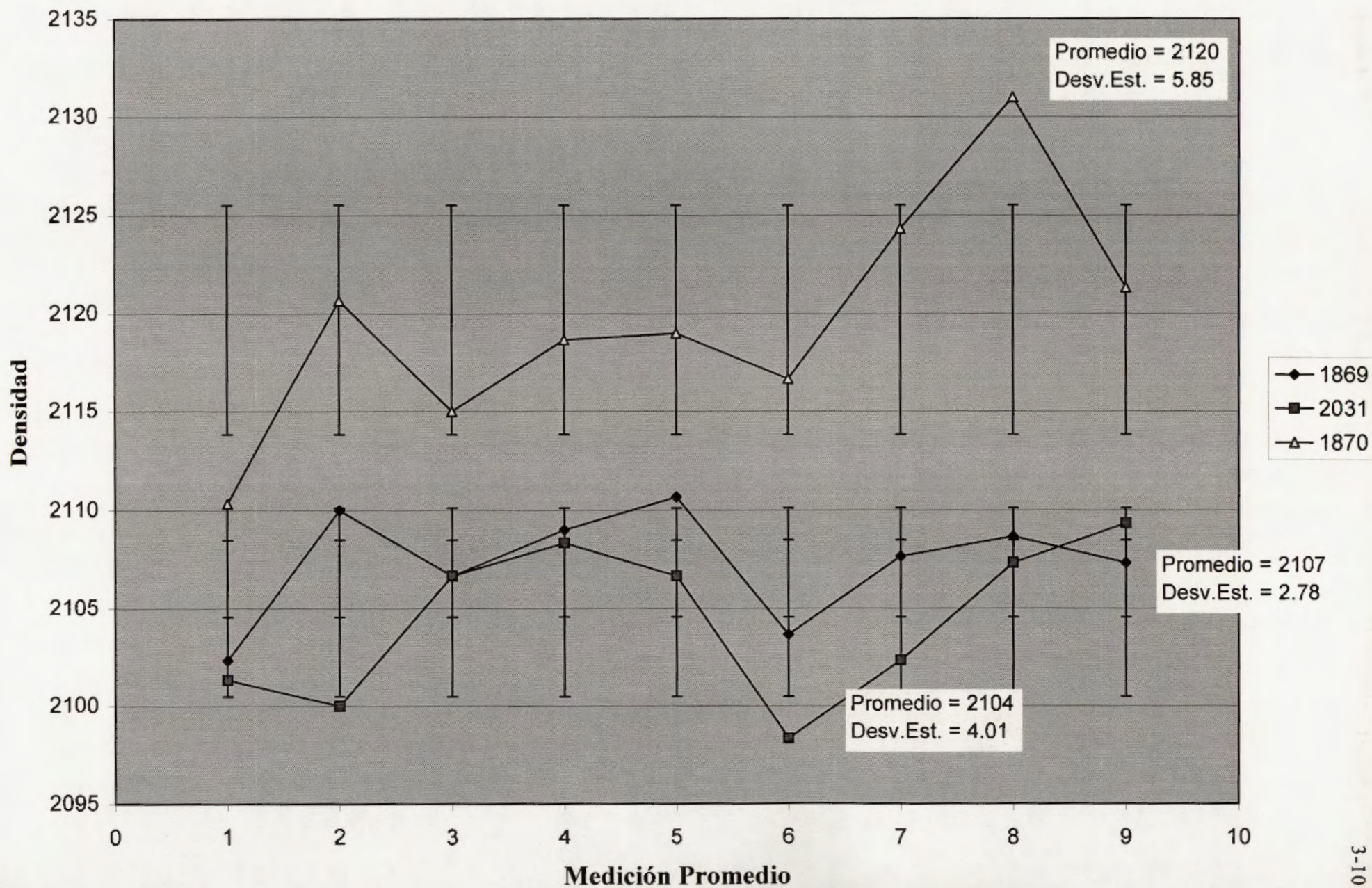


Figura No. 3.5 Comparación de densímetros en el bloque No.1, a 7.5cm, a 30seg

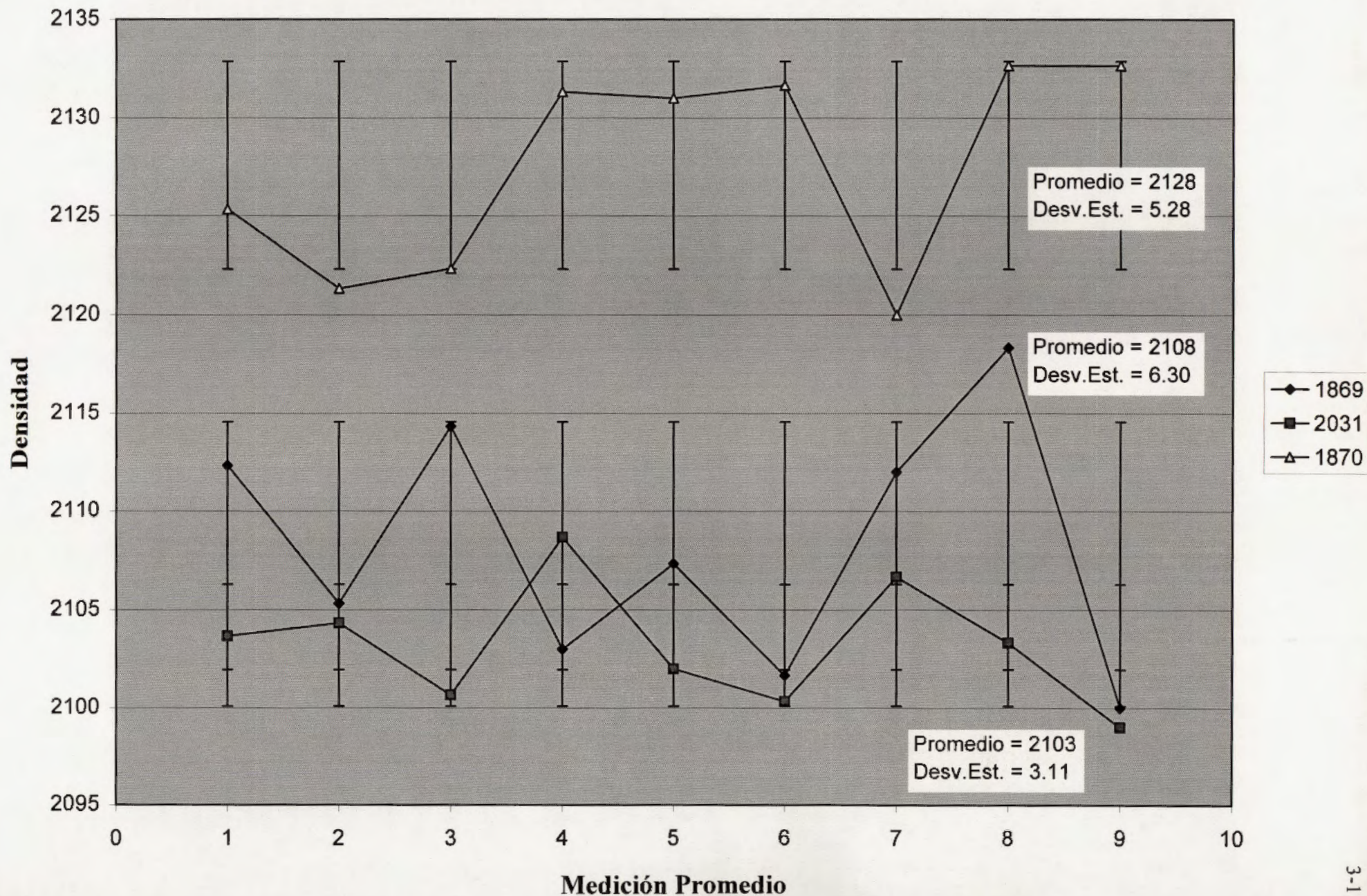


Tabla No. 3.3 Mediciones en el bloque No.2

| Espesor: | 7.5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | |
|-------------------|-------|-------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|-------------|
| Fecha: | | | | | | | 8-Sep | | | | 9-Sep | |
| Densímetro: | 1869 | | 1869 | | 2031 | | 2031 | | 1870 | | 1870 | |
| Temperatura: | | | | | | | | | | | | |
| Tiempo de lectura | 1 min | | 30 seg | | 1 min | | 30 seg | | 1 min | | 30 seg | |
| 1 | 1629 | | 1614 | | 1642 | | 1641 | | 1603 | | 1639 | |
| 2 | 1620 | | 1637 | | 1654 | | 1643 | | 1609 | | 1636 | |
| 3 | 1627 | 1625 | 1638 | 1630 | 1645 | 1647 | 1657 | 1647 | 1615 | 1609 | 1630 | 1635 |
| 4 | 1624 | | 1632 | | 1640 | | 1640 | | 1595 | | 1646 | |
| 5 | 1626 | | 1634 | | 1641 | | 1640 | | 1601 | | 1627 | |
| 6 | 1625 | 1625 | 1622 | 1629 | 1660 | 1647 | 1655 | 1645 | 1602 | 1599 | 1635 | 1636 |
| 7 | 1629 | | 1631 | | 1649 | | 1651 | | 1621 | | 1630 | |
| 8 | 1626 | | 1622 | | 1644 | | 1659 | | 1615 | | 1634 | |
| 9 | 1621 | 1625 | 1634 | 1629 | 1650 | 1648 | 1642 | 1651 | 1611 | 1616 | 1630 | 1631 |
| 10 | 1630 | | 1629 | | 1645 | | 1646 | | 1616 | | 1611 | |
| 11 | 1621 | | 1615 | | 1643 | | 1658 | | 1608 | | 1632 | |
| 12 | 1621 | 1624 | 1622 | 1622 | 1662 | 1650 | 1639 | 1648 | 1616 | 1613 | 1631 | 1625 |
| 13 | 1626 | | 1626 | | 1649 | | 1641 | | 1608 | | 1639 | |
| 14 | 1618 | | 1635 | | 1638 | | 1681 | | 1614 | | 1638 | |
| 15 | 1634 | 1626 | 1619 | 1627 | 1643 | 1643 | 1651 | 1658 | 1611 | 1611 | 1639 | 1639 |
| 16 | 1631 | | 1615 | | 1645 | | 1641 | | 1617 | | 1641 | |
| 17 | 1625 | | 1619 | | 1640 | | 1628 | | 1614 | | 1625 | |
| 18 | 1633 | 1630 | 1608 | 1614 | 1641 | 1642 | 1632 | 1634 | 1618 | 1616 | 1624 | 1630 |
| 19 | 1620 | | 1632 | | 1646 | | 1653 | | 1613 | | 1642 | |
| 20 | 1631 | | 1617 | | 1638 | | 1643 | | 1622 | | 1636 | |
| 21 | 1623 | 1625 | 1618 | 1622 | 1655 | 1646 | 1643 | 1646 | 1609 | 1615 | 1643 | 1640 |
| 22 | 1625 | | 1614 | | 1642 | | 1648 | | 1599 | | 1619 | |
| 23 | 1622 | | 1634 | | 1641 | | 1643 | | 1606 | | 1647 | |
| 24 | 1623 | 1623 | 1631 | 1626 | 1648 | 1644 | 1638 | 1643 | 1619 | 1608 | 1634 | 1633 |
| 25 | 1624 | | 1639 | | 1639 | | 1656 | | 1618 | | 1638 | |
| 26 | 1636 | | 1628 | | 1633 | | 1649 | | 1608 | | 1625 | |
| 27 | 1621 | 1627 | 1626 | 1631 | 1642 | 1638 | 1654 | 1653 | 1603 | 1610 | 1638 | 1634 |
| Promedio | 1626 | 1626 | 1626 | 1626 | 1645 | 1645 | 1647 | 1647 | 1611 | 1611 | 1634 | 1634 |
| Desv.est. | 4.70 | 1.86 | 8.73 | 5.37 | 6.72 | 3.61 | 10.40 | 6.72 | 7.05 | 5.24 | 8.23 | 4.70 |

Figura No.3.6 Comparación de densímetros en el bloque No.2, a 7.5cm, a 1min

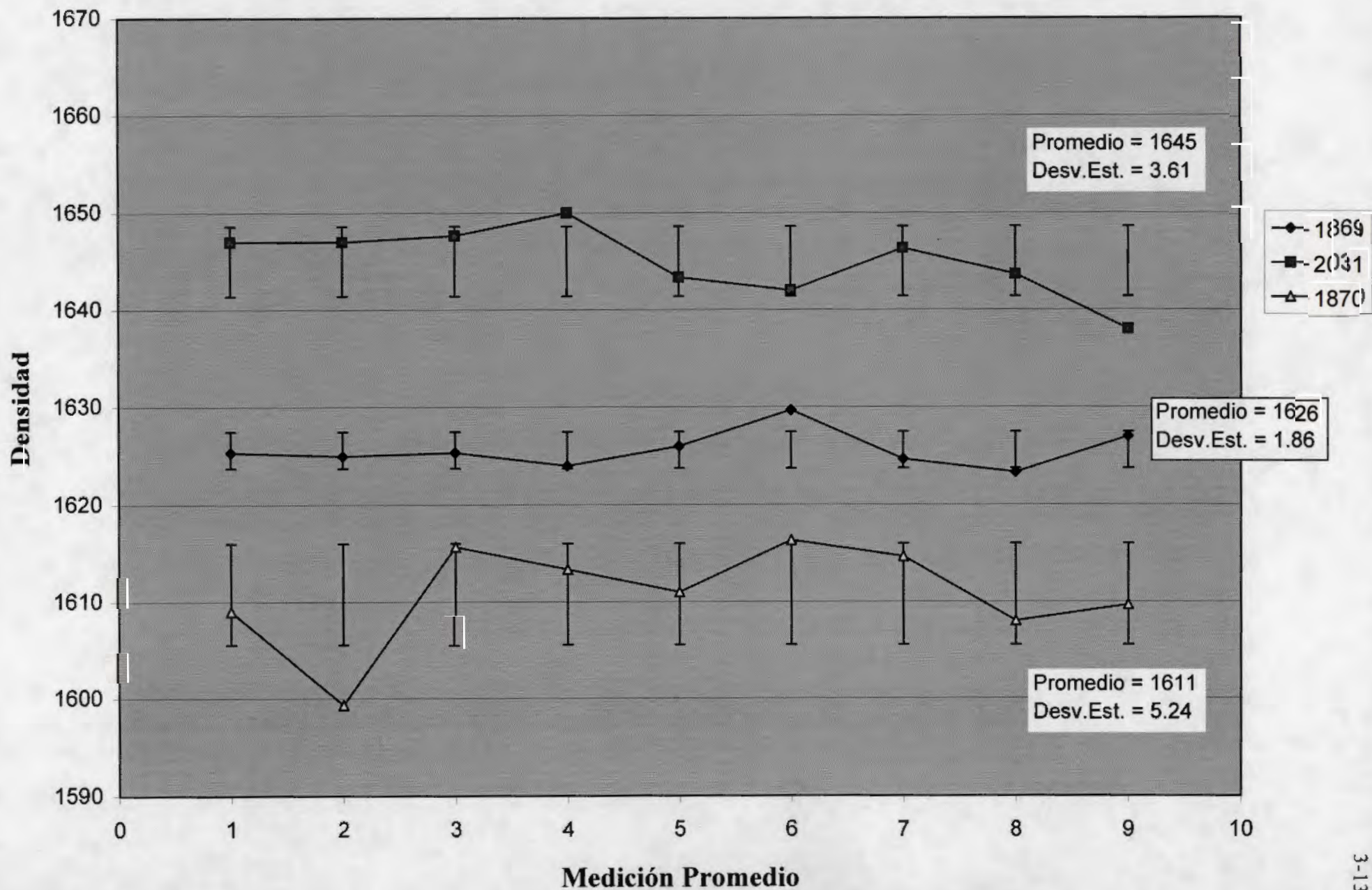


Figura 3.7 Comparación de densímetros en el bloque No.2, a 7.5cm, a 30seg

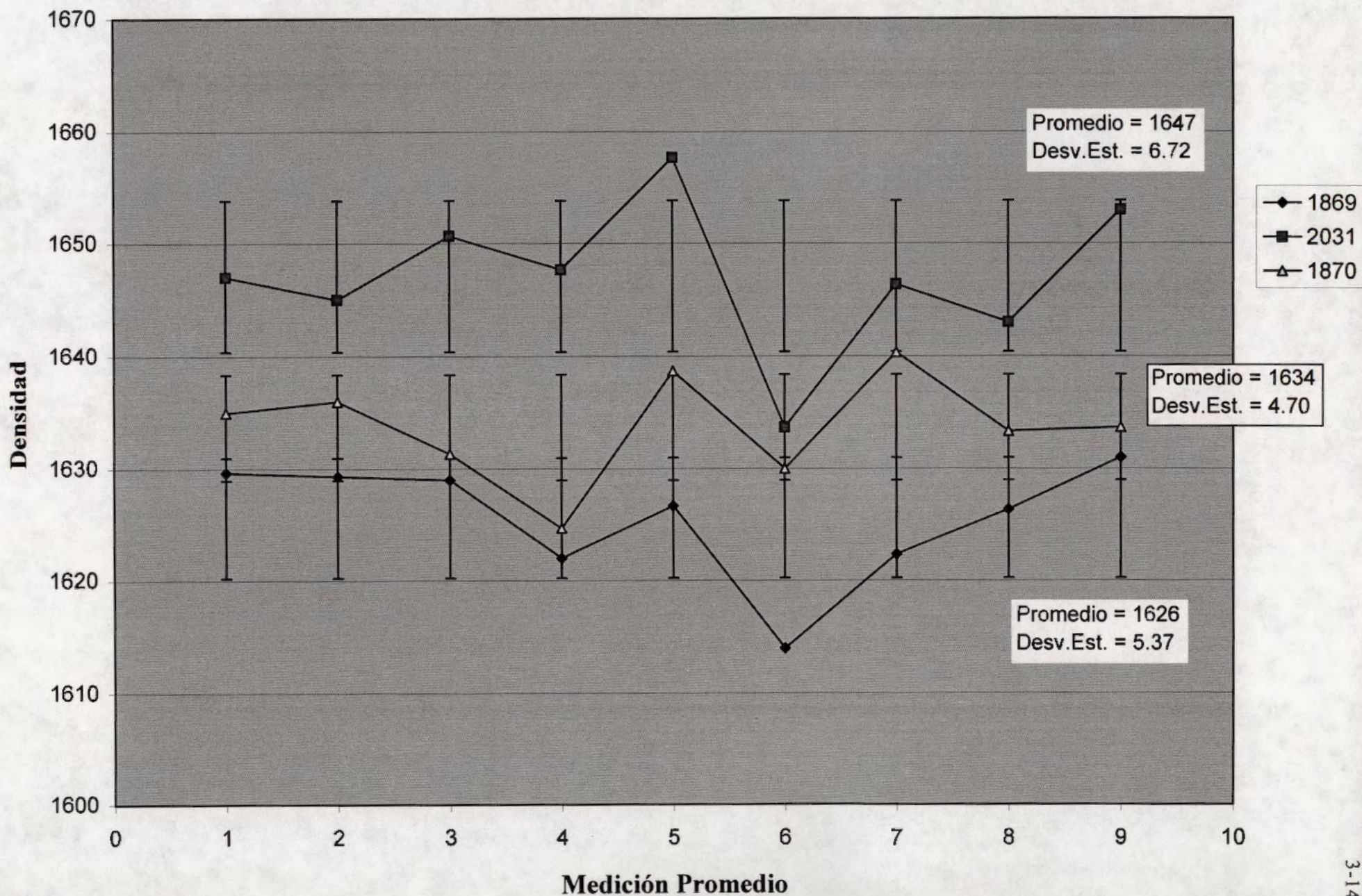
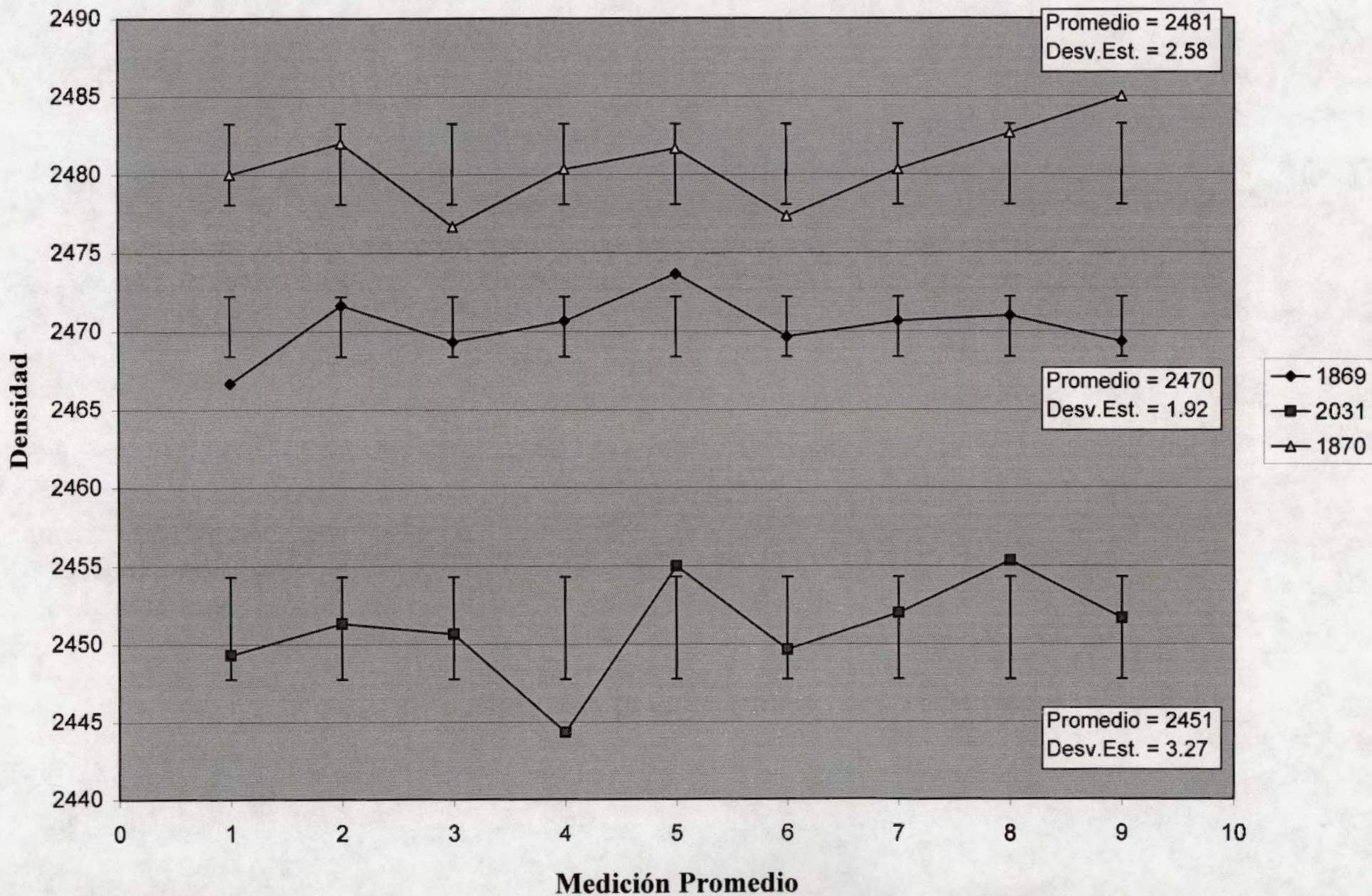


Tabla No. 3.4 Mediciones en el bloque No.3

| Espesor: | 7.5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | |
|-------------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|
| Fecha: | 1-Oct | | 1-Oct | | 2-Oct | |
| Densímetro: | 1869 | | 2031 | | 1870 | |
| Temperatura: | | | | | | |
| Tiempo de lectura | 1min | | 1 min | | 1 min | |
| 1 | 2464 | | 2453 | | 2477 | |
| 2 | 2467 | | 2450 | | 2480 | |
| 3 | 2469 | 2467 | 2445 | 2449 | 2483 | 2480 |
| 4 | 2459 | | 2448 | | 2482 | |
| 5 | 2479 | | 2453 | | 2482 | |
| 6 | 2477 | 2472 | 2453 | 2451 | 2482 | 2482 |
| 7 | 2470 | | 2450 | | 2481 | |
| 8 | 2476 | | 2449 | | 2479 | |
| 9 | 2462 | 2469 | 2453 | 2451 | 2470 | 2477 |
| 10 | 2466 | | 2450 | | 2472 | |
| 11 | 2475 | | 2441 | | 2482 | |
| 12 | 2471 | 2471 | 2442 | 2444 | 2487 | 2480 |
| 13 | 2470 | | 2455 | | 2486 | |
| 14 | 2478 | | 2458 | | 2480 | |
| 15 | 2473 | 2474 | 2452 | 2455 | 2479 | 2482 |
| 16 | 2473 | | 2449 | | 2477 | |
| 17 | 2466 | | 2444 | | 2471 | |
| 18 | 2470 | 2470 | 2456 | 2450 | 2484 | 2477 |
| 19 | 2468 | | 2451 | | 2484 | |
| 20 | 2465 | | 2448 | | 2484 | |
| 21 | 2479 | 2471 | 2457 | 2452 | 2473 | 2480 |
| 22 | 2468 | | 2455 | | 2478 | |
| 23 | 2473 | | 2451 | | 2488 | |
| 24 | 2472 | 2471 | 2460 | 2455 | 2482 | 2483 |
| 25 | 2471 | | 2455 | | 2490 | |
| 26 | 2463 | | 2443 | | 2487 | |
| 27 | 2474 | 2469 | 2457 | 2452 | 2478 | 2485 |
| | | | | | | |
| Promedio | 2470 | 2470 | 2451 | 2451 | 2481 | 2481 |
| Desv.est. | 5.29 | 1.92 | 5.00 | 3.27 | 5.14 | 2.58 |

Figura No.3.8 Comparación de densímetros en el bloque No.3, a 7.5cm, a 1min



3.4 PUNTOS DE CONTROL EN CAMPO

Se escogieron cuatro puntos de control en una ruta de San Antonio de Escazú, la cual fue pavimentada totalmente con "finisher". Cada punto de control fue seleccionado con diferente textura superficial. De cada par de puntos, hay uno con textura más rugosa que la del otro.

En cada uno de los puntos se realizaron medidas con los tres densímetros nucleares de capa delgada. De aquí que se lograra realizar algunos experimentos de comparación en dichos puntos, como:

- Mediciones a dos espesores (5 y 7,5 cm, inclusive otras profundidades), Cada medición que se presenta es el promedio de tres lecturas. Se realizará para cada una de las condiciones a analizar, nueve medidas (27 lecturas).
- Mediciones a 1 y 2 minutos
- Mediciones realizadas en diferentes días

3.4.1 COMPARACIÓN ENTRE DENSÍMETROS

Para el punto No.1 se puede notar, en la tabla No 3.5, que los densímetros No 1870 y 1869 presentan una diferencia despreciable de 7 puntos, mientras que el No.2031 presenta una diferencia aproximadamente de 2% con los otros dos.

Para el punto No.2, se repite este comportamiento. Se da una diferencia de 9 puntos entre los densímetros No. 1870 y 1869, y el No. 2031, un porcentaje de diferencia aproximadamente de 2% con respecto a los otros dos(Tabla No 3.6).

Para el punto No.3 se vuelve a presentar una diferencia de 2% entre el que mide el valor mas alto (No.1869) y el de valor mas bajo (No.2031). Ver tabla No 3.7.

Por último, para el punto No.4 se presenta una diferencia máxima entre densímetros, de 1.3% (Tabla 3.8).

3.4.2 COMPARACIÓN PARA DIFERENTES TIEMPOS DE MEDICIÓN

Iguualmente como en los bloques, se nota una diferencia despreciable para diferentes tiempos de medición. En este caso se realizó una comparación para 1 y 2 minutos en los puntos No.1 y No.2 de control.

En el primer caso la diferencia fue de 2 unidades lo que responde a un 0.1% y en el segundo caso los dos promedios resultaron exactamente iguales.

3.4.3 COMPARACIÓN PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES

Para el caso del densímetro No.1869, en el punto No.1 se presenta una diferencia entre profundidades de 5 y 7.5cm, de 28 puntos lo que equivale a un 1.4%, resultando el valor mayor a una profundidad de 7.5cm. En el punto No.2 resulta el valor mayor a una profundidad de 5cm el cual difiere en un 0.5% de valor a 7.5cm. En el punto No.3 se realizan mediciones a 5, 7 y 10cm, resultando que disminuye la magnitud de la densidad conforme aumenta la profundidad, de modo que la diferencia entre el valor mayor y menor es de 0.8%, lo cual resulta bastante despreciable. Para el caso del punto No.4 se realizaron medidas a 5, 6, 7, 9 y 10cm. Estos valores no tienen una tendencia clara, sin embargo se puede ver que la diferencia máxima entre ellos es de 9 unidades lo que representa un 0.4%.

Por otro lado, en el caso del densímetro No.1870, para el punto No.1 se da una diferencia de 0.5% siendo el valor a 7.5cm el más alto. Para el punto No.2, también se presenta un valor ligeramente más alto a 7.5cm y una diferencia de 0.2%. En el caso del punto No.3, las mediciones a 5, 6, 7, 9 y 10cm oscilan entre un rango de 6 unidades lo que representa un 0.3%. Por último, en el caso del punto No.4, la diferencia máxima que se presenta es de 0.5%.

3.4.4 COMPARACIÓN EN DIFERENTES DÍAS

Se realizó con el densímetro No.1869. En el punto No.1 la diferencia con este densímetro en los días 25 de agosto y 16 de setiembre fue de 1% lo cual no se debe a post-compactación debido a que la última fecha presenta el valor menor. Es importante mencionar que la temperatura del pavimento en la primera fecha fue de 19°C y en la última fue de 27°C.

Para el punto No.2 se da también una diferencia de 1%, siendo el valor menor el del 16 de setiembre a una temperatura del pavimento de 27°C.

La temperatura del pavimento para el 25 de agosto fue de 22°C. Comparando mediciones hechas en el punto No.3 el 4 y el 17 de setiembre a 7cm y a 7.5cm, respectivamente, se nota una diferencia pequeña de 5 unidades (0.2%). Las temperaturas del pavimento fueron de 29°C en ambos casos. Igualmente para el punto número cuatro se da una diferencia de 4 unidades (menor a 0.2%), a temperaturas cercanas a 29°C.

Tabla No.3.5 Comparación de densímetros en el punto No.1

| | |
|-------------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 2 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 4 (Media Alta) |

| Espesor: Fecha: Densímetro: Temperatura: Tiempo de lectura | 7.5cm 25-Aug 1870 22°C 1min | 7.5cm 16-Sep 1869 27°C 1 min | 7.5cm 16-Sep 2031 27°C 1 min | | | |
|--|---|--|--|------|------|------|
| 1 | 1990 | | 1985 | | 1954 | |
| 2 | 2002 | | 1999 | | 1957 | |
| 3 | 2001 | 1998 | 2001 | 1995 | 1959 | 1957 |
| 4 | 1999 | | 1985 | | 1958 | |
| 5 | 2010 | | 2000 | | 1948 | |
| 6 | 2004 | 2004 | 1995 | 1993 | 1963 | 1956 |
| 7 | 2004 | | 1992 | | 1972 | |
| 8 | 1999 | | 1994 | | 1964 | |
| 9 | 2002 | 2002 | 1996 | 1994 | 1961 | 1966 |
| 10 | 2006 | | 1990 | | 1948 | |
| 11 | 2007 | | 1989 | | 1966 | |
| 12 | 1993 | 2002 | 1992 | 1990 | 1958 | 1957 |
| 13 | 1995 | | 1991 | | 1966 | |
| 14 | 1995 | | 1997 | | 1957 | |
| 15 | 1997 | 1996 | 1999 | 1996 | 1972 | 1965 |
| 16 | 1996 | | 1981 | | 1958 | |
| 17 | 1993 | | 1997 | | 1950 | |
| 18 | 1989 | 1993 | 2002 | 1993 | 1969 | 1959 |
| 19 | 1999 | | 1994 | | 1964 | |
| 20 | 2000 | | 1990 | | 1958 | |
| 21 | 2001 | 2000 | 1999 | 1994 | 1953 | 1958 |
| 22 | 1996 | | 1988 | | 1965 | |
| 23 | 2003 | | 1981 | | 1958 | |
| 24 | 2000 | 2000 | 1996 | 1988 | 1959 | 1961 |
| 25 | 2015 | | 1997 | | 1958 | |
| 26 | 1992 | | 1989 | | 1949 | |
| 27 | 2000 | 2002 | 1990 | 1992 | 1952 | 1953 |
| Promedio | 2000 | 2000 | 1993 | 1993 | 1959 | 1959 |
| Desv.est. | 5.99 | 3.66 | 5.82 | 2.34 | 6.76 | 4.11 |

Figura 3.9 Comparación de densímetros en el punto No.1, a 7.5cm, a 1min

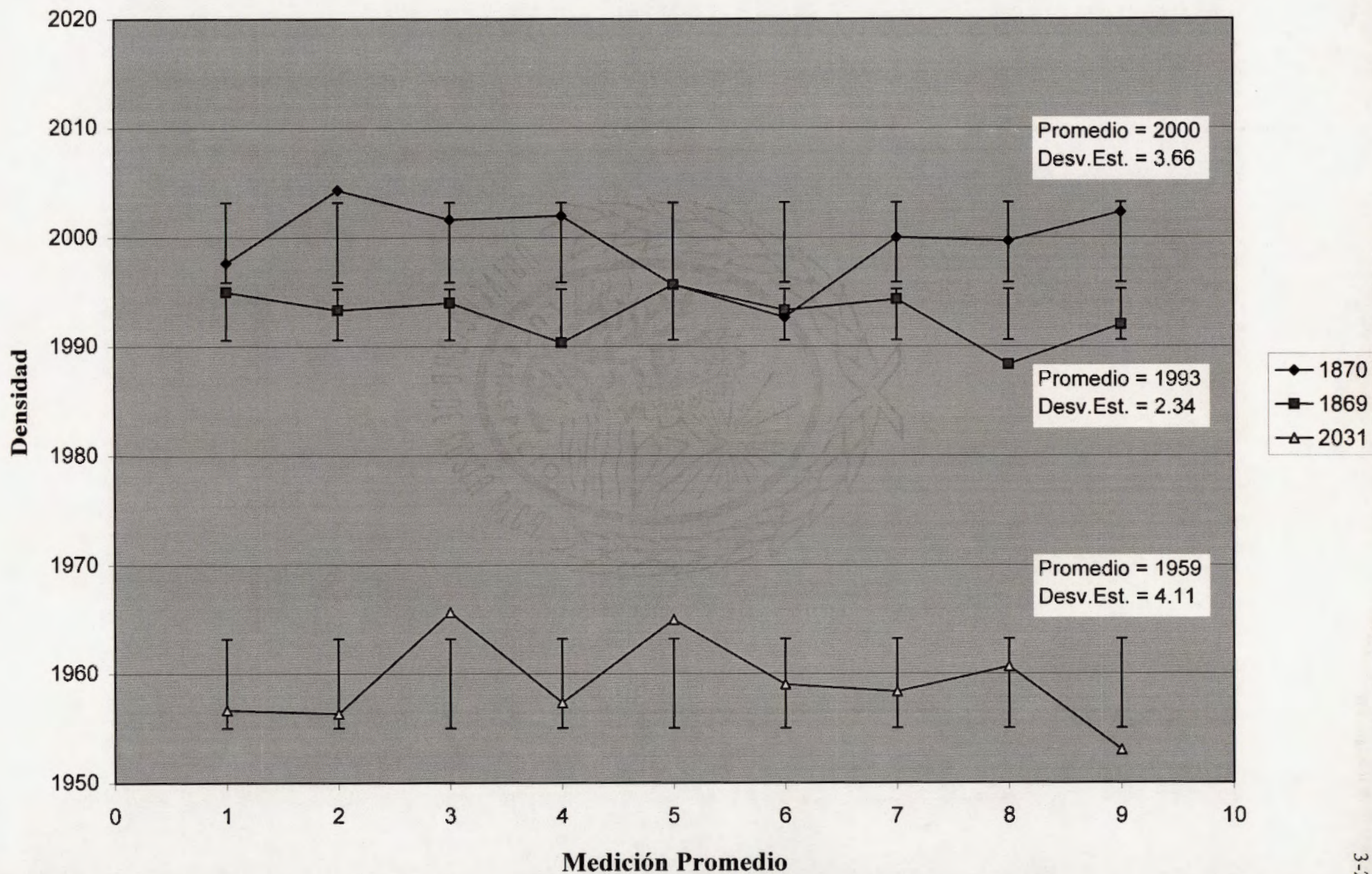


Tabla No.3.6 Comparación de densímetros en el punto No.2

| | |
|------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 2 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 3 (media) |

| Espesor: Fecha: Densímetro: Temperatura: Tiempo de lectura | 7.5cm 25-Aug 1870 19°C 1min | 7.5cm 16-Sep 1869 27°C 1 min | 7.5cm 16-Sep 2031 27°C 1 min |
|--|---|--|--|
| 1 | 2124 | 2112 | 2088 |
| 2 | 2133 | 2113 | 2089 |
| 3 | 2132 | 2124 | 2087 |
| 4 | 2129 | 2126 | 2080 |
| 5 | 2125 | 2119 | 2087 |
| 6 | 2128 | 2115 | 2075 |
| 7 | 2128 | 2108 | 2095 |
| 8 | 2141 | 2118 | 2081 |
| 9 | 2127 | 2125 | 2094 |
| 10 | 2132 | 2121 | 2085 |
| 11 | 2131 | 2123 | 2087 |
| 12 | 2139 | 2112 | 2084 |
| 13 | 2139 | 2128 | 2101 |
| 14 | 2124 | 2117 | 2092 |
| 15 | 2124 | 2121 | 2089 |
| 16 | 2120 | 2121 | 2087 |
| 17 | 2129 | 2129 | 2080 |
| 18 | 2132 | 2122 | 2084 |
| 19 | 2135 | 2119 | 2073 |
| 20 | 2118 | 2123 | 2083 |
| 21 | 2119 | 2119 | 2091 |
| 22 | 2127 | 2126 | 2093 |
| 23 | 2139 | 2124 | 2078 |
| 24 | 2128 | 2119 | 2098 |
| 25 | 2123 | 2127 | 2090 |
| 26 | 2123 | 2123 | 2096 |
| 27 | 2124 | 2117 | 2085 |
| Promedio | 2129 | 2120 | 2087 |
| Desv.est. | 6.28 | 5.28 | 6.80 |

Figura No.3.10 Comparación de densímetros en el punto No.2, a 7.5cm, a 1min

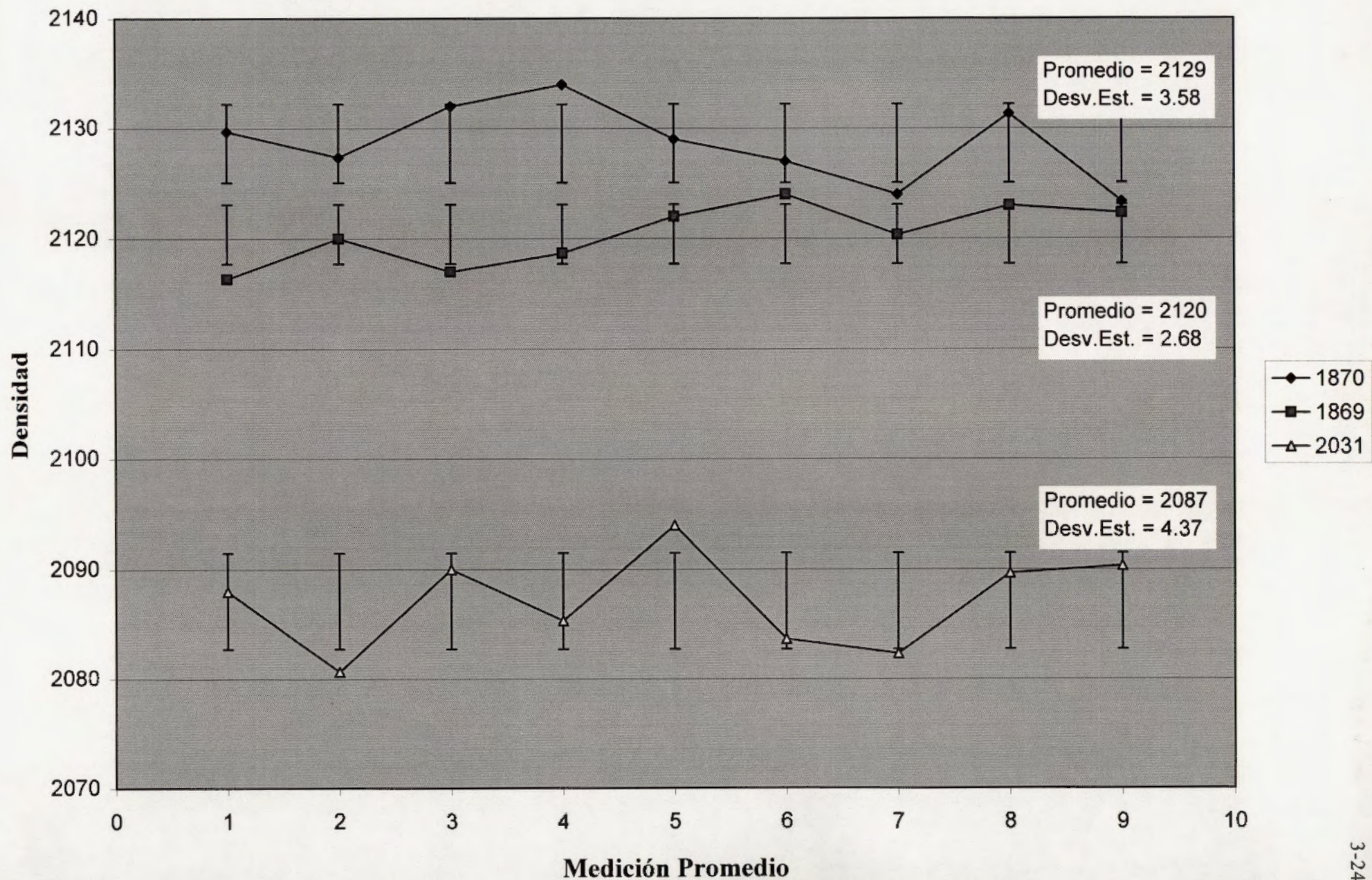


Tabla No.3.7 Comparación de densímetros en el punto No.3

| | |
|-------------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 1 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 4 (media alta) |

| Espesor: Fecha: Densímetro: Temperatura: Tiempo de lectura | 7cm 1-Sep | | 7.5cm 17-Sep | | 7.5cm 17-Sep | |
|--|--------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
| | 1870 | | 1869 | | 2031 | |
| | 29°C | | 29°C | | 28°C | |
| | 1min | | 1 min | | 1 min | |
| 1 | 2131 | | 2142 | | 2104 | |
| 2 | 2129 | | 2155 | | 2117 | |
| 3 | 2133 | 2131 | 2149 | 2149 | 2109 | 2110 |
| 4 | 2135 | | 2150 | | 2118 | |
| 5 | 2134 | | 2143 | | 2101 | |
| 6 | 2141 | 2137 | 2141 | 2145 | 2105 | 2108 |
| 7 | 2132 | | 2143 | | 2107 | |
| 8 | 2138 | | 2149 | | 2105 | |
| 9 | 2129 | 2133 | 2146 | 2146 | 2112 | 2108 |
| 10 | 2132 | | 2154 | | 2115 | |
| 11 | 2120 | | 2141 | | 2117 | |
| 12 | 2120 | 2124 | 2146 | 2147 | 2124 | 2119 |
| 13 | 2123 | | 2147 | | 2113 | |
| 14 | 2139 | | 2158 | | 2102 | |
| 15 | 2138 | 2133 | 2150 | 2152 | 2121 | 2112 |
| 16 | | | 2146 | | 2103 | |
| 17 | | | 2149 | | 2108 | |
| 18 | | | 2153 | 2149 | 2110 | 2107 |
| 19 | | | 2154 | | 2115 | |
| 20 | | | 2147 | | 2118 | |
| 21 | | | 2149 | 2150 | 2102 | 2112 |
| 22 | | | 2154 | | 2110 | |
| 23 | | | 2149 | | 2112 | |
| 24 | | | 2150 | 2151 | 2115 | 2112 |
| 25 | | | 2138 | | 2109 | |
| 26 | | | 2148 | | 2111 | |
| 27 | | | 2143 | 2143 | 2109 | 2110 |
| Promedio | 2132 | 2132 | 2148 | 2148 | 2111 | 2111 |
| Desv.est. | 6.56 | 4.71 | 4.89 | 2.95 | 6.13 | 3.51 |

Figura 3.11 Comparación de densímetros en el punto No.3, a 7.5cm, a 1min

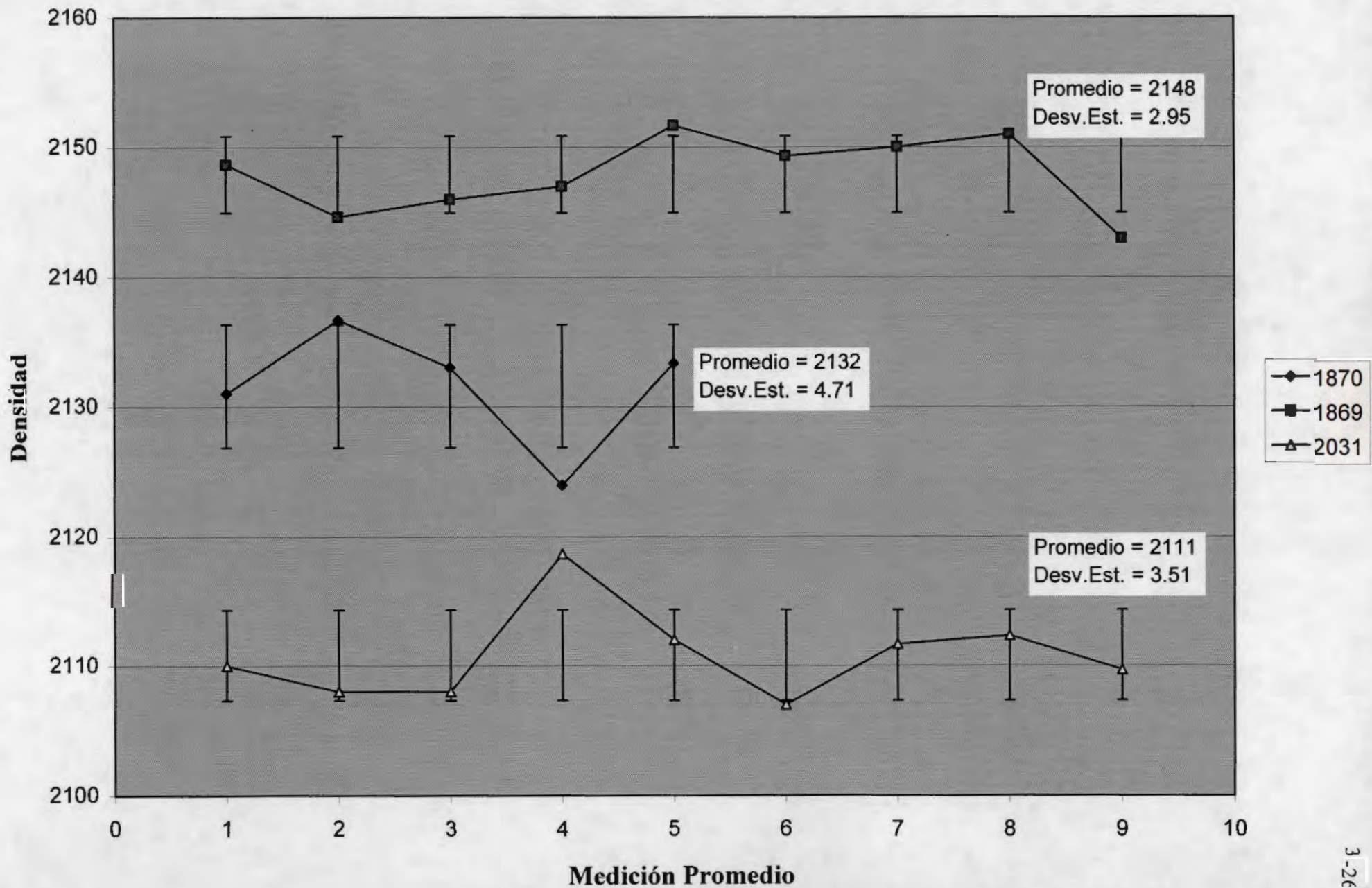


Tabla No.3.8 Comparación de densímetros en el punto No.4

| | |
|------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 1 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 3 (media) |

| Esesor: Fecha: Densímetro: Temperatura: Tiempo de lectura | 7cm 4-Sep 1870 29°C 1min | | 7.5cm 17-Sep 1869 28°C 1 min | | 7.5cm 17-Sep 2031 29°C 1 min | |
|---|--------------------------------------|------|--|------|--|------|
| 1 | 2148 | | 2158 | | 2127 | |
| 2 | 2152 | | 2159 | | 2135 | |
| 3 | 2148 | 2149 | 2158 | 2158 | 2127 | 2130 |
| 4 | 2152 | | 2155 | | 2139 | |
| 5 | 2145 | | 2160 | | 2119 | |
| 6 | 2149 | 2149 | 2158 | 2158 | 2131 | 2130 |
| 7 | 2148 | | 2154 | | 2127 | |
| 8 | 2154 | | 2159 | | 2120 | |
| 9 | 2159 | 2154 | 2155 | 2156 | 2130 | 2126 |
| 10 | 2145 | | 2147 | | 2131 | |
| 11 | 2148 | | 2163 | | 2134 | |
| 12 | 2144 | 2146 | 2152 | 2154 | 2140 | 2135 |
| 13 | 2167 | | 2158 | | 2130 | |
| 14 | 2147 | | 2151 | | 2142 | |
| 15 | 2142 | 2152 | 2165 | 2158 | 2129 | 2134 |
| 16 | | | 2161 | | 2133 | |
| 17 | | | 2155 | | 2121 | |
| 18 | | | 2158 | 2158 | 2132 | 2129 |
| 19 | | | 2158 | | 2140 | |
| 20 | | | 2157 | | 2128 | |
| 21 | | | 2164 | 2160 | 2136 | 2135 |
| 22 | | | 2158 | | 2134 | |
| 23 | | | 2163 | | 2143 | |
| 24 | | | 2163 | 2161 | 2123 | 2133 |
| 25 | | | 2156 | | 2121 | |
| 26 | | | 2158 | | 2139 | |
| 27 | | | 2160 | 2158 | 2135 | 2132 |
| Promedio | 2150 | 2150 | 2158 | 2158 | 2131 | 2131 |
| Desv.est. | 6.38 | 3.10 | 4.08 | 2.06 | 6.86 | 3.14 |

Figura 3.12 Comparación de densímetros en el punto No.4, a 7.5cm, a 1min

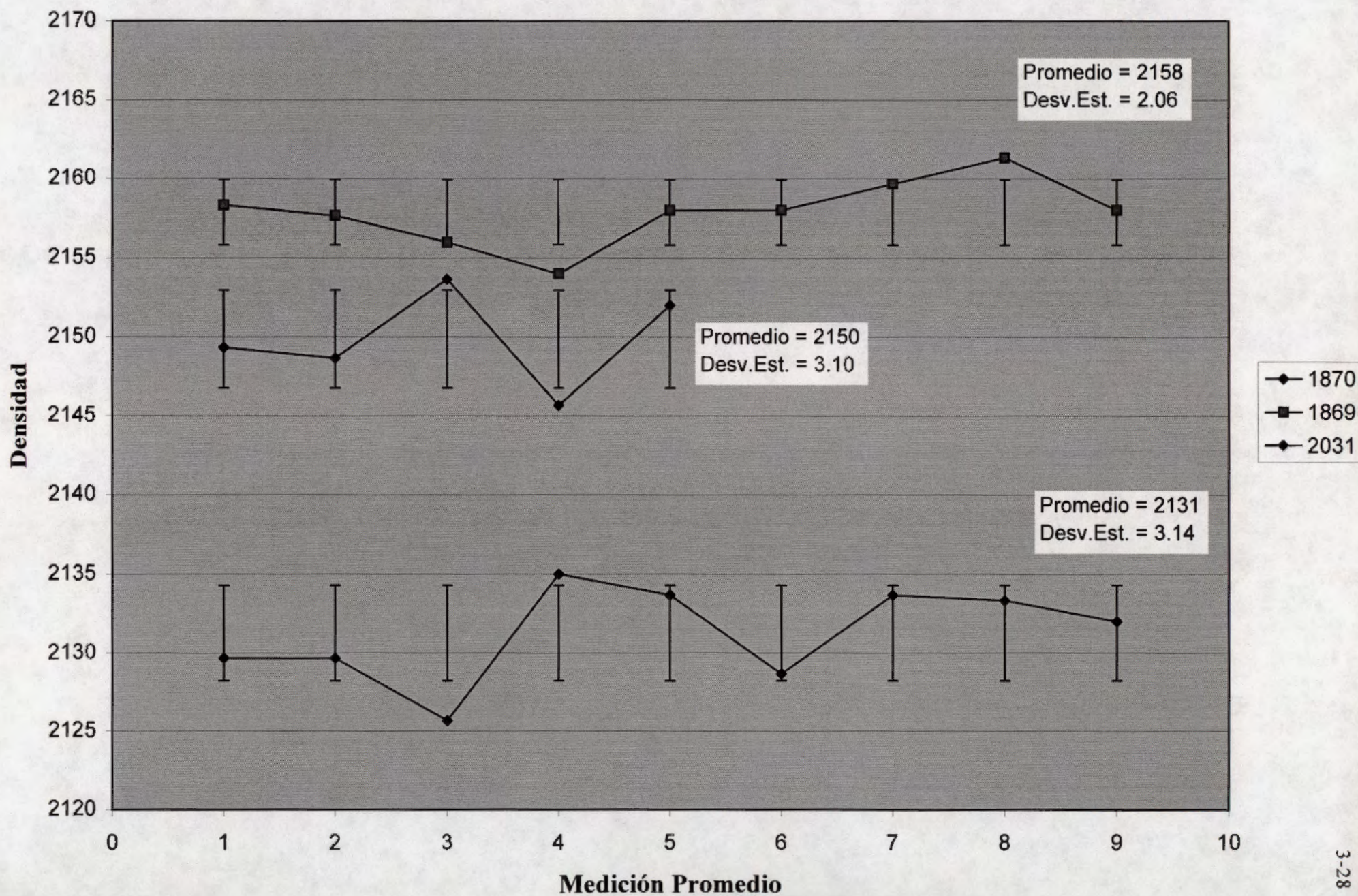


Tabla No.3.9 Comparación entre mediciones en el punto No.1

| | |
|------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 2 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 4 (Media Alta) |

| Espeor: | 5cm | | 5cm | | 7.5cm | | 7.5cm | | 5cm | |
|-------------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| Fecha: | 20-Aug | | 25-Aug | | 25-Aug | | 25-Aug | | 20-Aug | |
| Densimetro: | 1869 | | 1870 | | 1869 | | 1870 | | 1869 | |
| Temperatura: | | | 31°C | | 19°C | | 22°C | | | |
| Tiempo de lectura | 1min | | 1min | | 1min | | 1min | | 2 min | |
| 1 | 1992 | | 1989 | | 2010 | | 1990 | | 1985 | |
| 2 | 1989 | | 1985 | | 2016 | | 2002 | | 1989 | |
| 3 | 1991 | 1991 | 1991 | 1988 | 2014 | 2013 | 2001 | 1998 | 1988 | 1987 |
| 4 | 1990 | | 1992 | | 2023 | | 1999 | | 1990 | |
| 5 | 1982 | | 1986 | | 2015 | | 2010 | | 1988 | |
| 6 | 1974 | 1982 | 1995 | 1991 | 2009 | 2016 | 2004 | 2004 | 1988 | 1989 |
| 7 | 1995 | | 2009 | | 2004 | | 2004 | | 1985 | |
| 8 | 1994 | | 1984 | | 2021 | | 1999 | | 1991 | |
| 9 | 1989 | 1993 | 1994 | 1996 | 2010 | 2012 | 2002 | 2002 | 1992 | 1989 |
| 10 | 1978 | | 1995 | | 2029 | | 2006 | | 1989 | |
| 11 | 1978 | | 1986 | | 2009 | | 2007 | | 1982 | |
| 12 | 1984 | 1980 | 1989 | 1990 | 2013 | 2017 | 1993 | 2002 | 1987 | 1986 |
| 13 | 1981 | | 1982 | | 2010 | | 1995 | | | |
| 14 | 1989 | | 1985 | | 2015 | | 1995 | | | |
| 15 | 1973 | 1981 | 1995 | 1987 | 2006 | 2010 | 1997 | 1996 | | |
| 16 | 1988 | | 1991 | | 2009 | | 1996 | | | |
| 17 | 1991 | | 1992 | | 2017 | | 1993 | | | |
| 18 | 1980 | 1986 | 1984 | 1989 | 2015 | 2014 | 1989 | 1993 | | |
| 19 | 1984 | | 1978 | | 2014 | | 1999 | | | |
| 20 | 1992 | | 1985 | | 2009 | | 2000 | | | |
| 21 | 1978 | 1985 | 1983 | 1982 | 2000 | 2008 | 2001 | 2000 | | |
| 22 | 1982 | | 1987 | | 2019 | | 1996 | | | |
| 23 | 1989 | | 2004 | | 2012 | | 2003 | | | |
| 24 | 1979 | 1983 | 1989 | 1993 | 2032 | 2021 | 2000 | 2000 | | |
| 25 | 1998 | | 1977 | | 2012 | | 2015 | | | |
| 26 | 1985 | | 1980 | | 2015 | | 1992 | | | |
| 27 | 1985 | 1989 | 1987 | 1981 | 2014 | 2014 | 2000 | 2002 | | |
| Promedio | 1986 | 1986 | 1989 | 1989 | 2014 | 2014 | 2000 | 2000 | 1988 | 1988 |
| Desv.est. | 6.56 | 4.49 | 7.17 | 4.72 | 6.90 | 3.87 | 5.99 | 3.66 | 2.79 | 1.48 |

Tabla No.3.10 Comparación entre mediciones en el punto No.2

| | |
|------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 2 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 3 (Media) |

| Esesor: Fecha: Densimetro: Temperatura: Tiempo de lectura: | 5cm 20-Aug 1870 1min | | 5cm 25-Aug 1869 31°C 1 min | | 7.5cm 25-Aug 1870 19°C 1 min | | 7.5cm 25-Aug 1869 22°C 1 min | | 5cm 20-Aug 1870 2 min | |
|--|-------------------------------|------|--|------|--|------|--|------|--------------------------------|------|
| 1 | 2132 | | 2168 | | 2124 | | 2140 | | 2124 | |
| 2 | 2121 | | 2144 | | 2133 | | 2139 | | 2131 | |
| 3 | 2135 | 2129 | 2141 | 2151 | 2132 | 2130 | 2139 | 2139 | 2120 | 2125 |
| 4 | 2118 | | 2150 | | 2129 | | 2151 | | 2126 | |
| 5 | 2122 | | 2145 | | 2125 | | 2151 | | 2114 | |
| 6 | 2125 | 2122 | 2158 | 2151 | 2128 | 2127 | 2144 | 2149 | 2123 | 2121 |
| 7 | 2129 | | 2164 | | 2128 | | 2146 | | 2130 | |
| 8 | 2121 | | 2145 | | 2141 | | 2126 | | 2124 | |
| 9 | 2126 | 2125 | 2151 | 2153 | 2127 | 2132 | 2138 | 2137 | 2130 | 2128 |
| 10 | 2119 | | 2150 | | 2132 | | 2135 | | 2137 | |
| 11 | 2117 | | 2145 | | 2131 | | 2142 | | 2127 | |
| 12 | 2129 | 2122 | 2148 | 2148 | 2139 | 2134 | 2140 | 2139 | 2122 | 2129 |
| 13 | 2123 | | 2162 | | 2139 | | 2139 | | 2121 | |
| 14 | 2128 | | 2155 | | 2124 | | 2141 | | 2129 | |
| 15 | 2122 | 2124 | 2151 | 2156 | 2124 | 2129 | 2141 | 2140 | 2123 | 2124 |
| 16 | 2135 | | 2160 | | 2120 | | 2146 | | | |
| 17 | 2127 | | 2141 | | 2129 | | 2148 | | | |
| 18 | 2129 | 2130 | 2159 | 2153 | 2132 | 2127 | 2142 | 2145 | | |
| 19 | 2136 | | 2158 | | 2135 | | 2145 | | | |
| 20 | 2129 | | 2160 | | 2118 | | 2139 | | | |
| 21 | 2127 | 2131 | 2155 | 2158 | 2119 | 2124 | 2135 | 2140 | | |
| 22 | 2129 | | 2149 | | 2127 | | 2133 | | | |
| 23 | 2114 | | 2157 | | 2139 | | 2152 | | | |
| 24 | 2105 | 2116 | 2148 | 2151 | 2128 | 2131 | 2139 | 2141 | | |
| 25 | 2118 | | 2158 | | 2123 | | 2144 | | | |
| 26 | 2133 | | 2160 | | 2123 | | 2151 | | | |
| 27 | 2128 | 2126 | 2153 | 2157 | 2124 | 2123 | 2149 | 2148 | | |
| Promedio | 2125 | 2125 | 2153 | 2153 | 2129 | 2129 | 2142 | 2142 | 2125 | 2125 |
| Desv.est. | 7.11 | 4.81 | 7.24 | 3.28 | 6.28 | 3.58 | 6.15 | 4.25 | 5.54 | 3.09 |

Tabla No.3.11 Comparación entre mediciones en el punto No.3

| | |
|-------------------|---|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 1 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 4 (Media Alta) |

| Espesor: | | | 6cm | | 7cm | | 9cm | | 10cm | | 5cm | | 7cm | | 10cm | |
|-------------------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | Fecha: | | 1-Sep | | 1-Sep | | 1-Sep | | 1-Sep | | 2-Sep | | 4-Sep | | 6-Sep | |
| Densimetro: | 29°C | | 1870 | | 1870 | | 1870 | | 1870 | | 1869 | | 1869 | | 1869 | |
| Temperatura: | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | |
| Tiempo de lectura | 1min | | 1min | | 1min | | 1min | | 1 min | | 1 min | | 1 min | | 1 min | |
| 1 | 2132 | | 2120 | | 2131 | | 2121 | | 2135 | | 2149 | | 2136 | | 2129 | |
| 2 | 2124 | | 2127 | | 2129 | | 2141 | | 2133 | | 2156 | | 2151 | | 2141 | |
| 3 | 2118 | 2125 | 2123 | 2123 | 2133 | 2131 | 2133 | 2132 | 2128 | 2132 | 2148 | 2151 | 2150 | 2146 | 2139 | 2136 |
| 4 | 2125 | | 2136 | | 2135 | | 2126 | | 2138 | | 2148 | | 2150 | | 2130 | |
| 5 | 2125 | | 2129 | | 2134 | | 2129 | | 2130 | | 2151 | | 2153 | | 2130 | |
| 6 | 2138 | 2129 | 2130 | 2132 | 2141 | 2137 | 2129 | 2128 | 2137 | 2135 | 2159 | 2153 | 2126 | 2143 | 2133 | 2131 |
| 7 | 2137 | | 2131 | | 2132 | | 2124 | | 2134 | | 2156 | | 2146 | | 2135 | |
| 8 | 2128 | | 2121 | | 2138 | | 2129 | | 2122 | | 2152 | | 2146 | | 2136 | |
| 9 | 2125 | 2130 | 2141 | 2131 | 2129 | 2133 | 2128 | 2127 | 2132 | 2129 | 2161 | 2156 | 2145 | 2146 | 2132 | 2134 |
| 10 | 2117 | | 2140 | | 2132 | | 2141 | | 2135 | | 2142 | | 2134 | | 2129 | |
| 11 | 2131 | | 2132 | | 2120 | | 2129 | | 2133 | | 2159 | | 2141 | | 2131 | |
| 12 | 2114 | 2121 | 2134 | 2135 | 2120 | 2124 | 2131 | 2134 | 2138 | 2135 | 2148 | 2150 | 2142 | 2139 | 2137 | 2132 |
| 13 | 2126 | | 2131 | | 2123 | | 2129 | | 2131 | | 2154 | | 2142 | | 2133 | |
| 14 | 2125 | | 2143 | | 2139 | | 2130 | | 2124 | | 2145 | | 2146 | | 2129 | |
| 15 | 2122 | 2124 | 2131 | 2135 | 2138 | 2133 | 2132 | 2130 | 2126 | 2127 | 2143 | 2147 | 2139 | 2142 | 2136 | 2133 |
| Promedio | 2126 | 2126 | 2131 | 2131 | 2132 | 2132 | 2130 | 2130 | 2132 | 2132 | 2151 | 2151 | 2143 | 2143 | 2133 | 2133 |
| Desv.est. | 6.77 | 3.87 | 6.89 | 4.84 | 6.56 | 4.71 | 5.33 | 2.70 | 4.93 | 3.60 | 5.96 | 3.38 | 7.24 | 2.76 | 3.85 | 2.05 |

Tabla No.3.12 Comparación entre mediciones en el punto No.4

| | |
|-------------------|---|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 1 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 3 (Media) |

| Espesor: | 5cm | | 6cm | | 7cm | | 9cm | | 10cm | | 5cm | | 7cm | | 10cm | |
|--------------------------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| Fecha: | 1-Sep | | 1-Sep | | 1-Sep | | 1-Sep | | 1-Sep | | 2-Sep | | 4-Sep | | 6-Sep | |
| Densimetro: | 1869 | | 1869 | | 1869 | | 1869 | | 1869 | | 1870 | | 1870 | | 1870 | |
| Temperatura: | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | | 29°C | |
| Tiempo de lectura | 1min | | 1min | | 1min | | 1min | | 1 min | | 1 min | | 1 min | | 1 min | |
| 1 | 2153 | | 2166 | | 2152 | | 2153 | | 2158 | | 2136 | | 2148 | | 2139 | |
| 2 | 2163 | | 2169 | | 2166 | | 2158 | | 2161 | | 2138 | | 2152 | | 2136 | |
| 3 | 2165 | 2160 | 2153 | 2163 | 2177 | 2165 | 2159 | 2157 | 2149 | 2156 | 2150 | 2141 | 2148 | 2149 | 2152 | 2142 |
| 4 | 2164 | | 2174 | | 2171 | | 2160 | | 2154 | | 2130 | | 2152 | | 2152 | |
| 5 | 2166 | | 2159 | | 2164 | | 2156 | | 2161 | | 2139 | | 2145 | | 2147 | |
| 6 | 2163 | 2164 | 2163 | 2165 | 2162 | 2166 | 2162 | 2159 | 2151 | 2155 | 2138 | 2136 | 2149 | 2149 | 2140 | 2146 |
| 7 | 2157 | | 2161 | | 2153 | | 2151 | | 2161 | | 2123 | | 2148 | | 2152 | |
| 8 | 2170 | | 2166 | | 2156 | | 2157 | | 2159 | | 2143 | | 2154 | | 2147 | |
| 9 | 2171 | 2166 | 2168 | 2165 | 2157 | 2155 | 2150 | 2153 | 2155 | 2158 | 2144 | 2137 | 2159 | 2154 | 2152 | 2150 |
| 10 | 2152 | | 2153 | | 2149 | | 2158 | | 2152 | | 2135 | | 2145 | | 2144 | |
| 11 | 2160 | | 2178 | | 2165 | | 2165 | | 2161 | | 2140 | | 2148 | | 2144 | |
| 12 | 2159 | 2157 | 2174 | 2168 | 2168 | 2161 | 2160 | 2161 | 2155 | 2156 | 2142 | 2139 | 2144 | 2146 | 2149 | 2146 |
| 13 | 2168 | | 2164 | | 2169 | | 2168 | | 2158 | | 2145 | | 2167 | | 2154 | |
| 14 | 2165 | | 2168 | | 2153 | | 2158 | | 2159 | | 2143 | | 2147 | | 2144 | |
| 15 | 2174 | 2169 | 2167 | 2166 | 2171 | 2164 | 2154 | 2160 | 2155 | 2157 | 2135 | 2141 | 2142 | 2152 | 2143 | 2147 |
| Promedio | 2163 | 2163 | 2166 | 2166 | 2162 | 2162 | 2158 | 2158 | 2157 | 2157 | 2139 | 2139 | 2150 | 2150 | 2146 | 2146 |
| Desv.est. | 6.31 | 4.73 | 7.13 | 2.06 | 8.42 | 4.30 | 4.88 | 3.35 | 3.94 | 1.21 | 6.56 | 2.53 | 6.38 | 3.10 | 5.50 | 2.87 |

Figura 3.13 Variación de las medidas de densidad en el punto No.1 (Rugosidad Media Alta)

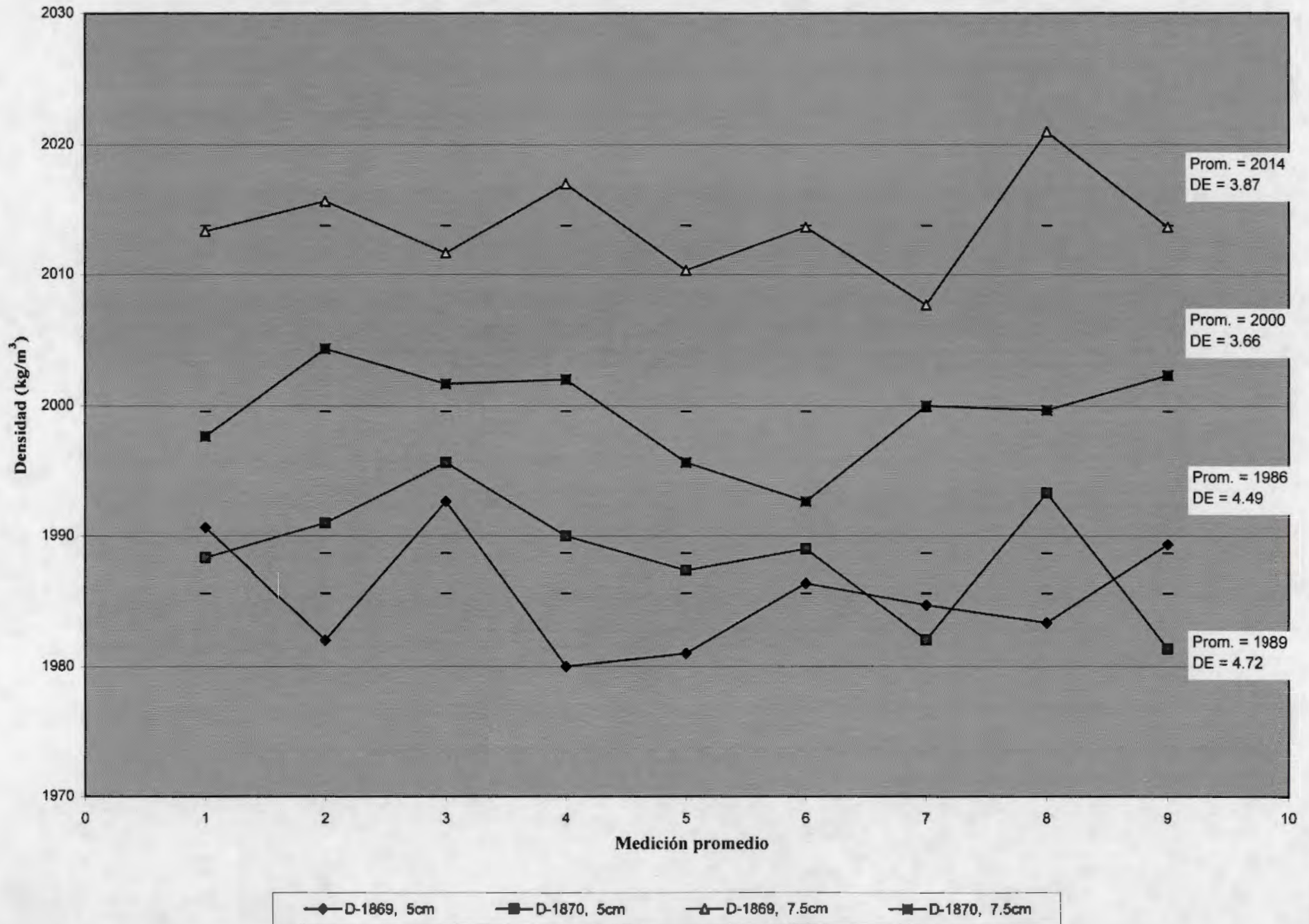
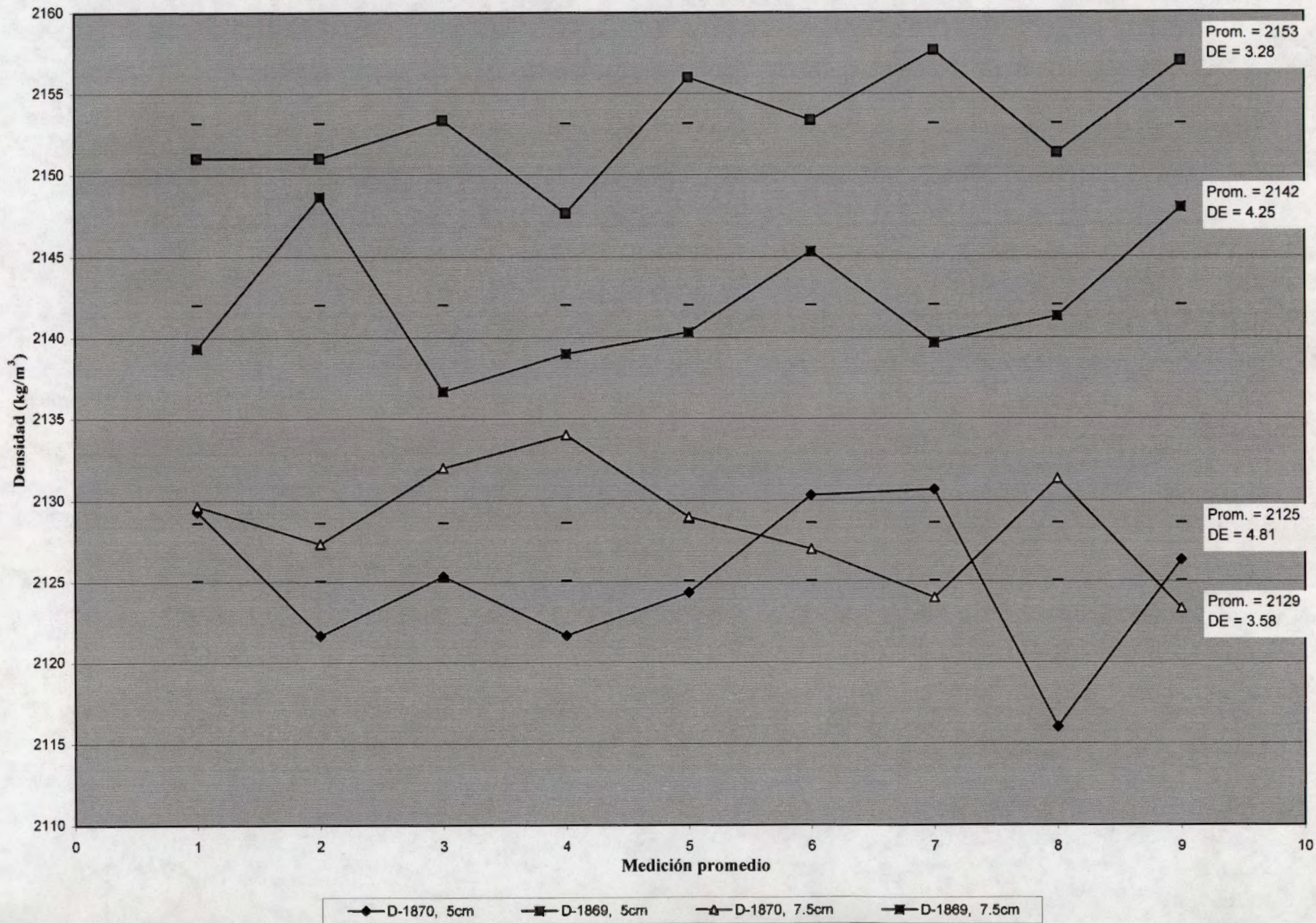
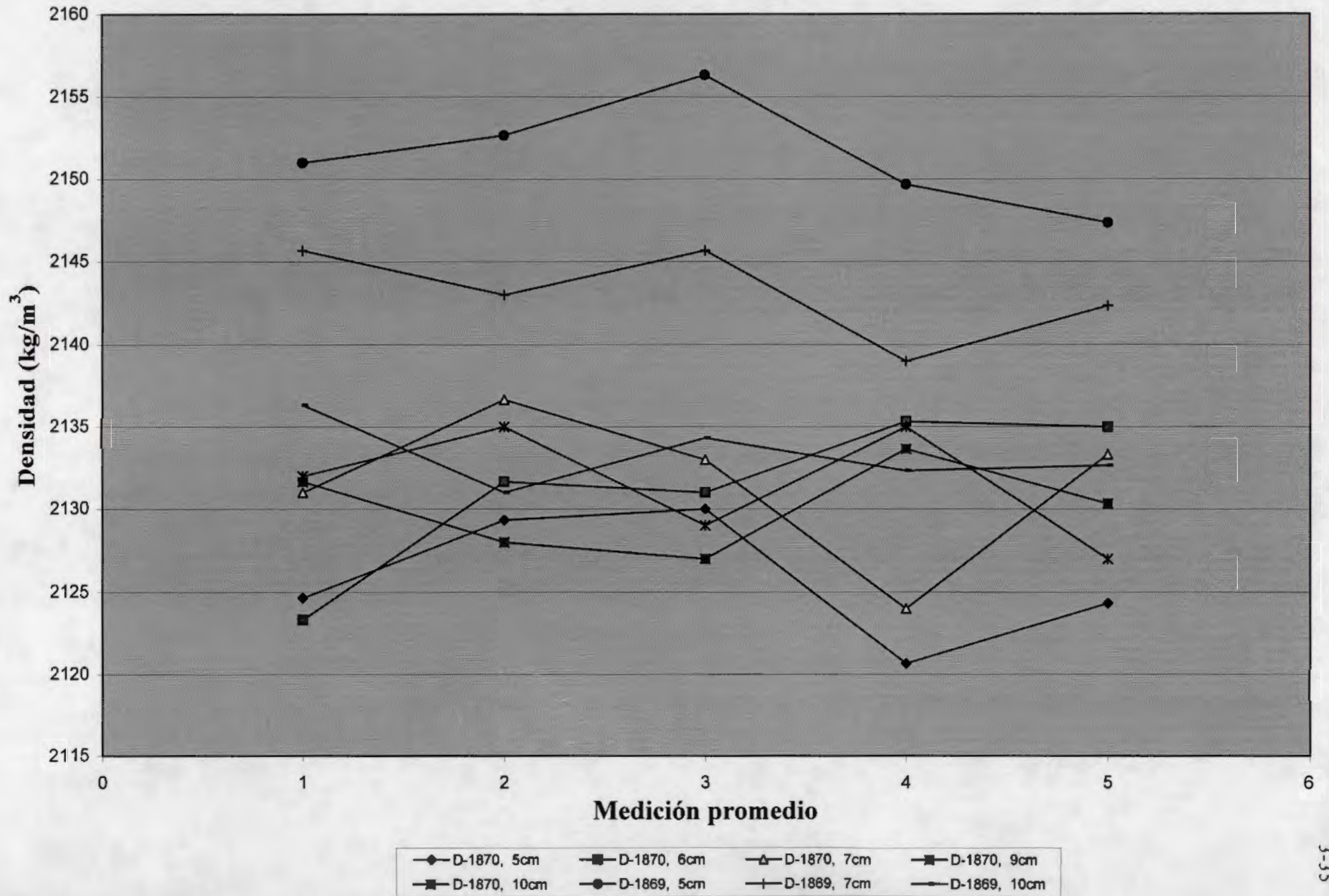


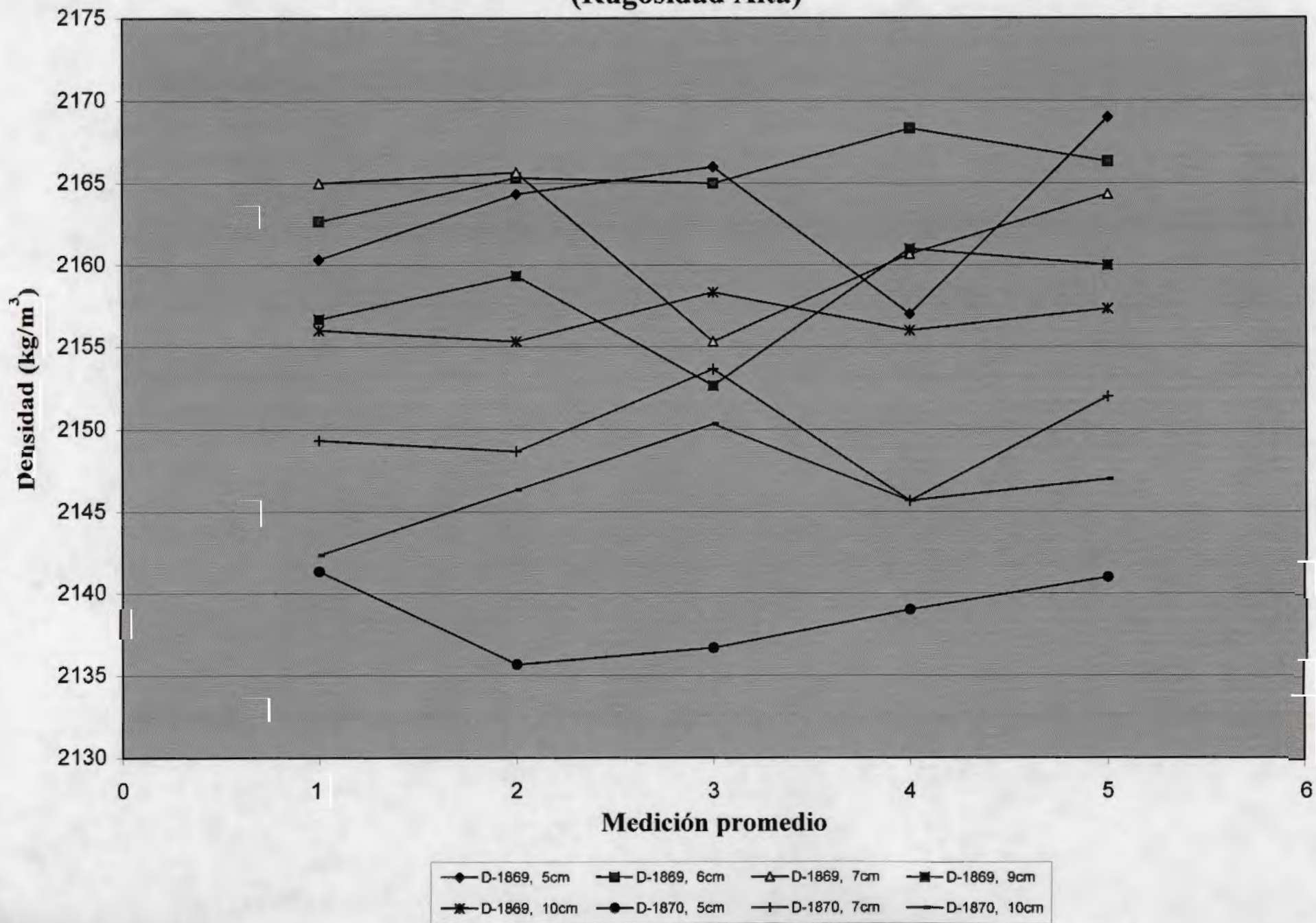
Figura No.3.14 Variación de las medidas de densidad en el punto No.2 (Rugosidad Media)



**Figura No.3.15 Variación de las medidas de densidad en el punto No.3
(Rugosidad Media Alta)**



**Figura No.3.16 Variación de las medidas de densidad en el punto No.4
(Rugosidad Alta)**



3.5 MEDICIONES UTILIZANDO ARENA

Los densímetros han presentado variaciones en sus resultados de compactación de baches hechos a mano, tanto en mediciones normales, como en las efectuadas con la placa metálica, al compararlos con los resultados de los núcleos extraídos.

Por esto se implementaron mediciones en los cuatro puntos de control de Escazú, utilizando debajo del densímetro y sobre la capa de rodamiento una capa de arena fina, tamizada en la malla #80, que llene los vacíos superficiales del pavimento y compense los desniveles de la capa.

El densímetro debe tener su cara inferior de apoyo en contacto pleno con la superficie del pavimento, de no ser así, se introduce un error en la medición.

Este error es muy variable pero tiende a reducir la densidad medida, en superficies aparentemente planas (a simple vista).

Con esto se pretende comprobar si la alta rugosidad y la irregularidad de la superficie de la carretera pueden afectar las medidas del densímetro.

Para entender el problema de la superficie rugosa, hay que analizar los términos siguientes: macro-textura, micro-textura y longitud de onda. (Ver figura 3.16)

3.5.1 LONGITUD DE ONDA

Se puede definir como el perfil o relieve general del pavimento. Es provocado por el paso del rodillo del compactador sobre la carpeta o por la colocación a mano. Produce una deformación superficial con depresiones y protuberancias a manera de olas. Esta irregularidad geométrica del perfil superficial de la rasante que no

tiene que ver con el agregado; sino con el método de colocación. Cuando se coloca la mezcla a mano, la superficie tiene irregularidades apreciables.

3.5.2 MACROTEXTURA

La macro-textura está determinada por el tamaño y acomodo de las partículas en la capa superior de un pavimento. Esta es la rugosidad o aspereza que se observa en el pavimento.

3.5.3 MICROTEXTURA

Se refiere a la porosidad y textura superficial de las partículas de agregado que conforman la mezcla asfáltica. Esta textura solamente puede observarse con un instrumento especial para aumentar el tamaño de las partículas.

3.5.4 RESULTADOS

Utilizando arena para cubrir los espacios vacíos que quedan entre la superficie y el densímetro, se encontraron diferencias relativamente grandes con respecto a las mediciones normales (sin arena) sobre el pavimento. En el punto No.1 se presenta una diferencia de 70 unidades lo que equivale a un 3.5%. Para el punto No.2 aumentó una cantidad poco significativa. Esta diferencia fue de 0.2%. En el caso del punto No.3 aumenta un 2%. Por último, en el punto No.4 aumenta un 2.2%.

Es importante tener en cuenta que la arena a utilizar debe ser arena fina tamizada en la malla No. 50 o más fina. Esto permite que se acomode en los vacíos superficiales y no afecte la posición del instrumento.

La figura No.3.17 ilustra los términos anteriores.

Figura No.3.16 Ilustración de Micro-textura, Macro-textura y Longitud de Onda

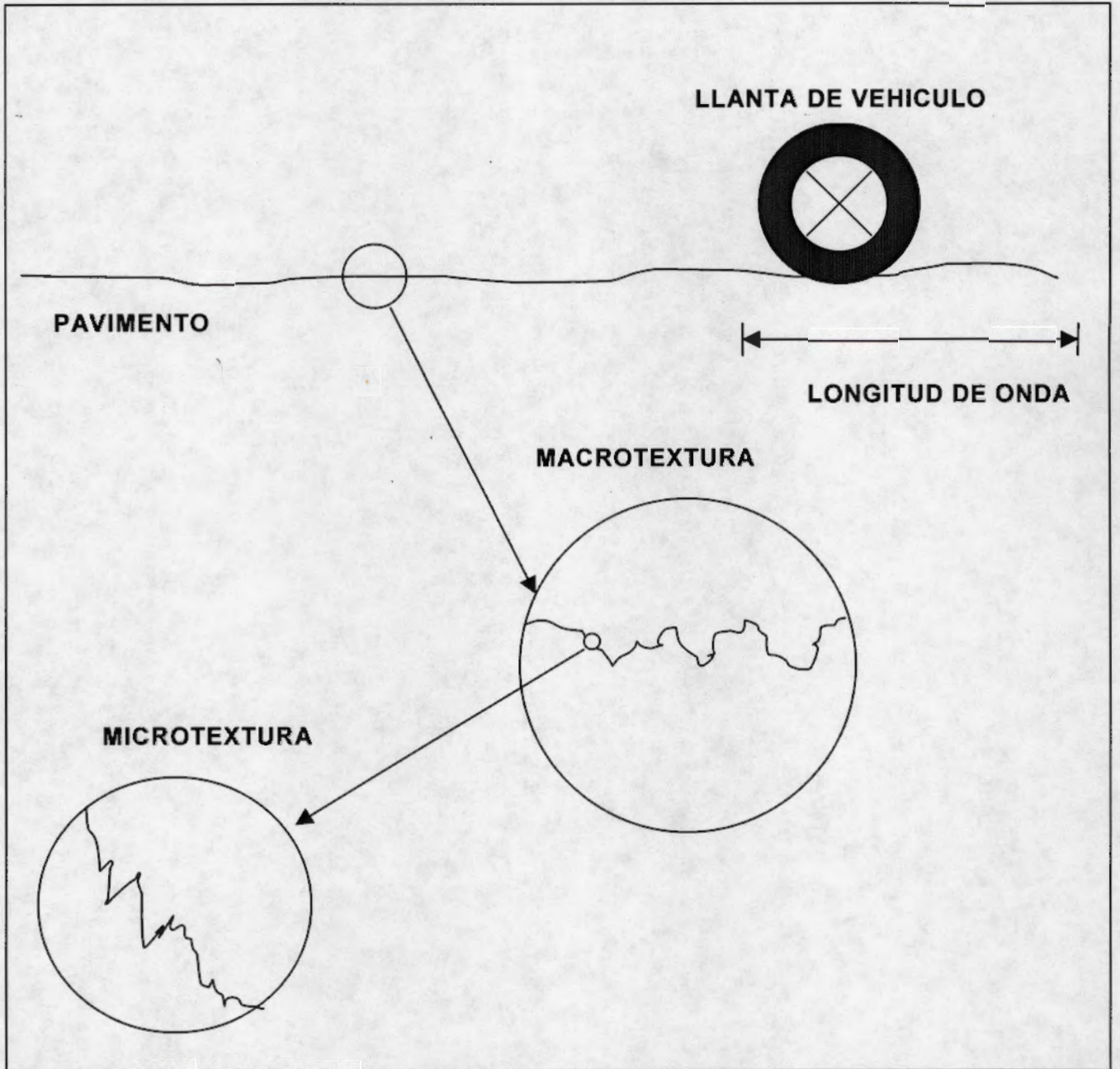


Tabla No. 3.13 Mediciones con arena en el punto No.1

| | |
|-------------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 2 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 4 (Media Alta) |

| Espesor: Fecha: Densímetro: Tiempo de lectura | 7.5cm 16-Sep 1869 arena 1min | 7.5cm 16-Sep 1869 sin arena 1 min | | |
|--|--|---|-------------|-------------|
| 1 | 2056 | | 1985 | |
| 2 | 2065 | | 1999 | |
| 3 | 2072 | 2064 | 2001 | 1995 |
| 4 | 2059 | | 1985 | |
| 5 | 2068 | | 2000 | |
| 6 | 2064 | 2064 | 1995 | 1993 |
| 7 | 2064 | | 1992 | |
| 8 | 2075 | | 1994 | |
| 9 | 2059 | 2066 | 1996 | 1994 |
| 10 | 2057 | | 1990 | |
| 11 | 2061 | | 1989 | |
| 12 | 2066 | 2061 | 1992 | 1990 |
| 13 | 2054 | | 1991 | |
| 14 | 2069 | | 1997 | |
| 15 | 2059 | 2061 | 1999 | 1996 |
| 16 | 2064 | | 1981 | |
| 17 | 2069 | | 1997 | |
| 18 | 2056 | 2063 | 2002 | 1993 |
| 19 | 2066 | | 1994 | |
| 20 | 2060 | | 1990 | |
| 21 | 2059 | 2062 | 1999 | 1994 |
| 22 | 2060 | | 1988 | |
| 23 | 2070 | | 1981 | |
| 24 | 2070 | 2067 | 1996 | 1988 |
| 25 | 2064 | | 1997 | |
| 26 | 2059 | | 1989 | |
| 27 | 2057 | 2060 | 1990 | 1992 |
| Promedio | 2063 | 2063 | 1993 | 1993 |
| Desv.est. | 5.54 | 2.34 | 5.82 | 2.34 |

**Figura 3.18 Efecto de arena en medición de densidad en el punto No.1
Densímetro 1869, a 7.5cm y a 1min**

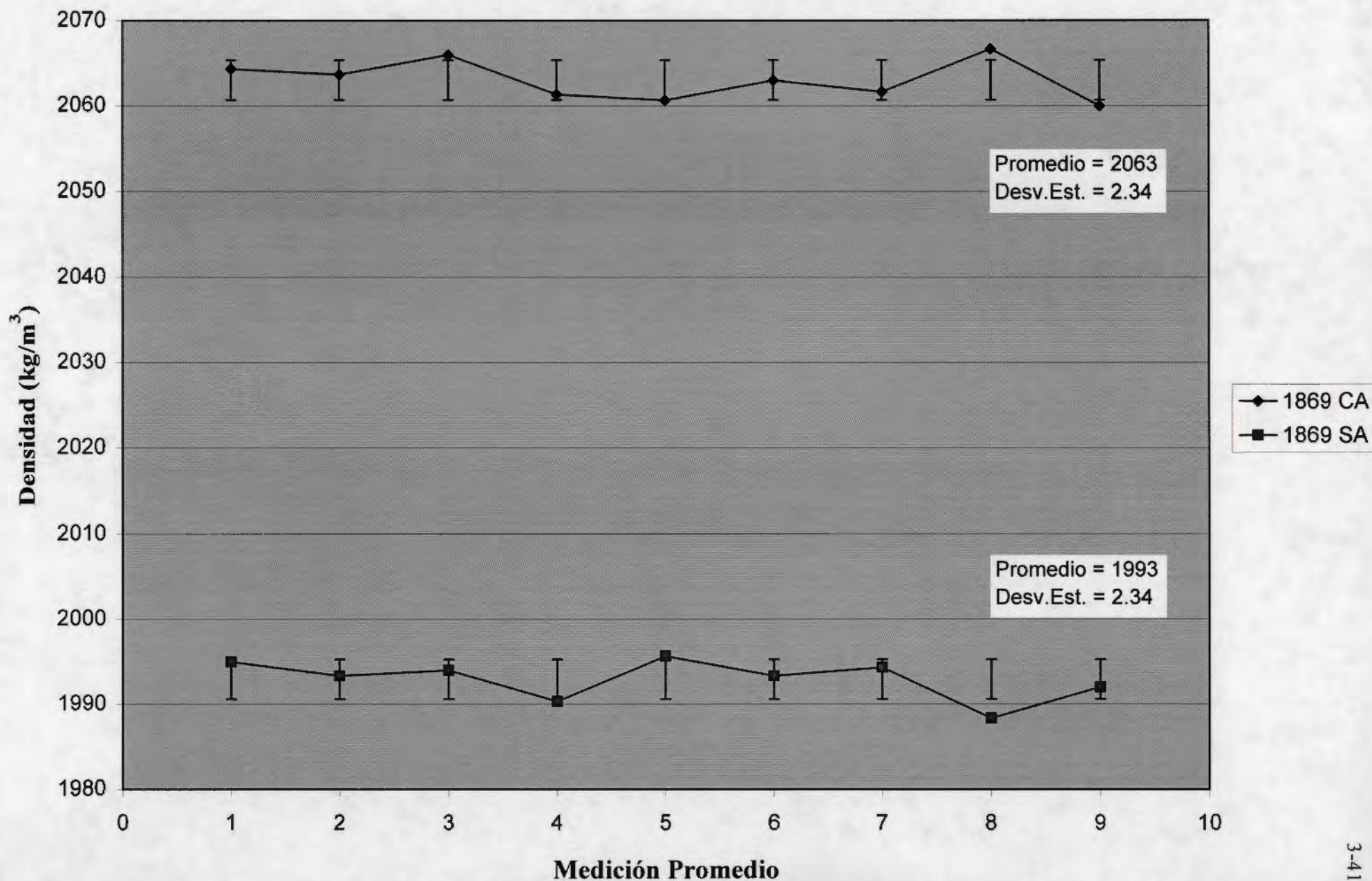


Tabla No. 3.14 Mediciones con arena en el punto No.2

| | |
|------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 2 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 3 (media) |

| Espesor: Fecha: Densímetro: Tiempo de lectura | 7.5cm 16-Sep 2031 Arena 1min | 7.5cm 16-Sep 2031 Sin Arena 1 min | | |
|--|--|---|-------------|-------------|
| 1 | 2086 | | 2088 | |
| 2 | 2082 | | 2089 | |
| 3 | 2087 | 2085 | 2087 | 2088 |
| 4 | 2094 | | 2080 | |
| 5 | 2093 | | 2087 | |
| 6 | 2090 | 2092 | 2075 | 2081 |
| 7 | 2105 | | 2095 | |
| 8 | 2088 | | 2081 | |
| 9 | 2093 | 2095 | 2094 | 2090 |
| 10 | 2098 | | 2085 | |
| 11 | 2080 | | 2087 | |
| 12 | 2083 | 2087 | 2084 | 2085 |
| 13 | 2098 | | 2101 | |
| 14 | 2088 | | 2092 | |
| 15 | 2089 | 2092 | 2089 | 2094 |
| 16 | 2089 | | 2087 | |
| 17 | 2102 | | 2080 | |
| 18 | 2087 | 2093 | 2084 | 2084 |
| 19 | 2100 | | 2073 | |
| 20 | 2101 | | 2083 | |
| 21 | 2101 | 2101 | 2091 | 2082 |
| 22 | 2090 | | 2093 | |
| 23 | 2101 | | 2078 | |
| 24 | 2081 | 2091 | 2098 | 2090 |
| 25 | 2095 | | 2090 | |
| 26 | 2097 | | 2096 | |
| 27 | 2080 | 2091 | 2085 | 2090 |
| Promedio | 2092 | 2092 | 2087 | 2087 |
| Desv.est. | 7.39 | 4.53 | 6.80 | 4.37 |

**Figura No.3.19 Efecto de arena en medición de densidad en el punto No.2
Densímetro 2031, a 7.5cm y a 1min**

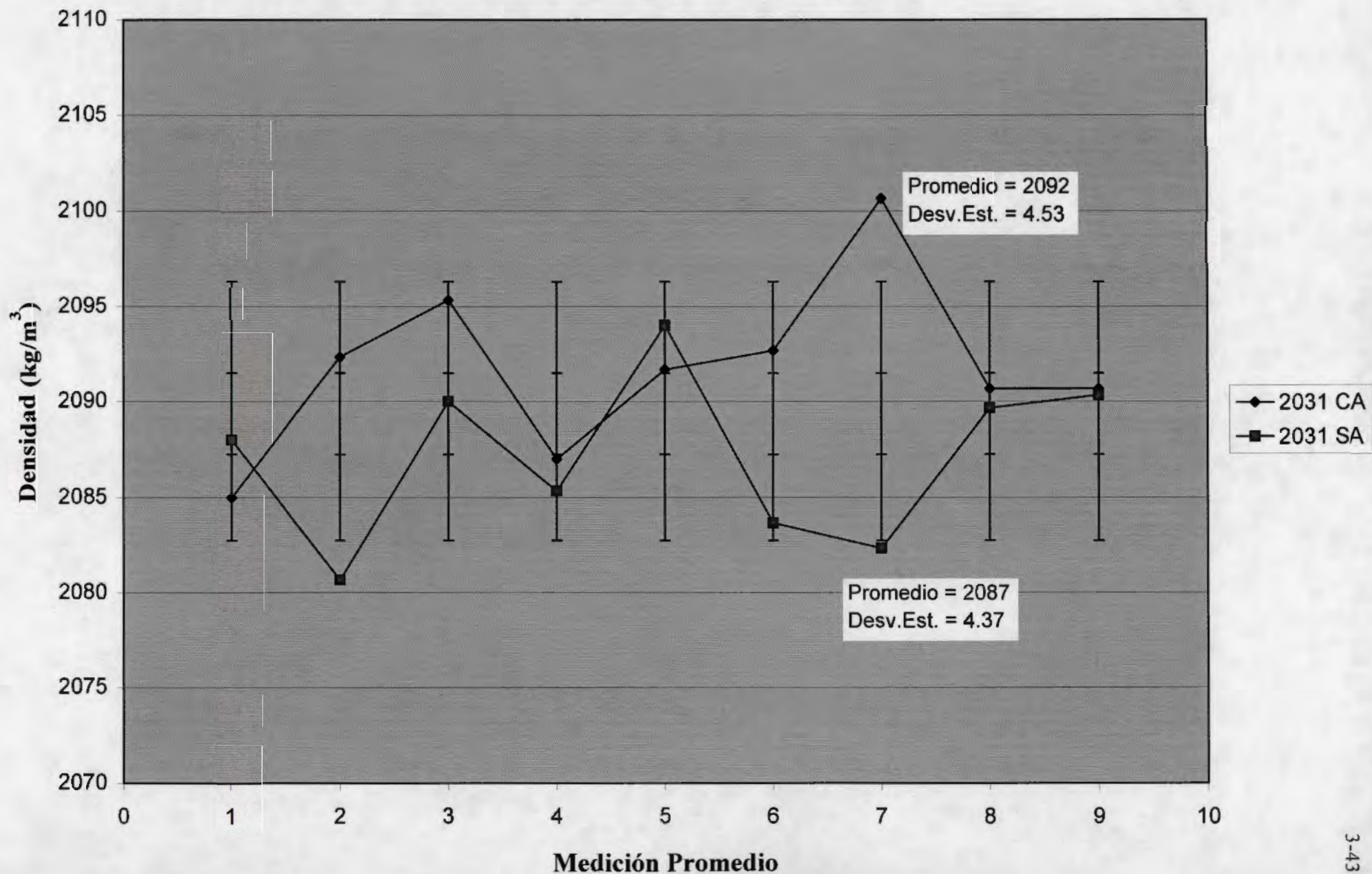


Tabla No. 3.15 Mediciones con arena en el punto No.3

| | |
|-------------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 1 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 4 (media alta) |

| Espesor: Fecha: Densímetro: Temperatura: Tiempo de lectura | 7.5cm 17-Sep 1869 Arena 1min | | 7.5cm 17-Sep 1869 Sin Arena 1 min | |
|--|--|-------------|---|-------------|
| | 1 | 2200 | | 2142 |
| 2 | 2191 | | 2155 | |
| 3 | 2193 | 2195 | 2149 | 2149 |
| 4 | 2186 | | 2150 | |
| 5 | 2193 | | 2143 | |
| 6 | 2194 | 2191 | 2141 | 2145 |
| 7 | 2196 | | 2143 | |
| 8 | 2202 | | 2149 | |
| 9 | 2191 | 2196 | 2146 | 2146 |
| 10 | 2193 | | 2154 | |
| 11 | 2197 | | 2141 | |
| 12 | 2186 | 2192 | 2146 | 2147 |
| 13 | 2183 | | 2147 | |
| 14 | 2189 | | 2158 | |
| 15 | 2189 | 2187 | 2150 | 2152 |
| 16 | 2200 | | 2146 | |
| 17 | 2188 | | 2149 | |
| 18 | 2187 | 2192 | 2153 | 2149 |
| 19 | 2198 | | 2154 | |
| 20 | 2180 | | 2147 | |
| 21 | 2186 | 2188 | 2149 | 2150 |
| 22 | 2184 | | 2154 | |
| 23 | 2192 | | 2149 | |
| 24 | 2187 | 2188 | 2150 | 2151 |
| 25 | 2201 | | 2138 | |
| 26 | 2188 | | 2148 | |
| 27 | 2193 | 2194 | 2143 | 2143 |
| Promedio | 2191 | 2191 | 2148 | 2148 |
| Desv.est. | 5.83 | 3.30 | 4.89 | 2.95 |

Figura No.3.20 Efecto de arena en medición de densidad en el punto No.3
Densímetro 1869, a 7.5cm y a 1min

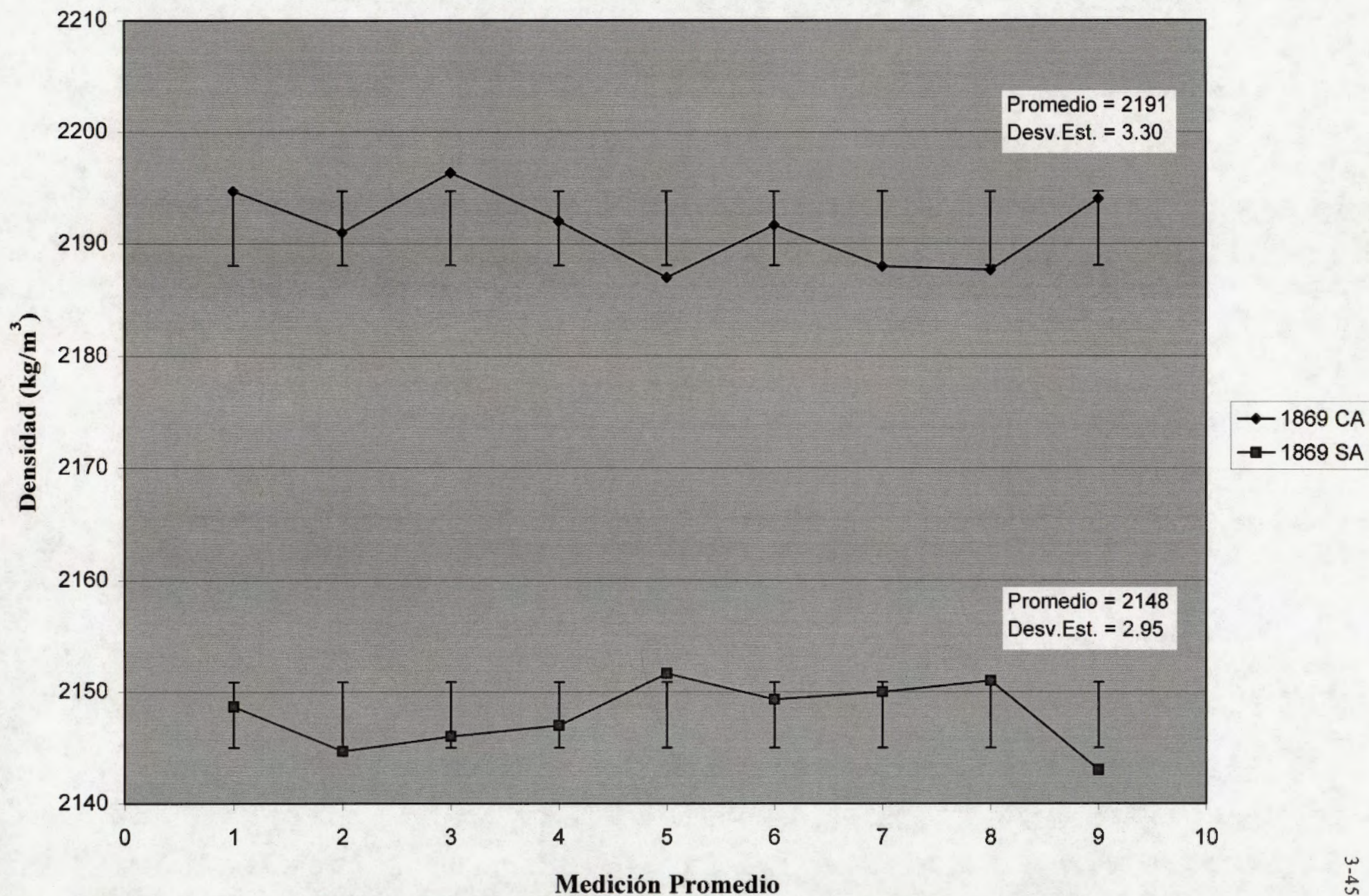
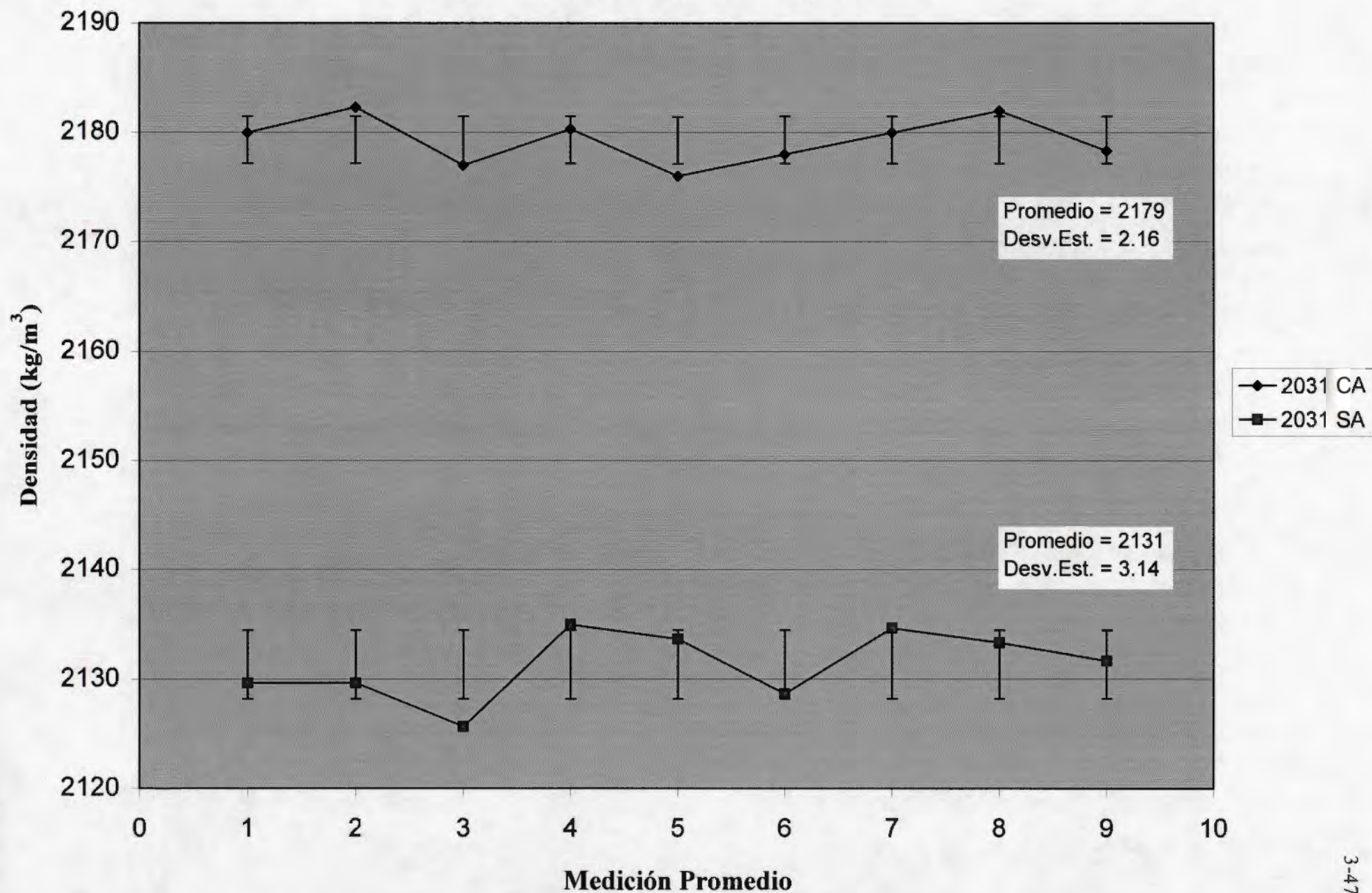


Tabla No. 3.16 Mediciones con arena en el punto No.4

| | |
|-------------------|--|
| Ubicación: | San Antonio de Escazú Cercano al Núcleo No. 1 Carril Derecho |
| Rugosidad: | 3 (media) |

| Espesor: Fecha: Densímetro: Tiempo de lectura | 7.5cm 17-Sep 2031 Arena 1min | | 7.5cm 17-Sep 2031 Sin Arena 1 min | |
|--|---|-------------|--|-------------|
| 1 | 2181 | | 2127 | |
| 2 | 2183 | | 2135 | |
| 3 | 2176 | 2180 | 2127 | 2130 |
| 4 | 2173 | | 2139 | |
| 5 | 2182 | | 2119 | |
| 6 | 2192 | 2182 | 2131 | 2130 |
| 7 | 2177 | | 2127 | |
| 8 | 2178 | | 2120 | |
| 9 | 2176 | 2177 | 2130 | 2126 |
| 10 | 2189 | | 2131 | |
| 11 | 2170 | | 2134 | |
| 12 | 2182 | 2180 | 2140 | 2135 |
| 13 | 2184 | | 2130 | |
| 14 | 2174 | | 2142 | |
| 15 | 2170 | 2176 | 2129 | 2134 |
| 16 | 2176 | | 2133 | |
| 17 | 2181 | | 2121 | |
| 18 | 2177 | 2178 | 2132 | 2129 |
| 19 | 2173 | | 2140 | |
| 20 | 2182 | | 2128 | |
| 21 | 2185 | 2180 | 2136 | 2135 |
| 22 | 2183 | | 2134 | |
| 23 | 2181 | | 2143 | |
| 24 | 2182 | 2182 | 2123 | 2133 |
| 25 | 2181 | | 2121 | |
| 26 | 2176 | | 2139 | |
| 27 | 2178 | 2178 | 2135 | 2132 |
| Promedio | 2179 | 2179 | 2131 | 2131 |
| Desv.est. | 5.25 | 2.16 | 6.86 | 3.14 |

**Figura No.3.21 Efecto de arena en medición de densidad en el punto No.4
Densímetro 2031, a 7.5cm y a 1min**



3.6 CALIBRACIÓN DE LOS DENSÍMETROS 1869 Y 1870 EN PUNTOS FIJOS DE ENERO A ABRIL DE 1998

Entre los meses de enero y abril de 1998 se realizaron mediciones con los densímetros nucleares 1869 y 1870 en las afueras de las instalaciones del LANAMME, en dos puntos fijos. El objetivo de este experimento fue analizar la variación temporal de las lecturas de los densímetros.

De este estudio la principal hipótesis obtenida es que hay una cierta probabilidad de que el densímetro varíe las mediciones cuando ha llovido previamente, en la zona donde se efectuaron las medidas. Se registraron variaciones de hasta 25 puntos (1%), por el posible efecto de la humedad.

Los puntos seleccionados están en las afueras del LANAMME, en un sitio donde no hay tránsito importante que afecte la compactación.

Como se puede observar en los gráficos, la variación de las mediciones es mínima en las lecturas realizadas. Sin embargo, no hay una tendencia definida en cuanto a qué densímetro genera valores mayores o menores, pues se alternan a lo largo del tiempo.

En la medición número tres se presenta la mayor dispersión respecto de toda la muestra analizada. La desviación estándar general, aún así, es mínima.

Tabla No 3.17

Registro de Calibración de Densímetros

DENSIMETRO 1869

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|
| FECHA | 1/6/98 | 1/12/98 | 1/19/98 | 1/27/98 | 2/2/98 | 2/10/98 | 2/17/98 | 2/24/98 | 2/3/98 | 10/3/98 | 61/3/98 | 23/3/98 | 30/3/98 | 6/15/98 | | |
| LECTURA PROMEDIO | 2041 | 2005 | 2013 | 1996 | 2030 | 2014 | 2025 | 2020 | 1988 | 2023 | 1991 | 1997 | 2025 | 1999 | promedio | 2012 |
| TEMPERATURA (C) | 34 | 30 | 29 | 34 | 32 | 34 | 33 | 24 | 25 | 23 | 25 | 25 | 30 | 23 | | |

PUNTO 2

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|
| FECHA | 1/6/98 | 1/12/98 | 1/19/98 | 1/27/98 | 2/2/98 | 2/10/98 | 2/17/98 | 2/24/98 | 2/3/98 | 10/3/98 | 61/3/98 | 23/3/98 | 30/3/98 | 6/15/98 | | |
| LECTURA PROMEDIO | 1994 | 1952 | 1950 | 1882 | 1973 | 1966 | 1978 | 1978 | 1941 | 1977 | 1941 | 1949 | 1981 | 1931 | promedio | 1957 |
| TEMPERATURA (C) | 34 | 30 | 29 | 34 | 32 | 34 | 33 | 24 | 25 | 23 | 25 | 25 | 30 | 23 | | |

DENSIMETRO 1870

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|
| FECHA | 1/6/98 | 1/12/98 | 1/19/98 | 1/27/98 | 2/2/98 | 2/10/98 | 2/17/98 | 2/24/98 | 2/3/98 | 10/3/98 | 61/3/98 | 23/3/98 | 30/3/98 | 6/15/98 | | |
| LECTURA PROMEDIO | 1998 | 2014 | 2001 | 2003 | 2009 | 2014 | 2015 | 2002 | 2021 | 2031 | 2012 | 2018 | 2020 | 1938 | promedio | 2008 |
| TEMPERATURA (C) | 30 | 29 | 34 | 32 | 34 | 33 | 24 | 25 | 23 | 25 | 25 | 30 | 23 | 25 | | |

PUNTO 2

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|
| FECHA | 1/6/98 | 1/12/98 | 1/19/98 | 1/27/98 | 2/2/98 | 2/10/98 | 2/17/98 | 2/24/98 | 2/3/98 | 10/3/98 | 61/3/98 | 23/3/98 | 30/3/98 | 6/15/98 | | |
| LECTURA PROMEDIO | 1950 | 1952 | 1955 | 1900 | 1964 | 1963 | 1965 | 1956 | 1967 | 1989 | 1958 | 1987 | 1959 | 1933 | promedio | 1957 |
| TEMPERATURA (C) | 30 | 29 | 34 | 32 | 34 | 33 | 24 | 25 | 23 | 25 | 25 | 30 | 23 | 25 | | |

Figura No. 3.22: Variación de las Medidas de Densidad en el Punto 1

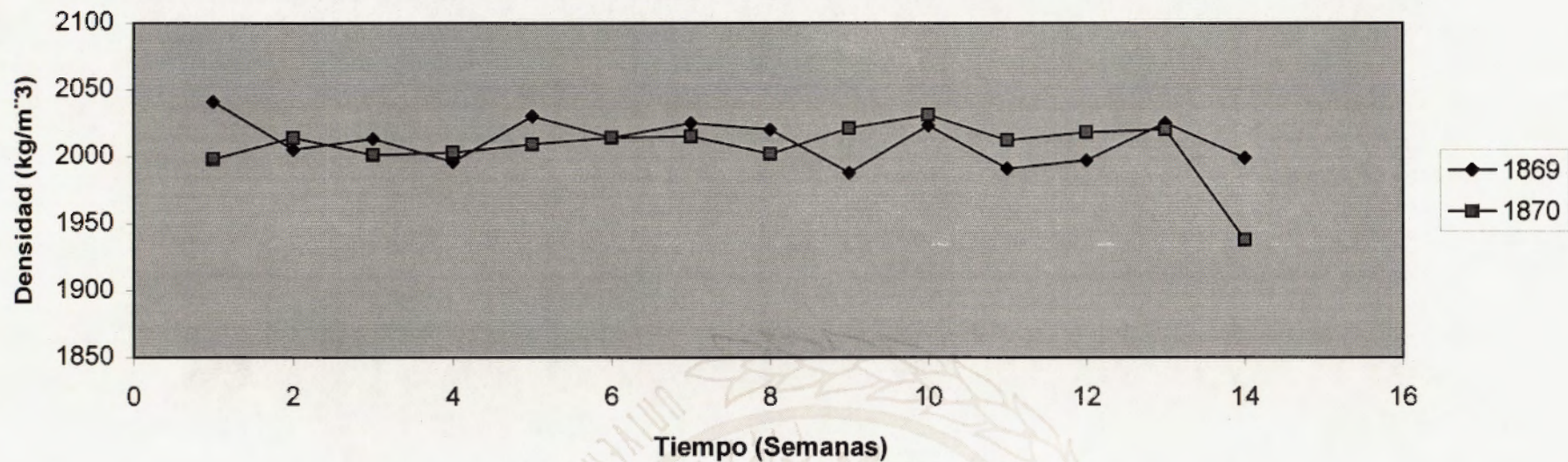
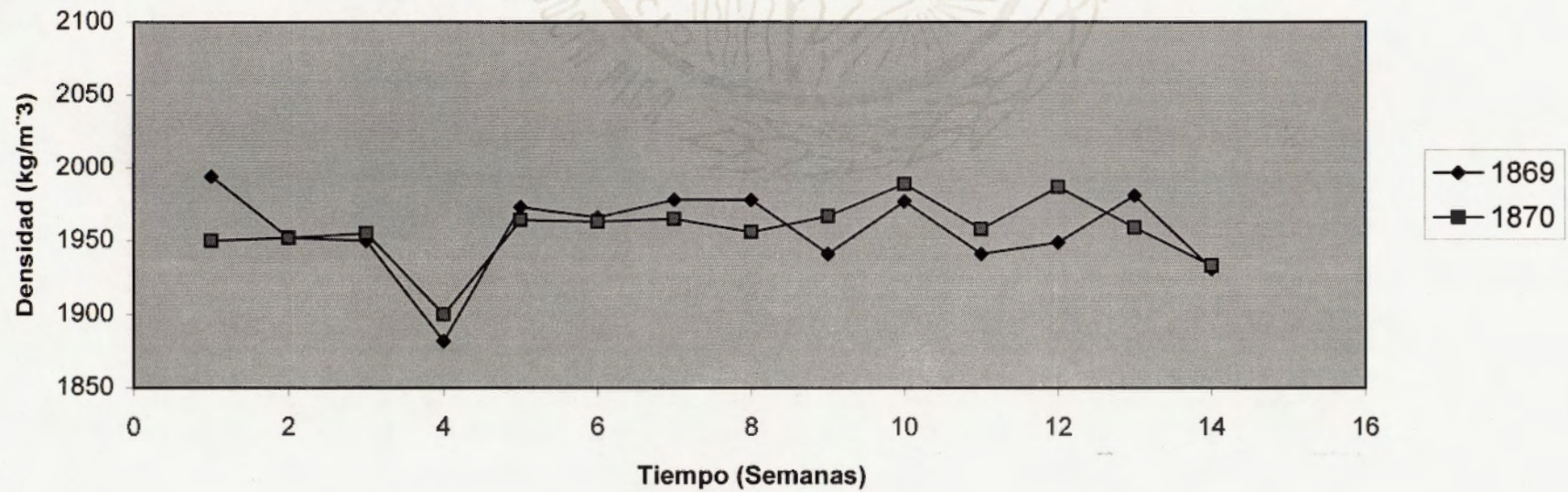


Figura No. 3.23: Variación de las Medidas de Densidad en el Punto 2



3.7 ANÁLISIS CON EL SPEC

3.7.1 BLOQUE No.1

Las mediciones sin placa metálica, se tomaron en tres puntos diferentes del bloque, con una variación de la posición inicial mínima ($\pm 3^\circ$). Las mediciones se presentan en una sola tabla, pero cada sub-grupo de medidas es el siguiente: De la 1 a la 10, es la posición longitudinal, de la 11 a la 25 se varió la posición hacia la izquierda y de las 26 a la 44 se varió hacia la derecha.

Todas las mediciones fueron realizadas a una profundidad de 10 cm.

La desviación estándar y el promedio de cada uno de los sub-grupos son los siguientes:

Tabla No. 3.18 Datos procesados en el SPEC en el bloque No.1

| Sub-grupo de Medidas | Promedio (kg/m ³) | Desviación Estándar (kg/m ³) |
|----------------------|----------------------------------|---|
| 1 - 10 | 2037 | 16.29 |
| 11- 25 | 2069 | 14.80 |
| 26 -44 | 2106 | 10.60 |

Como se puede notar en la tabla No. 3.18, los resultados de la desviación estándar son superior a los del manual de operación del densímetro.

La variación de las medidas en cada uno de los tres puntos es de un 1% entre el sub-grupo 1 y 2, y del 2% entre el 1 y 3.

Cuando se utilizó la placa metálica, solo se midió en dos posiciones, variando la colocación inicial de forma mínima. Sin embargo, la desviación estándar en cada caso fue muy alta.

Tabla No. 3.19 Datos procesados en el SPEC en el bloque No.1, utilizando el equipo nuclear con la placa metálica

| Sub-grupo de Medidas | Promedio (kg/m ³) | Desviación Estándar (kg/m ³) |
|----------------------|----------------------------------|---|
| 1-22 | 2131 | 24.79 |
| 23- 31 | 2143 | 14.93 |

3.7.2 BLOQUE No.2

Con el bloque No.2, se varió la metodología pues era necesario conocer la variación de las medidas con la profundidad. Por esto se realizaron medidas 2.5 cm, 5 cm y 10 cm.

En la tabla No. 3.20 se presentan los resultados.

Tabla No. 3.20 Datos procesados en el SPEC en el bloque No.1 midiendo a diferentes profundidades

| Profundidad (cm) | Promedio (kg/m ³) | Desviación Estándar (kg/m ³) |
|---------------------|----------------------------------|---|
| 2.5 | 1664 | 8.55 |
| 5.0 | 1697 | 8.04 |
| 10 | 1704 | 9.55 |

Según la tabla No.3.20, la densidad del bloque de calibración tiende a aumentar conforme aumenta la profundidad. Esto demuestra un problema en el vibrado del concreto, lo que generó diferencias en la homogeneidad de la densidad del bloque.

Sin embargo, la desviación estándar obtenida en cada grupo de medidas es menor que en los resultados del bloque No.1.

Tabla No 3.21

BLOQUE 1, Mediciones sin Placa Metálica

| Lectura | Densidad |
|------------------|-------------|
| 1 | 2022 |
| 2 | 2027 |
| 3 | 2062 |
| 4 | 2037 |
| 5 | 2054 |
| 6 | 2042 |
| 7 | 2021 |
| 8 | 2014 |
| 9 | 2052 |
| 10 | 2048 |
| 11 | 2057 |
| 12 | 2080 |
| 13 | 2081 |
| 14 | 2074 |
| 15 | 2061 |
| 16 | 2082 |
| 17 | 2069 |
| 18 | 2043 |
| 19 | 2067 |
| 20 | 2074 |
| 21 | 2041 |
| 22 | 2092 |
| 23 | 2058 |
| 24 | 2077 |
| 25 | 2083 |
| 26 | 2112 |
| 27 | 2108 |
| 28 | 2098 |
| 29 | 2094 |
| 30 | 2098 |
| 31 | 2111 |
| 32 | 2097 |
| 33 | 2108 |
| 34 | 2109 |
| 35 | 2096 |
| 36 | 2110 |
| 37 | 2114 |
| 38 | 2115 |
| 39 | 2076 |
| 40 | 2114 |
| 41 | 2102 |
| 42 | 2114 |
| 43 | 2118 |
| 44 | 2098 |
| Promedio | 2078 |
| Desv. Std | 29.5 |

Figura No. 3.24 Resultados del SPEC

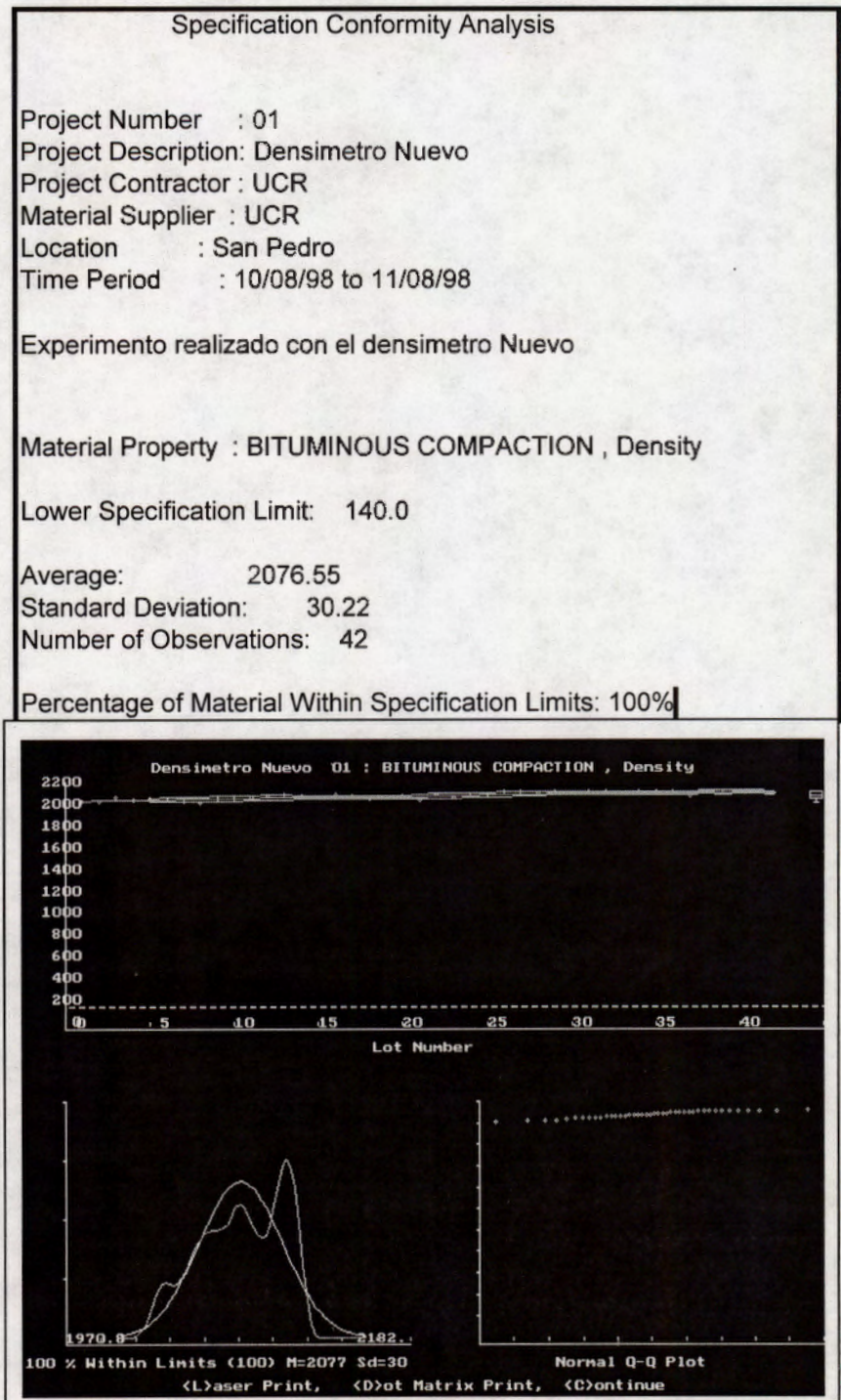


Figura No. 3.25 Analisis con la Placa Metalica

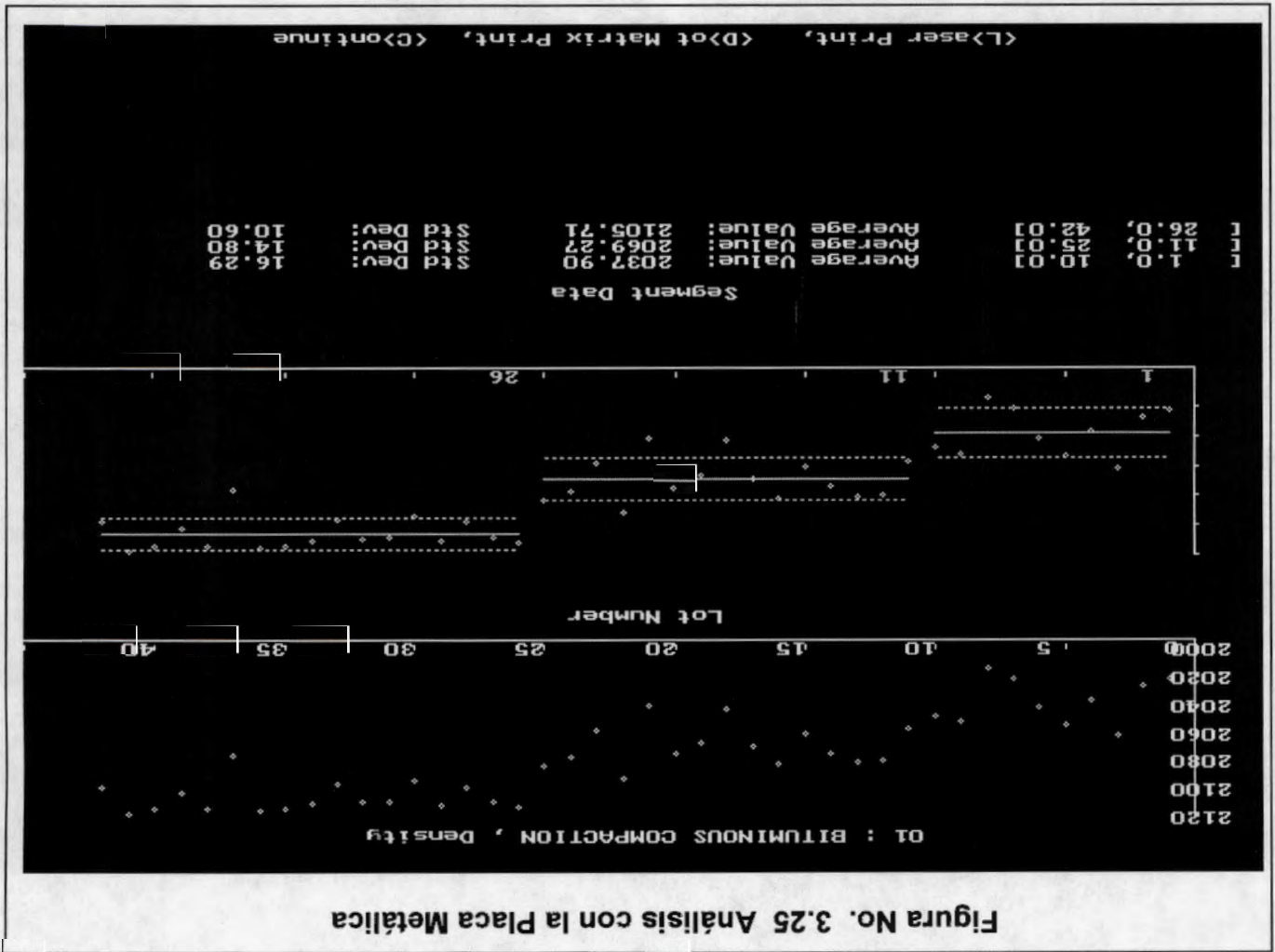


Figura No. 3.27 Analisis con la Placa Metalica

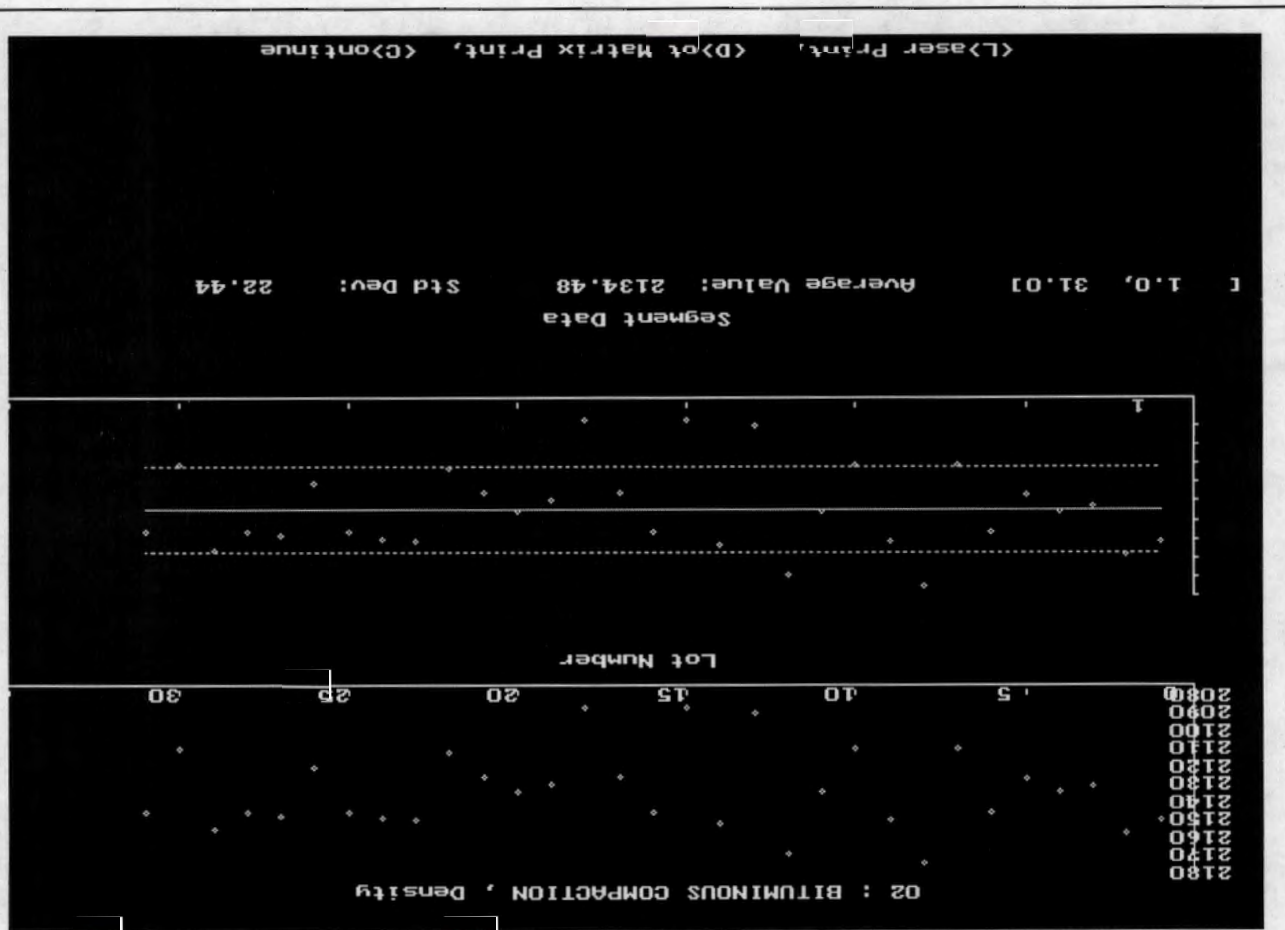


Tabla No 3.23 Mediciones en Bloque 2 a 2.5 cm

| Lectura | Densidad |
|------------------|----------|
| 1 | 1653 |
| 2 | 1657 |
| 3 | 1664 |
| 4 | 1670 |
| 5 | 1649 |
| 6 | 1681 |
| 7 | 1663 |
| 8 | 1662 |
| 9 | 1661 |
| 10 | 1663 |
| 11 | 1672 |
| 12 | 1667 |
| Promedio | 1664 |
| Desv. Std | 8.6 |

Figura No. 3.28 Resultados del SPEC

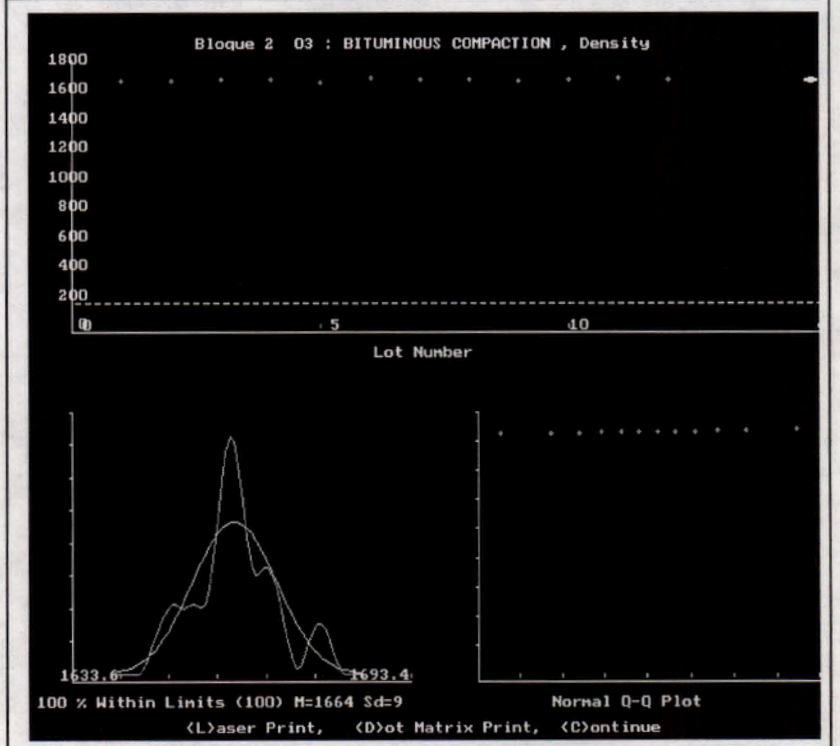
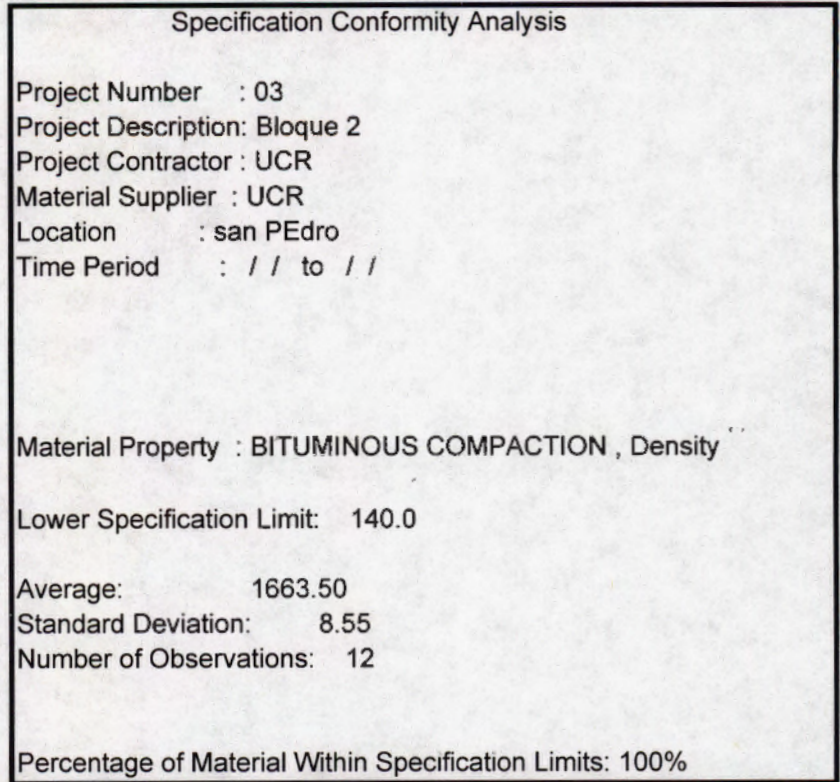


Tabla No 3.24 Mediciones en Bloque 2 a 5 cm

| Lectura | Densidad |
|------------------|----------|
| 1 | 1702 |
| 2 | 1699 |
| 3 | 1683 |
| 4 | 1709 |
| 5 | 1691 |
| 6 | 1702 |
| 7 | 1701 |
| 8 | 1701 |
| 9 | 1691 |
| 10 | 1695 |
| 11 | 1701 |
| 12 | 1683 |
| Promedio | 1697 |
| Desv. Std | 7.9 |

Figura No. 3.29 Resultados del SPEC

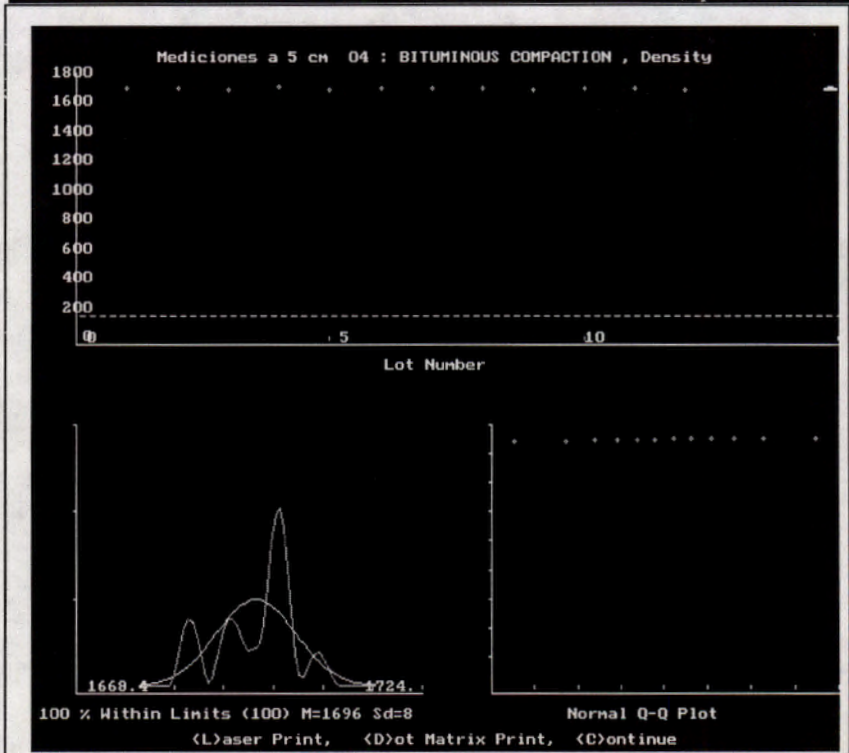
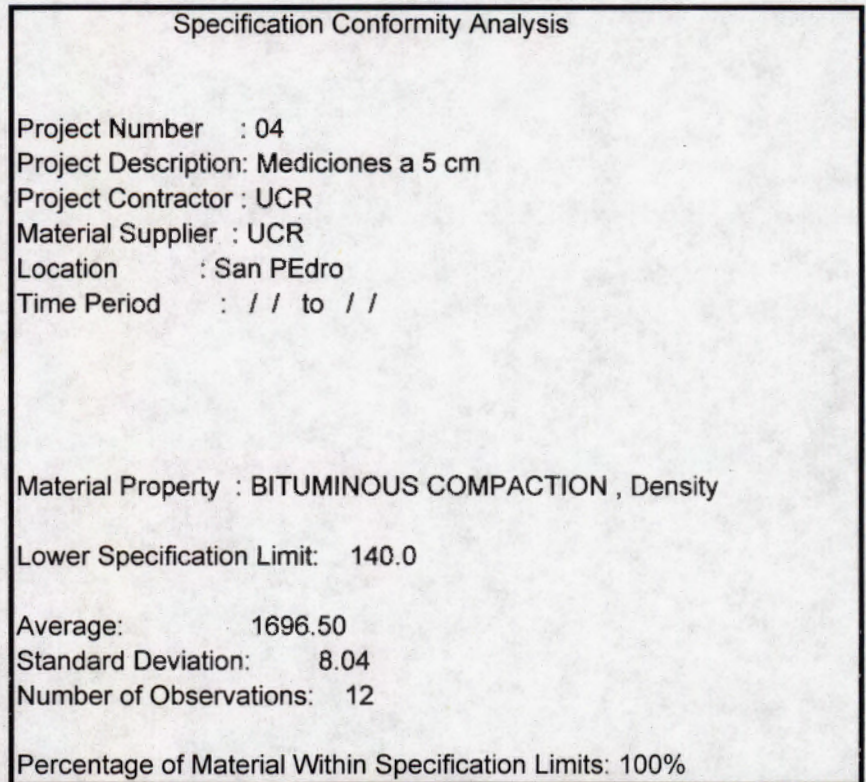


Tabla No 3.25 Mediciones en bloque 2 a 10 cm

| Lectura | Densidad |
|------------------|----------|
| 1 | 1706 |
| 2 | 1699 |
| 3 | 1691 |
| 4 | 1708 |
| 5 | 1710 |
| 6 | 1693 |
| 7 | 1707 |
| 8 | 1697 |
| 9 | 1727 |
| 10 | 1702 |
| 11 | 1699 |
| 12 | 1708 |
| Promedio | 1704 |
| Desv. Std | 9.55 |

Figura No. 3.30 Resultados del SPEC

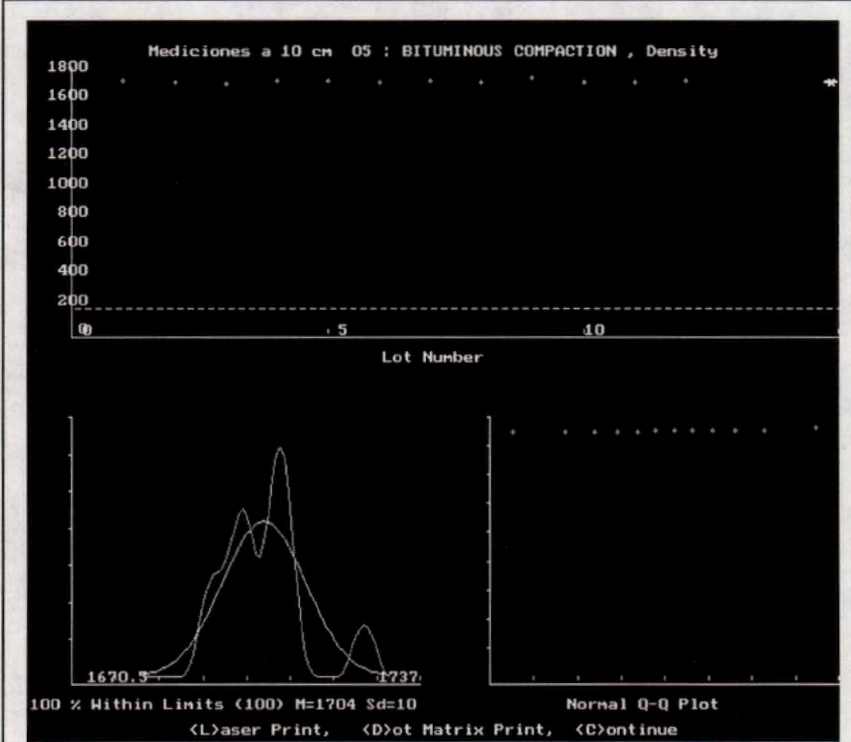
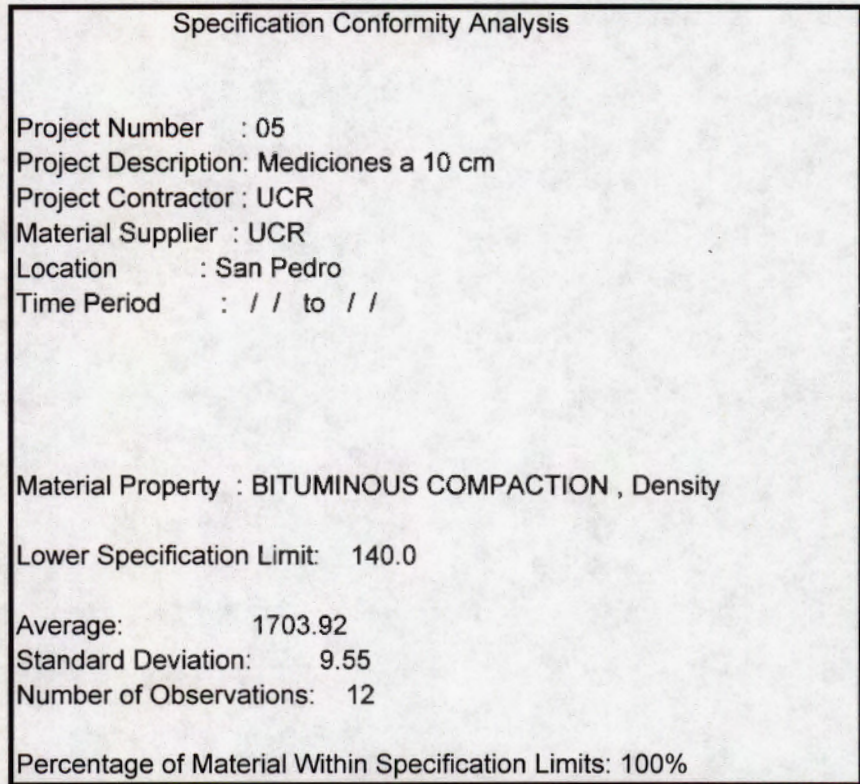
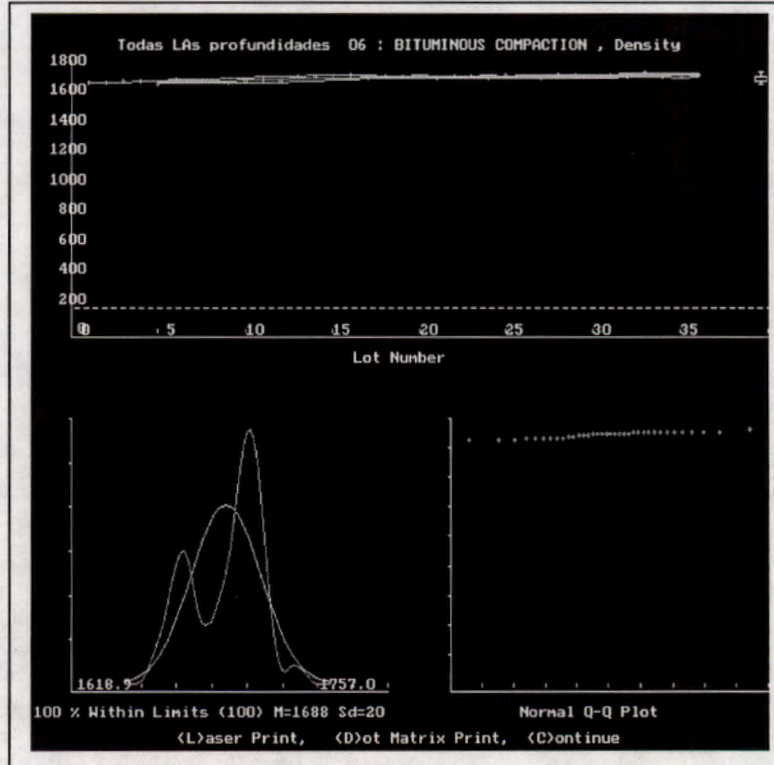
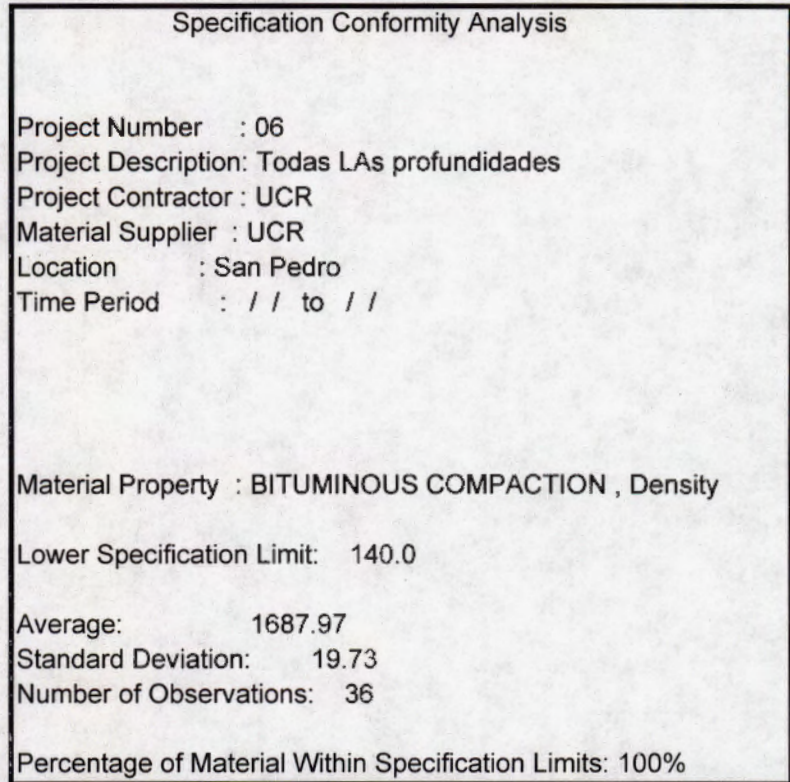


Tabla No 3.26 Mediciones en Bloque 2 a todas las Profundidades

| Lectura | Densidad |
|------------------|----------|
| 1 | 1653 |
| 2 | 1657 |
| 3 | 1664 |
| 4 | 1670 |
| 5 | 1649 |
| 6 | 1681 |
| 7 | 1663 |
| 8 | 1662 |
| 9 | 1661 |
| 10 | 1663 |
| 11 | 1672 |
| 12 | 1667 |
| 13 | 1702 |
| 14 | 1699 |
| 15 | 1683 |
| 16 | 1709 |
| 17 | 1691 |
| 18 | 1702 |
| 19 | 1701 |
| 20 | 1701 |
| 21 | 1691 |
| 22 | 1695 |
| 23 | 1701 |
| 24 | 1683 |
| 25 | 1706 |
| 26 | 1699 |
| 27 | 1691 |
| 28 | 1708 |
| 29 | 1710 |
| 30 | 1693 |
| 31 | 1707 |
| 32 | 1697 |
| 33 | 1727 |
| 34 | 1702 |
| 35 | 1699 |
| 36 | 1708 |
| Promedio | 1688 |
| Desv. Std | 19.5 |

Figura No. 3.31 Resultados del SPEC



3.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

El estudio ha permitido desechar y probar algunas hipótesis de funcionamiento del densímetro nuclear que explican la variabilidad que se puede esperar en sus resultados. No se pudo definir o comprobar ningún modelo de funcionamiento o ningún factor de corrección definitivo para los elementos que hacen variar sus resultados.

Sin embargo, este estudio permitió conocer el funcionamiento general de los aparatos y comprobar que se comportan de acuerdo con lo establecido en el manual de operación que suministra la casa fabricante.

Las medidas efectuadas en los tres bloques de calibración construidos con concreto indican que la variabilidad de cada uno de los densímetros está dentro del rango normal establecido por el fabricante (menores que 8 Kg/m³). Sin embargo, al comparar las medidas de un aparato con otro, se presentan diferencias mayores (de hasta 2% de la densidad), lo cual se debe a la posición específica al cambiar los aparatos (que varía ligeramente).

Las medidas efectuadas en los puntos de control de campo en mezclas asfálticas denotaron una mayor dispersión de los datos respecto a las medidas en los bloques de control. Esto puede ocurrir porque las mezclas asfálticas presentan una estructura más abierta (con vacíos), que puede afectar el "rebote" de las partículas atómicas en cada medición.

El densímetro es susceptible a variación de los datos medidos cuando se modifica su posición de lectura. Por ejemplo al girar respecto al eje unos 3 grados, los densímetros registraron variaciones del hasta 2% de la densidad de los bloques de calibración. Algo similar puede ocurrir si se mueve el aparato tan solo 2 o 3 mm hacia atrás o adelante de su posición original.

Las razones para que esto suceda se atribuyen a la anisotropía normal de las mezclas y materiales. Es decir, ningún material es perfectamente homogéneo en sus características en todos sus puntos y el densímetro hace evidente esta condición normal. Se recomienda tener mucho cuidado de no mover el densímetro al realizar mediciones en un solo punto.

No se pudo establecer ningún patrón de lecturas en las comparaciones relativas hechas con los tres densímetros en puntos controlados de medición. Todos parecen funcionar conforme a la dispersión normal que establece el fabricante. Lo que parece hacer variar las mediciones entre un densímetro y otro en un mismo punto es el cambio de aparato que debe efectuarse para hacer las medidas.

Las mediciones hechas con 30 segundos y 60 segundos de periodo de lectura indican un nivel de variabilidad aceptable para trabajar el aparato. Para obtener mayor seguridad se recomienda seguir utilizando el periodo de 60 segundos y hacer tres lecturas por cada punto sin mover el aparato.

El uso de la placa de magnesio del densímetro con la función de vacíos superficiales (ver manual) es poco recomendable debido a que aumenta la dispersión de las lecturas y limita el funcionamiento a un espesor fijo de una pulgada (2.5 cm) de profundidad. Además se ve afectada en mayor grado por la textura superficial, tal como se explica adelante. En las pruebas realizadas en campo, la placa de magnesio permite obtener datos más semejantes a los valores de densidad de los núcleos perforados pero tiene mayor variabilidad de medición y solo mide la capa más externa del pavimento. Esta alternativa de funcionamiento debería limitarse solamente a cuando la granulometría de la mezcla es abierta (ver el manual del densímetro).

El factor que mayormente afecta el funcionamiento del densímetro es el perfil longitudinal y la rugosidad superficial o macrotextura del pavimento. La parte inferior del aparato debe estar en contacto total con la superficie del pavimento para hacer una medición correcta. Esto es muy difícil de lograr en gran cantidad de superficies porque a simple vista resulta imposible percibir las depresiones o protuberancias de pocos milímetros que pueden afectar el aparato. El densímetro puede estar firmemente apoyado pero por abajo puede haber un espacio sin contacto que va a afectar la medición.

La experiencia de utilizar el densímetro para comprobar baches confeccionados a mano indica que estas diferencias pueden ser tan altas como 10% de reducción de la densidad real. Debido a la dificultad que significa percibir y evitar este problema en campo, la recomendación es seguir utilizando arena fina para rellenar y asegurar un contacto total entre aparato y pavimento al realizar las mediciones. Para ello se usará un nivelador especial para acomodar la arena antes de colocar el densímetro.

La textura superficial y el perfil longitudinal son los factores que más afectan las lecturas. También debe tenerse presente que debido a la flexibilidad de las mezclas asfálticas este parámetro no es invariable en el tiempo. Una medición hecha hoy en una superficie rugosa puede tratar de medirse uno o dos días después y la textura puede haber cambiado sensiblemente por razones como: alisamiento producido por numerosos vehículos, cambio del perfil por cargas pesadas, migración de asfalto hacia la superficie o polvo y suciedad acumulada sobre la superficie. En este tema es bueno tener en cuenta que no se pueden reproducir resultados de densidad en puntos por los cuales pasa tránsito constantemente.

Se está trabajando en analizar la posible variación de las lecturas con la profundidad cuando la superficie tiene una textura muy rugosa. La hipótesis de trabajo sugiere que la textura rugosa afectaría más a las mediciones superficiales que a las medidas hechas a 10 cm de profundidad (sin utilizar arena).

Faltan algunas mediciones en sitio para definir un criterio al respecto, aunque la utilización de arena evitaría cualquier influencia de este factor.

En términos generales, se observa una variabilidad normal de los densímetros de hasta 2% cuando se cambia de posición el aparato o cuando se utiliza un aparato diferente en el mismo punto de medición. Esto debe ser considerado al utilizar datos de densimetría para calcular el cumplimiento de especificaciones de proyecto. A pesar de que se conozca bien el comportamiento de estos aparatos, parece ser necesario utilizar núcleos perforados de comprobación para asegurar los datos medidos y para establecer los cumplimientos relativos a compactación en los pavimentos.

Como complemento del trabajo de densimetría de campo, se requiere conocer frecuentemente la densidad de mezcla que produce cada día la planta para evitar hacer comparaciones con valores fijos del diseño que no son los que realmente se producen día a día. Sin hacer este ajuste diario, las mediciones de densimetría no permiten establecer el grado de compactación con plena exactitud. Se conoce con base en la base estadística de resultados de 1997, que la densidad de mezcla producida en una planta varía día con día hasta en 50 Kg/m³ debido a los deficientes controles de producción y a la variabilidad de agregados que se utilizan.

**ESTUDIO GEOTECNICO DE FUENTES DE
AGREGADOS**

CAPITULO 4

4. ESTUDIO GEOTECNICO DE FUENTES DE AGREGADOS

4.1 INTRODUCCION

Este informe corresponde a un avance del estudio geotécnico de fuentes de agregados pétreos, utilizados por los Contratistas del Programa de Mantenimiento Rutinario, para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, graduación B.

El conocimiento de estos materiales, su modo de explotación y el manejo de apilamientos están íntimamente relacionados con la calidad de la mezcla asfáltica así como con su uniformidad.

La calidad de las mezclas asfálticas, está gobernada entre otras cosas por la calidad individual de los materiales que la componen y desde luego por la uniformidad de estos materiales, que aseguren la reproducción de la fórmula de trabajo.

Los agregados pétreos utilizados en construcción de carreteras, proceden de diversas fuentes de materiales, con génesis distintas (grupos ígneos y sedimentarios), de múltiple composición mineral y variables características petrográficas, y con una calidad muchas veces cuestionada, así como una mala calidad numerosas veces comprobada.

Es importante considerar que cuando se ha verificado la buena calidad del ligante asfáltico, así como cuando se han controlado los detalles de producción, colocación y acabado de la carpeta, la durabilidad de las mezclas asfálticas, esta regida por la calidad del agregado pétreo, por su afinidad (adhesividad) con el ligante, y estos dependen de la composición mineral así como de las reacciones químicas y cambios físicos que a lo largo del tiempo se manifiesten.

Todas las propiedades índice de los materiales que exigen las especificaciones como por ejemplo la abrasión, pérdida por sanidad, índice de durabilidad, equivalente de arena, sanidad, entre otras, dependen de los minerales constitutivos, así como de las características físicas, químicas y el peso porcentual en la composición de estos minerales. Las características de los minerales son muy conocidas, así como sus usos ingenieriles, por lo que la definición del tipo de mineral constitutivo así como su peso en la composición se torna indispensable, pues la calidad de la roca la rige su composición mineral.

A continuación se presenta un resumen de las características de los yacimientos granulares y canteras utilizados en la elaboración de mezcla asfáltica, en el Programa de Mantenimiento Rutinario.

4.2 CANTERA GOLDENBERG (MATERIAL DE ORIGEN CALCAREO)

4.2.1 INTRODUCCIÓN

Tanto la cantera que explota la Empresa DIMON como la Empresa PEDREGAL, se encuentran ubicados geográficamente en el cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, a unos 2 km. de distancia entre si. Ambas explotaciones pertenecen a la cantera madre denominada GOLDENBERG, en referencia al apellido de un anterior dueño.

Este material calizo pertenece a las calizas de Barra Honda, de la zona de Guanacaste, y ha sido estudiado para diversos usos.

Este material ha sido utilizado tanto en la construcción de carreteras como en la producción de concreto hidráulico, agregados para la construcción y bloques de concreto.

Es un material uniforme, presenta varios problemas asociados a su formación. A pesar de que su uso ha sido significativo en la elaboración de los productos anteriormente descritos,

todavía se estudia su idoneidad para la utilización como agregado pétreo para ser utilizado en mezclas asfálticas.

Este material al ser quebrado presenta un exceso de polvo mineral, que debe ser considerado al material en mezclas asfálticas, base, sub-base y tratamientos superficiales. Por esta razón el producto quebrado, en muchos casos, debe ser lavado adecuadamente, previo a su utilización.

4.2.2 GEOLOGÍA REGIONAL

La Península de Nicoya y en general la Provincia de Guanacaste ha sido objeto de numerosos estudios geológicos desde épocas que se enmarcan desde los años 50 hasta la actualidad. Todos estos estudios han permitido establecer y entender las condiciones litológicas, estratigráficas, tectónicas de la zona.

El basamento de la región lo constituyen las rocas del Complejo de Nicoya, el cual, posee una edad Jurásica Tardía (aproximadamente entre 80 y 160 millones de años). Estas litologías son de origen ígneo y sedimentario, n donde los sedimentos corresponden entre otros a lutitas afaníticas, areniscas y calizas silíceas, mientras que las rocas ígneas son basaltos e intrusiones de diabasa, gabro y diorita (Alvarado, 1984).

Sobre estas litologías se ha desarrollado lo que Astorga et al. (1991) han denominado la Cuenca Sedimentaria del Tempisque. Los sedimentos que conforman esta cuenca son de edades comprendidas desde el Cretácico hasta el Terciario, e incluyen algunas formaciones como Barra Honda, Rivas y Sabana Grande.

Sin embargo, en los últimos años varios autores y particularmente Astorga et al. (1987) han introducido una serie de cambios a las posiciones estratigráficas del área. Estos cambios consisten sobre todo en la reubicación cronoestratigráfica de la Formación Barra Honda,

colocándola en la parte basal de la secuencia. Además de que también se propuso usar el nombre de Formación Curú en lugar de Formación Rivas.

4.2.3 GEOLOGÍA LOCAL

El área de la concesión afloran rocas correspondientes a dos formaciones diferentes. Hacia la parte noroeste se encuentran litologías correspondientes con turbiditas pertenecientes a la Formación Curú, que consisten en una interestratificación de lutitas y areniscas finas que se encuentran basculadas, plegadas y falladas.

Por otra parte, hacia el sector sureste lo que se encuentran son rocas calizas pertenecientes a la Formación Barra Honda, que son a su vez los materiales que se explotan en la concesión. Las calizas son de color crema, de aspecto masivo y presentan vetillas de calcita cristalina y de travertino.

El contacto entre las dos formaciones geológicas puede ser por falla, ya que las calizas en las cercanías de dicho contacto se encuentran en un estado de mucho fracturamiento y colores rojizos.

Topográficamente las calizas de la Formación Barra Honda ocupan las partes altas del Cerro Calera y sus sectores más elevados aledaños, mientras que en las partes media e inferiores de las laderas de dicho cerro lo que se encuentran son sedimentos asociados a la Formación Curú.

4.2.4 COMPOSICIÓN MINERAL

Esta formación rocosa denominada caliza, está formada principalmente por calcita (CaCO_3), este mineral tiene la característica de que es ligeramente más duro que la uña (dureza 3), en este caso su color va de blanco a amarillo, la raspadura es blanca, brillo

vítreo, reacciona con 2% de HCL, fácil de cortar y explotar como material de construcción. Sus usos van desde ingrediente en el cemento Portland, material de construcción, neutralizador en suelos y vapores ácidos hasta la industria química y la metalurgia. Los problemas asociados a este mineral es que son susceptibles a disolución, en condiciones severas se forma el "karst", problemas de subsidencia por colapso de cavernas.

4.2.5 USOS DE LAS ROCAS CALIZAS

Las rocas calizas tiene un amplio uso en la industria moderna. Ningún otro grupo de rocas consolidadas, con excepción de los carbones las supera probablemente en diversidad de aplicaciones y volumen de demanda. La aplicación más importante es como piedra triturada. El principal elemento para la fabricación del cemento es la caliza (CEMPASA). La cal comercial se obtiene incinerando caliza.

4.2.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las siguientes características físicas de esta roca caliza, se tomaron a partir del control de calidad que realizó el LANAMME, durante la ejecución del contrato por la empresa DIMON, desde junio de 1997 hasta enero de 1998. Luego la empresa Pedregal también hizo uso de estos agregados. En la tabla No 4.1 se resumen los resultados de los análisis de laboratorio efectuados.

A continuación los valores determinados:

TABLA No 4.1 Resultado de los ensayos realizados a los agregados de la cantera Goldenberg

| CANTERA GOLDENBERG | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|----------|------|------|
| Tipo de material :Agregados | CONTRAT. | DIMON | DIMON | DIMON | DIMON | PEDREGAL | | |
| | MUESTRA | #65 | #96 | #163 | #277 | #510 | | |
| | FECHA | 6-Jun-97 | 19-Jun-97 | 7-Aug-97 | 25-Sep-97 | 9-Jan-98 | | |
| | ORIGEN | | | | | Agregado | | |
| | LICITACION | 46-96 | 46-96 | 46-96 | 43-96 | - | | |
| | # ESTACION | - | | | | | | |
| | PROYECTO | Nicoya - P. | Nicoya - P. | | | | | |
| | ZONA | Viejo 3.2 | Viejo 3.2 | 3.1-3.2-3.3 | 3.1-3.2 | 3.2 | | |
| RUTA # | 21 | 21 | | | | | | |
| A. grueso | | | | | | | | |
| Abrasión | % | < 40 | | 17.2 | 17.5 | 17.8 | 17.2 | 25.8 |
| Indice de plasticidad | | < 6 | | | | | | 1.8 |
| Limite liquido | | < 25 | | | | | | 12.8 |
| Limite plastico | | - | - | | | | | 11.1 |
| Pérdida por lavado | % | < 12 | | 1.17 | 0.39 | 1.68 | 0.45 | 0.36 |
| Indice de durabilidad | | > 35 | | 81.7 | 77.7 | 81.7 | 76.9 | 85.4 |
| Equiv. de arena | % | > 45 | | 57.4 | 61.6 | | | 63.9 |
| Carbonatos Solubles (Gbs) | g/cm3 | - | 2.606 | 2.56 | 2.64 | | 2.62 | 2.62 |
| (Gsss) | g/cm3 | - | 2.656 | 2.61 | 2.66 | | 2.66 | 2.64 |
| Absorción | % | - | 1.88 | | 0.77 | 1.01 | 1.37 | 0.79 |
| A. fino | | | | | | | | |
| Indice de plasticidad | | < 6 | | | 2.9 | | | |
| Limite liquido | | < 25 | | | 15.2 | | | |
| Pérdida | % | < 12 | | | | 74.9 | | |
| Indice de durabilidad | | > 35 | | 71.6 | 73.1 | 78.7 | 72.7 | 97.6 |
| Equiv. de arena | % | > 45 | | 61.6 | 61.6 | | 70 | |
| (Gbs) | g/cm3 | - | 2.519 | 2.56 | | 2.58 | 2.58 | |
| (Gsss) | g/cm3 | - | 2.587 | 2.62 | | 2.62 | 2.63 | |
| Absorción | % | - | 2.68 | | 2.11 | 2.39 | 1.63 | 1.81 |

Según el control del LANAMME, la única prueba de aceptación que incumple es la de los carbonatos solubles, que en todos los casos no supera el valor mínimo permisible.

4.2.7 CONTROLES GRANULOMÉTRICOS

A continuación se presentan los valores de granulometría que se obtuvieron en los análisis realizados. Se aprecian los problemas granulométricos que se dieron en ambos casos.

TABLA No 4.2 Granulometría de los agregados

| CANTERA GOLDENBERG | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|---------------------|--------------------|----------|-------------------|-------------------|----------|-------------|-----------|----------|------------|
| Tipo de material : Agregados | | | CONTRAT. | | DIMON | DIMON | DIMON | DIMON | DIMON | DIMON | DIMON |
| | | | MUESTRA | | #65 | #96 | #163 | #277 | #278 | #296 | #435 |
| | | | FECHA | | 6-Jun-97 | 19-Jun-97 | 7-Aug-97 | 25-Sep-97 | 19-Sep-97 | 9-Oct-97 | 3-Dec-97 |
| | | | ORIGEN | | | | | | | | Bache seco |
| | | | LICITACION # | | 46-96 | 46-96 | 46-96 | 43-96 | 43-96 | 43-96 | 43-96 |
| | | | ESTACION | | | | | | | | |
| | | | PROYECTO | | Nicoya - P. Viejo | Nicoya - P. Viejo | | | | | |
| ZONA | | | 3.2 | 3.2 | 3.1-3.2-3.3 | 3.1-3.2 | 3.1-3.2 | 3.1-3.2-3.3 | 3.1-3.2 | | |
| RUTA # | | | 21 | 21 | | | | | | | |
| MATERIAL | U | ESPECIFIC. TÉCNICAS | FORMULA DE TRABAJO | | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | |
| | | | VALORES | | | | | | | | |
| Agregados | | | % pasando | % pas | Toleranc. | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | | 100 | 100 | 95 - 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Malla 19.0 mm (3/4 ") | | 100 | 100 | 95 - 100 | 99.9 | 99.7 | 100 | 99.7 | 100 | 100 | |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | | 70 - 90 | 81 | 76 - 86 | 82 | 49 | 86 | 83.9 | 79.1 | 85 | |
| Malla N° 4 | | 50 - 70 | 56 | 52 - 60 | 69.9 | 28.6 | 66.2 | 74.3 | 61.3 | 76.5 | |
| Malla N° 8 | | 35 - 50 | 43 | 39 - 47 | 36.6 | 18.4 | 36.2 | 51.9 | 37.7 | 43 | |
| Malla N° 50 | | 10 - 20 | 14 | 10 - 18 | 10.6 | 5.9 | 8.9 | 12.7 | 10.8 | 9 | |
| Malla N° 200 | | 3 - 8 | 4.4 | 3 - 6.4 | 6.7 | 3.9 | 5.5 | 7.7 | 7 | 5.1 | |

| CANTERA GOLDENBERG | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| de material : Agregados | | | | PEDREGAL | PEDREGAL | PEDREGAL | PEDREGAL | PEDREGAL | PEDREGAL | PEDREGAL | PEDREGAL |
| | | | | #719 | #720 | #721 | #722 | #723 | #724 | #725 | #726 |
| | | | | 26-Mar-98 | 26-Mar-98 | 26-Mar-98 | 26-Mar-98 | 26-Mar-98 | 26-Mar-98 | 26-Mar-98 | 26-Mar-98 |
| | | | | Agregado | Agregado | Agregado | Agregado | Agregado | Agregado | Agregado | Agregado |
| | | | | T-S-B | T-S-B | T-S-B | T-S-C | T-S-C | T-S-C | T-S-C | T-S-A |
| | | | | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 |
| | | | | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor |
| MATERIAL | ESPECIFIC. TÉCNICAS | ESPECIFIC. TÉCNICAS | ESPECIFIC. TÉCNICAS | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | |
| | | | T-S-A | T-S-B | T-S-C | | | | | | |
| Agregados | | | % pasando | % pasando | % pasando | | | | | | |
| 25.4 mm (1 ") | 100 | | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 19.0 mm | 90-100 | | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 89.2 | |
| 12.7 mm (3/4 ") | 20 - 55 | 100 | | 99.2 | 99.6 | 99.1 | 100 | 100 | 100 | 21.1 | |
| 9.5 mm (3/8 ") | 0 - 15 | 85 - 100 | 100 | 88.5 | 90 | 71.4 | 99.3 | 98.9 | 99.5 | 99.6 | |
| N° 4 | 0 - 5 | 10-30 | 85 - 100 | 22.9 | 23.2 | 12.4 | 77.2 | 69.4 | 69.7 | 70 | |
| N° 8 | | 0 - 10 | 10 - 40 | 8.1 | 7.2 | 3 | 33.2 | 24.7 | 26 | 27.8 | |
| N° 50 | | | | 1.8 | 1.9 | 1 | 3.5 | 2.3 | 2.8 | 3.6 | |

4.2.8 DURABILIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

En mezclas asfálticas construidas con agregados de la cantera Goldenberg, El valor de resistencia retenida a la compresión simple presentada en los diseños de mezcla de la

empresa DIMON son de 82.7, 83.56 y 87 % y los de la empresa PEDREGAL de 86.3 %, en ambos casos cumplen de manera satisfactoria con la especificación requerida en los carteles (75% mínimo). El inconveniente de estos valores de R.R. presentados es que la norma del ensayo de resistencia retenida establece que los vacíos de los especímenes compactados debe estar entre 6 y 8%, y en el caso del diseño de Pedregal, la energía de compactación aplicada produjo especímenes con vacíos cercanos al 4%. Para los valores de R.R. de Dimón, los vacíos a los que se compactó la mezcla que tuvo el valor de 87% fue de 6.9% (se encuentra entre el rango de 6-8%) y en los otros dos casos no se indica el valor de los gravedad específica bruta de los especímenes en el diseño, razón que impide conocer el valor de los vacíos a los que fueron moldeados los especímenes.

4.2.9 CANTERA GOLDENBERG (EXPLORACION REALIZADA POR EMPRESA DIMÓN)

Esta cantera se ubica donde estaba colocada la planta de producción de mezcla asfáltica, una planta continua, con una gran capacidad de producción.

El quebrador tenía una lavadora de agregados que separaba una cantidad considerable de finos adheridos a los materiales.

El manejo de los apilamientos no era el más inadecuado, pues el tamaño de los apilamientos en algunas ocasiones llegaba hasta 6 metros de altura, además de tener forma cónica, lo que implicaba una segregación por gravedad muy evidente. Para cargar el material a las tolvas se realizaban operaciones de homogeneización del material, pero a pesar de ello esta labor no era del todo eficiente.

Los apilamientos no estaban protegidos de la lluvia, lo que ocasionaba que cuando se daban intensas lluvias, se tenía un factor adicional de segregación por lavado de finos.

La mezcla asfáltica producida presentaba deficiencias en las granulometrías provenientes de baches secos o de la extracción, esto se concluye de los datos de control de calidad efectuados durante el período de ejecución del proyecto denominado Cero Huecos.

4.2.10 CANTERA GOLDENBERG (EXPLORACION REALIZADA POR LA EMPRESA PEDREGAL).

La empresa PEDREGAL desde hace varios años produce en la zona de Guanacaste agregados para la construcción, así como también fabrica bloques, concreto hidráulico, mezcla asfáltica, entre otros.

La cantera de donde extrae el material se encuentra ubicada cerca de 1.0 km. de sus instalaciones en la entrada a Nicoya y muy cercano de la explotación de la empresa Dimón, perteneciendo a la misma "cantera madre" denominada Goldenberg.

Las empresa PEDREGAL tiene un contrato con el MOPT, para la construcción de un tratamiento superficial en la zona.

Las características físicas de los materiales, según ensayos de laboratorio que se realizaron en enero de 1998, no presenta variaciones significativas con respecto al material de DIMON que había sido chequeado durante los meses anteriores a enero del 98, y durante todo el año. A pesar de ello la gran diferencia radica en que no disponía de lavadoras de material y se ha dificultado de gran manera el control sobre el polvo mineral generado en el proceso de producción de los materiales.

Al igual que el DIMON el manejo de los apilamientos no es el más apropiado, presentando alturas de hasta 5 metros de forma cónica, produciéndose segregación evidente del material.

Ningún apilamiento está protegido contra la lluvia, lo cual constituye otra causa de segregación.

En el quebrador se encuentra una planta productora de mezcla asfáltica. La planta mezcladora es de baches y actualmente se encuentra inactiva.

Es importante determinar con regularidad el polvo adherido al material a ser utilizado como mezcla asfáltica, al ser retirado el filler por el colector de polvo. De esta manera se puede precisar con exactitud cuanto debe ser el filler de retorno, o bien si se debe desechar todo este material, pues el polvo adherido es suficiente para lograr que el material cumpla con el porcentaje de relleno material requerido para cumplir con las especificaciones (tolerancia aplicadas al diseño de mezcla).

4.2.11 CONCLUSIONES

Este material calizo presenta características físico-mecánicas particulares para su utilización como material de construcción. Es un material homogéneo, que en el tiempo se comporta de manera constante.

Para su utilización en mezclas asfálticas debe asegurarse especialmente, que no se presenten problemas por desgaste (capa de rodamiento), adhesividad o exceso de polvo adherido al agregado. En carreteras de alto volumen, estos agregados suelen presentar problemas de desgaste acelerado (pulimiento) en el corto plazo, con el consecuente riesgo de accidentes.

Se debe tener un especial cuidado con el manejo de los apilamientos, estos deben tener la altura y forma adecuada. Además antes de cargar este material a las tolvas, se debe dar un tratamiento adecuado, mediante la homogeneización con un cargador apropiado para tales efectos.

Idealmente, este material debe ser protegido a la intemperie por medio de galerones, que aseguren la protección del material contra la lluvia, así como también el viento, que en ocasiones resulta ser otro factor de segregación y en el peor de los casos de contaminación.

Es importante que una cantera de explotación de agregados posea un laboratorio de control de calidad, que asegure la uniformidad de la producción, donde se lleven como mínimo controles de granulometría, humedad, gravedad específica, absorción, además de realizar muestreos periódicos para efectuar en laboratorios externos otras pruebas, como por ejemplo: abrasión, equivalente de arena, índice de durabilidad, pérdida por sanidad, entre otras.

Se deben tener instalaciones apropiadas como servicios sanitarios, ducha, vestidores, además de contar con un botiquín de primeros auxilios y de personal capacitado para labores básicas de este tipo.

Todo el personal que labore para el quebrador debe utilizar casco, además de zapatos especiales (con punta de acero), guantes, ropa apropiada, anteojos plásticos además de poseer un seguro contra riesgos laborales apropiado.

Se debe tener un plan de mantenimiento preventivo de los equipos de trituración así como de la maquinaria que se utilice.

Se deben estudiar bien estos materiales para utilizarlos de forma apropiada. Por ejemplo se ha comprobado que la reacción alcali-agregado de algunas calizas, producen agrietamiento en el concreto, lo cual puede ser perjudicial para su utilización.

También se asocia al uso de calizas en mezclas asfálticas, problemas de hidroneo de vehículos en presencia de agua a altas velocidades, produciéndose una capa de rodadura jabonosa y peligrosa para los usuarios. Estos materiales calizos, por lo general presentan un coeficiente de pulimiento acelerado alto.

4.3. CANTERA PEDREGAL SAN ANTONIO (CONCESION #1547)

4.3.1 INTRODUCCION

Esta cantera corresponde a la de mayor producción en el área metropolitana. Los materiales que en este tajo se procesan, sirven entre otras cosas para la elaboración de concreto, adoquines, bloques, mezcla asfáltica, material para sub-base, base granular, entre otros.

Esta cantera cuenta en sus instalaciones con una planta de concreto hidráulico, planta de mezcla asfáltica, bloquera, además de sus quebradores.

El material que se produce es denominado primera y segunda, según sea solicitado por el cliente.

El área donde se ubica la concesión se encuentra en la Hoja topográfica Abra a escala 1:50000, editada por el Instituto Geográfico Nacional (I.G.N), en el sector comprendido por las coordenadas de cuadrícula 216,7 y 218 de latitud y 516,7 a 517,7 de longitud, en la margen derecha del Río Virilla, en San Antonio de Belén.

En lo relacionado con las vías de acceso, se utiliza la ruta a la Asunción de Belén, transitándose un kilómetro al sudoeste de la intersección sobre el puente Francisco J. Orlich, tomando luego caminos internos en los terrenos de la Corporación PEDREGAL, unos 900 metros al Sur de la carretera principal.

4.3.2 GEOLOGIA REGIONAL

Denyer y Arias (1991) han utilizado un cartografiado geológico para la región central de Costa Rica, el cual es utilizado como base para realizar la estratigrafía de este sector.

En el área Suroccidental del Valle Central se observan afloramientos correspondientes a las siguientes formaciones geológicas (ordenadas de la más reciente a la más antigua): Formación Barva, Formación Depósitos de Avalancha Ardiente y Formación Lavas Intracañón.

A continuación se presenta una breve descripción litológica de las formaciones geológicas indicadas anteriormente (basada en Denyer y Arias, 1991).

- **Formación Barva:** con este nombre se denominan a una intercalación de varias coladas y depósitos piroclásticos que se originaron en la Cordillera Volcánica central y que forman parte del Grupo Volcánico Central (Echandi, 1991, en Denyer y Arias, 1991). Las coladas corresponden con lavas andesíticas y andesíticas-basálticas, que alcanzan espesores desde 10 hasta 80 metros. Los depósitos piroclásticos corresponden con intercalaciones de ceniza de aproximadamente 10 metros de espesor y ocasionalmente lapilli.
- **Formación Depósitos de Avalancha Ardiente:** constituida por depósitos de pómez de caída, en la base, seguidas por flujos de ceniza, lapilli y bloques. Además se encuentran ignimbritas gris con fiames de obsidiana y pómez. La secuencia culmina con una serie de depósitos de caída.
- **Formación Lavas Intracañón:** corresponde con lavas andesíticas, a veces vesiculares, intercaladas con tobas y escasas brechas. Las andesitas poseen dos piroxenos, son porfiríticas a alcanzan entre 10 y 30 metros de espesor.

4.3.3 GEOLOGIA LOCAL

En el área de concesión afloran los siguientes materiales:

En el fondo del cauce y hasta unos 15 m por encima del mismo, se pueden observar lavas andesíticas, de aspecto masivo, con variado aspecto de fracturación, las cuales presentan textura de tipo fluidal, además poseen fenocristales de plagioclasa y piríboles. Estas lavas están muy diaclasadas y muestran tonalidades gris.

De acuerdo a la descripción estratigráfica de Denyer y Arias, estos materiales se ubican dentro de la Formación lavas Intracacán, aunque anteriormente se les consideraba como miembro Linda Vista de la Formación Colima.

Hacia la parte superior se presentan brechas cuyos colores predominantes son los rojizos, amarillentos y gris, son materiales muy densos y cohesivos. Estas rocas podrían incluirse en la Formación Lavas Intracacán, aunque el espesor es mucho mayor al antes mencionado (geología regional). El espesor visible en este sitio es variable, entre 20 y 40 metros.

Sobreyaciendo a las lavas se encuentran en contacto neto e irregular rocas pertenecientes a la Formación Depósitos de Avalancha Ardiente. Son tobas (brechas volcánicas) de color rojizo que son sobreyacidas por un horizonte de pómez no colapsado con un espesor promedio de 1.5 metros, que constituye una capa guía en la estratigrafía del Valle Central. Arriba de la capa de pómez se encuentran flujos ignimbríticos muy soldados con fiames desde centímetros a decímetros de color negro, fragmentos lítico, cristales de plagioclasa y piríboles en una matriz de color gris claro, además de pómez. Estas ignimbritas se presentan en la parte central en forma de columnas, mientras que en la base y en el techo son masivas. Su espesor varía de 8 a 20 metros.

4.3.4 MATERIALES EXPLOTADOS

Los materiales a explotar en esta cantera son las lavas (Formación Lavas Intracañón) y las brechas (Formación Barva).

4.3.5 METODO DE EXPLOTACION

Se efectúa una explotación a cielo abierto, por medio de bancos de explotación con el siguiente esquema:

- Remoción de la capa superior de suelo y toba meteorizada, este material se aparta y se almacena para la futura restitución del terreno.
- Perforación y voladura de la capa de ignimbritas. Se realizan perforaciones de 4 a 5 m de profundidad, con diámetro de agujero de 89 mm, con espaciamento del orden de 4 metros. Este material se remueve con cargador en la parte de la voladura y con tractor de orugas en los niveles más bajo, cercano al contacto con la brecha.
- Remoción con tractor del material volado, se continua extrayendo con tractor las lavas brechosas, las cuales no requieren voladura, hasta una profundidad en la cual la dureza del material lo permita.
- Perforación con voladura de las lavas densas en la parte inferior de la sección. En este caso se realizan perforaciones de 6 m de profundidad, con diámetro de agujero de 89 mm, con espaciamento del orden de 4 m. Además de tener como objetivo el arranque del material, también se pretende una fragmentación adecuada a las dimensiones de entrada de los quebradores.
- Trituración y tamizado del material extraído para obtener diferentes graduaciones de acuerdo a la demanda del mercado.

Los materiales que por su tamaño inicial no pueden ser alimentados a los quebradores, se fragmentan en tamaños adecuados por medio de una pera de 5 toneladas que se acciona con una grúa con carrera de levante de 6 metros.

La fase siguiente consiste en cargar el material a los quebradores primarios donde se da la primera reducción y selección de tamaños, los materiales no seleccionados pasan al quebrador secundario para obtener tamaños menores (arena, piedra quinta, polvo de piedra)

Los materiales del proceso son lavados para garantizar la limpieza, reduciéndose al mismo tiempo la emanación de polvo al ambiente.

4.3.6 EQUIPOS Y MAQUINARIAS UTILIZADAS

EQUIPO DE PERFORACIÓN:

- 2 compresores Ingersoll Rand de 99 pies cúbicos por minuto (CFM)
- Perforadora Ingersoll Rand modelo ECM 35° con martillo neumático exterior VL 140

EQUIPO DE REMOCIÓN , CARGA Y TRANSPORTE

- Tractor Caterpillar D9L
- Tractor Caterpillar D10L
- 2 cargadores 988f Caterpillar
- Cargador 966f Caterpillar

- Grúa Bucyrus Erie de 10 ton de levante
- Vagonetas roqueras Euclid

EQUIPO DE TRITURACION

- Planta de trituración marca Norberg con quebrador primario y dos conos secundarios, con sistema de lavado de arena.
- Sistema de cribas marca Norberg de 3 niveles con zarandas de 152 X 182 cm.
- Sistema de bandas transportadoras

4.3.7 CARACTERISTICAS FISICAS

Las siguientes características físicas de este material, se tomaron a partir del control de calidad que realizó el LANAMME, durante la ejecución de los contratos por las empresas ESCOGISA, MECO, ACOSOL, desde mayo de 1997 hasta marzo de 1998. Los resultados se resumen en la tabla No 4.3.

TABLA No 4.3 Características físico-mecánicas de los agregados para producción de mezcla asfáltica en caliente Cantera Pedregal San Antonio

| Tipo de material : Agregados | | | CONTRAT. | ACOSCL | ACOSCL | ACOSCL | ACOSCL | ACOSCL | MAE | MAE |
|------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | MUESTRA | #39 | #40 | #41 | #69 | #175 | #397 | #718 |
| | | | FECHA | 09-May-97 | 09-May-97 | 09-May-97 | 16-Jun-97 | 12-Ago-97 | 18-Nov-97 | 27-Mar-98 |
| | | | ORIGEN | | | | | | Arena | |
| | | | LICTACION# | 41-96 | 41-96 | 41-96 | 41-96 | 41-96 | - | - |
| | | | ESTACION | - | - | - | - | - | | |
| | | | PROYECTO | - | - | - | - | - | - | 22 |
| | | | ZONA | 62 | 62 | 62 | 62 | 61-62 | - | 21,71 |
| RUTA# | 757 | 757 | 757 | 3 | - | - | 61,62 | | | |
| MATERIAL | U | ESPECIFICACIONES | FORMULA DE TRABAJO | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor |
| | | | VALORES | | | | | | | |
| Aguiso | | | | | | | | | | |
| Abrasión | % | <40 | | | | 21.6 | 23.8 | 22.4 | 16.7 | 36.3 |
| Índice de plasticidad | | <6 | | | | | | | | |
| Límite líquido | | <25 | | | | | | NP | | |
| Límite plástico | - | - | - | | | | | | | |
| Desmenuamiento | | - | | | | | | | | |
| Pérdida por sanidad | % | <12 | | 1.98 | 1.93 | 0.27 | 0.32 | | | |
| Índice durabilidad | | >35 | | | | 98.2 | 90.8 | 86.4 | 88.5 | |
| Equiv. de arena | % | >45 | | 77.3 | 70.3 | | 83.1 | | | |
| Carbonatos Solubles | % | >25 | | | | | 97.6 | 98.1 | 97.5 | |
| (G ₆₀) | g/cm ³ | - | 2606 | | | 1.83 | 2.49 | 2.47 | | 2.48 |
| (G ₂₀₀) | g/cm ³ | - | 2666 | | | 2.15 | 2.57 | 2.55 | | 2.55 |
| Absorción | % | - | 1.88 | | | 1.7 | 3.11 | | 3.06 | 2.74 |
| Afino | | | | | | | | | | |
| Índice plasticidad | | <6 | | | | | | | | |
| Límite líquido | | <25 | | | | | | NP | | |
| Pérdida sanidad | % | <12 | | 4.35 | 6.82 | 4.35 | 2.34 | | | |
| Índice durabilidad | | >35 | | 79.9 | 37.8 | | 55.9 | 62.2 | 71.1 | |
| Equiv. de arena | % | >45 | | | | | | 72.1 | 71.8 | 80.9 |
| (G ₆₀) | g/cm ³ | - | 2519 | 2.45 | 2.49 | | 2.39 | 2.48 | | 2.28 |
| (G ₂₀₀) | g/cm ³ | - | 2587 | 2.55 | 2.54 | | 2.52 | 2.57 | | 2.37 |
| Absorción | % | - | 268 | 4.17 | 2.11 | 2.39 | 5.31 | | 5.05 | 3.76 |

Este material presenta algunos inconvenientes en cuanto al manejo de los frentes de explotación. El material brechoso de colores rojo y amarillo que aflora en el perfil de

meteorización es denominado "segunda". Este material es una brecha volcánica soldada, de buena contextura, aunque es de una calidad inferior al material denominado primera, que son las lavas de color gris que se encuentran en la base de la explotación.

El problema es que al realizar la voladura, todos los materiales son tratados de la misma manera, sin tomar en cuenta el tipo y el espesor volado. Esto provoca que los materiales triturados sean una combinación de las brechas y las lavas, no conociendo de manera exacta como se están combinando los materiales.

Por ejemplo en el material denominado "piedra quinta", se ha notado variaciones en la composición de 30% material rojizo y 70 % del gris, hasta proporciones que van hasta 50% vrs 50%. Esto lógicamente constituye una variación en la composición del material, lo que evidencia un manejo inadecuado de la explotación.

4.3.8 CONTROLES GRANULOMETRICOS

De 23 chequeos realizados a partir de baches húmedos y de las extracciones, se observan diferencias granulométricas, dando evidencia de que pueden presentarse problemas en cuanto al manejo de los apilamientos, así como del método de explotación (manejo ordenado y cuidadoso donde se puedan clasificar los materiales extraídos y se logre una uniformidad que asegure la calidad de los materiales producidos).

TABLA No 4.4 Variación de la granulometría

| Tipo de material : Agregados | | | | CONTRAT. MUESTRA FECHA ORIGEN LICITACION # ESTACION PROYECTO ZONA RUTA # | ACOSOL | ACOSOL | ACOSOL | ACOSOL | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | |
|------------------------------|---|---------------------|----------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | #44 | #89 | #175 | #283 | #397 | #397 | #460 | #470 | #529 | #539 | #573 | #574 |
| | | | | | 10-May-97 | 18-Jun-97 | 12-Ago-97 | 18-Sep-97 | 18-Nov-97 | 18-Nov-97 | 10-Dic-97 | 10-Dic-97 | 15-Ene-98 | 19-Ene-98 | 22-Ene-98 | 26-Ene-98 |
| | | | | | 41-96 | 41-96 | 41-96 | 41-96 | 39-96 | 39-96 | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | 6.2 | 6.2 | 6.1 - 6.2 | 6.1 - 6.2 | - | - | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| | | | | | 757 | 3 | - | - | - | - | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 |
| MATERIAL | U | ESPECIFIC. TECNICAS | FORMULA DE TRABAJO VALORES | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor |
| Agregados | | | | % pasando | % pas | Toleranc. | | | | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1") | | 100 | 100 95 - 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Malla 19.0 mm (3/4") | | 100 | 100 95 - 100 | 99.5 | 100 | 100 | 99.5 | 100 | 100 | 98.6 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Malla 9.5 mm (3/8") | | 70 - 90 | 81 76 - 86 | 89.4 | 85.5 | 95.7 | 94.9 | 100 | 88.5 | 84.8 | 95.9 | 82.9 | 80.2 | 82.6 | 81.3 | 81.3 |
| Malla N° 4 | | 50 - 70 | 58 52 - 60 | 66.3 | 59.1 | 82.8 | 74 | 83.5 | 63.3 | 42.1 | 61.8 | 55 | 51.5 | 34.3 | 52.1 | 52.1 |
| Malla N° 8 | | 35 - 50 | 43 39 - 47 | 50.7 | 46.9 | 54.1 | 34.3 | 62.6 | 43.2 | 12.4 | 43.3 | 34.9 | 31.7 | 36.9 | 32.4 | 32.4 |
| Malla N° 50 | | 10 - 20 | 14 10 - 18 | 20.1 | 16.5 | 13.5 | 6.9 | 18 | 14.3 | 8.7 | 14.1 | 11.8 | 10.1 | 11.7 | 10.4 | 10.4 |
| Malla N° 200 | | 3 - 8 | 4.4 3 - 6.4 | 5.7 | 5.3 | 6.7 | 4.8 | 4.8 | 8.5 | 6.8 | 7.3 | 6.8 | 5.5 | 6.3 | 5.9 | 5.9 |

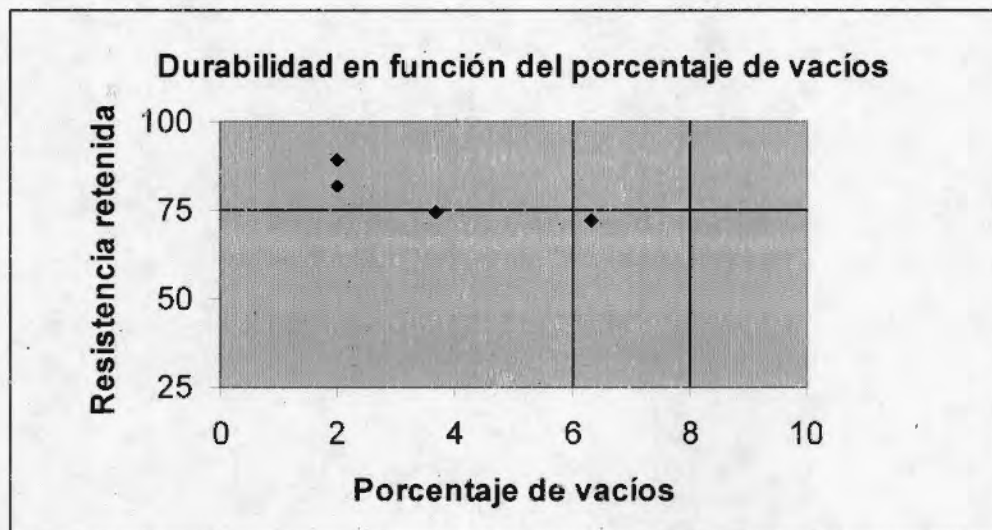
| Tipo de material : Agregados | | | | CONTRAT. MUESTRA FECHA ORIGEN LICITACION # ESTACION PROYECTO ZONA RUTA # | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | M.A.E | |
|------------------------------|---|---------------------|----------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | #589 | #608 | #635 | #636 | #644 | #655 | #657 | #678 | #679 | #701 | #705 |
| | | | | | 28-Ene-98 | 03-Feb-98 | 06-Feb-98 | 10-Feb-98 | 11-Feb-98 | 14-Feb-98 | 17-Feb-98 | 25-Feb-98 | 28-Feb-98 | 09-Mar-98 | 18-Mar-98 |
| | | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| | | | | | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 | 2.1, 7.1 |
| | | | | | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 | 6.1, 6.2 |
| MATERIAL | U | ESPECIFIC. TECNICAS | FORMULA DE TRABAJO VALORES | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor |
| Agregados | | | | % pasando | % pas | Toleranc. | | | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1") | | 100 | 100 95 - 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Malla 19.0 mm (3/4") | | 100 | 100 95 - 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Malla 9.5 mm (3/8") | | 70 - 90 | 81 76 - 86 | 83 | 82.2 | 82.5 | 82.6 | 79 | 82.2 | 80.7 | 92 | 83 | 85.1 | 85.9 | 85.9 |
| Malla N° 4 | | 50 - 70 | 58 52 - 60 | 48.9 | 52.9 | 53.4 | 51.1 | 50 | 56.7 | 51.3 | 55.4 | 51.5 | 55.9 | 61.4 | 61.4 |
| Malla N° 8 | | 35 - 50 | 43 39 - 47 | 29.5 | 33.5 | 34.7 | 31.2 | 30 | 36.3 | 33.7 | 35.3 | 30.8 | 33.8 | 41.9 | 41.9 |
| Malla N° 50 | | 10 - 20 | 14 10 - 18 | 8.4 | 11.7 | 12.2 | 10.9 | 8.4 | 15.5 | 13.5 | 11.9 | 9.4 | 10.1 | 16.7 | 16.7 |
| Malla N° 200 | | 3 - 8 | 4.4 3 - 6.4 | 5.5 | 6.4 | 6.8 | 6.4 | 4.2 | 11.3 | 9.1 | 5.5 | 5.1 | 5.6 | 11.5 | 11.5 |

4.3.9 DURABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA

Los valores de resistencia retenida a la compresión uniaxial recopilados de los diseños de mezcla son: 74.4, 72, 89.2 y 89%, pero los vacíos a los cuales fueron compactados los especímenes respectivamente fueron: 3.7, 6.3, 2 y 2%. La norma especifica que los especímenes deben ser compactados a una energía tal que los vacíos estén entre 6 y 8%. Cuando los valores de R.R han cumplido con la norma (75% mínimo), los vacíos de los especímenes han sido de 2% y en el caso que no ha cumplido con la norma (74.4 y 72%) los vacíos cumplieron con la norma en una ocasión, dando un valor de R.R. de 72%.

En la figura No 4.1 se presentan los valores de resistencia retenida de los vacíos de la mezcla asfáltica.

FIGURA No 4.1 Durabilidad de la mezcla asfáltica. Ensayo de resistencia retenida a la compresión simple



4.3.10 MANEJO DE APILAMIENTOS

El manejo de los apilamientos no es el más apropiado, presentando alturas de hasta 6 metros de forma cónica, produciéndose segregación evidente del material.

Ningún apilamiento está protegido contra la lluvia, lo cual constituye otra causa de segregación, por lavado de los finos superficiales. Además se debe tener un control estricto sobre la humedad de los apilamientos, porque el valor de la humedad de los agregados debe ser introducido a la computadora de la planta, para que esta haga la corrección adecuada, antes de dosificar el asfalto.

El inspector de planta reporta un chequeo diario de humedad en los apilamientos, y por las condiciones ya mencionadas, lógicamente no se está realizando un chequeo adecuado ni representativo. Es preferible realizar la homogeneización del apilamiento, con su debida forma, muestrearlo correctamente y realizar mayores controles de humedad. Además se

debe tener equipo de laboratorio mínimo y adecuado, con la precisión que establece la norma correspondiente.

Otro problema que se presenta en este tajo es que no existe un manejo de la producción controlado, existen períodos en el que hay sobreproducción de agregados, y en otros casos recurren a traer material de otro tajo denominado Quebrador Zurquí (también propiedad de PEDREGAL), para poder abastecer la demanda de producción de la planta de mezcla asfáltica.

Este tajo "Zurquí" a pesar de pertenecer a una formación ígnea extrusiva, presenta características físicas y mecánicas diferentes al material del tajo Pedegal - San Antonio. Allí se explota una brecha volcánica con bloques de lava de textura afanítica-porfirítica de color negro, la cual posee fenocristales de plagioclasa y anfíboles de forma angular y poco redondeados, con una matriz (30-40%) de color rojizo amarillo.

Sobreyaciendo a esta litología se encuentra la otra unidad, la cual consiste en una serie de lavas andesíticas de color gris claro, que posee textura fluidal, y con fenocristales de plagioclasa y piriboles. Son lavas intracañón.

En esta planta se podrían estar utilizando agregados de otras fuentes. Ante esta situación debe existir un diseño de mezcla que responda al uso de otros tipos de agregados.

Esta razón provoca variaciones de la mezcla producida con respecto a la fórmula de trabajo, que no son corregidos oportunamente.

4.3.11 CONCLUSIONES

Este material ígneo, con un manejo adecuado de la explotación y los apilamientos, presenta características físico-mecánicas apropiadas para su utilización como material de construcción, así como en mezclas asfálticas. Sería importante realizar un estudio

minucioso de la durabilidad de la mezcla asfáltica producida con estos agregados, en función de la pérdida de propiedades mecánicas de la mezcla, por efecto del intemperismo del agua. Esto debido a que los valores de resistencia retenida a la compresión uniaxial según los diseños presentados por el productor, no corresponden, en función del porcentaje de vacíos (6-8%), según la norma.

Debe existir un especial cuidado en el manejo de los apilamientos, es recomendable que tengan la altura, forma y protección adecuada. Además antes de cargar este material a las tolvas, se debe dar un tratamiento adecuado, mediante la homogeneización con cargador, que asegure la uniformidad del apilamiento. El factor "granulometría", tan importante en el control de calidad de la producción, debe ser controlado en la producción del agregado así como en los apilamientos.

Lo ideal es que el material sea protegido de la intemperie por medio de galerones, que aseguren la protección del material contra la lluvia, así como también el viento, que en ocasiones resulta ser otro factor de segregación y en el peor de los casos de contaminación.

Es recomendable que toda fuente de explotación de agregados cuente con un laboratorio de control de calidad, donde se lleven como mínimo controles permanentes de granulometría, humedad, gravedad específica, absorción, además de realizar muestreos periódicos para efectuar en laboratorios externos otras pruebas, como por ejemplo: abrasión, equivalente de arena, índice de durabilidad, pérdida por sanidad, entre otras.

Se debe tener un plan de producción adecuado de acuerdo con la demanda así como de mantenimiento preventivo de los equipos de trituración así como de la maquinaria que se utilice.

En esta cantera conviene disminuir la dispersión en los parámetros de calidad de los agregados de la mezcla. Esta problemática se debe atacar desde el proceso de explotación de la cantera.

4.4 YACIMIENTO GRANULAR PIEDRA GRANDE, POCOCI (CONCESION 22-90)

4.4.1 INTRODUCCION

Este yacimiento granular se ha utilizado durante varios años para la explotación de materiales para la construcción, dentro de los cuales figuran los materiales para elaborar las mezclas asfálticas.

Estos materiales han sido utilizados por las empresas CONANSA y COMESA. La empresa CONANSA utiliza tanto los finos como los gruesos de este yacimiento, y la empresa COMESA utiliza los gruesos

La concesión consta de un área de 242205.37 m² ubicada en la provincia de Limón, Cantón II Pococí, distrito I La Unión.

Se encuentra ubicada en la hoja Guápiles a escala 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional con el número 3446 IV y entre las coordenadas :

553000 – 554000

244000 - 247000

La vía de acceso principal es por la autopista que une a San José con Limón, 6 km. antes de llegar a la Ciudad de Guápiles, tomando un desvío al norte por la finca la Patricia y con 2 km. de recorrido.

4.4.2 GEOLOGIA REGIONAL

La geología regional está compuesta por rocas volcánicas y en su mayoría por sedimentos fluviales y coluviales, que se observan con facilidad en el mapa 1:2000000.

Lahares: son grandes masas de textura desordenada, donde no es posible observar estratigrafía alguna, con bloques y fragmentos angulosos de constitución andesítica rodeados de una matriz escasa de características arcillosas.

Edificios volcánicos: de formación reciente. Se observan gran cantidad de coladas de lava así como rocas piroclásticas, ignimbritas y cenizas.

Aluviones: son las rocas de interés para la explotación. Son sedimentos fluviales, donde también se encuentran deslizamientos y aglomerados, entre otros.

4.4.3 GEOLOGIA LOCAL

La zona explotada corresponde a rocas sedimentarias de tipo aluvión, epiclásticas.

Este aluvión está constituido desde rocas bien redondeadas con diámetros que superan un metro y en varios casos se observaron aun mayores dimensiones (roundstone) y otros de menor tamaño con gravas, guijarros, gránulos y arena.

Según el informe geológico no se observan limos ni arcillas, posiblemente a consecuencia de la fuerza de las corrientes de las aguas.

La constitución de estos bloques es esencialmente volcánica, efusiva y en algunos casos se observaron bloques de procedencia intrusiva.

En la parte superior de este aluvión se observaron bloques menos redondeados de lapilli y escoria que posiblemente tengan una menor edad y se encuentra su depósito primario más cerca del denuncio que las rocas anteriores.

4.4.4 METODO DE EXPLOTACION

- Desvío temporal del Río Toro Amarillo
- No hay un área definida de explotación, se trabaja según conveniencia a lo largo de la concesión.
- Se forman diques para proteger el área de explotación
- Se selecciona material con mayor diámetro (bolones) y se aparta, debido a la capacidad del quebrador primario.
- Se carga el material en vagonetas roqueras para su transporte al quebrador
- Se pasa el material por el quebrador primario (diámetro máximo de 0.40 m)
- Luego se pasa por el quebrador secundario
- No se lava el material
- Se produce polvo de piedra, piedra quinta, entre otros tamaños
- El material se apila en los patios

4.4.5 CARACTERISTICAS FISICAS

Las siguientes características físicas de este material, se tomaron a partir del control de calidad que realizó el LANAMME, durante la ejecución de los contratos por las empresas CONANSA (agregado fino) y COMESA (agregado grueso), desde abril de 1997 hasta enero de 1998. En la tabla No 4.4 se resumen los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio.

**TABLA No 4.5 Características físico-mecánicas de los agregados
para producción de mezcla asfáltica en caliente Yacimiento
granular Piedra grande.**

CONANSA

| Tipo de material : Agregados | | | CONTRAT. MUESTRA FECHA ORIGEN LICITACION # ESTACION PROYECTO ZONA RUTA # | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA |
|------------------------------|-------|------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | #3 | #87 | #164 | #396 | #522 | #555 |
| | | | | 04-Abr-97 | 16-Jun-97 | 08-Ago-97 | 18-Nov-97 | 17-Dic-97 | 22-Ene-98 |
| | | | | - | - | - | Quintilla | Agregados | Agregados |
| | | | | 39-96 | 39-96 | 39-96 | 39-96 | - | - |
| | | | | - | - | - | - | - | - |
| | | | | 1,2 | 1,1 | 1,2 y 1,3 | 1,2 y 1,2 | 1,1 y 1,2 | 1,1, 1,2 |
| | | | | 22 | 102 | - | - | - | - |
| MATERIAL | U | ESPECIFIC. TECNICAS | FORMULA DE TRABAJO VALORES | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor |
| A.grueso | | | | | | | | | |
| Abrasión | % | < 40 | | 21.1 | 19.7 | 27.1 | 18.9 | 18.4 | 21.6 |
| | | > | | | | | | | |
| Indice de plasticidad | | < 6 | | | | | | | |
| Limite líquido | | < 25 | | | | | | | |
| Limite plástico | | - | | | | | | | |
| Desnudamiento | | - | | | | | | | |
| Pérdida por sanidad | % | < 12 | | 0.84 | 0.24 | 3.08 | | | |
| Indice durabilidad | | > 35 | | 99 | 91.9 | 87.5 | | | |
| Equiv. de arena | % | > 45 | | 74 | 80.7 | | | | |
| Carbonatos Solubles | % | > 25 | | | 98.4 | 98.2 | 98.5 | | |
| (Gbs) | g/cm3 | - | 2.606 | 2.51 | 2.53 | 2.64 | | | |
| (Gsss) | g/cm3 | - | 2.656 | 2.57 | 2.58 | 2.7 | | | |
| Absorción | % | - | 1.88 | 2.18 | 1.89 | | 2.42 | 2.57 | 2.3 |
| A.fino | | | | | | | | | |
| Indice plasticidad | | < 6 | | | NP | | | | |
| Limite líquido | | < 25 | | | NP | | | | |
| Pérdida sanidad | % | < 12 | | | | 82.1 | | | |
| Indice durabilidad | | > 35 | | | 76.5 | | 78.3 | | |
| Equiv. de arena | % | > 45 | | 77 | 87 | | | | |
| (Gbs) | g/cm3 | - | 2.519 | 2.64 | 2.56 | 2.64 | | | |
| (Gsss) | g/cm3 | - | 2.587 | 2.69 | 2.65 | 2.7 | | | |
| Absorción | % | - | 2.68 | 2.03 | 3.15 | | 2.35 | 3.87 | 2.53 |

COMESA

| Tipo de material : Agregados | | | CONTRAT. MUESTRA FECHA ORIGEN LICITACION # ESTACION PROYECTO ZONA RUTA # | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA |
|------------------------------|-------|------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|---------------|
| | | | | #5 | #10 | #88 | #146 | #165 | #398 |
| | | | | 08-Abr-97 | 15-Abr-97 | 16-Jun-97 | 31-Jul-97 | 08-Ago-97 | 18-Nov-97 |
| | | | | 40-96 | 40-96 | 40-96 | 38-96 | 38-96 | 38-96 |
| | | | | - | - | - | - | - | - |
| | | | | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 2,3 | 1,3-1,4-2,3 | 2,3, 1,3, 1,4 |
| | | | | 224 | 224 | 236 | 141 | - | - |
| MATERIAL | U | ESPECIFIC. TECNICAS | FORMULA DE TRABAJO VALORES | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor |
| A.grueso | | | | | | | | | |
| Abrasión | % | < 40 | | 24.3 | 32 | 21.9 | | 37.1 | 23.8 |
| | | > | | | | 9 | | | |
| Indice de plasticidad | | < 6 | | NP | 2.1 | | | | |
| Limite líquido | | < 25 | | NP | 18.9 | | | | |
| Limite plástico | | - | | | 16.8 | | | | |
| Desnudamiento | | - | | | | | | | |
| Pérdida por sanidad | % | < 12 | | 10.69 | 4.55 | 1.51 | | | |
| Indice durabilidad | | > 35 | | 97.9 | | 83.5 | | 46.4 | 84.5 |
| Equiv. de arena | % | > 45 | | 26 | 34 | 46.3 | | | |
| Carbonatos Solubles | % | > 25 | | | | 97.5 | 94.4 | 97.6 | 99.3 |
| (Gbs) | g/cm3 | - | 2.606 | 2.5 | 2.49 | 2.52 | 2.44 | | |
| (Gsss) | g/cm3 | - | 2.656 | 2.56 | 2.56 | 2.6 | 2.52 | | |
| Absorción | % | - | 1.88 | 2.45 | 2.69 | 2.91 | 3.27 | | 2.79 |

4.4.6 CONTROLES GRANULOMETRICOS

4.4.6.1 Conansa

La tabla No 4.5 permite apreciar la dispersión en los parámetros granulométricos, de las mezclas producidas por estos agregados.

TABLA No 4.6 Variación de la granulometría

| CONANSA | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|---------------------|--------------------|------------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tipo de material : Agregados | | | | CONTRAT. MUESTRA | | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA |
| | | | | FECHA | | #18 | #87 | #164 | #396 | #434 | #575 | #588 |
| | | | | ORIGEN | | - | - | - | Quintilla | Agregados | Agregados | Agregados |
| | | | | LICITACION # | | 39-96 | 39-96 | 39-96 | 39-96 | 39-96 | - | - |
| | | | | ESTACION | | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | PROYECTO | | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | ZONA | | - | 1.1 | 1.2 y 1.3 | 1.2 y 1.2 | 1.1, 1.2 | 1.1 y 1.2 | 1.1, 1.2 |
| | | | | RUTA # | | - | 102 | - | - | - | - | - |
| MATERIAL | U | ESPECIFIC. TECNICAS | FORMULA DE TRABAJO | | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | |
| | | | VALORES | | | | | | | | | |
| Agregados | | | % pasando | % pas | Toleranc. | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | | 100 | 100 | 95 - 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Malla 19.0 mm (3/4 ") | | 100 | 100 | 95 - 100 | 100 | 99.9 | 98.4 | 100 | 99.7 | 100 | 100 | |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | | 70 - 90 | 81 | 76 - 86 | 77.3 | 65.9 | 92.8 | 83.8 | 82.6 | 82.2 | 82.4 | |
| Malla N° 4 | | 50 - 70 | 56 | 52 - 60 | 57.3 | 44.1 | 81.9 | 7.5 | 61.2 | 62.4 | 59.4 | |
| Malla N° 8 | | 35 - 50 | 43 | 39 - 47 | 52.4 | 33 | 56.6 | 3.9 | 45.7 | 46.6 | 43.9 | |
| Malla N° 50 | | 10 - 20 | 14 | 10 - 18 | 31.7 | 8.6 | 10.5 | 1.3 | 13.9 | 8.9 | 11.7 | |
| Malla N° 200 | | 3 - 8 | 4.4 | 3 - 6,4 | 15.7 | 3.7 | 3.4 | 0.3 | 5.6 | 3.7 | 5.2 | |

| CONANSA | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|---------------------|--------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tipo de material : Agregados | | | | CONTRAT. MUESTRA | | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA | CONANSA |
| | | | | FECHA | | #655 | #663 | #680 | #708 | #738 | #777 | #799 |
| | | | | ORIGEN | | 14-Feb-98 | 19-Feb-98 | 28-Feb-98 | 17-Mar-98 | 15-Abr-98 | 03-Jul-98 | 30-Jul-98 |
| | | | | LICITACION # | | 39-96 | - | - | - | - | 39-96 | - |
| | | | | ESTACION | | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | PROYECTO | | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | ZONA | | 1.1, 1.2 | 1.1 y 1.2 | 1.1, 1.2 | 1.1 y 1.2 | 1.1, 1.2 | 1.1, 1.2 | 1.1 y 1.2 |
| | | | | RUTA # | | - | - | - | - | - | - | - |
| MATERIAL | U | ESPECIFIC. TECNICAS | FORMULA DE TRABAJO | | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | |
| | | | VALORES | | | | | | | | | |
| Agregados | | | % pasando | % pas | Toleranc. | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | | 100 | 100 | 95 - 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Malla 19.0 mm (3/4 ") | | 100 | 100 | 95 - 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | | 70 - 90 | 81 | 76 - 86 | 82.2 | 84.7 | 70.6 | 83.5 | 86.8 | 80 | 85 | |
| Malla N° 4 | | 50 - 70 | 56 | 52 - 60 | 56.7 | 61.9 | 54.6 | 62.1 | 65.6 | 64 | 63 | |
| Malla N° 8 | | 35 - 50 | 43 | 39 - 47 | 36.3 | 45.4 | 39.5 | 44.3 | 49.8 | 49 | 49 | |
| Malla N° 50 | | 10 - 20 | 14 | 10 - 18 | 15.5 | 12.4 | 18.9 | 11.8 | 21.5 | 14 | 22 | |
| Malla N° 200 | | 3 - 8 | 4.4 | 3 - 6,4 | 11.5 | 5.1 | 12.5 | 5.5 | 13.4 | 6 | 14 | |

Es importante destacar que la empresa CONANSA durante la ejecución de sus proyectos ha utilizado diversas fuentes de materiales pétreos y en algunos casos de manera combinada. Se conoce que han utilizado: quebrador piedra grande (conocido también como Guápiles y

Río Blanco), tajo Zarcero, tajo Zurquí y quebrador Esmeralda (también ubicado en el Río Toro).

4.4.6.2 Comesa

Con respecto a los materiales utilizados por la empresa Comesa, es importante destacar que aunque la fórmula de trabajo original utiliza los agregados gruesos del quebrador Piedra Grande (también denominado Guápiles y Río Blanco) y los finos del tajo el Pizote, también se han utilizado gruesos del Quebrador Esmeralda, Orosi y se ha presentado un nuevo diseño de mezcla utilizando gruesos del Quebrador Esmeralda y tajo Pizote. La tabla No 4.6 permite apreciar la dispersión en los parámetros granulométricos, de las mezclas producidas por estos agregados.

TABLA No 4.7 Variación de la granulometría

| COMESA | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|---------------------|--------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Tipo de material : Agregados | | | | CONTRAT. | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA | COMESA |
| | | | | MUESTRA | #5 | #10 | #19 | #55 | #88 | #165 | #398 | #464 | #773 | #774 |
| | | | | FECHA | 08-Abr-97 | 15-Abr-97 | 23-Abr-97 | 22-May-97 | 16-Jun-97 | 08-Ago-97 | 18-Nov-97 | 03-Dic-97 | 04-Jul-98 | 04-Jul-98 |
| | | | | ORIGEN | | | | | | | | | | |
| | | | | LICITACION# | 40-96 | 40-96 | 40-96 | 40-96 | 40-96 | 38-96 | 38-96 | 43-96 | 40-96 | 40-96 |
| | | | | ESTACION | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | PROYECTO | | | | | | | | | | |
| | | | | ZONA | 1.3 | 1.3 | - | 2.3y 1.3 | 1.3 | 1.3-1.4-2.3 | 2.3, 1.3, 1.4 | 3, 1.3, 2 | 1.3 | - |
| RUTA# | 224 | 224 | - | 140/ 10 | 236 | - | - | | 224 | - | | | | |
| MATERIAL | U | ESPECIFIC. TECNICAS | FORMULA DE TRABAJO | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor |
| | | | VALORES | | | | | | | | | | | |
| Agregados | | % pasab. | % pas. Tolernc. | | | | | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1") | | 100 | 100 95-100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Malla 19.0 mm (3/4") | | 100 | 100 95-100 | 100 | 99 | 100 | 99.7 | 99.8 | 100 | 99.2 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Malla 9.5 mm (3/8") | | 70-90 | 81 76-86 | 89.2 | 78.3 | 90.7 | 88.8 | 88.2 | 91.9 | 80.7 | 82.3 | 87 | 85 | 85 |
| Malla N° 4 | | 50-70 | 56 52-60 | 60 | 48.9 | 57.5 | 63.4 | 54 | 60.8 | 55.2 | 64.8 | 66 | 63 | 63 |
| Malla N° 8 | | 35-50 | 43 39-47 | 44.3 | 34.4 | 41.9 | 46.7 | 44.1 | 58.5 | 43.5 | 56.3 | 47 | 45 | 45 |
| Malla N° 50 | | 10-20 | 14 10-18 | 13.5 | 14.9 | 22.7 | 20.2 | 15.8 | 19.5 | 20.6 | 8.4 | 19 | 19 | 19 |
| Malla N° 200 | | 3-8 | 4.4 3-6.4 | 10.4 | 7.6 | 10.5 | 11.9 | 9.2 | 11.8 | 11.4 | 5.6 | 9 | 9 | 9 |

4.4.7 DURABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA

4.4.7.1 Comesa

Los valores de resistencia retenida a la compresión uniaxial fueron de 76.2% con un porcentaje de vacíos de 7.2 (el rango de aceptación de vacíos para esta prueba es entre 6-8%) y el otro de 91%, pero en este caso no se indica el valor de la gravedad específica bruta de los especímenes moldeados, por lo que no se puede determinar el porcentaje de vacíos con los que se realizó esta prueba. El valor de resistencia retenida es de 76.2% es un valor muy cercano al límite de 75% min. que establece el cartel. Es importante destacar que esta mezcla se produjo con agregados tanto del Quebrador Piedra Grande como del tajo el Pizote.

4.4.7.2 CONANSA

El valor de resistencia a la compresión simple en el único diseño de mezcla reportado que utiliza esta fuente de agregados (quebrador Piedra Grande) es de 89.8%, valor obtenido con especímenes compactados al 6.2% , valor que se encuentra entre el rango permisible por la norma (6-8%). Este valor es satisfactorio con respecto a la especificación del cartel que establece un valor mínimo de 75%.

4.4.8 MANEJO DE APILAMIENTOS

Los apilamientos se pueden manejar de mejor manera si se realizan de labores de homogeneización antes de cargar las vagonetas. Habían apilamientos de hasta 6 metros de altura. No existe ninguna protección contra la lluvia.

4.4.9 MANEJO DE APILAMIENTOS EN PLANTA.

El manejo de los apilamientos en las plantas no es el más apropiado, por ejemplo en CONANSA tiene una altura de hasta 5 metros en forma cónica, produciéndose segregación evidente de los materiales. Ocasionalmente se ha encontrado que el material ha sido contaminado durante la homogeneización, esto porque el cargador introduce su pala en el piso y levanta material del suelo que se mezcla con el apilamiento. En COMESA antes de ser cerrada la planta, presentó el inconveniente de manejar poca cantidad de materiales en los apilamientos. Según los informes del inspector de planta, señor Roilán Calvo "los apilamientos se manejan al día", o sea no hay un adecuado manejo de reservas en los patios. Además estos materiales procedían del tajo Orosi, fuente de agregados que no tenían el debido diseño de mezcla ni realizado ni aprobado.

Ningún apilamiento, tanto en COMESA como en CONANSA, está protegido contra Los efectos climáticos como la lluvia y el viento, lo cual constituye otra causa de segregación.

Al igual que en el resto de las plantas, el personal no cuenta con condiciones mínimas de seguridad, como casco, zapatos especiales, primeros auxilios, etc.

4.4.10 UNIFORMIDAD EN LA PLANTA CONANSA

Para analizar la uniformidad de los agregados, se tomaron 3 baches secos consecutivos, los días: 29 y 30 de setiembre y 2 de octubre de 1998. Se realizaron los siguientes ensayos: granulometría, equivalente de arena, límites de Atterberg, gravedad específica bruta y porcentaje de absorción. Los resultados son los siguientes:

TABLA No 4.8 Uniformidad de la planta de mezcla asfáltica

| UNIFORMIDAD | | No. muestra | No. muestra | No. muestra |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 804 | 805 | 806 |
| fecha de muestreo | | 30-9-98 | 29-9-98 | 35836 |
| Malla No. | Tolerancias | % pas | % pas | % pas |
| 25 mm | 95-100 | 100 | 100 | 100 |
| 19 mm | 95-100 | 100 | 100 | 100 |
| 9.5 mm | 76-86 | 81.1 | 82.2 | 87.5 |
| 4.75 mm | 52-60 | 55.7 | 53.5 | 67 |
| 2.36 mm | 39-47 | 39.2 | 36.1 | 50.6 |
| 0.30 mm | 10-18 | 11 | 8.6 | 16.1 |
| 0.075 mm | 3-6.4 | 5 | 3.5 | 7.8 |
| Equivalente | 45 min | 82.1 | 86.6 | 80.8 |
| Límites | 8 max | NP | NP | NP |
| Gbs. gruesos | | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| % abs. Gru. | | 2.13 | 2.07 | 2.06 |
| Gbs. finos | | 2.62 | 2.63 | 2.55 |
| % abs. finos | | 1.73 | 1.79 | 2.97 |

Los valores de equivalente de arena son muy similares, así como todos los valores de plasticidad. Todas las muestras dieron NP (no plásticas).

Con respecto a la gravedad específica y porcentaje de absorción de gruesos (material aportado por el quebrador Esmeralda), presenta una gran uniformidad. Caso contrario con los finos, donde se aprecia una gran variación de la muestra 806 con respecto a las otras dos muestras. Esta variabilidad podría estar asociada con cambios en las fuentes de agregados. A continuación se presentan algunos gráficos donde se aprecia de manera visual la variación de los resultados de estos análisis de uniformidad:

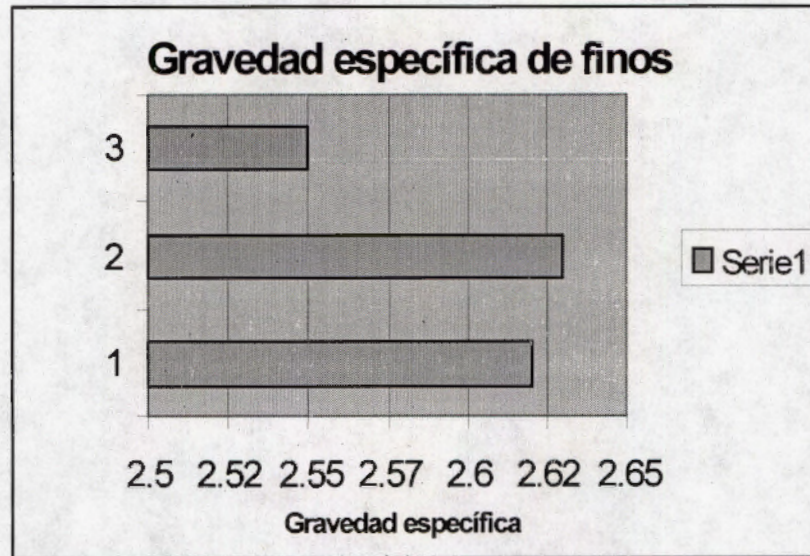
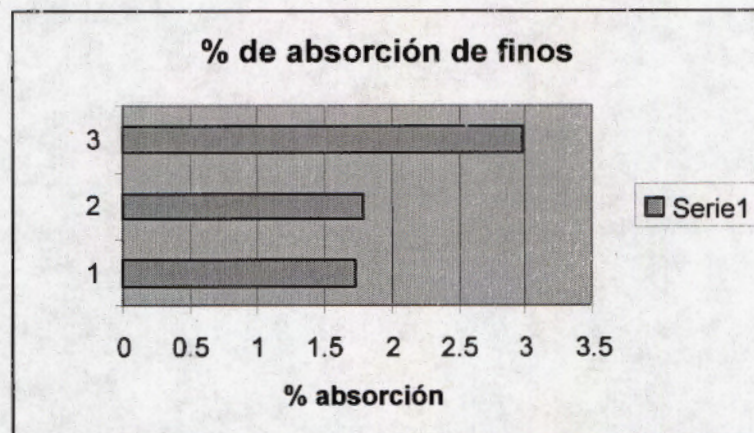
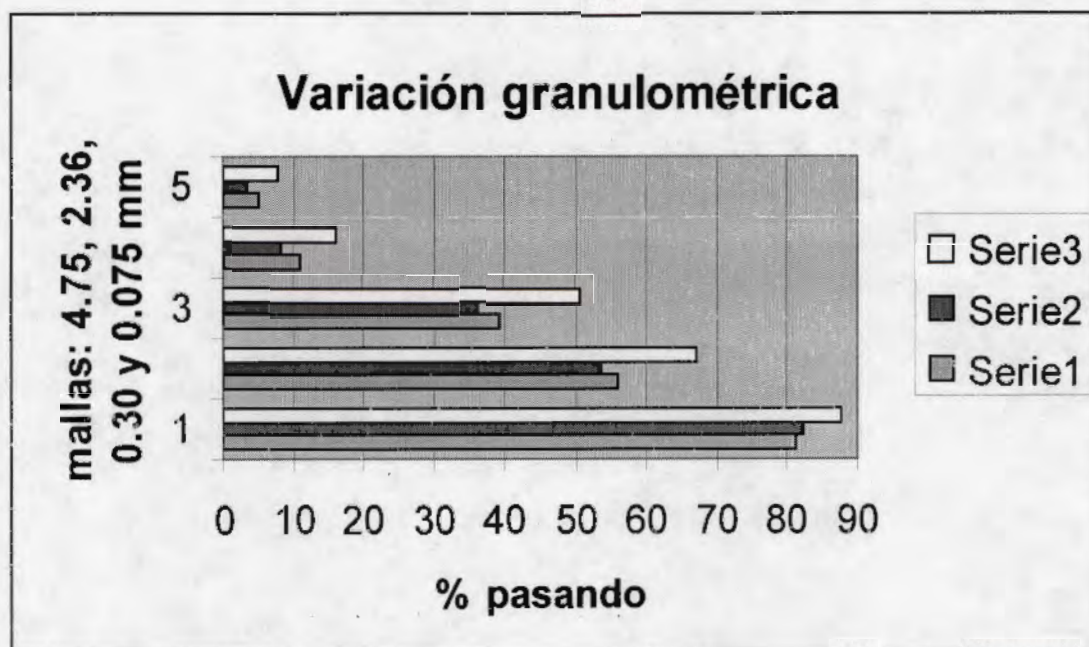
GRAFICO No 4.1 Variación de la gravedad máxima teórica**GRAFICO No 4.2 Variación de absorción del agregado pétreo**

GRAFICO No 4.3 Variación de l granulometría

4.4.11 CONCLUSIONES

Si bien es cierto que la utilización de las fuentes de agregados por parte de los contratistas CONANSA y COMESA en algunos casos ha sufrido variaciones, los materiales procedentes del quebrador Piedra Grande cumplen a satisfacción con los requerimientos establecidos para ser utilizados en la elaboración de mezclas asfálticas.

Idealmente este material debe ser protegido de la intemperie por medio de galerones, que aseguren su protección contra la lluvia, así como también del viento, que en ocasiones resulta ser otro factor de segregación importante y en el peor de los casos de contaminación.

Todo el personal que labore en estos sitios debe utilizar casco, además de zapatos especiales (con punta de acero), guantes, ropa apropiada, anteojos plásticos además de poseer un seguro contra riesgos laborales apropiado.

La incorporación de agregados de otras fuentes de materiales, invalida el uso de la fórmula de trabajo. Ante esta posibilidad de cambio de agregados, deben realizarse los diseños de mezcla alternativos, que permitan manejar apropiadamente tales situaciones, sin poner en riesgo la calidad de la mezcla asfáltica.

Si se van a utilizar agregados del quebrador Esmeralda, a pesar de proceder del mismo río Toro Amarillo, se deben realizar los ensayos de caracterización del agregado, además de proceder a realizar un nuevo diseño de mezcla con estos agregados.

CAPITULO 5

UNIFORMIDAD DE LAS PLANTAS

5. UNIFORMIDAD DE LAS PLANTAS

5.1 INTRODUCCION

Debido a que las condiciones de los materiales utilizados para la elaboración de la mezcla asfáltica son muy variables, se han realizado una serie de pruebas para determinar el grado de variación de algunos de los parámetros de la mezcla asfáltica. Estas pruebas tienen un margen o rango de variabilidad permisible de los agregados, pero deben determinarse tales restricciones para proceder a instrumentar criterios de pago en función de la calidad. Estas dispersiones originadas por el manejo inadecuado en la producción de mezcla, tal como el cambio de la fuente de agregados, variación del diseño de mezcla, variaciones bruscas de peso o temperatura, en alguna medida se refleja en los análisis de uniformidad, de modo que se tienen instrumentos de control que son muy útiles para ajustar las plantas.

Algunas pruebas para el análisis sobre la uniformidad de las plantas son:

- Porcentaje de la estructura granulométrica pasando las mallas de 9.5 mm, No 4, No 50 y No 200, en conjunto con el contenido de asfalto por peso total de mezcla, para evaluar la dosificación.
- Estabilidad de la mezcla asfáltica
- Contenido de vacíos

En la Tabla No 5.1 se presenta un ejemplo del análisis de variabilidad por planta.

Tabla No 5.1 Variabilidad en los parámetros de calidad de mezcla asfáltica.

| Planta | No 1 | | No 2 | | No 3 | |
|---------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| | Desv. Est. | % cump. | Desv. Est. | % cump. | Desv. Est. | % cump. |
| % pas. 9.5 mm | 5.7 % | 62 | 4.3 % | 66 | 5.4 % | 81 |
| % pas. No 4 | 6.7 % | 45 | 4.3 % | 61 | 12.8 % | 21 |
| % pas. No 50 | 3.3 % | 77 | 2.3 % | 88 | 1.6 % | 99 |
| % pas. No 200 | 2.3 % | 42 | 1.7 % | 44 | 1.3 % | 89 |
| Estabilidad | 330 kg | N.A | 260 kg | N.A | 170 kg | N.A |
| Vacíos | 1.5 % | 43 | 1.7 % | 20 | 1.5 % | 21 |

Los valores sombreados se refieren a las desviaciones estándares más bajas (menor dispersión) y los mayores porcentajes de cumplimiento (mayor precisión en el cumplimiento del diseño de mezcla vigente). Cabe mencionar que los valores de desviación estándar menores no se relacionan siempre con los valores de cumplimiento más altos, lo cual puede presentarse por ejemplo ante cambios en el diseño de mezcla no reportados. Además, los porcentajes de cumplimiento son muy importantes, ya que si se requiere aplicar un esquema de reducción de precios por calidad deficitaria, las sanciones que arrojaría el sistema serían considerables.

Dado lo anterior, con la uniformidad de las plantas, se pretende llevar a cabo un estudio del comportamiento en la producción de mezcla asfáltica en proyectos del programa de mantenimiento rutinario.

Con base en los resultados obtenidos en el laboratorio, de los diferentes ensayos que se le realizan tanto a la mezcla asfáltica producida por la planta, como a los agregados utilizados para su producción (Tabla No 5.1), se comprueba si se está produciendo la mezcla con la calidad que debería tener (estabilidad, máxima teórica, resistencia retenida, porcentaje de vacíos) de acuerdo con el diseño de mezcla presentado por los contratistas, así como la verificación de la uniformidad de los agregados utilizados en dicho proceso.

5.2 UNIFORMIDAD DE LAS PLANTAS

Este estudio se está realizando con las dos plantas que están trabajando actualmente (CONANSA y PEDREGAL); llevando a cabo una serie de pruebas tanto a los agregados, como a la mezcla para determinar el cumplimiento de alguno de los parámetros de los diseños de mezcla.

Este análisis se inició el 27 de agosto de 1998, y se comenzó tomando una muestra de mezcla asfáltica por semana hasta el 28/9/98, luego se empezaron a realizar tres muestreos semanales. Adicionalmente se empezaron a tomar muestras de agregados dos veces por semana, para verificar la calidad de éstos.

5.2.1 PLANTA CONANSA

Inicialmente, se procedió a realizar ensayos de gravedad específica máxima teórica de las muestras tomadas en los camiones que salen de las plantas hacia los sitios de proyecto, luego se procedió a tomar muestras para pruebas de contenido de asfalto (Ignición, porcentaje de bitumen, contenido de agua, granulometría), además de baches secos para la comprobación de granulometría, gravedad específica bruta de los agregados, equivalente de arena, absorción de los agregados e índice de plasticidad para los agregados utilizados en la mezcla asfáltica.

Gravedad Específica Máxima Teórica

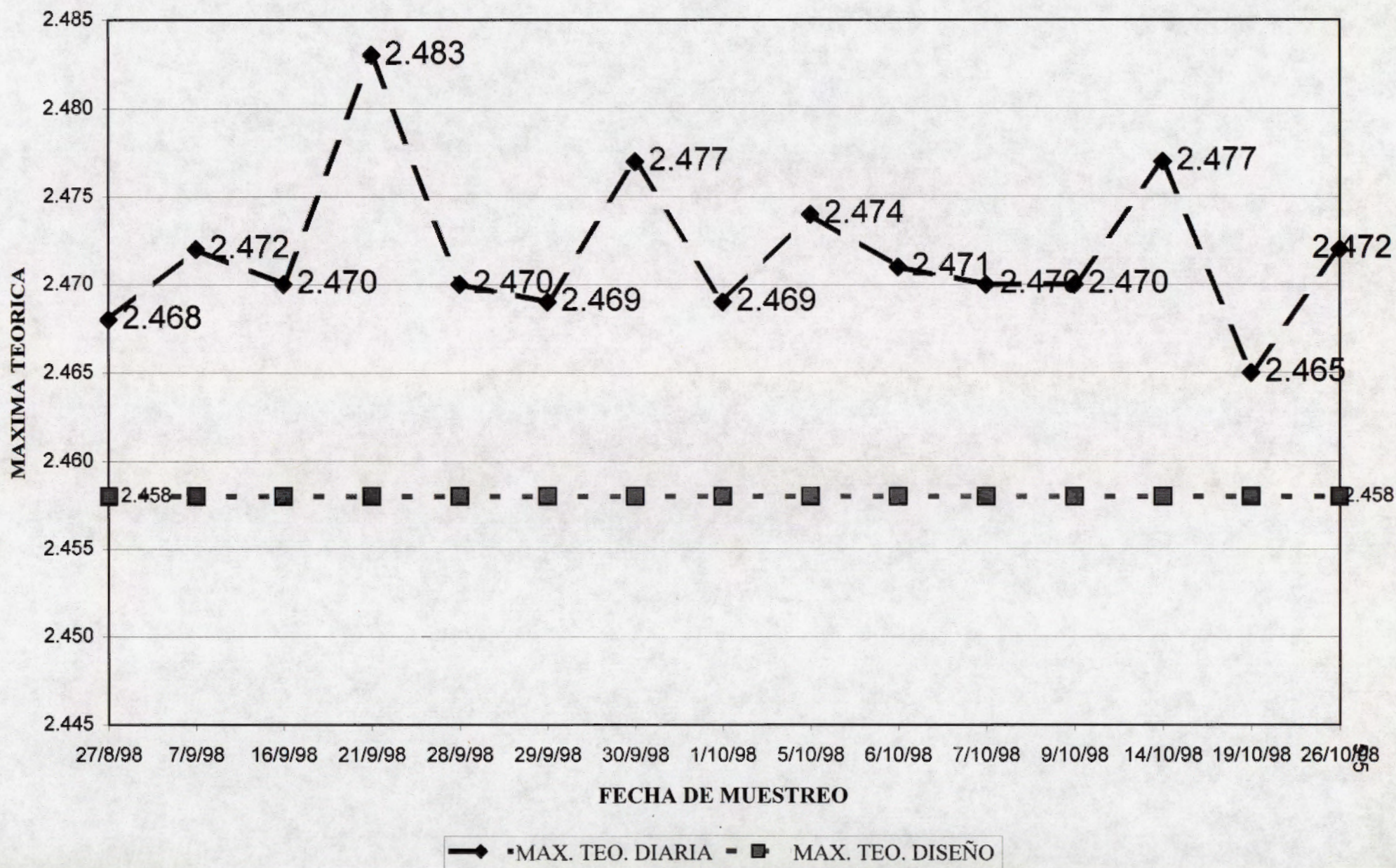
Como se puede observar en la Tabla No 5.2, los valores que presenta esta planta son muy uniformes, dándose variaciones mayores en dos muestras (máxima 0.025 respecto al diseño y 0.010 respecto al menor valor de las pruebas), aunque no se está cumpliendo con los valores de diseño (Figura No 5.1), lo que denota que hay incongruencias o desactualización del diseño de mezcla.

Tabla No 5.2 Resumen de Máximas Teóricas de CONANSA.

| MUESTRA No | FECHA DE MUESTREO | GRAVEDAD ESPECIFICA MAXIMA TEORICA | | VALOR PROMEDIO | DIFERENCIA ENTRE MEDICIONES | DIFERENCIA RESPECTO AL VALOR DE DISEÑO |
|----------------------------|----------------------|---|-------|-------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | 27/8/98 | 2.464 | 2.472 | 2.468 | 0.008 | 0.010 |
| 2 | 7/9/98 | 2.474 | 2.469 | 2.472 | 0.005 | 0.014 |
| 3 | 16/9/98 | 2.470 | 2.469 | 2.470 | 0.001 | 0.012 |
| 4 | 21/9/98 | 2.482 | 2.484 | 2.483 | 0.002 | 0.025 |
| 5 | 28/9/98 | 2.466 | 2.474 | 2.470 | 0.008 | 0.012 |
| 6 | 29/9/98 | 2.466 | 2.472 | 2.469 | 0.006 | 0.011 |
| 7 | 30/9/98 | 2.478 | 2.476 | 2.477 | 0.002 | 0.019 |
| 8 | 1/10/98 | 2.473 | 2.466 | 2.469 | 0.007 | 0.011 |
| 9 | 5/10/98 | 2.478 | 2.471 | 2.474 | 0.007 | 0.016 |
| 10 | 6/10/98 | 2.472 | 2.469 | 2.471 | 0.003 | 0.013 |
| 11 | 7/10/98 | 2.472 | 2.467 | 2.470 | 0.005 | 0.012 |
| 12 | 9/10/98 | 2.472 | 2.468 | 2.470 | 0.004 | 0.012 |
| 13 | 14/10/98 | 2.477 | 2.477 | 2.477 | 0.000 | 0.019 |
| 14 | 19/10/98 | 2.463 | 2.468 | 2.465 | 0.005 | 0.007 |
| 15 | 26/10/98 | 2.474 | 2.471 | 2.472 | 0.003 | 0.013 |
| VALOR PROMEDIO | | | | 2.472 | | |
| DESVIACION ESTANDAR | | | | 0.004 | | |

VALOR DE DISEÑO: 2.458

Figura No 5.1 Comparación entre Máximas Teóricas de Planta y la de Diseño de CONANSA



Contenido de Asfalto

Se esta iniciando el análisis de uniformidad de este parámetro, pero se requiere mayor número de resultados para efectuar los análisis de dispersión.

Evaluación de los Agregados

Esta evaluación se empezó el 28/9/98, tomando las muestras después de que han pasado el quemador y el mezclado de los agregados pero sin agregar el cemento asfáltico. Los valores obtenidos en las diferentes pruebas se presentan en la Tabla No 5.3. Se puede observar que los valores que presentan las granulometrías no cumplen en un 100% las especificaciones (valores sombreados), además las porcentajes de absorción y los valores de la gravedad específica bruta varían constantemente, lo que hace suponer que se están variando los agregados.

Tabla No 5.3 Granulometría de bache seco. Planta CONANSA

| GRANULOMETRIA TAMIZ | % PASANDO | TOLERANCIAS | | FECHA DE MUESTREO | | | | |
|------------------------|-----------|-------------|-----|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| | | | | 29/9/98 | 30/9/98 | 2/10/98 | 9/10/98 | 17/10/98 |
| 19 mm | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 9.5 mm | 85 | 80 | 90 | 81.1 | 82.2 | 87.5 | 81.8 | 78.5 |
| Nº 4 | 60 | 56 | 64 | 55.7 | 53.5 | 67 | 59.3 | 52.3 |
| Nº 8 | 41 | 37 | 45 | 39.2 | 36.1 | 50.6 | 44.5 | 36.7 |
| Nº 50 | 14 | 10 | 18 | 11.0 | 8.6 | 16.1 | 14.4 | 12.9 |
| Nº 200 | 6.6 | 4.6 | 8.0 | 5.0 | 3.5 | 7.8 | 5.8 | 5.9 |

PROPIEDADES DEL AGREGADO

| | AGREGADO GRUESO | FECHA DE MUESTREO | | | | |
|---------------------|-----------------|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| | | 29/9/98 | 30/9/98 | 2/10/98 | 9/10/98 | 17/10/98 |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 2.676 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.59 | 2.64 |
| ABSORCION % | 1.5 | 2.13 | 2.07 | 2.06 | 2.17 | 2.21 |

| | AGREGADO FINO | | | | | |
|-----------------------|---------------|------|------|------|------|------|
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 2.599 | 2.62 | 2.63 | 2.55 | 2.6 | 2.55 |
| ABSORCION % | 2.4 | 1.73 | 1.79 | 2.97 | 2.06 | 2.88 |
| EQUIVALENTE DE ARENA | 68 | 82.1 | 86.6 | 80.8 | 81.8 | 83.5 |
| INDICE DE PLASTICIDAD | N.P | N.P | N.P | N.P | N.P | N.P |

Figura No 5.2 Porcentaje Pasando por Malla. Planta CONANSA

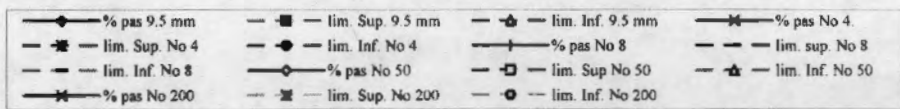
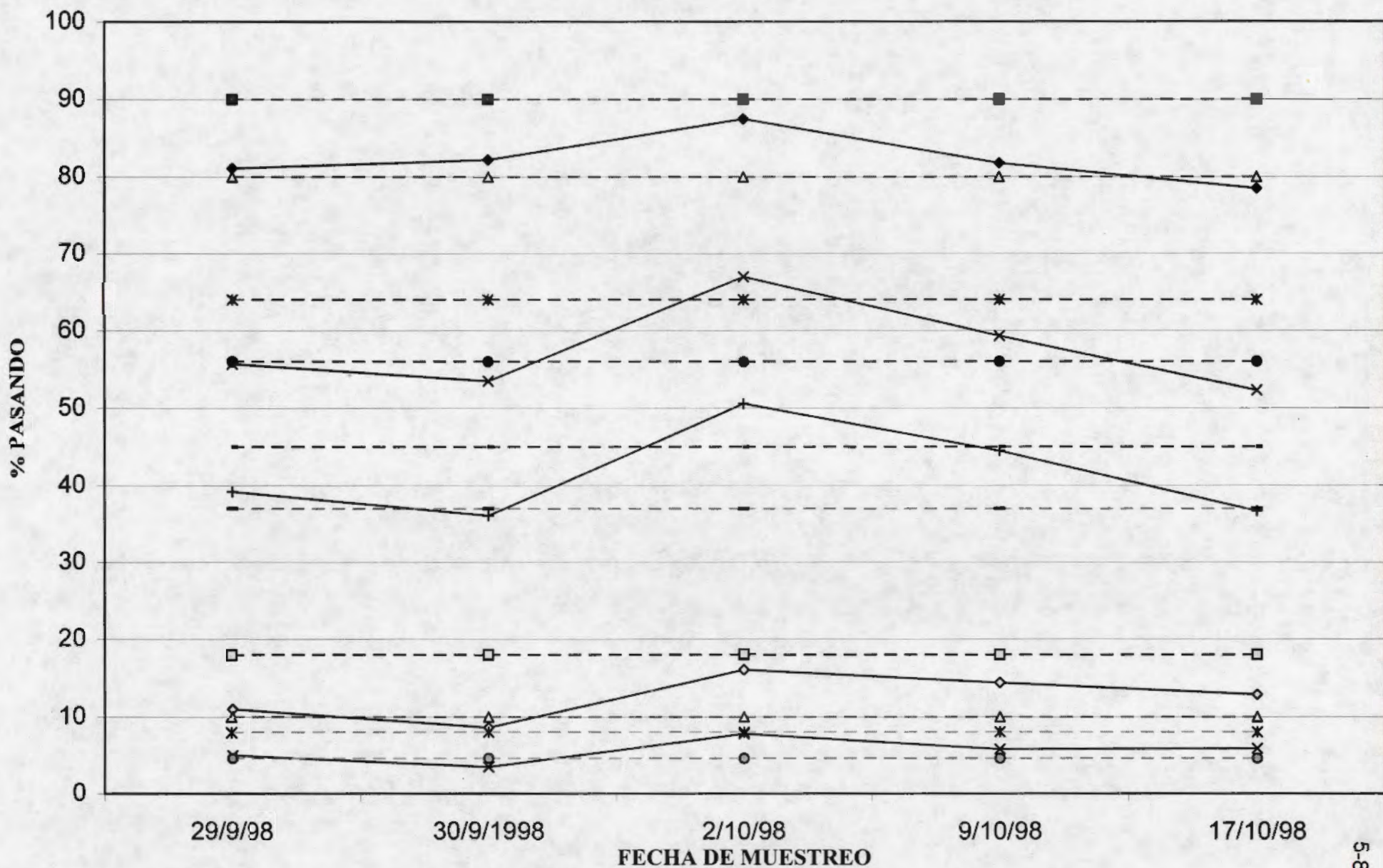
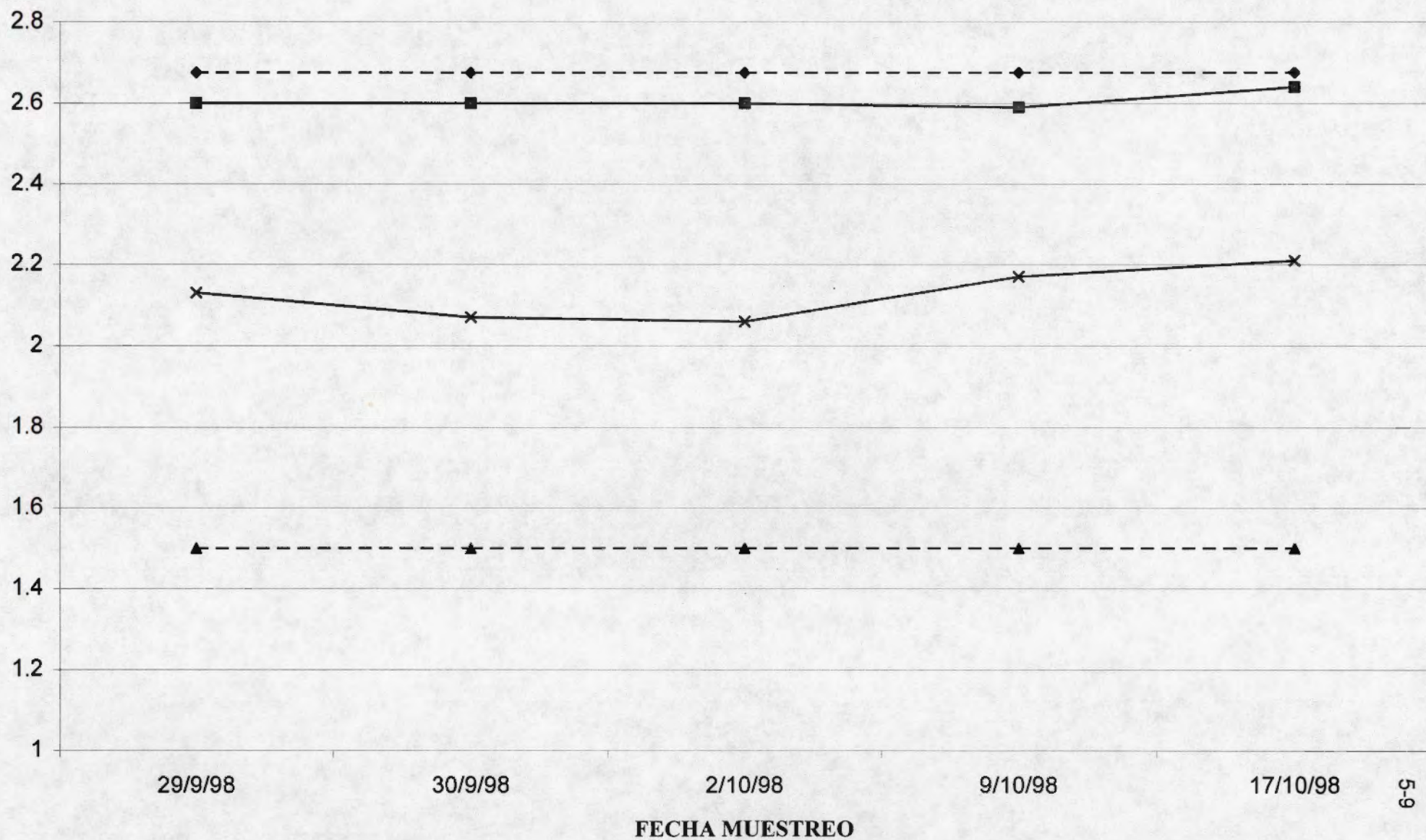


Figura No 5.3 Gravedad Específica Bruta y Porcentaje de Absorción de Agregado Grueso. Planta CONANSA.



- ◆ - Gbs DISEÑO - ■ - Gbs MUESTEO - ▲ - % ABS DISEÑO - × - % ABS MUESTEO

**Figura No 5.4 Gravedad Específica Bruta y Porcentaje de Absorción de Agregado Fino.
Planta CONANSA**

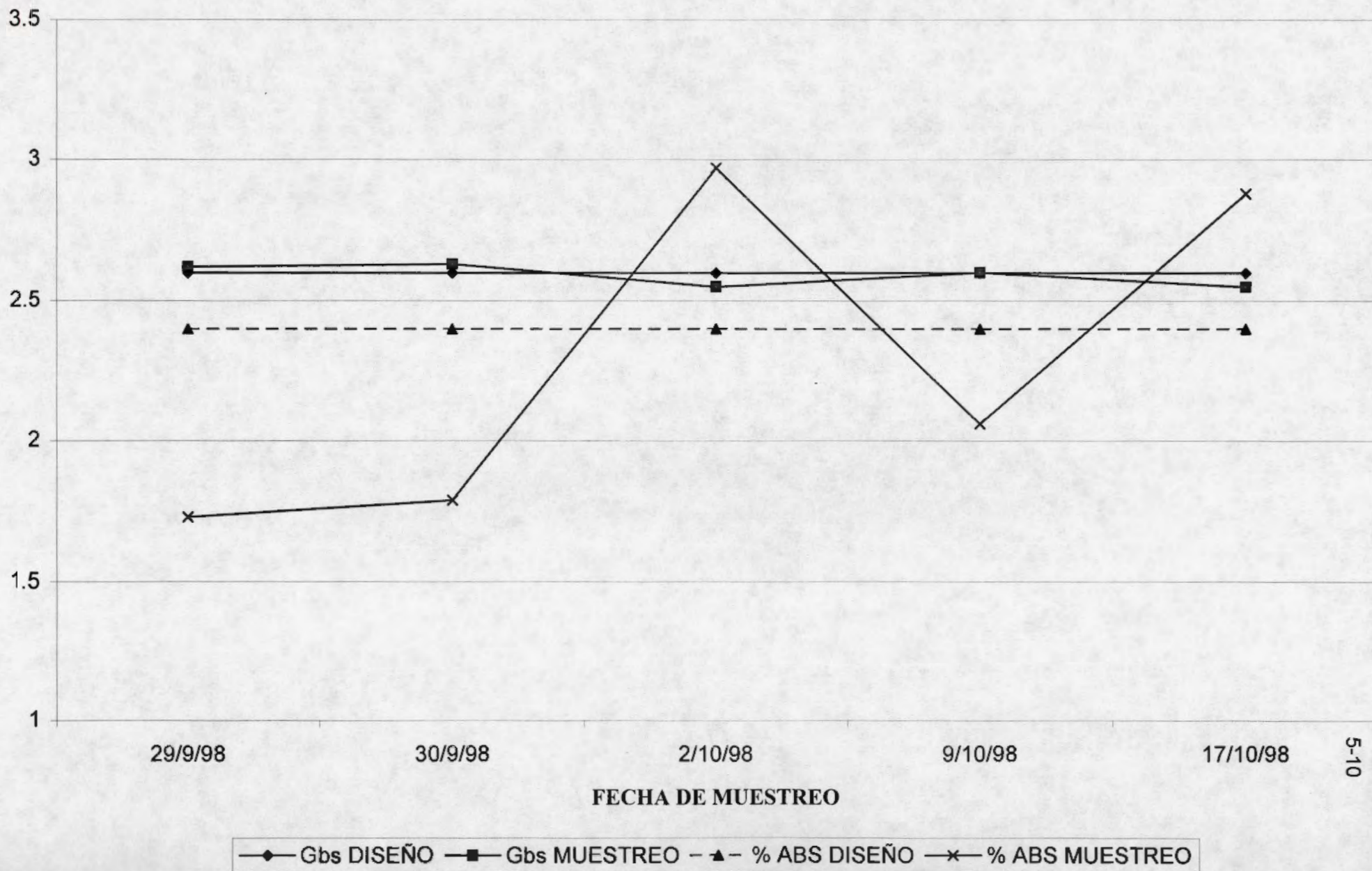
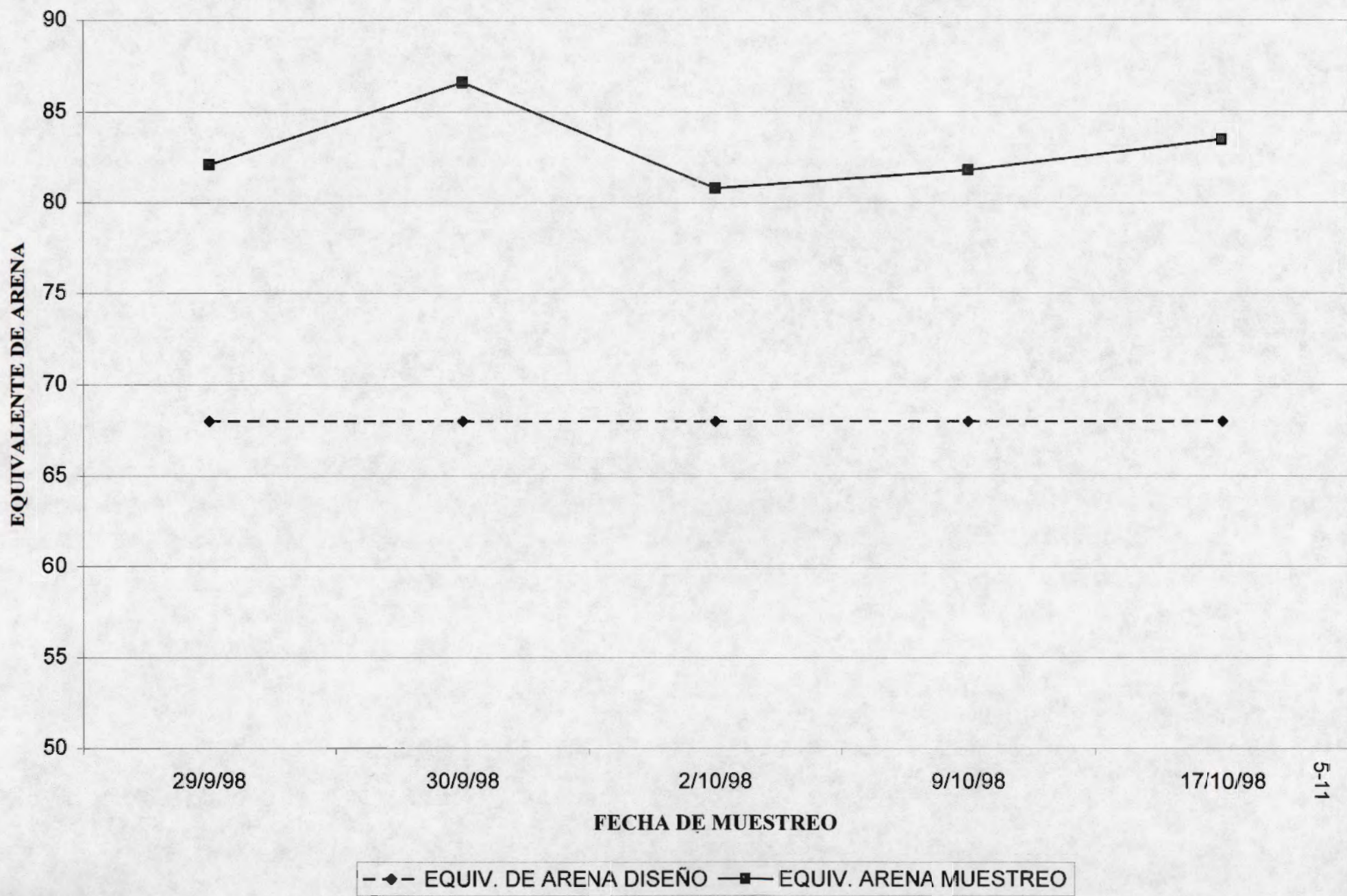


Figura 5.5 Equivalente de Arena. Planta CONANSA



5.2.2 PLANTA PEDREGAL.

Hasta el momento se ha procedido a realizar los ensayos de la gravedad específica máxima teórica de las muestras tomadas en la salida de la boca del silo de mezcla, próximamente se realizarán las pruebas de contenido de asfalto por ignición, reflujo, porcentaje de agua, estabilidad Marshall, compresión uniaxial.

Esta evaluación empezó el 29/9/98, y se ha estado realizando una por semana hasta el 5/10/98, que se empezó a realizar tres muestreos a las plantas por semana.

Gravedad Específica Máxima Teórica

Tabla No 5.4 Resumen de Máximas Teóricas de PEDREGAL.

| MUESTRA No | FECHA DE MUESTREO | GRAV. ESP. MAXIMA TEORICA | | VALOR PROMEDIO | DIFERENCIA ENTRE MEDICIONES | DIFERENCIA RESPECTO AL VALOR DE DISEÑO |
|----------------------------|----------------------|---------------------------------|-------|-------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | 29/9/98 | 2.381 | 2.382 | 2.382 | 0.001 | 0.055 |
| 2 | 30/9/98 | 2.322 | 2.313 | 2.317 | 0.009 | 0.010 |
| 3 | 2/10/98 | 2.362 | 2.351 | 2.357 | 0.011 | 0.030 |
| 4 | 5/10/98 | 2.319 | 2.317 | 2.318 | 0.002 | 0.009 |
| 5 | 6/10/98 | 2.357 | 2.354 | 2.355 | 0.003 | 0.028 |
| 6 | 7/10/98 | 2.353 | 2.359 | 2.356 | 0.006 | 0.029 |
| 8 | 15/10/98 | 2.316 | 2.317 | 2.316 | 0.001 | 0.011 |
| 9 | 20/10/98 | 2.304 | 2.301 | 2.302 | 0.003 | 0.025 |
| 10 | 21/10/98 | 2.275 | 2.278 | 2.276 | 0.003 | 0.051 |
| 11 | 26/10/98 | 2.324 | 2.322 | 2.323 | 0.002 | 0.004 |
| PROMEDIO | | | | 2.330 | | |
| DESVIACION ESTANDAR: 0.032 | | | | | | |

VALOR DE DISEÑO: 2.327

Observando las diferencias de los valores obtenidos en los muestreos (ver Tabla No 5.4), se puede concluir que posiblemente se están presentando variaciones en los agregados o en la cantidad de asfalto que con que se esta trabajando (Figura No 5.2), por lo que es recomendable mejorar la uniformidad en la producción de mezcla en esta planta.

Contenido de Asfalto.

Se esta iniciando el análisis de uniformidad de este parámetro, pero se requiere mayor número de resultados para efectuar los análisis de dispersión.

Evaluación de los Agregados.

Hasta el momento solo se ha procesado un muestra (Tabla No 5.5), pero por lo que se observa, éstos son indicios de que en esta planta se están variando los agregados o sus fuentes, esto debido a los cambios en los porcentajes de absorción que se presentan, tanto en los finos como en los gruesos.

Tabla No 5.5 Granulometría de bache humedo. Planta de Pedregal

| GRANULOMETRIA TAMIZ | % PASANDO | TOLERANCIAS | | FECHA DE MUESTREO | |
|------------------------|-----------|-------------|-----|-------------------|--|
| | | | | 17/10/98 | |
| 19 mm | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 9.5 mm | 82 | 77 | 87 | 86.9 | |
| Nº 4 | 61 | 57 | 65 | 59.2 | |
| Nº 8 | 45 | 41 | 49 | 40.4 | |
| Nº 50 | 13 | 10 | 17 | 14.8 | |
| Nº 200 | 4.3 | 3.0 | 6.3 | 8.7 | |

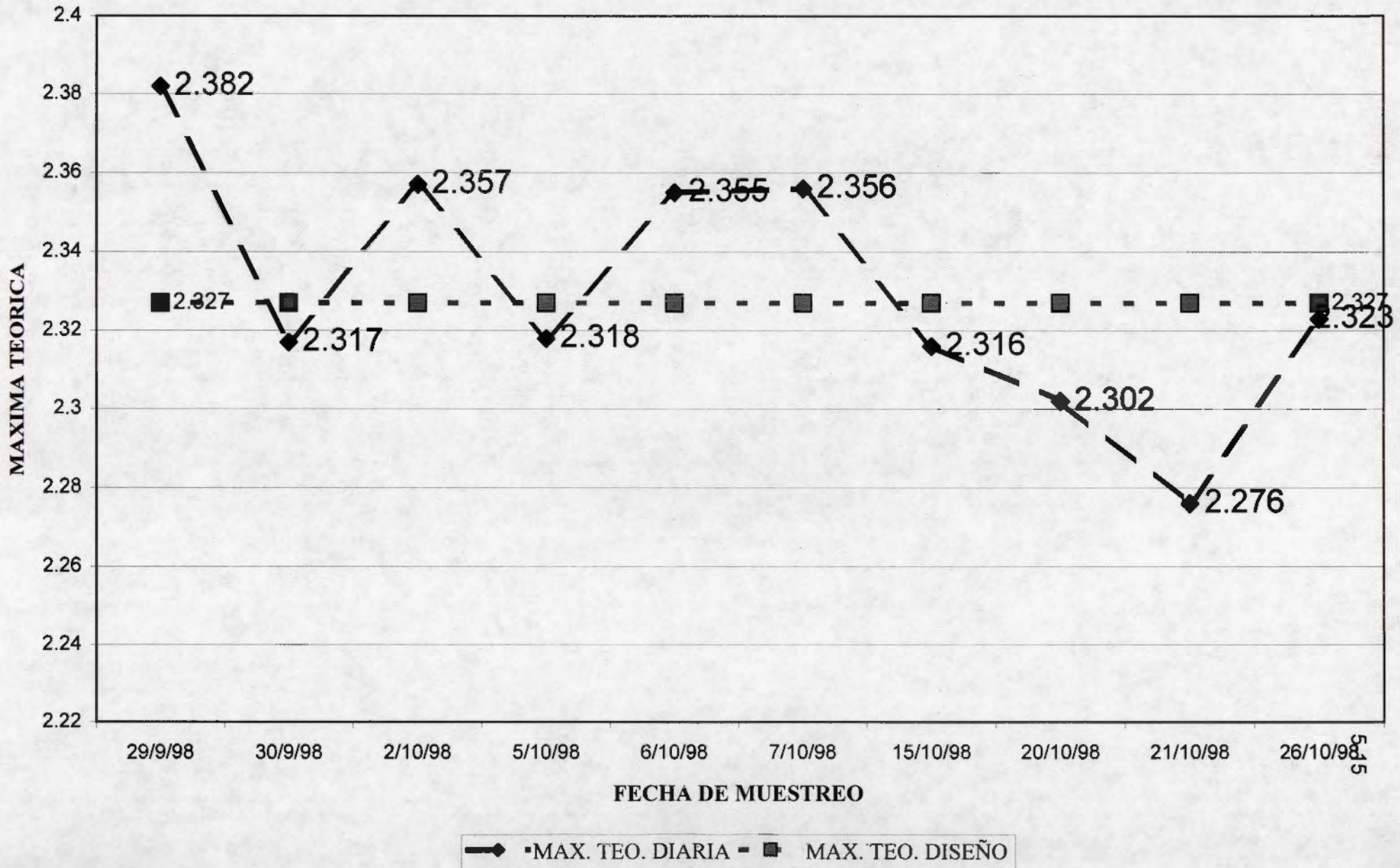
PROPIEDADES DEL AGREGADO

| | AGREGADO GRUESO | FECHA DE MUESTREO | |
|---------------------|-----------------|-------------------|--|
| | | 17/10/98 | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 2.676 | 2.41 | |
| ABSORCION % | 1.5 | 4.39 | |

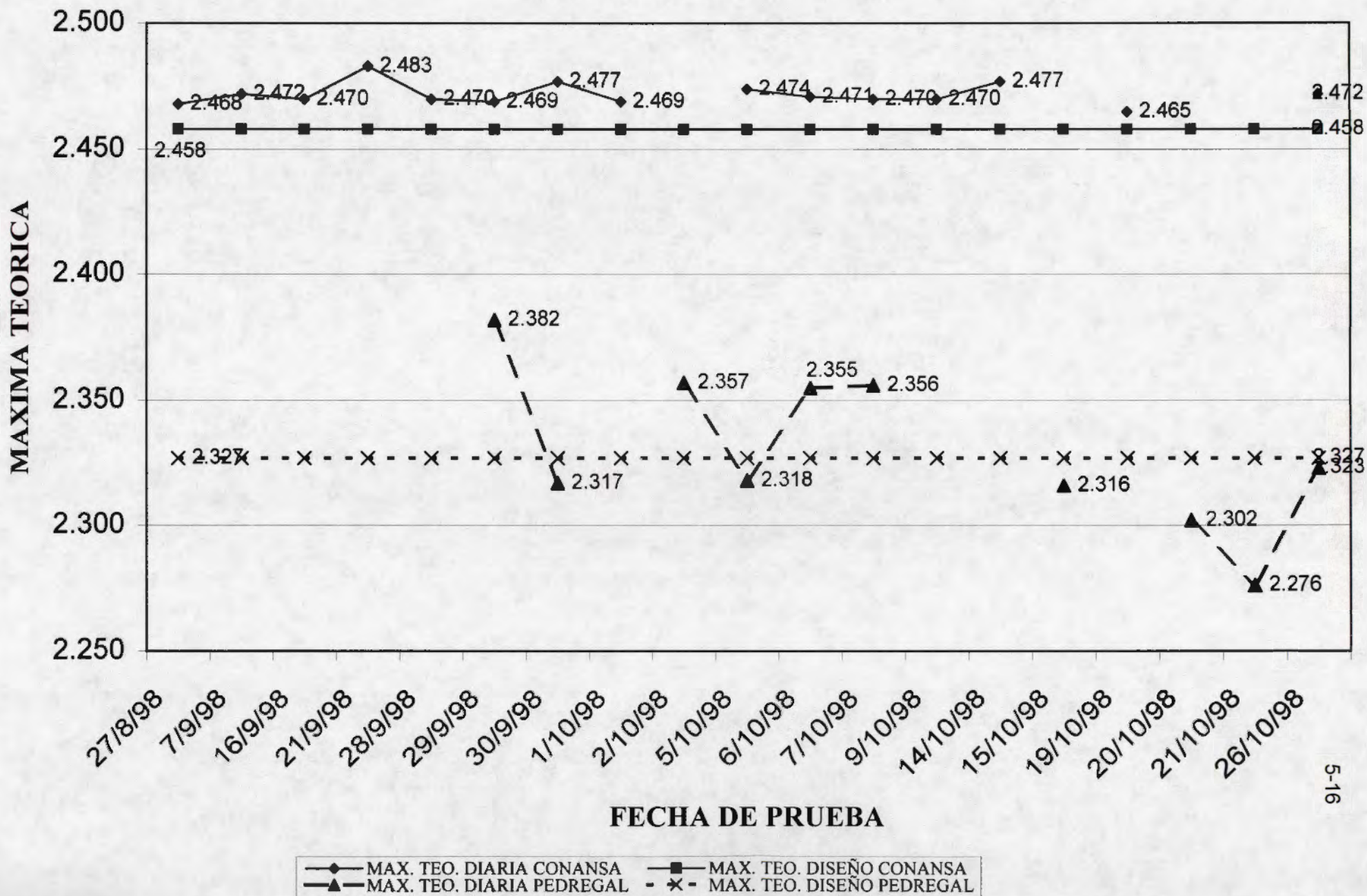
AGREGADO FINO

| | | | |
|-----------------------|-------|------|--|
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 2.599 | 2.3 | |
| ABSORCION % | 2.4 | 6.72 | |
| EQUIVALENTE DE ARENA | 68 | 70.4 | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | N.P | N.P | |

Figura No 5.6 Comparación entre Máximas Teóricas de la Planta y la de Diseño de la Planta de PEDREGAL



**Figura No 5.7 Comparación entre Máximas Teóricas de las Plantas
CONANSA Y PEDREGAL**



CAPITULO 6

**DEFINICION DE ESPECIFICACIONES Y
CONTROLES DEL PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO RUTINARIO**

6. DEFINICION DE ESPECIFICACIONES TECNICAS Y CONTROLES PARA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

6.1 INTRODUCCION

El inicio de un amplio programa de mantenimiento rutinario de carreteras requiere de varias sesiones técnicas de coordinación entre los ingenieros consultores y el laboratorio de supervisión de calidad para definir concretamente las acciones de control que se piensan aplicar. Esta preparación previa permite uniformizar criterios técnicos y diseñar los métodos adecuados para ejercer el nivel de control y aseguramiento de la calidad que se necesita en el programa.

Debido a que la labor de mantenimiento de carreteras es bastante compleja y se desarrollará en diversas regiones de Costa Rica, se preparó una lista con aspectos técnicos poco definidos en los carteles y documentos de licitación. De este modo se pudo discutir cada uno de los temas y buscar el consenso para aplicarlo efectivamente con la finalidad de aumentar la eficacia de estos proyectos. Cuando un proyecto inicia con las "reglas del juego" perfectamente claras y definidas, todos los participantes pueden hacer una mejor labor y el país puede recibir una obra de gran durabilidad.

La tabla No. 6.1 muestra los asuntos que han sido discutidos y definidos por el grupo de consultores y el Lanamme para su implementación oportuna en los nuevos contratos. En esta definición se trató de llegar a acuerdos prácticos y efectivos para controlar y mantener una buena disciplina de trabajo de las empresas contratistas en el P.M.R.

Tabla No. 6.1 Temas e interrogantes para definir acciones de control en el P.M.R.

| Tema | Comentarios / Decisiones |
|--|---|
| <p>1. Cómo se aplicarían las normas de la sección 401.12 del CR-77 para plantas asfálticas ? Si se aplican estrictamente no hay ninguna planta que cumpla con todo. Si no se aplican es como "serruchar el piso" al cartel y sus especificaciones y la misma ley nacional. Debe buscarse una solución transitoria.</p> | <p>Ver específicamente el control de pesos.</p> |
| <p>2. ¿Auto control por contrato o por planta?</p> | <p>Es necesario definir la forma de medir la calidad de la mezcla en el caso de plantas que suplen a varios contratistas.</p> |
| <p>3. Cómo se va a controlar técnicamente la calidad de los sellos asfálticos? No se dieron sistemas de pago en el cartel. ¿Qué se va a pedir como diseño?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Granulometría sin tolerancia • Diseño del Tratamiento Superficial • % emulsión fijo • Sistema de auto-control • Criterio del ingeniero de proyecto |
| <p>4. Cómo se manejan los parámetros especificados del trabajo que no tienen sistemas de castigo? Los sistemas de pago no pueden incluir muchos parámetros porque se complica su cálculo. Recordemos que "Lo perfecto es enemigo de lo práctico".</p> | <ul style="list-style-type: none"> • E/Flujo \pm tolerancias • RR \pm tolerancias • ER \pm tolerancias • Vacíos en la mezcla • VMA • VFA |
| <p>5. Cómo se ejecutaría el control de brigadas mínimas completas? Por ejemplo, si la falta de un tanque puede ser un incumplimiento a registrar. Otra duda es si se pueden compartir equipos entre cuadrillas.</p> | <p>Control de brigadas: 1 Etapa Control de brigadas: 2 Etapa ¿Brigadas incompletas?</p> |
| <p>6. Cómo se manejaría el incumplimiento grave por suspender las obras en forma intermitente. Si la planta falla, ese tiempo se contabilizaría como suspensión ??</p> | <p>En el cartel está considerado que la paralización de las obras por parte del contratista puede considerarse un incumplimiento grave. ¿Cuál criterio se va a considerar?</p> |
| <p>7. Analizar la propuesta de seguridad mínima que todas las cuadrillas de reparación deben utilizar. Se pueden agregar más controles a la lista.</p> | <p>En el cartel se definen grandes exigencias de seguridad vial que deben ser cumplidas en este programa.</p> |
| <p>8. Bastaría con una comunicación oficial a la empresa para hacer valer estas exigencias ??</p> | <p>Sobre la ley de tránsito?</p> |

| | |
|---|--|
| <p>9. Señalización por parte del contratista?</p> | <p>Se debe cumplir con lo establecido en el Reglamento de Dispositivos de Seguridad para Protección de obra Pública. Si se incumplen estas disposiciones por más de 5 días hábiles a partir del recibo de advertencia por parte del Ing. de Proyecto, se considera incumplimiento grave, y por tanto causa de resolución del contrato.</p> |
| <p>10. Definir un sistema de sanción pecuniaria por retraso mensual de las obras respecto al flujo de caja o el programa. Esto lo pide la Contraloría...</p> | <p>La Contraloría ya definió que será con base en el flujo de caja mensual. Si las obras no llegan al monto ofrecido cada mes, habría una multa de 0.1% por día equivalente de obras no ejecutadas. Todo ello siempre que no sea por eventos compensables de fuerza mayor.</p> |
| <p>11. Definir una tabla de reducción de pago que no tenga sanción para el cumplimiento entre 90 y 100%. En la forma que está en el cartel se exige la perfección y eso no existe en la naturaleza.</p> <p>Esto sería en una reunión técnica con la Contraloría.</p> | <p>Se requiere afinar el método incorporando el concepto de nivel de confianza (estadístico) y la posibilidad de error en el ensayo.</p> |
| <p>12. Definir una lista de requisitos para tramitar las estimaciones de pago. Esta lista preliminar debe contener lo que indica el cartel, a saber:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de obras en sitio • Informe de auto-control de la calidad • Aprobación de programa de obras por mes • Qué acción se tomaría para la empresa que no cumpla esto en el primer mes ?? <p>¿Y en Ing. de proyecto que no lo haga cumplir?</p> | <p>La estimación debe tramitarse cuando se ha logrado medir la calidad de los materiales y obras ejecutadas.</p> |
| <p>13. Definir una acción a tomar cuando haya discrepancia de resultados entre Lanamme y otros laboratorios. Esto es sumamente importante porque se va a presentar. Por ejemplo si el laboratorio privado indica 6% de asfalto y Lanamme indica solamente 5%. Qué procedimiento seguir ??</p> | <p>Cuáles son los requisitos para recibir un resultado</p> <ul style="list-style-type: none"> - bitácora de muestreo - Profesional responsable - Requisitos mínimos que debe cumplir todo laboratorio privado de control de calidad |

| | |
|---|---|
| <p>Qué hacer con la estimación mientras tanto?</p> | |
| <p>14. Definir una lista de deficiencias del trabajo ejecutado que se puede identificar y señalar al contratistas para corregir dentro del periodo de defectos a corregir.</p> | |
| <p>15. ¿Cómo se define el equipo de compactación a utilizar en el bacheo?</p> | <p>Lo define el Ing. de proyecto, pero no se dice cómo?</p> <p>¿Por tramo de prueba?</p> |
| <p>16. Definir cuál es la responsabilidad del contratista respecto a la planta para el caso de empresas que compran la mezcla. Debe haber consenso en que la empresa adquiere los materiales y debe evaluarlos porque es parte de su responsabilidad. La empresa no puede descargar su responsabilidad en los problemas de planta.</p> | <p>¿Caso del Contratista que compra la mezcla?</p> <p>¿Cómo funciona el auto-control?</p> |
| <p>17. Definir el procedimiento para cuando la planta ofrecida no funcione. Se permite usar otra autorizada o no. Qué debe hacer la empresa?</p> <p>¿Cómo se debe tramitar el permiso de cambio de planta y a partir de cuándo?</p> | <p>Qué información debe aportar el contratista en la solicitud de cambio de planta:</p> <p>¿El diseño de mezcla?</p> <p>¿Cómo funcionará el auto-control al realizar el cambio de planta?</p> |
| <p>18. Se podría establecer algún mecanismo de control de fuentes de agregado. Por ejemplo, boletas de despacho firmadas para el inspector? Qué se emitan en los tajos??</p> <p>Nota: Se está iniciando un proceso de caracterización y evaluación geotécnica de productores de agregados</p> | <p>¿Cómo será el control de tajos?</p> <p>¿Seguimiento a la calidad de la mezcla??</p> |
| <p>19. Definir el rango de temperatura con el cual se puede despachar la vagoneta hacia el proyecto. (aparte ver caso de mezcla que va al cilo)</p> | |
| <p>20. Definir quién o quiénes tienen la autoridad y la obligación para suspender el despacho de mezcla a los proyectos y pedir reparaciones en planta?</p> | <p>Se hizo una reunión de coordinación: Walter Acuña y Edgar Herrera, como responsables de plantas.</p> |

| | |
|---|--|
| <p>21. Definir, con una lista muy clara, los casos en que se debe negar la boleta de despacho de mezcla. Esto para que el inspector de planta actúe inmediatamente y se comunique con el encargado de plantas (ejemplo mezcla sobrecalentada, o mezcla producida con otros agregados, etc.).</p> | |
| <p>22. Definir si las pruebas de calidad de agregados se aceptan antes o después de pasar el quemador.</p> | |
| <p>23. Cómo se puede lograr una mayor participación de los ingenieros de proyecto que son prestados de otras dependencias del MOPT.</p> <p>A veces no dedican suficiente tiempo al proyecto porque es un "simple bacheo" y tienen otras labores asignadas.</p> | |
| <p>24. Cómo mejorar la relación INSPECTOR DE CAMPO - INGENIERO DE PROYECTO para que no haya conflictos de autoridad ni diferencia de criterio. Ambos deben respaldarse solidariamente en las decisiones y no precipitarse a tomar decisiones unilaterales sin consultar o informar al otro.</p> | <p>Es necesario formalizar la reunión entre inspector e ingeniero cada semana en un sitio fuera del proyecto para coordinar labores.</p> |
| <p>25. Cómo adelantar en los procesos legales de aplicación de sanciones. Sería bueno tener un contacto previo con los asesores legales para ponerlos al tanto de posibles sanciones que requieren su respaldo con rapidez.</p> | |
| <p>26. Cómo se enfrentaría la eventual presión para no aplicar una sanción a las empresas o para que no apliquen las exigencias técnicas del cartel con tal que se realice la reparación de calles o por cualquier otra razón.</p> | |
| <p>27. Cómo se exigiría al ingeniero residente de parte del contratista, para que permanezca en las obras durante todo el día. ? En los términos que señala el cartel de obras.</p> | |
| <p>28. Cómo se manejaría la bitácora de proyecto y la bitácora de planta para la toma de muestras.</p> | <p>Puede ser conforme al CFIA agregando otra disposición de</p> |

| | |
|--|---|
| | Uneprovi. Qué sanción existe para cuando no se utilice correctamente la bitácora? |
| 29. Cómo se va a manejar el diseño de mezcla y su trámite de aceptación? | |
| 30. Cuándo debe hacerse un nuevo diseño de mezcla y qué periodo de vigencia tiene? | Analizar cada cambio en la fórmula... |
| 31. El cartel dice que el diseño de mezcla debe hacerse frente a personas del MOPT. ¿Cómo se implementará? | |
| 32. Quién certifica el funcionamiento de una planta? Se requiere entregar un certificado de funcionamiento adecuado como parte del diseño de mezcla, quién y cómo se emite? | ¿Exigencias mínimas de certificación? ¿Puede operar una planta no certificada? |
| 33. En caso de cambios no autorizados en la fórmula de trabajo, ¿Cómo se debe proceder? ¿Se debe retirar la inspección de plano? ¿Quién es el encargado de ordenar el retiro del inspector? | |
| 34. ¿Se debe establecer un mecanismo eficiente de solicitud de diseños de mezcla en caso de cambios en la materia prima? ¿Quién es el encargado de solicitarlo? ¿Qué consecuencia tiene la no presentación? ¿Se debe establecer un plazo razonable para que se suministre el informe de diseño de mezcla? | Debemos tener absoluta claridad respecto al diseño de mezcla vigente para cada contrato. Todos debemos conocerlo. |
| 35. ¿Cómo se certifica el funcionamiento del sistema de retorno de finos de una planta? ¿Se menciona entre las especificaciones especiales (punto 2 relleno (filler)), pero no se detalla? | La uniformidad de los finos es clave para garantizar la calidad de la mezcla |
| 36. ¿Cómo se controla la presencia de sustancias deletéreas en el agregado fino? | Analizar especificaciones del contrato |
| 37. ¿Cómo se verifica que los contratistas controlan la temperatura de la mezcla, en planta, en las vagonetas y en el campo ? | La temperatura es determinante de la correcta producción y colocación de la mezcla. |
| 38. Ver lista de pruebas semanales del cartel (Tabla 4.1-3.97), acerca de la Resistencia Retenida | Aclarar especificación a solicitar. |
| 39. Qué ocurre con las especificaciones del CR-77 que rigen y que no están incluidas en los | ¿Que se incluye de esto en los certificados y en el diseño de mezcla? |

| | |
|--|---|
| certificados de calidad: adhesividad del agregado fino, vacíos del agregado fino no compactado, resistencia a la tensión diametral retenida, manejo de apilamientos? | También en el informe de auto-control. |
| 40. Qué requisitos aplican para los laboratorios responsables del control de calidad? | Cómo se aceptarán los laboratorios de control? Qué requisitos se revisan? |
| 41. ¿Cuál método de diseño de Tratamientos Superficiales se va a utilizar? | Cuál será el contenido de los informes de control de calidad para sellos y TS? |
| 42. En que consiste el control de cumplimiento del agregado para Tratamientos Superficiales. Frecuencia, Certificado? | Definir algunos ensayos y su frecuencia |
| 43. ¿Como se controlará la dosificación en Tratamientos Superficiales? ¿Qué pruebas? ¿Cómo lo hará? | |
| 44. ¿La arena de mar se puede usar como agregado si no da estabilidades bajas y flujo altas, qué significa eso? ¿Qué magnitudes? | Son recomendaciones del cartel que deben implementarse o tomar una decisión al respecto. |
| 45. ¿Las tolerancias en porcentaje de agregado pasando se refieren a cada malla o a las fracciones definidas como gruesos, finos y filler? | |
| 46. ¿Se descartaron las especificaciones de agregado por fuente? | |
| 47. ¿Qué pasa en los baches de prueba? ¿Se continuará su realización? | Puede el contratista colocar mezcla sin hacer el bache de prueba? |
| 48. ¿Método para calcular el porcentaje de asfalto? ¿Se estandarizará? | Se usará ignición, reflujo o el método nuclear? Cuál conviene? CUAL se exigirá al contratista? |
| 49. ¿Cómo se define la densidad de laboratorio para calcular el porcentaje de compactación? | ¿La del informe de diseño de mezcla? ¿La real de la mezcla de cada día? |

6.2 RESULTADOS PRELIMINARES DE LA DEFINICION DE ESPECIFICACIONES Y CONTROLES

Para facilitar las labores de administración técnica del contrato e introducir efectivamente algunos cambios derivados del nuevo modelo de control de obras se requiere contar con varias listas de revisión o comprobación.

Estos listados indican claramente los aspectos que debe revisar el ingeniero de proyecto para dar por aprobada una acción administrativa en cada contratación. Si no se cuenta con estos listados es relativamente sencillo olvidar alguno de los requisitos que aseguran la efectividad o la calidad de un proceso o de un informe.

Estos requisitos están siendo revisados y analizados y pueden ser modificados próximamente de acuerdo a como se presente el avance del programa de mantenimiento rutinario. Sin embargo, es muy importante hacerlos cumplir para mantener el nivel de disciplina necesario en un proyecto de mantenimiento.

Los apartados siguientes indican los principales lineamientos de control a implementar para el aseguramiento de la calidad del trabajo que se ejecuta y para obtener altos estándares como lo exige el cartel. Debe ser claro que si se pierden estos controles, el cartel va perdiendo vigencia técnica y credibilidad, y, consecuentemente, se puede caer en la anarquía y la superficialidad en materia de control de la ejecución de los contratos. Estos lineamientos requieren disciplina de trabajo y profesionalismo, dando como resultado obras de mejor calidad, más durabilidad y mejor servicio y seguridad para los usuarios y los obreros.

6.3.1 NORMAS MINIMAS DE CONTROL DE LA SEGURIDAD VIAL

El contratista debe ser consciente de su responsabilidad ante daños y accidentes a terceros y de su propio personal. Por ello debe demostrar preocupación y profesionalismo al manejar la seguridad en las obras de reparación de carreteras. Los controles mínimos a revisar serán los siguientes, sin embargo, cualquier disposición del Reglamento de dispositivos de protección de obras del MOPT está vigente.



Todos los obreros y operarios deben utilizar chaleco reflectivo de seguridad durante su permanencia en la carretera. Esta disposición incluye al capataz, a los visitantes, los ingenieros e inspectores del contratista o del MOPT.

Calles de velocidad ≤ 60 kph. Se requieren 4 rótulos (2 por sentido), de 90 cm x 90 cm, color naranja, con la leyenda adecuada, a 1.50 m de altura sobre el suelo, colocados en el espaldón o la acera a no más de 1 m del borde de la carretera. Deben estar limpios y colocados a 30 m y a 60 m de distancia del frente de obras. Este requisito es válido para cada uno de los frentes de obra o cada una de las cuadrillas que trabajen en la vía. Además habrá un rótulo de velocidad 25 Kph.

Calles de velocidad > 60 kph. Se requieren 6 rótulos (3 por sentido), de 1.20 m x 1.20 m, color naranja, con la leyenda adecuada, a 2.0 m de altura sobre el suelo, colocados en el espaldón o la acera a no más de 1 m del borde de la carretera. Deben estar limpios y colocados a 30 m, 60 m y 200 m de distancia del frente de obras. Este requisito es válido para cada uno de los frentes de obra o cada una de las cuadrillas que trabajen en la vía. Además habrá un rótulo de velocidad 25 Kph.

El sitio de trabajos estará rodeado con conos plásticos limpios de color fosforescente naranja colocados aproximadamente a 4 m de distancia entre sí. Debe formarse una sección de transición para encausar el tránsito. Los equipos y maquinarias deben mantenerse dentro de esta sección de trabajo en todo momento, por lo cual debe ser suficientemente amplia para las maniobras.

No se usarán estañones pintados ni bloques de concreto pintados (o sin pintar) para señalar o prevenir a los conductores. Todo dispositivo a utilizar debe haber sido diseñado para seguridad vial y aprobado por el ingeniero de proyecto.

Se requieren dos banderilleros permanentes por cada frente de obra o cada cuadrilla durante toda la jornada de trabajo. En caso de rutas curvas o sitios difíciles, el contratista debe proveer banderilleros adicionales. Deberán conocer su trabajo (previo entrenamiento) y usar banderillas adecuadas rojas de 60 cm x 60 cm. Deben utilizar chaleco y conos plásticos para destacar su presencia.

No se dejarán baches abiertos ni montículos de material o maquinarias en la carretera durante la noche.

Las faltas a la seguridad vial serán anotadas en la bitácora de proyecto cada vez que ocurran para aplicar la sanción que corresponde al contratista que no las cumpla estrictamente.

El ingeniero de proyecto y el consultor deben hacer cumplir con las disposiciones de seguridad vial sin excepciones y como prioridad de trabajo cada día.

6.3.2 REQUISITOS PARA TRAMITE DE ESTIMACIONES

La aprobación del pago de estimaciones de obra debe efectuarse cuando se han cumplido estrictamente una serie de controles y requisitos que aseguren calidad y procedimientos de las obras realizadas. Las siguientes son la revisiones y comprobaciones mínimas que debe realizar el ingeniero de proyecto para autorizar las estimaciones de obras.

Revisión y cálculo detallado de los avances de obra de cada rubro de pago para cuantificar las cantidades a pagar.

Revisión y aprobación del informe del periodo con el seguimiento de auto-control de calidad de la empresa que garantice buena calidad y uniformidad de materiales y procedimientos constructivos. Este informe mensual debe incluir el análisis propio del cumplimiento de tolerancias y gráficos de seguimiento permanente de resultados por parte del contratista según lo presentado en el cartel. Solo se admiten resultados de muestras tomadas ante el inspector e ingeniero y consignadas en la bitácora con su respectivo código. **CUANDO EL INFORME NO ESTE COMPLETO NO SERA APROBADO Y SE COMUNICARA ESTO OFICIALMENTE AL CONTRATISTA. ESTA SITUACION SE CONSIDERA EVENTO NO COMPENSABLE.**

Revisión y aprobación de la certificación de funcionamiento correcto de la planta asfáltica de mezcla, de acuerdo a la sección 401.12 del CR-77 y las disposiciones del cartel de contratación, emitida por un profesional responsable. Esta certificación debe contener los datos de calibraciones y comprobaciones de los dispositivos de la planta realizados cada mes conforme al cartel. Transitoriamente, un ingeniero encargado del MOPT está revisando y autorizando el funcionamiento de las plantas en forma permanente.

Revisión y aprobación de programas de trabajo en comparación con el avance realizado en cada rubro de pago. El contratista debe explicar, en caso de que corresponda, por qué no pudo cumplir con el plan de trabajo mediante el análisis técnico y prueba de que ocurrieron eventos compensables, de lo contrario se hace acreedor a una sanción o multa de acuerdo a lo establecido en el cartel de obras por que no hizo conforme al plan.

Revisión de que la bitácora de obras en sitio y la bitácora de toma de muestras se utilizan adecuadamente para controlar detalles técnicos del proyecto.

Comprobación o revisión de que las pólizas de riesgos del trabajo y protección a terceros están vigentes.

Cálculo y deducción de multas e incumplimientos por atraso mensual de obras, por la calidad deficiente o por la ausencia de equipos en las brigadas mínimas especificadas en el cartel, o cualquier otro incumplimiento de acuerdo con el cartel.

6.3.3 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS ACEPTABLES

Las labores de bacheo deben ser ejecutadas aplicando los siguientes procedimientos constructivos. Cualquier otro procedimiento se considera una falta y debe ser corregido.

Atención estricta de la seguridad vial en todo frente de trabajo, sea de bacheo o de limpieza (conforme al reglamento de dispositivos de seguridad del MOPT).

Limpieza y conformación de drenajes para asegurar la eliminación del agua de lluvia. A veces esto requiere de corregir el bombeo de la misma carpeta.

Reparación de otras fuentes de infiltración de agua (fugas de tuberías o cunetas).

Marcado de las secciones dañadas de la carretera.

Corte con sierra de los bordes del área a reparar. No se admite abrir baches con picos, palas o perforadores o martillos neumáticos.

Extracción del material deteriorado sin perjudicar el fondo ni los bordes del bache.

Revisión de la base y subbase y sustitución y compactación de la misma de ser necesario.

Limpieza completa de residuos y contaminantes del área abierta.

Riego uniforme de ligante asfáltico en el fondo y los bordes verticales con equipo rociador. No se admite el uso de envases para riego manual, tarros o similares.

Tiempo de espera para la rotura de la emulsión asfáltica (cuando aplica).

Colocación cuidadosa de la mezcla asfáltica en caliente (cuya temperatura debe ser superior a 100 grados centígrados). No debe tirarse ni arrastrarse lateralmente para evitar la segregación o separación de los agregados gruesos. La mezcla fría no se acepta en la labor de bacheo.

Acomodo cuidadoso de la mezcla para lograr un acabado plano y uniforme con un exceso de espesor para la compactación subsiguiente (es importante contar con personal experimentado en esta labor manual y herramientas adecuadas).

Compactación inmediata (antes de que se enfríe) con equipo adecuado. El operario debe conocer la velocidad, número de pasadas, esquema de movimiento, frecuencia de vibración y dirección de avance adecuados para lograr la compactación requerida.

Si el espesor a colocar es superior a 10 cm, se colocarán dos o más capas de 7 cm que serán compactadas independientemente.

Protección de los baches por algunas horas antes de permitir el paso de vehículos.

Comprobación de niveles finales del bache con la rasante de la carretera. No serán aceptables baches hundidos ni baches levantados respecto al nivel del pavimento adyacente. Los defectos deben ser corregidos por el contratista en el periodo de corrección de defectos señalado por el ingeniero de proyecto o antes.

6.3.4 ACTIVIDADES DE INICIO DE PROYECTO

El ingeniero de proyecto revisará que el contratista suministre y realice las siguientes actividades antes de iniciar las obras. Deberá paralizar el proyecto y los pagos sin responsabilidad para la Administración, si estos requisitos no se cumplen.

Solicitar y revisar la vigencia de la póliza de riesgos y la póliza de daños a terceros.

Comprobar que se dió la garantía de cumplimiento a la Proveduría Nacional

Revisión y aprobación (si corresponde) del programa de obras según el formato y contenido definido en el cartel de obras. Este programa debe tener los recursos, cronograma de barras, fechas y holguras, cuadrillas asignadas, una actividad por rubro de pago, flujo de caja mensual por rubro de pago, diagrama de flechas y ruta crítica. Además debe adaptarse a las etapas I y II de los contratos. Sin estos requisitos no debe ser aprobado.

Revisión del programa de auto-control de calidad. Este debe adaptarse al plan mínimo exigido por el cartel y al contenido mínimo del informe mensual. Debe incluirse la hoja de inscripción del profesional o laboratorio que realizará la supervisión del control de calidad con todos sus datos tal como se establece en el cartel (sección Especificaciones Especiales). Se debe indicar cómo, cuándo, dónde y quién tomará la muestras.

Revisión del plan de seguridad vial que utilizará el contratista en cada cuadrilla y que debe cumplir con las normas del Reglamento respectivo del MOPT. Esto debe exigirse desde el primer día y lo mejor es solicitarlo por escrito al contratista para que lo presente también por escrito.

Revisión de la bitácora de obras y de la bitácora para registrar la toma de muestras en la planta. El contratista debe realizar este trámite ante el Colegio de Ingenieros. La bitácora debe usarse desde el primer hasta el último día de actividades en sitio.

Aprobación inicial de admisibilidad de la planta de mezcla asfáltica ofrecida para el contrato. El encargado del MOPT realizará esta inspección inicial de acuerdo a los requisitos del cartel y del CR-77 y emitirá su criterio.

Revisión del diseño de mezcla a utilizar en el proyecto. Este será revisado en su contenido mínimo de acuerdo con el formato oficial. Su admisión preliminar no exime al contratista de responsabilidad posterior en el mismo. No puede iniciar un proyecto sin haber completado este informe de diseño de mezcla.

Para iniciar las labores de bacheo, el contratista debe realizar la sección de prueba de compactación para optimizar su trabajo y alcanzar el grado de densidad especificado. El ingeniero solicitará el informe técnico respectivo de dicha sección.

El ingeniero revisará las cuadrillas y maquinarias de trabajo que utilice el contratista para verificar que son conformes con el cartel. También coordinará con el contratista la selección del sitio de disposición de materiales y escombros de cada labor.

6.3.5 LISTA DE DEFECTOS PARA EL “PERIODO DE CORRECCION DE DEFECTOS”

Los siguientes defectos no son admisibles en el programa de mantenimiento rutinario. En caso de presentarse, el ingeniero de proyecto debe emitir una notificación oficial al contratista para que los corrija en un plazo determinado. Si no se realiza esta labor, se considera incumplimiento grave y se puede rescindir el contrato.

- Baches hundidos más de 1 cm en cualquiera de sus puntos
- Baches altos o levantados respecto a sus bordes
- Baches con bordes quebrados que no fueron cortados con sierra.
- Baches que muestren fallas, exudación, desprendimientos o grietas superficiales
- Baches colocados sin ligante asfáltico o sin el rociador-distribuidor adecuado
- Baches construidos cerca de fugas de tuberías o drenajes que no fueron reparadas
- Baches con excesiva irregularidad superficial debido a mala colocación.
- Baches cuya compactación sea inaceptable de acuerdo a lo especificado en el cartel.
- Materiales de desecho que hayan sido dejados en el derecho de vía o en espaldones y drenajes.
- Cunetas y drenajes que no tienen la conformación adecuada para el flujo de agua y que fueron previamente conformados.
- Otros según las características del proyecto.

6.3.6 RECOMENDACIONES PARA LOGRAR UNA BUENA COMPACTACION

Es necesario realizar una sección preliminar de prueba con la mezcla y los equipos de compactación para definir el procedimiento de compactación a utilizar en el proyecto. Debe ser controlada la secuencia de pasadas, su velocidad, la vibración, la temperatura de la mezcla, la dirección de movimientos y los traslapes entre cada pasada. De esta forma el constructor puede conocer con exactitud cuál es la secuencia de trabajo que permite alcanzar el grado de compactación especificado.

Las principales recomendaciones para la compactación son las siguientes:

- La temperatura de la mezcla asfáltica en caliente debe ser superior a 90 grados centígrados al realizar la compactación. La mezcla fría no será aceptable en el proyecto. En el apartado 6.3.3 anterior, se detalló más al respecto.
- El contratista debe preocuparse de tener el equipo adecuado para compactar diversos tamaños de bache. Por lo menos contará con un compactador de rodillos de 3 toneladas y una plancha vibratoria pequeña siguiendo las disposiciones del cartel.
- Los obreros de acabado deben nivelar muy bien la mezcla y dejar un exceso de espesor que compense la consolidación o compactación posterior para que el bache no quede levantado ni hundido respecto al nivel del pavimento.
- La velocidad del compactador debe ser baja, de aproximadamente de 0.5 Kph o sea aproximadamente 1 m por segundo como máximo.
- La primera pasada debe ser muy cuidadosa, y preferiblemente sin vibración, para acomodar la mezcla que haya sido colocada manualmente. Luego se pueden hacer pasadas con vibración.
- La rueda de la tracción o impulso del compactador debe ir adelante en las pasadas iniciales para lograr una mejor energía de compactación sobre la mezcla.
- El giro o cambio de dirección del compactador debe ser hecho fuera del bache o sección para evitar el deterioro de la superficie que se está compactando.
- El compactador debe tener un sistema de lubricación con agua en sus rodillos. No se permite tirar agua sobre el bache para evitar la adherencia con los rodillos.
- Las pasadas de compactación seguirán estrictamente la secuencia definida durante la prueba preliminar de compactación. Se recomienda traslapar un 50% del ancho con el movimiento anterior para evitar que alguna sección se quede sin compactar.
- La superficie de los baches debe ser protegida del tránsito por unas 2 horas hasta que la mezcla haya enfriado y los vehículos no puedan levantar partículas de la mezcla.
- La comprobación de la densidad alcanzada se realizará mediante lecturas de densimetría nuclear o extracción de núcleos en sitios definidos al azar (números aleatorios). La frecuencia requerida será indicada por los documentos de contratación y el ingeniero de proyecto. Este control debe ser permanente en todas las rutas a reparar de conformidad con el cartel.

6.3.7 CONTENIDO DEL INFORME DE AUTO-CONTROL DE CALIDAD

El contratista debe realizar un seguimiento permanente de las propiedades de los materiales que utiliza o que compra para usarlos en el proyecto. No solamente interesa el cumplimiento de las especificaciones y tolerancias, sino que también la mezcla debe tener propiedades uniformes en el tiempo. Además debe cumplir sin excepción con todos los ensayos de aceptación (resistencia retenida, abrasión, plasticidad, caras fracturadas,...)

El informe mensual de auto-control de calidad debe contener lo siguiente:

- Resultados de los ensayos exigidos de acuerdo a los documentos de contratación y con el código de muestreo al usar la bitácora que da validez a los resultados.
- Análisis de resultados respecto a valores del diseño y tolerancias de variación y especificaciones de los parámetros de control de uniformidad. Se deben indicar los casos de no cumplimiento con claridad.
- Análisis de resultados y cumplimiento respecto a los ensayos de aceptación de materiales.
- Gráfico de seguimiento acumulado de los resultados de cada parámetro de control desde el inicio del proyecto hasta la fecha. Este gráfico debe estar soportado en una tabulación de resultados desde el inicio del proyecto.
- Promedio móvil de los resultados de parámetros de control y desviación estándar de cada uno.
- Comentario técnico sobre los ajustes y controles que se han implementado en el periodo anterior para tratar de cumplir con las tolerancias.
- Firma del profesional responsable del informe de auto-control de calidad y firma del Director Técnico de la obra.
- Certificado de cumplimiento de calibraciones de planta y condiciones de operación conforme al cartel y el CR-77, sección 401.12, firmado por un profesional responsable de la planta.

NOTA FINAL: Si el informe no contiene esta información mínima completa no puede ser aprobado por el ingeniero de proyecto y el trámite de facturas se paraliza. Este hecho puede llevar a la rescisión del contrato por suspensión injustificada de obligaciones.

CAPITULO 7
INSPECCION DE PLANTAS

7. INSPECCION DE PLANTAS

7.1 CONTROL E INSPECCION DE PLANTAS

7.1.1 INTRODUCCION

A partir del modelo de control de plantas ejecutado en el proyecto anterior "Cero Huecos", y teniendo en cuenta las modificaciones que se realizaron a los carteles de licitación, se ha definido un nuevo modelo de control e inspección de plantas.

No se puede perder de vista el principal concepto para el control de la operación de las plantas y del producto que de esta se obtenga, que el Contratista como tal, es el único responsable del proceso industrial para la elaboración de la mezcla asfáltica, proceso que debe obedecer a un alto control de calidad y de uniformidad del producto, que asegure el cumplimiento de las especificaciones y tolerancias contractuales.

A partir de este importante concepto surge el modelo de control e inspección de plantas, que permite tener un estricto control sobre el proceso productivo de la mezcla, los materiales utilizados, los sistemas mecánicos, entre otros, sin relevar al Contratista de la responsabilidad contractual.

A continuación se detallan los aspectos más importantes a considerar en este nuevo modelo que se está implementado.

7.1.2 CONTROL DE OPERACION DE PLANTAS

El control sobre la operación de las plantas es responsabilidad del Ing. Wálter Acuña, quien desde el anterior proyecto es el encargado de darle el visto bueno al funcionamiento mecánico de las plantas.

La lucha tesonera del Ing. Acuña ha tenido un gran impacto en el desarrollo del proyecto y en la visión que ha despertado en los Contratistas, el tener su planta en estado aceptable de funcionamiento mecánico.

La plantas que actualmente funcionan para el proyecto (Pedregal y Conansa) cuentan con la aceptación del Ing. Acuña, no así la de Comesa, a la cual todavía le realizan labores de reparación indispensables para su aceptación. Al día de hoy esta planta de mezcla asfáltica se encuentra rechazada. Por lo tanto no cuenta con la inspección del LANAMME, quien retiró la inspección desde que se clausuró esta planta.

El Ing. Acuña ha presentado informes periódicos de su labor ante el MOPT, pero a pesar de que es parte fundamental del control e inspección de plantas se omitirá en este informe, por razones de independencia administrativa de la labor del Ing. Acuña

7.1.3 CONTROL DE PRODUCCION

El control de la producción es llevado, en primera instancia, por el inspector de planta, quien ejecuta una labor diaria de inspección de todo el proceso productivo, los materiales utilizados en el proceso, temperaturas de producción, manejo de apilamientos, dosificación de materiales, entre otras funciones.

La labor de estos inspectores ha sido fundamental en la identificación de los problemas asociados a cada planta de producción de mezcla asfáltica.

El inspector de plantas ha ejecutado su control de la producción a partir del soporte generado por el LANAMME, donde se le ha suministrado los instrumentos y materiales necesarios para que ejecute su labor.

Parte importante de ese soporte han sido las visitas de apoyo del personal del LANAMME, quienes de forma periódica visitan a los inspectores para suministrarles materiales, recolectar las muestras, colaborar con la labor de inspección y atender las consultas de los inspectores.

7.1.3.1 Guías de entrega

Las guías de entrega son las boletas con las que el inspector de planta despacha el material. Este documento corresponde a la tarjeta de identidad de la mezcla asfáltica que se colocará en el sitio, donde entre otras cosas se indica: fecha de producción y despacho, nombre de la planta, del Contratista, destino, zona, ruta, descripción del material, cantidad, transportista, placa, hora de carga. Hora de salida, temperatura de carga y temperatura de salida, si la vagoneta es muestreada, condición del clima.

Cada guía de entrega posee un original y dos copias (original para pago, copia para el inspector de planta y copia para el LANAMME). El inspector de planta llena la sección correspondiente al “despacho de material” y se deja su copia correspondiente, como respaldo de su labor. Las otras dos boletas son despachadas con el transportista de la mezcla asfáltica, que entrega estos documentos a su llegada al proyecto, al inspector de campo.

El inspector de campo llena la parte correspondiente al “despacho de material”, donde entre otras cosas detalla: la hora de arribo, hora de colocación, temperatura de arribo, temperatura de colocación, lugar exacto de colocación de la mezcla (cuando va muestreada),

verificación del destino, condiciones del clima a la hora del arribo, observaciones, entre otras.

Estas guías de entrega entre otras cosas han sido muy útiles para verificar las cantidades reportadas por el Contratista como “material efectivamente colocado” versus el “material efectivamente recibido y colocado” por el Contratista, según la cantidad indicada en las guías de entrega.

También ha sido muy importante tener identificado en el campo, el material muestreado en planta. La importancia radica en que ante dudas que puedan surgir, por los resultados reportados por el Contratista, de las muestras efectivamente muestreadas, se puede realizar una verificación de las características de mezcla, ya sea extrayendo núcleos, cortando bloques de carpeta, entre otros.

Para lograr efectivamente esta ubicación, existe un acuerdo entre los inspectores de planta y campo, de manera tal que cada que cada vez que se muestrea una vagoneta, ya sea por el Contratista o el LANAMME, la guía de entrega lleva la indicación de “vagoneta muestreada” y el inspector de campo identifica de inmediato esta condición y procede a identificar detalladamente la ubicación y luego hace llegar este documento al LANAMME para ser debidamente registrado y archivado.

7.1.3.2 Informe semanal

Los informes diarios de los inspectores de plantas son de suma importancia en la valoración de las plantas de mezcla asfáltica. Estos informes son procesados en un resumen denominado “Agenda de seguimiento de la producción de mezcla asfáltica”.

Estos informes diarios detallan entre otras cosas: información relevante de la planta donde se indica el nombre y ubicación de la planta, también se detalla el control de las fuentes de los materiales, donde el inspector describe el tipo y número de acopio, procedencia, altura y

volumen aproximado y la forma. Esta descripción es importante de valorar, pues es de gran importancia que no exista variación de la fuente de agregados, que se maneje una adecuada reserva de agregados para producción y que la forma de apilar los agregados sea la correcta. Dentro de este informe también se reporta el control de humedad de los agregados y el estado del tiempo durante la producción y el despacho de la mezcla asfáltica. Los chequeos de humedad son fundamentales para poder dosificar de manera correcta los agregados en las plantas continuas de producción. Los chequeos a los apilamientos deben ser correctos, tanto en el muestreo de los materiales como en el número de revisiones, de manera tal que el contenido de humedad sea representativo, para todo el apilamiento.

Un descontrol de humedad o una inadecuada determinación del valor, provoca que a la planta de mezcla asfáltica se le introduzca un factor erróneo de corrección, razón por la cual la planta puede pesar más o menos cantidad de agregados y por lo tanto dosificar el asfalto de manera incorrecta.

El exceso de humedad tiene otras implicaciones en la producción de mezcla asfáltica, pero los cuidados que se debe tener fueron discutidos en el capítulo 4.

El control sobre el estado del tiempo permite no despachar vagonetas cuando las condiciones del clima sean inadecuadas, de manera preventiva, cuando hay demasiada nubosidad en la zona o de manera contundente, cuando inicia la lluvia.

DIARIOS DE INSPECCION

7.1.1 INTRODUCCION

Los informes de inspección de plantas que funcionan en este momento en las plantas activas en el PMR, corresponden a CONANSA y PEDREGAL específicamente.

Con respecto a la planta CONANSA, el Sr. Juan José Mora es el inspector destacado en esta planta. A pesar de su continua labor en la inspección de esta planta de mezcla asfáltica, su labor se ha recargado en el despacho de las vagonetas pequeñas del MOPT, utilizadas en el programa denominado "Bacheo por emergencia".

El Inspector Mora ha realizado muestreos, tanto de mezcla asfáltica como de muestras de agregados pasando el quemador (baches secos), según la producción. También realiza muestreos del ligante asfáltico a solicitud del personal de LANAMME.

No se informan problemas en la planta, por el contrario el inspector informa que con el arreglo del tambor mezclador, **visualmente** se percibe una mezcla más uniforme.

El Sr. Mora reporta que aunque el diseño de mezcla de esta planta fue realizado con materiales procedentes de Guápiles (se refiere al quebrador Camusa), en la actualidad se están utilizando materiales gruesos del quebrador Esmeralda y finos del quebrador Camusa.

Es importante aclarar que cuando el diseño de mezcla se refiere a materiales procedentes de Guápiles provienen del quebrador Piedra Grande, también denominado "Río Blanco" o Camusa. La explotación de este yacimiento granular se encuentra en el cauce del Río Toro Amarillo y no en el Río Blanco como se tiende a definir.

Por otro lado el Quebrador Piedra Grande explota su yacimiento granular en el Río Toro Amarillo, una vez que recibe el aporte de su afluente Río Blanco.

Si bien es cierto que ambas explotaciones se encuentran en el Río Toro Amarillo, son materiales tratados de manera diferente, claro ejemplo de ello es que el material del quebrador Esmeralda es lavado durante el proceso de extracción.

La inspección de la planta de Pedregal la está realizando el Sr. Emilio Villalobos. Esta planta en la actualidad tiene problemas con la utilización de sus fuentes de materiales.

El último diseño de mezcla de Pedregal fué realizado con materiales de su quebrador en San Antonio de Belén, pero en la actualidad están utilizado agregados tanto del quebrador San Antonio (polvo de piedra y piedra quinta) como polvo de piedra de su otro quebrador ubicado en el Zurquí, así como arena de río del Virilla, procesada por el mismo quebrador.

Esto ha dificultado la labor de control sobre esta planta. Se está a la espera de recibir el diseño de mezcla utilizando estos cuatro tipos de agregados.

En el anexo 7.A se adjunta las agendas de proyecto que resumen la labor de inspección de plantas ejecutado durante estos últimos meses.

7.3 CAPACITACION DE INSPECTORES

7.3.1 INTRODUCCION

A pesar de que el personal destacado como inspectores de planta, tiene un amplio conocimiento técnico en ensayos de laboratorio, en plantas de producción de mezcla asfáltica y en construcción de carreteras, está dando principal énfasis a la labor de capacitación de inspectores, que asegure un estricto control sobre las labores de producción de mezcla asfáltica.

Es de suma importancia en la capacitación, dar a conocer los alcances que el Programa de Mantenimiento Rutinario de carreteras pretende implantar, para la labor de inspección, de manera tal que el inspector nunca pierda de vista que el único responsable del correcto funcionamiento de la planta, de la producción, la calidad y la uniformidad de la mezcla asfáltica es el constructor de la obra o la empresa que sule el producto (no eximiendo de la responsabilidad directa ante el Ministerio de Obras Públicas y Transportes al Contratista que ejecuta la obra).

A pesar de ello la labor del inspector debe ser también de colaboración y respeto, nunca interfiriendo de manera directa con la labor de producción, que pudiera involucrarlo directamente con el Contratista.

Es por esto que se están proponiendo como mínimo 3 sesiones de trabajo en las instalaciones del LANAMME, de previo al inicio de los nuevos proyectos. A continuación se detallan los programas de trabajo que se seguirán en cada una de estas sesiones, además de una capacitación dirigida en la planta de producción donde estos inspectores van a laborar. Esta labor específica de entrenamiento a inspectores de planta es una capacitación adicional a la que se está impartiendo, de forma general a inspectores e ingenieros de proyecto.

7.3.2 SESION No. 1

Esta primera sesión corresponde a una sesión de información básica sobre los nuevos proyectos que los inspectores deben conocer, incluyendo además detalles sobre **“diseño de mezcla”** que debe presentar el Contratista, que además debe corregir en planta y reproducir en el desarrollo del proyecto, asegurando la calidad y uniformidad de la planta.

A continuación se detalla el programa a seguir:

- ❑ Motivación
- ❑ Definición de nuevos proyectos
- ❑ Objetivos y etapas del PMR
- ❑ Especificaciones técnicas especiales para la mezcla asfáltica en caliente:
 - Tipo de mezcla asfáltica
 - Agregados pétreos
 - Relleno mineral
 - Mezcla asfáltica

- Cemento asfáltico

- Plantas mezcladoras de asfalto
- Importancia del Autocontrol y entrega de certificados de calidad por parte del Contratista
- Plan mínimo de autocontrol
- Verificación del auto-control a cargo del LANAMME
- Sobre la importancia y el manejo de las bitácoras de muestreo

7.3.3 SESION No. 2

La segunda sesión trata de una descripción específica sobre la labor de inspección de plantas, sus alcances y limitaciones. Esta sesión será de vital importancia para que el inspector conozca de antemano el objetivo principal de sus labores y los puntos más importantes donde debe presentar principal atención al efectuar su labor diaria.

A continuación se desglosan los puntos que componen la agenda de esta sesión:

- Motivación
- Objetivos de la labor de inspección de plantas
- Responsabilidades del inspector
- Control sobre la extracción, cribado y apilamiento de agregados pétreos (almacenamiento, manejo, control de humedad), cuando la planta de mezcla asfáltica este ubicada en el mismo sitio de la extracción.
- Control sobre la procedencia de agregados pétreos explotados en otros sitios, manejo de apilamientos (almacenamiento, manejo, control de humedad).
- Control sobre el cemento asfáltico (almacenamiento y manejo del asfalto)
- Muestreo de materiales:
 - Bitácora de muestreo
 - Muestreo de agregados pétreos

- Muestreo de cemento asfáltico
 - Muestreo de mezcla asfáltica
 - Muestreo de baches secos o húmedos
 - Moldeo de especímenes Marshall
- Control sobre la operación mecánica de la planta
 - Control sobre la producción
 - Seguridad en la planta de mezcla asfáltica
 - Guías de entrega para el despacho de materiales
 - Informe diario de inspección de plantas

7.3.4 SESION No. 3

La sesión No 3 consiste específicamente en explicar en detalle en que consiste un diseño de mezcla asfáltica, su verificación y reproducción, para lograr una mezcla asfáltica de alta calidad y uniformidad. También se les dará una introducción sobre tratamientos superficiales y capas selladoras, detallando su labor específica cuando se presente este tipo de trabajos a ejecutar en la obra. En esta sesión además, se revisará en detalle el informe diario de inspección de plantas y lo que el LANAMME espera que cada uno de ellos llene en estos reportes.

A continuación el detalle de los puntos a tratar:

- Diseño de mezcla
 - Resumen del contenido
 - Información general
 - Ligante asfáltico
 - Propiedades de los agregados de apilamiento
 - Propiedades de la mezcla asfáltica
 - Tolerancias en el diseño de mezcla
 - Verificación en planta del diseño (fórmula de trabajo)

- Reproducción de la fórmula de trabajo en planta
- Calidad y uniformidad de la mezcla
- Tratamientos superficiales y capas selladoras
 - Diseños de mezcla
 - Control sobre los materiales
 - Labor del inspector de plantas
 - Informe diario de inspección de plantas
 - Información relevante de la planta
 - Materiales e instrumentos disponibles
 - Control de fuentes de materiales y apilamientos
 - Variabilidad de la fuente de materiales
 - Control de humedad de los agregados y estado del tiempo
 - Control del combustible de la planta
 - Control de temperatura de mezclado del asfalto
 - Control de temperatura de mezclado de los agregados pétreos
 - Control de la dosificación de agregados
 - Control de temperatura de la mezcla asfáltica
 - Desperfectos de la planta
 - Autocontrol y verificación de la calidad de los materiales
 - Despacho de vagonetas del PMR
 - despacho de vagonetas para otros proyectos del MOPT
 - Observaciones generales
- Concepto de “vagoneta de rechazo”
 - Cuándo aplica este concepto?
 - Cómo se comunica el rechazo?
 - Qué debe hacer el Contratista ese material cargado?
- Comunicación con el LANAMME.

7.3.5 CAPACITACION DIRIGIDA EN PLANTA

Esta capacitación dirigida consiste en la visita de un ingeniero del LANAMME destacado en el campo de la producción de mezcla asfáltica, quien acompañará al inspector de planta todo el día en su labor de inspección, ejecutando conjuntamente la labor del día. Esto permitirá que el inspector de planta comprenda los alcances y limitaciones de su labor de inspección, coordinando con el ingeniero del LANAMME todas las funciones y decisiones que se tomen durante el día. De esta forma también el ingeniero conocerá las necesidades del inspector para ejecutar su labor.

Esta capacitación dirigida se debe repetir de manera periódica, hasta que la actividad sea dominada por completo por el inspector y más que una actividad de capacitación se convierta en una labor de asesoría y apoyo al inspector.

ANEXO 7A
AGENDAS DE SEGUIMIENTO
PLANTAS DE MEZCLA ASFALTICA

AGENDA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA (JULIO)
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
PLANTA PEDREGAL

| Fecha | TEMPERATURA ASFALTO | | | TEMPERATURA AGREGADO | | | TEMPERATURA DESPACHO | | | Produc. PMR ton | OBSERVACIONES |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|--|
| | Temp. °C max. Asf. | Temp. °C min. Asf. | Temp. °C Prom. | Temp. °C max. Agreg. | Temp. °C min. Agreg. | Temp. °C Prom. | Temp. °C max. Mezc. | Temp. °C min. Mezc. | Temp. °C Prom. | | |
| 2-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 165 | 160 | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Uso de diseño 2. Mezcla al MOPT, visita a planta de personal de CMI. Lavan las vagonetas con agua y diesel |
| 3-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 165 | 160 | NI | | Mezcla al MOPT. Uso de diseño 2. |
| 6-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 165 | 160 | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Uso de diseño 2. Mezcla al MOPT, Higuérón-Zapote |
| 7-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 40.64 | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla para Higuérón-Zapote Mezcla a M&S (Puente la Vieja). Diseño 2. |
| 8-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 41.23 | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla para Higuérón-Zapote Mezcla a M&S (Puente la Vieja). Diseño 2. |
| 9-Jul-98 | 129 | 129 | 129 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Uso de diseño 2. Falla el motor del polvo. Falla del control del asfalto. |
| 10-Jul-98 | 139 | 139 | 139 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 41.29 | Mezcla al MOPT- M&S, Higuérón-Zapote. Visita de los Ings. Oscar Martínez y Pedro Castro Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Uso de diseño 2. Mezcla al MOPT, Higuérón-Zapote. Taco en tubería de bomba de asfalto y falla de su motor |
| 11-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 77.45 | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Uso de diseño 2 Mezcla al MOPT, Higuérón-Zapote. |
| 13-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 165 | 165 | 165 | 27.27 | Uso de diseño 2. Mezcla al MOPT, Higuérón - Zapote, M&S. Taco en tubería del asfalto. |
| 14-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 65.54 | Se presentó problema con temperatura de agregados. La mezcla se cargó en una vagoneta de la Municipalidad de San Rafael de Heredia, de 20 ton a 175 °C. Uso de diseño 2. |
| 15-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 66.33 | Trabajaron combinando polvo de Pedregal con Polvo de Zurquí. Muestreo de material fino Muestreo de Vieto y Pedregal. Mezcla al MOPT, Higuérón-Zapote. Uso de diseño 2. |
| 16-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 83.36 | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal. Mezcla al MOPT y M&S a Puente la Vieja. |
| 17-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 88.34 | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla para el MOPT y M&S. Muestreo de agregados por el Ing. Oscar Martínez |
| 18-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 45.89 | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT y a M&S. |
| 20-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 31.71 | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT y a M&S. |
| 21-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 130 | 150 | 160 | 160 | 160 | 10.11 | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT y a M&S. Visita del Ing. Wálter Acuña y del Sr. Héctor Zamora. |
| 22-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 30 | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT y a M&S. |
| 23-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT |
| 24-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Diseño 2. Mezcla al MOPT. |
| 27-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal Vieto y de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT |
| 28-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT |
| 29-Jul-98 | 141 | 141 | 1141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT. |
| 30-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT |
| 31-Jul-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT |
| SUM | 140 | 140 | 140 | 150 | 150 | 150 | 162 | 160 | 161 | 410 | |

AGENDA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA (AGOSTO)
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
PLANTA PEDREGAL

| Fecha | TEMPERATURA ASFALTO | | | TEMPERATURA AGREGADO | | | TEMPERATURA DESPACHO | | | Producc. PMR ton | OBSERVACIONES |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|---|
| | Temp. °C max. Asf. | Temp. °C min. Asf. | Temp. °C Prom. | Temp. °C max. Agreg. | Temp. °C min. Agreg. | Temp. °C Prom. | Temp. °C max. Mezc. | Temp. °C min. Mezc. | Temp. °C Prom. | | |
| 3-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | No funciona la compuerta para pasar la mezcla a otro silo y este se revalsó. No hubo producción. Se despachó mezcla para el MOPT. Estan utilizando polvo del Zurquí. |
| 4-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Obstrucción en cañería del asfalto. Se paró la producción hasta quitar la obstrucción. Mezcla al MOPT. |
| 5-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla al MOPT. |
| 6-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal y de Vieto & Asociados. Mezcla para el MOPT. Utilizan polvo de Zurquí y San Antonio. |
| 7-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Mezcla para el MOPT. |
| 10-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla para el MOPT. |
| 11-Aug-98 | 141 | 14 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla para el MOPT. Se produjo también mezcla reciclada. |
| 12-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Uso de diseño 2. Usan polvo de Zurquí. Mezcla para el MOPT. Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto. |
| 13-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Usan polvo del Zurquí. Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto. Muestreo para el LANAMME. Mezcla al MOPT. "La mezcla a Carrizal es de orden de la Municipalidad de Alajuela, esta debe ser muestreada y analizada según el CR-77. La compañía por medio del Sr. Marcos Silva que cuál era mi función sobre la mezcla de la Municipalidad. Le dije que mezcla transportada por el MOPT y colocada por el MOPT debe ser controlada. Visita del señor Héctor Zamora. Le comuniqué sobre el problema. |
| 14-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 165 | 165 | 165 | 40 | Mezcla para el MOPT y M&S. |
| 18-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Daño en motor y cambia fiuses. Mezcla al MOPT-Ruta 32. |
| 19-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal. Mezcla para el MOPT. |
| 20-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla para el MOPT. |
| 21-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla al MOPT. |
| 24-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla para el MOPT. La planta se paró en varias ocasiones y en diferentes horas del día, por diferentes fallas. |
| 25-Aug-98 | 135 | 135 | 135 | 150 | 150 | 150 | 160 | 160 | 160 | 200 | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla al MOPT y a M&S con destino a Naranjo. |
| 26-Aug-98 | 135 | 135 | 135 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 189.5 | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla al MOPT y a M&S. |
| 27-Aug-98 | 135 | 135 | 135 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT y al Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. |
| 28-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo del personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Muestreo del LANAMME para mezcla que se colocó en el Aeropuerto. Se mandó una caja al MOPT y otra a la UCR. |
| 29-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal Vieto y de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla al MOPT-Aeropuerto Juan Santamaría. Muestreo para el LANAMME y al MOPT. |
| 31-Aug-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Mezcla al MOPT-Aeropuerto Juan Santamaría "pista remota" |
| 29-Jul-98 | 141 | 141 | 1141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados.. Diseño 2. Mezcla al MOPT. Ahora usan arena lavada del Virilla y polvo de Zurquí, para corrección.. |
| SUM | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | 165 | 155 | 155 | 429.5 | |

AGENDA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA (SETIEMBRE)
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
PLANTA PEDREGAL

| Fecha | TEMPERATURA ASFALTO | | | TEMPERATURA AGREGADO | | | TEMPERATURA DESPACHO | | | Produc. PMR ton | OBSERVACIONES |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|---|
| | Temp. °C max. Asf. | Temp. °C min. Asf. | Temp. °C Prom. | Temp. °C max. Agreg. | Temp. °C min. Agreg. | Temp. °C Prom. | Temp. °C max. Mezc. | Temp. °C min. Mezc. | Temp. °C Prom. | | |
| 1-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Uno de los silos no descarga por falta de aceite en los pistones. Mecla muestreada por el personal del Pedregal y Vieto. Mezcla al MOPT y al Aeropuerto. La Compañía Pedregal no me da ninguna información de los tanques de asfalto, emulsión, gasoleo ni otros. |
| 2-Sep-98 | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | NI | | Mezcla al MOPT. No hicieron mezcla. Visita del Sr. Héctor Zamora. Todavía usan arena lavada del virilla y polvo del Zurquí, además del polvo y la piedra cuarta de pedregal, San Antonio. |
| 3-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla al MOPT. |
| 4-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto & Asociados. Falla de fiuses de un motor. Los cambiaron. Mezcla para el MOPT. |
| 7-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | NI | NI | NI | | Se trava la compuerta de entrada para el calentamiento. Se arregla. Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla para el MOPT. |
| 8-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla para el MOPT y Municipalidad de San José. |
| 9-Sep-98 | 141 | 14 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal y de Vieto para Vieto & Asociados. Mezcla despachada al MOPT y 20 ton producidas por PAYCO y ULA para Palmares. No entregaron diseño. |
| 10-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal y Vieto para Vieto & Asociados. Mezcla para el MOPT y Municipalidad de San José. |
| 11-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Diseño 2. Mezcla al MOPT y Municipalidad de San José. |
| 14-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Muestreo de personal de Vieto y Pedregal. Mezcla para el MOPT. |
| 16-Sep-98 | 142 | 142 | 142 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla al MOPT y Municipalidad de San José. "No me dan la Compañía ninguna información sobre compras de mezcla del MOPT y otras, ni tanques". Escape de aceite en compresor. Se detuvo la planta por cporregir esa fuga. |
| 17-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal. Mezcla para el MOPT. Mezcla para las Municipalidades de San José, Heredia y Cartago. |
| 18-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Vieto y Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla para el MOPT y a Municipalidad de Heredia, San José y Cartago. |
| 21-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Diseño 2. Mezcla para el MOPT y a Municipalidad de San José. |
| 22-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo de personal de Pedregal para Vieto & Asociados. Mezcla al MOPT y a Municipalidad de San José. |
| 23-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Mezcla al MOPT y a la Municipalidad de San José. Diseño 2. |
| 24-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Mezcla al MOPT y a la Municipalidad de San José. Diseño 2. |
| 25-Sep-98 | 14 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | El compresor no trabaja porque falló el sistema eléctrico. La mezcla ya estaba fabricada. Muestreo del LANAMME. Mezcla al MOPT. Diseño 2. |
| 28-Sep-98 | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | Muestreo del MOPT. "donde va el ojo se aflojó y además fajas del reductor las cambian porque estaban malas". Visita del Ing. Oscar Martínez. |
| 29-Sep-98 | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | | Falla del compresor principal, tanto que no puede descargar mezcla del día anterior. No hubo producción. Visita del Ing. Oscar Martínez y el Sr. Héctor Zamora. Mezcla al MOPT. |
| 30-Sep-98 | 140 | 140 | 140 | 150 | 150 | 150 | NI | NI | NI | | El compresor principal falló y también hubo una obstrucción en la tubería del asfalto Muestreo de personal de Pedregal y Vieto. Mezcla al MOPT. |
| SUM | 141 | 141 | 141 | 150 | 150 | 150 | | | | | |

**AGENDA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA (AGOSTO)
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO**

PLANTA CONANSA

| Fecha | TEMPERATURA ASFALTO | | | TEMPERATURA AGREGADO | | | TEMPERATURA DESPACHO | | | Produc. PMR ton | Produc. OTROS ton | OBSERVACIONES |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|--|
| | Temp. °C max. Asf. | Temp. °C min. Asf. | Temp. °C Prom. | Temp. °C max. Agreg. | Temp. °C min. Agreg. | Temp. °C Prom. | Temp. °C max. Mezc. | Temp. °C min. Mezc. | Temp. °C Prom. | | | |
| 7-Aug-98 | 138 | 138 | 138 | 102 | 90 | 97 | 150 | 150 | 150 | 36.1 | 31 | Hubo muestreo por parte del LANAMME |
| 11-Aug-98 | 138 | 138 | 138 | 101 | 101 | 101 | 150 | 150 | 150 | 18 | | Hubo muestreo por parte del MOPT |
| | | | | | | | | | | | | "Debe hacerse notar que los agregados aunque son de la misma fuente (río Blanco) el agregado grueso (cuartilla) procede de otro quebrador cerca del quebrador de "Camusa". |
| | | | | | | | | | | | | Dedido a reparaciones del Mixer de la planta, visualmente la mezcla se notó más uniforme" |
| 19-Aug-98 | 138 | 138 | 138 | 115 | 105 | 107 | 160 | 145 | 150 | 48 | 176 | La temperatura de los agregados se toma al cargar las vagonetas |
| 20-Aug-98 | 146 | 146 | 146 | 115 | 110 | 112 | 160 | 150 | 155 | 58 | 202 | La temperatura de los agregados se toma al cargar las vagonetas |
| 21-Aug-98 | 146 | 146 | 146 | 116 | 105 | 108 | 160 | 150 | 155 | 46 | 282 | |
| 22-Aug-98 | 146 | 146 | 146 | NR | NR | NR | 160 | 160 | 160 | 20 | 40 | |
| 24-Aug-98 | 146 | 146 | 146 | 116 | 105 | 110 | 160 | 150 | 155 | 36 | 236 | |
| 25-Aug-98 | 140 | 140 | 140 | | | | 140 | 140 | 140 | 36 | 232 | |
| 26-Aug-98 | 138 | 138 | 138 | 116 | 105 | 111 | 150 | 150 | 150 | 38 | 261 | |
| 27-Aug-98 | 138 | 138 | 138 | 115 | 105 | 110 | 150 | 140 | 145 | 36.42 | 248.99 | |
| 28-Aug-98 | 146 | 146 | 146 | 112 | 105 | 109 | 150 | 140 | 145 | 36.49 | 218.54 | |
| 31-Aug-98 | 138 | 138 | 138 | 111 | 104 | 110 | 150 | 150 | 150 | 173.88 | 0 | |
| SUM | 142 | 142 | 142 | 112 | 104 | 108 | 153 | 148 | 150 | 410 | 1927.53 | |

AGENDA DE SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA (Setiembre)
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
PLANTA CONANSA

| Fecha | TEMPERATURA ASFALTO | | | TEMPERATURA AGREGADO | | | TEMPERATURA DESPACHO | | | Produc. | Produc. | OBSERVACIONES |
|-----------|---------------------|-----------|----------|----------------------|-------------|----------|----------------------|------------|----------|---------|---------|---|
| | Temp. °C | Temp. °C | Temp. °C | Temp. °C | Temp. °C | Temp. °C | Temp. °C | Temp. °C | Temp. °C | PMR | OTROS | |
| | max. Asf. | min. Asf. | Prom. | max. Agreg. | min. Agreg. | Prom. | max. Mezc. | min. Mezc. | Prom. | ton | ton | |
| 1-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 101 | 59 | 92 | 150 | 150 | 150 | 36.29 | 253.83 | |
| 2-Sep-98 | 140 | 140 | 140 | 105 | 84 | 95 | 150 | 150 | 150 | 36.36 | 296.34 | |
| 3-Sep-98 | 140 | 140 | 140 | 106 | 91 | 97 | 150 | 150 | 150 | 36.42 | 273.37 | |
| 4-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 102 | 93 | 98 | 150 | 150 | 150 | 35.91 | 253.68 | |
| 6-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 110 | 102 | 106 | 150 | 145 | 148 | 35.82 | 253.4 | Hubo muestreo por parte del LANAMME Hubo muestreo por parte del MOPT |
| 8-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 107 | 98 | 102 | | | | | 302.59 | |
| 9-Sep-98 | 146 | 146 | 146 | 106 | 108 | 107 | 150 | 150 | 150 | 36.3 | 304.1 | |
| 10-Sep-98 | 140 | 140 | 140 | 111 | 113 | 112 | 150 | 150 | 150 | 35.96 | 209.91 | |
| 11-Sep-98 | NI | NI | NI | 102 | 104 | 103 | 150 | 150 | 150 | 36.31 | 249.73 | |
| 12-Sep-98 | 137.7 | 137.7 | 137.7 | 105 | 107 | 106 | 150 | 150 | 150 | | 150.53 | |
| 16-Sep-98 | 98 | 101 | 102 | 137.7 | 137.7 | 137.7 | 150 | 150 | 150 | 18 | 292.17 | |
| 17-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 105 | 97 | 103 | 165 | 150 | 158 | 36.74 | 255.52 | |
| 18-Sep-98 | 140 | 140 | 140 | 107 | 101 | 105 | 160 | 150 | 155 | 36.17 | 391.52 | |
| 19-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 105 | 99 | 104 | | | | 99.89 | 55.67 | |
| 21-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 113 | 99 | 104 | | | | | 240.84 | Hubo muestreo por parte del LANAMME |
| 24-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 110 | 105 | 107 | | | | | 221.23 | |
| 28-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 108 | 105 | 106 | | | | | 216.24 | |
| 29-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 113 | 102 | 105 | 165 | 150 | 158 | 36.28 | 249.61 | "Se sacó 1 muestra de mezcla para colocar en bacheo en PMR Juan Viñas camión N° 29889 temp. 150°C y 1 muestra para D.M.T. camión N° 11354 para bacheo en llorente de Tibás, temp. 165°C." |
| 30-Sep-98 | 138 | 138 | 138 | 106 | 104 | 105 | 160 | 150 | 155 | 36.12 | 277.98 | |
| SUM | 137 | 137 | 137 | 108 | 100 | 105 | 154 | 150 | 152 | 410 | 4748.26 | |

CAPITULO 8

VERIFICACION DEL CONTROL DE CALIDAD

8. VERIFICACION DEL CONTROL DE CALIDAD

8.1 INTRODUCCION

La verificación del auto-control se sustenta en el hecho de que el proceso de control de calidad es responsabilidad exclusiva del Contratista, pero teniendo siempre presente que la Administración por medio de la Ingeniería de Proyecto tiene la potestad de establecer mecanismos que le permitan evaluar periódicamente el cumplimiento de las especificaciones que están establecidas en cada uno de los carteles de licitación.

El control de calidad de cada uno de los proyectos del Programa de Mantenimiento Rutinario debe sustentarse en el establecimiento de un mecanismo simple y ágil que permita a cada una de las partes involucradas cumplir de la mejor forma con los compromisos adquiridos en este tipo de proyectos. Es así como el ingeniero de proyecto debe contar con la información mínima, segura y necesaria para realizar estimaciones de pago de los trabajos realizados de una forma que se ajuste a los términos del control y lo más cercano posible a la realidad del nivel de calidad del trabajo que se ejecuta. Mientras que por el lado del Contratista un cumplimiento del control de calidad dentro de los parámetros establecidos por el cartel le permitirá garantizar un trabajo que cumple con las especificaciones establecidas, dentro de un marco de uniformidad de producción y cumplimiento del cronograma de trabajo, que generará una fluida tramitación de pagos por los trabajos desarrollados.

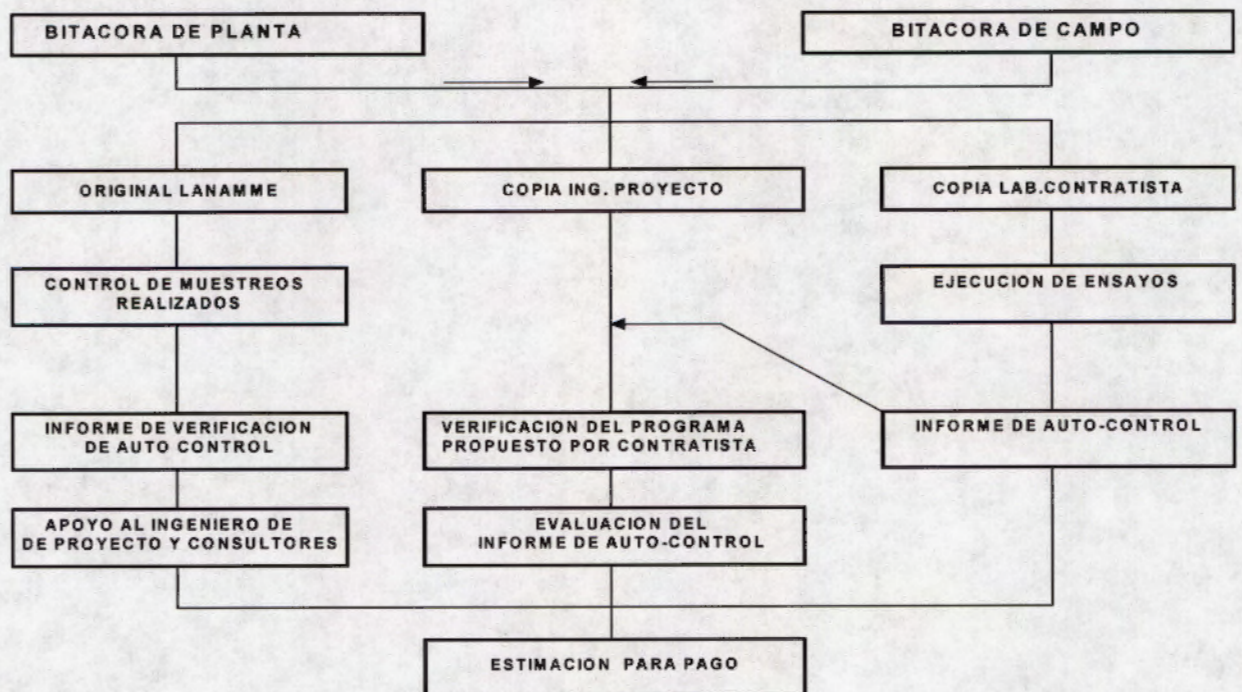
En el proyecto anterior (Cero Huecos) , la mecánica del control de calidad no se ejecutaba de la mejor manera, debido a que la administración del proyecto tomo prácticamente el rol de ente encargado de ejecutar el control de calidad siendo escasa la labor del Contratista en material de control de calidad. Se podría decir que la Administración de proyectos se sustentó casi por completo en la información suministrada por el laboratorio encargado de realizar la verificación de la calidad para dar trámite a las estimaciones presentadas por los ingenieros de proyectos. Hoy día lo que se pretende es restablecer los mecanismos idóneos que permitan garantizar la calidad de los trabajos realizados por los contratistas, teniendo

como premisa que son ellos precisamente los encargados de garantizar esa calidad de la calidad que ejecutan. Este concepto se fundamenta en el principio, desde muchos años atrás establecido, de que los contratistas deben certificar la calidad de los trabajos que ejecutan.

La supervisión del auto-control de calidad que se pretende implantar en estos proyectos busca como fin primordial asegurarle al ingeniero de proyecto un cumplimiento riguroso de la normativa establecida, sustentada en una serie de mecanismos de control en donde estarán involucrados tanto la Administración y su laboratorio como ente verificador, y la contra-parte, o sea, el Contratista y su laboratorio acreditado para la ejecución del proceso de autocontrol.

La figura No 8.1 presenta un diagrama de flujo del manejo de la información para el proceso de verificación. Posteriormente se detallan los procedimientos de supervisión del autocontrol y la información mínima requerida para la presentación de los informes de autocontrol por parte del contratista.

Figura No.8.1 Flujoograma para verificación del autocontrol de calidad



- El muestreo es ejecutado exclusivamente por el laboratorio asignado por el Contratista.
- Las muestras serán tomadas en presencia del inspector de planta, de campo o ingeniero de proyecto de la Administración, según sea el lugar donde se tome la muestra.
- La metodología de muestreo es responsabilidad del laboratorio del Contratistas, sin embargo el inspector o ingeniero de proyecto de la Administración están en la obligación de verificar la metodología empleada y consignarla en la bitácora para la aceptación correspondiente.
- El manejo de los documentos originales de cada bitácora deben ser custodiados por el inspector, y como parte de sus obligaciones está remitir esta documentación en el momento oportuno, al LANAMME.
- Las copias correspondientes para el ingeniero de proyecto deberán ser retiradas por éste, para la verificación del programa de control de calidad propuesto por el Contratista, así como realizar una evaluación preliminar del mismo, para posterior preparación de las estimaciones de pago. Este trabajo se complementará con los informes remitidos por el Contratista y la verificación paralela realizada por el LANAMME.
- La copia correspondiente para el Contratista será entregada al representante del laboratorio de auto-control inmediatamente después de realizado el muestreo, debidamente llena y firmada por el inspector correspondiente.
- Las boletas de muestreo que no contengan toda la información requerida no serán aceptadas como parte del lote de muestras para auto-control en el período de estudio.
- El LANAMME preparará un informe de verificación que sirva para contrastar los resultados que aporta el Contratista.

8.2 CONTENIDO DEL INFORME DE AUTO CONTROL

Se detalla a continuación una guía general del contenido mínimo que deben presentar los informes de control de calidad que presentan los contratistas a consideración del ingeniero de proyecto:

- Informe técnico debidamente editado.
- Fecha de preparación del informe.
- Periodo de análisis a que corresponde el informe.
- Laboratorio responsable del estudio.
- Profesional que certifica el estudio.
- Profesional por parte del contratista que remite el informe.
- Cuadro resumen de cada uno de los muestreos realizados, deberá ser consistente con las bitácoras correspondientes.
- Tablas de resultados para cada una de las muestras analizadas, deberá ser consistente con la identificación asignada en las bitácoras de muestreo.
- Gráfico de seguimiento acumulado de los resultados de cada parámetro de control. Desde el inicio del proyecto a la fecha.
- Comentarios técnicos de los ajustes realizados a la fórmula de trabajo, o cualquier otro ítem de obra para el cumplimiento de las especificaciones según el cartel.

Nota : Conviene que el Ingeniero de proyecto tenga conocimiento de que la planta suplidora de mezcla asfáltica esté debidamente autorizada para operar.

8.3 PROCEDIMIENTOS DE SUPERVISION DEL AUTO-CONTROL

La supervisión del control de calidad por parte de la Administración se sustenta fundamentalmente en el buen manejo de las bitácoras de muestreo en planta y sitio . Conjuntamente con un adecuado flujo de información que se debe dar entre las partes involucradas , LANAMME-INGENIERO DE PROYECTO-CONTRATISTA.

El proceso de supervisión del control de calidad se deberá el desarrollar de la siguiente forma :

- Control de muestreo en planta:

Se contará con tres documentos para el control de muestreo, a saber :

Bitácora de mezcla asfáltica
Bitácora de agregados
Bitácora de cemento asfáltico

- Control de muestreo en campo:

Se contará con tres documentos para el control de muestreo, a saber :

Bitácora de mezcla asfáltica
Bitácora de agregados
Bitácora de núcleos

- El muestreo es ejecutado exclusivamente por el laboratorio asignado por el contratista
- Las muestras serán tomadas en presencia del inspector de planta , de campo o ingeniero de proyecto, según sea el lugar donde se realiza la toma de muestras.
- La metodología de muestreo es responsabilidad del laboratorio, sin embargo el inspector o ingeniero de proyecto están en la obligación de verificar esta metodología , para su aceptación de ingreso a la bitácora correspondiente.
- El manejo de los originales de cada bitácora deben ser guardados por el inspector , y como parte de sus obligaciones están remitirlos en el momento oportuno al LANAMME.
- La copias correspondientes para el ingeniero de proyecto deberán ser recogidas por éste para la verificación del programa de control de calidad propuesto por el contratista, así como realizar una evaluación preliminar del mismo , para la posterior preparación de las estimaciones de pago. Este trabajo se complementará con los informes remitidos por el contratista y la verificación paralela realizada por LANAMME
- La copia correspondiente para el contratista será entregada al representante del laboratorio de autocontrol inmediatamente después de realizado el muestro, debidamente llena y firmada por el inspector correspondiente.
- Las boletas de muestreo que no contengan toda la información requerida no serán aceptadas como parte del lote de muestreas para autocontrol en el período de estudio correspondiente.
- El LANAMME preparará un informe de verificación del autocontrol ejecutado por el contratista, el cual sustentará el trámite de pagos de obra ejecutada que realiza por el ingeniero de proyecto

8.4 BITACORAS DE MUESTREO

Como se indicó en el apartado anterior, el control de muestreo realizado tanto por LANAMME , como por parte del contratista , será llevado a cabo por medio de bitácoras para cada tipo de muestra .

Tanto a los inspectores de planta como a los de campo, se les dará sesiones de capacitación con el fin de que dichos documentos sean llenados correctamente . Para tal efecto se trabaja en la formulación de tres sesiones básicas de trabajo conjunto en el LANAMME , con el fin de capacitarlos en este campo.

El LANAMME se encuentra en un periodo de implementación de está metodología con los ingenieros de proyecto involucrados en el P.M.R..

En el anexo 8.A correspondiente a este capítulo se presentan los formatos de las bitácoras de muestreo indicadas anteriormente.

ANEXO 8A
BITACORAS DE MUESTREO

PLANTA :

Página

Muestra No. _____
 Fecha _____
 Hora _____

**MUESTRA PARA EL INFORME DE AUTO-CONTROL
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
 CEMENTO ASFALTICO**

Descripción de la muestra
 Indicar el procedimiento que se siguió para la toma de la muestra , lugar de muestreo y condiciones climáticas

ENSAYOS A REALIZAR A LA MUESTRA

CEMENTO ASFALTICO

| | | | |
|--|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Extracción de asfalto inalterado | <input type="checkbox"/> | Densidad y peso específico 25/25 °C | <input type="checkbox"/> |
| Nomograma de Heukelom | <input type="checkbox"/> | Contenido de agua | <input type="checkbox"/> |
| Ductilidad 25 °C | <input type="checkbox"/> | Contenido de ceniza | <input type="checkbox"/> |
| Punto de ablandamiento | <input type="checkbox"/> | Solubilidad en tricloroetileno | <input type="checkbox"/> |
| Penetración (15 °C , 25 °C y 35 °C) | <input type="checkbox"/> | Pérdida en película delgada | <input type="checkbox"/> |
| Viscosidad cinemática (120 °C , 135 °C y 145 °C) | <input type="checkbox"/> | Penetración | <input type="checkbox"/> |
| Viscosidad absoluta (60 °C) | <input type="checkbox"/> | Ductilidad | <input type="checkbox"/> |
| | | Viscosidad abs. 60 °C | <input type="checkbox"/> |
| | | Viscosidad cin. 135 °C | <input type="checkbox"/> |

Tipo de recipiente en que se depositó la muestra : _____

La muestra quedó adecuadamente sellada ? SI NO

Si la muestra se tomó en cisterna , anotar placa: _____

 Responsable del muestreo

Firma _____

 Entidad para la que labora

 Nombre del inspector de planta

Firma _____

 Nombre del ingeniero responsable del control de plantas

Firma _____

Observaciones : _____

Muestra No. _____
 Fecha _____
 Hora _____

**MUESTRA PARA EL INFORME DE AUTO-CONTROL
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
 AGREGADOS**

Ubicación exacta : Ruta : _____ Sección de control : _____
 Tramo : _____

Referencia : _____

Punto de muestreo: Vagoneta Placa No. _____ Descarga en sitio

Tipo de material Base Sub-base Tratamiento superf.

ENSAYOS A REALIZAR A LA MUESTRA

AGREGADO GRUESO (RET. MALLA No.4)

Abrasión de los Angeles
 Granulometría
 Prueba desanidad
 Índice de durabilidad
 Caras fracturadas
 Carbonatos solubles
 Peso específico y absorción
 Otros : _____

AGREGADO FINO

Equivalente de arena
 Pérdida por sanidad
 Índice de durabilidad
 Peso específico y absorción
 Granulometría
 Prueba de plasticidad
 Otros : _____

Granulometría del material combinado (gruesos + finos)

Tipo de recipiente en que se depositó la muestra : _____

La muestra quedó adecuadamente sellada ? si no

Fuente de agregados : _____

Responsable del muestreo _____

Firma _____

Entidad para la que labora _____

Nombre del inspector de planta _____

Firma _____

Nombre del ingeniero responsable del control de plantas _____

Firma _____

Observaciones : _____

Muestra No. _____
 Fecha _____
 Hora _____

**MUESTRA PARA EL INFORME DE AUTO-CONTROL
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
 MEZCLA ASFALTICA**

Descripción de la muestra
 Indicar el procedimiento que se siguió para la toma de la muestra , lugar de muestreo y condiciones climáticas

ENSAYOS A REALIZAR A LA MUESTRA

PARAMETROS MARSHALL

Moldeo de pastillas Marshall
 Gravedad máxima teórica
 Contenido de vacíos / densidad de pastillas
 Estabilidad y flujo (estado seco)
 Estabilidad y flujo (estado condicionado)
 Tensión diametral (estado seco)
 Tensión diametral (estado condicionado)
 Otros : _____

CONTENIDO DE ASFALTO

Contenido de agua
 Contenido de ceniza
 Extracción de bitumen por reflujo
 Extracción de bitumen por centrifuga
 Recuperación de bitumen para análisis (inalterado)
 Contenido de asfalto por ignición
 Granulometría del agregado residual
 Otros : _____

RESISTENCIA RETENIDA

Moldeo de pastillas para resistencia retenida
 Contenido de vacíos
 Resistencia a compresión (estado seco)
 Resistencia a compresión (estado condicionado)
 Otros : _____

Tipo de recipiente en que se depositó la muestra : _____ Temperatura _____ °C
 La muestra quedó adecuadamente sellada ? SI NO
 Si la muestra se tomó en la vagoneta , indicar el destino : _____
 Placa de vagoneta : _____

 Responsable del muestreo Firma _____

 Entidad para la que labora

 Nombre del inspector de planta Firma _____

 Nombre del ingeniero responsable del control de plantas Firma _____

Observaciones : _____

Muestra No. _____
 Fecha _____
 Hora _____

**MUESTRA PARA EL INFORME DE AUTO-CONTROL
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
 MEZCLA ASFALTICA**

Ubicación exacta : Ruta : _____ Sección de control : _____
 Tramo : _____
 Referencia : _____
 Punto de muestreo: Vagoneta Placa No. _____ Descarga en sitio
 Material colocado Carpeta Bache

ENSAYOS A REALIZAR A LA MUESTRA

PARAMETROS MARSHALL

Moldeo de pastillas Marshall
 Gravedad máxima teórica
 Contenido de vacíos / densidad de pastillas
 Estabilidad y flujo (estado seco)
 Estabilidad y flujo (estado condicionado)
 Tensión diametral (estado seco)
 Tensión diametral (estado condicionado)
 Otros : _____

CONTENIDO DE ASFALTO

Contenido de agua
 Contenido de ceniza
 Extracción de bitumen por reflujo
 Extracción de bitumen por centrifuga
 Recuperación de bitumen para análisis (inalterado)
 Contenido de asfalto por ignición
 Granulometría del agregado residual
 Otros : _____

RESISTENCIA RETENIDA

Moldeo de pastillas para resistencia retenida
 Contenido de vacíos
 Resistencia a compresión (estado seco)
 Resistencia a compresión (estado condicionado)
 Otros : _____

Tipo de recipiente en que se depositó la muestra : _____ Temperatura _____ °C
 La muestra quedó adecuadamente sellada ? SI NO
 Planta de origen : _____
 Fecha de producción de la mezcla : _____

 Responsable del muestreo Firma _____

 Entidad para la que labora Firma _____

 Nombre del inspector de planta Firma _____

 Nombre del ingeniero responsable del control de plantas Firma _____
 Observaciones : _____

Muestra No. _____
 Fecha _____
 Hora _____

**MUESTRA PARA EL INFORME DE AUTO-CONTROL
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
 AGREGADOS**

Descripción de la muestra
 Indicar el procedimiento que se siguió para la toma de la muestra , lugar de muestreo y condiciones climáticas

ENSAYOS A REALIZAR A LA MUESTRA

AGREGADO GRUESO (RET. MALLA No.4)

Abrasión de los Angeles
 Granulometría
 Prueba de sanidad
 Índice de durabilidad
 Caras fracturadas
 Carbonatos solubles
 Peso específico y absorción
 Otros : _____

AGREGADO FINO

Equivalente de arena
 Pérdida por sanidad
 Índice de durabilidad
 Peso específico y absorción
 Granulometría
 Prueba de plasticidad
 Otros : _____

Granulometría del material combinado (gruesos + finos)

Tipo de recipiente en que se depositó la muestra : _____
 La muestra quedó adecuadamente sellada ? si no

 Responsable del muestreo

Firma _____

 Entidad para la que labora

 Nombre del inspector de planta

Firma _____

 Nombre del ingeniero responsable del control de plantas

Firma _____

Observaciones : _____

Muestra No. _____
 Fecha _____
 Hora _____

**MUESTRA PARA EL INFORME DE AUTO-CONTROL
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
 NUCLEOS**

Descripción de la muestra : _____

 Ubicación exacta : Ruta : _____ Sección de control : _____
 Tramo : _____
 Referencia : _____

ENSAYOS A REALIZAR A LA MUESTRA

PARAMETROS MARSHALL
 Gravedad máxima teórica
 Contenido de vacíos / densidad de pastillas
 Otros : _____

CONTENIDO DE ASFALTO

| | |
|--|--------------------------|
| Contenido de agua | <input type="checkbox"/> |
| Contenido de ceniza | <input type="checkbox"/> |
| Extracción de bitumen por reflujo | <input type="checkbox"/> |
| Extracción de bitumen por centrifuga | <input type="checkbox"/> |
| Recuperación de bitumen para análisis (inalterado) | <input type="checkbox"/> |
| Contenido de asfalto por ignición | <input type="checkbox"/> |
| Granulometría del agregado residual | <input type="checkbox"/> |
| Otros : _____ | |

Tipo de recipiente en que se depositó la muestra : _____
 La muestra quedó adecuadamente sellada ? SI NO

 Responsable del muestreo

Firma _____

 Entidad para la que labora

 Nombre del inspector de planta

Firma _____

 Nombre del ingeniero responsable del control de plantas

Firma _____

Observaciones : _____

CAPITULO 9

PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

9. PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

9.1 INTRODUCCION

En este apartado se resume el trabajo preparatorio realizado para el diseño y control en campo de los Tratamientos Superficiales previstos en el Programa de Mantenimiento Rutinario. Esta metodología de control se enmarca dentro de las especificaciones establecidas en el cartel de licitación y demás documentos contractuales.

Se puede definir un Tratamiento Superficial como una superficie bituminosa que resulta de una o mas aplicaciones sucesivas de ligante bituminoso y agregado sobre una superficie de base granular o estabilizada con cal o cemento.

El objetivo principal a la hora de hacer un tratamiento superficial es producir superficies de un espesor de agregado, con suficiente asfalto para mantener el agregado en el sitio, pero no tanto para que se pueda exudar.

Tratamientos superficiales múltiples

Hay gran cantidad de métodos arbitrarios de diseño para tratamiento superficiales múltiples, en este método, cada etapa está definida por un único tratamiento. Para cada etapa sub-siguiente, el tamaño máximo nominal de agregado no debe ser mayor que la mitad del tamaño del agregado colocado en la etapa anterior. Luego de la primera etapa no se hace ninguna corrección de la superficie inferior.

Después de que se determina la cantidad de emulsión para cada etapa, podemos obtener el total general. Para tratamientos dobles Mc Leod recomienda un 40% de la emulsión asfáltica total para la primera aplicación y un 60% para la segunda. Para tratamientos triples la cantidad total debe ser la combinación 30% - 40% -30%.

Las cantidades de asfalto y agregado determinadas con estas ecuaciones van a cubrir la mayoría de las condiciones de campo. Como se indica más adelante (apartado 9.2.2) con los factores multiplicativos M y K puede haber ocasiones cuando se debe ajustar hacia arriba o hacia abajo dependiendo del clima, tráfico, tipo de agregado u otras condiciones.

En tratamientos múltiples la primera capa de agregado generalmente determina el espesor, las capas sub-siguientes llenan parcialmente los vacíos superiores de las capas colocadas previamente.

9.2 METODOS DE DISEÑO

Se ha puesto a punto dos métodos de diseño para determinar la fórmula de trabajo. Los métodos citados son el método de Texas y el método Australiano, los cuales se resumen a continuación:

9.2.1 METODO DE TEXAS

Este método de diseño de Kearby, fue modificado en Texas y actualmente tiene una gran aplicación.

Agregados

Dentro de las características que se debe tener en cuenta en cuanto a la selección del agregado está la uniformidad del tamaño, ya que esto determina el cubrimiento de asfalto que puedan tener los agregados, además que entre más homogéneo sea el material, se produce un mejor efecto de traba y determina una mejor distribución de las cargas de tránsito. Se considera como agregado homogéneo aquel que tenga el 85% de su peso retenido en una malla específica.

Por otro lado se debe considerar la forma ideal cúbica o piramidal del agregado, recomendablemente con caras fracturadas y evitando la presencia de partículas elongadas.

Otros factores de consideración en los tratamientos superficiales son: tener un clima seco, cálido sin lluvia hasta varios días después de la construcción del sello o tratamiento superficial.

Asfalto

Para determinar el tipo y grado de asfalto a utilizar, de deben tener en cuenta las siguientes características:

- Suficientemente fluido a la temperatura de aplicación para mejor distribución y para desarrollar una mejor capacidad de adherencia agregado – ligante.
- Suficientemente viscoso para mantener la adhesión agregado – ligante cuando se abra el pavimento al tránsito y para evitar la distorsión plástica en climas calientes.
- El tipo de ligante a utilizar depende de las condiciones ambientales y las consideraciones de exposición de la superficie.

Ensayos de laboratorio

Se deben realizar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Peso unitario seco suelto para el agregado (puede ser AASHTO T-19 o ASTM C-29).
- Gravedad específica bruta para el agregado (puede ser AASHTO T-85 o ASTM C-127).
- Prueba de tablero: consiste en colocar una cantidad de agregado sobre un tablero de área definida de manera que se obtenga una capa de un agregado de profundidad. Por medio de este ensayo se logra determinar la cantidad de kg/m^2 de agregado.

Diseño

Para realizar el diseño del tratamiento superficial por medio del método de Texas de deben aplicara los siguientes pasos:

- Cantidad de agregado (S)

$$S = (27 * W) / Q$$

donde W= Peso unitario seco suelto (lb/ft³).

G= Prueba del tablero (lb/yd²).

- Cantidad de asfalto por yarda cuadrada de pavimento (A)

$$A = 5.61 * E [1 - W / (62.4G)] * T + V$$

donde E= altura del agregado recubierto por el ligante = a*d

a= porcentaje de recubrimiento (figura 3, anexo 9)

d= espesor promedio de capa de agregado = 1.33*Q/W

T= Corrección por tránsito (tabla 7, anexo 9)

V= Corrección por condición de superficie (tabla 8, anexo 9)

- Ajuste de cantidad de asfalto para emulsiones

$$A_e = A / (\% \text{ asfalto residual}) + K (A / \% \text{ asfalto residual} / 100) - A$$

Donde K= 0.60 (primavera)

K= 0.40 (verano)

K= 0.90 (invierno).

- Ajuste de cantidad de asfalto por temperatura: debe hacerse un ajuste por temperatura de aplicación, ya que el método parte de una temperatura estándar de 60°C.

Aplicación del asfalto

Se debe aplicar en forma uniforme, con una cantidad y a una temperatura adecuada. Además la altura de aplicación de la barra y los ángulos de las boquillas debe estar apropiadamente ajustados y calibrados.

Para tales efectos de debe velar por :

- Velocidad del distribuidor de asfalto (sf) en (ft/min) = $9 \cdot G_r / (w \cdot R)$

donde G_r = salida de la barra de aplicación (gal/min)

w = ancho de la aplicación (pies)

R = tasa de aplicación (gal/yad²)

- Longitud de distribución de asfalto (L_a) en (pies) = $9 \cdot T / (w \cdot R)$

donde T = cantidad de ligante o emulsión que puede ser almacenada en el distribuidor de asfalto (gal).

Aplicación del agregado de cobertura

Si el agregado se aplica en la tasa de diseño, se logrará un espesor de capa de un agregado. El asfalto será visible luego de la distribución del agregado si se utilizó la cantidad adecuada. Si el asfalto no es visible luego de la aplicación, la razón es que se aplicó un exceso de agregado. Si se usa una cantidad baja de agregado, el equipo de distribución y los compactadores recogerán agregados fácilmente con sus llantas.

- Longitud de aplicación de la carga de un vagoneta con agregado (L_R) en (pies) = $9 \cdot q \cdot s / w$

Donde q = cantidad de agregado en el camión o vagoneta (yd^3)

S = yardas cuadradas de pavimento por yarda cúbica del agregado

W = ancho de la distribución (pies).

Compactación

Se deben utilizar rodillos que permitan asentar el agregado en el asfalto y facilitar la penetración del agregado en el mismo. La cantidad mínima de pasadas es de tres y se recomienda compactadores de llantas para lograr una presión uniforme sobre la totalidad del área.

9.2.2 METODO AUSTRALIANO

Este método es desarrollado por el Country Roads Board of Victoria, Australia. Bajo los siguientes principios:

Cuando una capa de un tamaño de agregado de profundidad es esparcido en el asfalto (la película), las partículas pueden caer fuera de rango. Los vacíos entre las partículas son aproximadamente 50 %.

El rodillo reorienta las partículas de agregado y reduce los vacíos en aproximadamente un 30 %.

Finalmente, luego de un tránsito considerable, las partículas tienden a orientarse hacia mayor densidad, acomodarse sobre sus partes más planas y los vacíos son nuevamente reducidos en aproximadamente 20 %.

Desde que las partículas están acomodadas en su parte más plana, el espesor promedio del tratamiento es determinado por el promedio total del agregado pequeño.

Esto es llamado Dimensión mínima promedio (ALD) del agregado.

El ALD de cualquier agregado de aproximadamente un tamaño puede ser determinado mediante la medida de un cierto número de partículas de agregado individuales usando una pantalla de aberturas.

Para un buen funcionamiento, la cantidad de asfalto debe llenar cerca del 70% del 20% de vacíos si el tráfico (500 – 1000 veh/día).

De todas formas el asfalto no debe llenar más del 60% del 20% de vacíos si el volumen del tránsito es alto (>200 veh/día).

Ensayos de laboratorio

Para este método es necesario aplicar los siguientes ensayos de laboratorio para los agregados:

- Peso unitario seco suelto para el agregado (AASHTO T-19 o ASTM C-29).
- Gravedad específica bruta para el agregado (AASHTO T-85 o ASTM C-127).
- Pasar el material por un seleccionador de abertura para seleccionar el agregado a utilizar (apéndice D, anexo 9).
- Ensayo granulométrico por medio de la norma ASTM C- 136.

3.2.1 DISEÑO

Para lograr el diseño del tratamiento superficial por medio del método Australiano se aplican estos procedimientos:

- Solicitud del agregado (C) en $(\text{kg}/\text{cm}^2) = M \cdot [(1-0.4 \cdot V) \cdot H \cdot G \cdot E]$

- donde
- V= vacíos en condición de peso suelto = $1-(W/(1000*G))$ en (%).
 - W = unidades de peso suelto del agregado.
 - G = gravedad específica del agregado.
 - H = dimensión mínima promedio (ADL) (mm) (apéndice D, en el cual se describe el procedimiento para obtener el Flakinnes Index, anexo 9).
 - E = factor de pérdida para permitir la pérdida de cobertura, debido a las desigualdades de extensión del agregado.
 - M= factor multiplicador para ser evaluado por experiencia de las condiciones locales de clima, tránsito, agregado, (valor normal 1.0)

- Solicitud de emulsión asfáltica (B) en $(l/m^2) = K * [(0.40 * H * T * V + S + A) / R]$

- donde
- T= factor de tráfico (ver tabla VI-4, anexo 9).
 - S= factor (l/m^2) por textura de la superficie (tabla pag 55, anexo 9).
 - A= factor de corrección por absorción del agregado.
 - R= factor de corrección por asfalto residual (según tipo de emulsión) (tabla pag 57, anexo 9).
 - K= factor multiplicador por condiciones locales evaluadas por la experiencia en cuanto a clima, tráfico, agregados.

9.3 PROCESO CONSTRUCTIVO

Aunque existen diferentes métodos constructivos, es común la necesidad de contar con un buen control de calidad y coordinación de la secuencia constructiva, indispensable en el caso de los tratamientos superficiales.

La secuencia a seguir es la siguiente:

- ◆ Preparación previa a la construcción

- ◆ Control del tránsito
- ◆ Aplicación del asfalto
- ◆ Colocación del agregado
- ◆ Compactación
- ◆ Limpieza

Equipo

El equipo usado para la construcción de los tratamientos superficiales es el mejor contribuyente para obtener la mejor calidad final del producto.

Estos equipos deben estar adecuadamente ajustados, y en buenas condiciones de mantenimiento con inspección frecuente por el excesivo uso y calibración.

Probablemente el distribuidor de asfalto es el equipo más importante en la construcción de tratamientos superficiales.

Su función es aplicar uniformemente la emulsión asfáltica sobre la superficie según la tasa especificada. En la parte trasera del tanque se ubica un sistema de barra rociadora por medio de boquillas que permiten colocar el asfalto a presión sobre la superficie del camino. Esta barra de boquillas cubre anchos de 1.8 a 9 m , dependiendo de la capacidad de la bomba, además el tanque distribuidor tiene una capacidad promedio de 3 a 21 m³.

El ángulo recomendado de las boquillas con el eje de la barra rociadora es de 15 a 30 grados, además los mejores resultados es cuando las boquillas esta separados unos 10 cm. (ver figura pag 64, anexo 9).

A pesar de lo preciso de los controles del distribuidor es aconsejable, asegurarse que la tasa de emulsión colocada es la correcta. Para logra estos es necesario colocar sobre la superficie a rociar con emulsión una bandeja de metal (pesada anteriormente) y de un tamaño de una yarda cuadrada, la cual permitirá que el material se deposite luego de que pase el distribuidor, y por medio de diferencia de peso se obtendrá la cantidad de emulsión por yarda o metro cuadrado. Si no se tuviese una bandeja, el ensayo se puede lograr por medio de un pedazo de papel absorbente bajo el mismo principio ya explicado.

Tasa de aplicación (R) en $(l/m^2) = W_e * M_e$

donde W_e = peso de la emulsión asfáltica en la bandeja (kg/m^2).

M_e = factor de corrección temperatura – volumen (ver tabla C-1, apendice C, anexo 9).

El distribuidor de agregados es, tal vez el segundo en orden de importancia en cuanto a equipos se refiere. Su función es aplicar uniformemente los agregados según la tasa especificada.

Secuencia de operación

La secuencia de operación es básicamente la misma para todos tipos de tratamientos superficiales, se realiza bajo el siguiente orden:

- Reparar los baches y los daños existentes en el área de trabajo.
- Limpiar la superficie que va a ser cubierta por medio de barredoras rotatorias u otro método similar.
- Rocíe la emulsión asfáltica de acuerdo a la tasa especificada.
- Esparcir el agregado especificado inmediatamente después de aplicada la emulsión asfáltica (con la emulsión todavía de color café).

- Aplicar un rodillo compactador al agregado para que las partículas se adhieran en la película de asfalto.

9.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS CONTRATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LOS TRATAMIENTO SUPERFICIALES

Para estos trabajos con material bituminoso y colocación de una capa de agregado para sellos, rigen las siguientes especificaciones y la sección 409 de CR-77.

Las cantidades aproximadas por m² y la secuencia de operaciones se muestran en el siguiente párrafo. Sin embargo el ingeniero de proyecto puede hacer un diseño especial para la graduación de material determinado, cuando a su juicio lo considere necesario.

CANTIDADES DE MATERIALES POR METRO CUADRADO PARA LAS CAPAS SELLADORAS.

| Graduación para agregados y secuencia de operaciones | | Designación del sello | |
|--|-----|-----------------------|------|
| | | S-1 | S-2 |
| 1- Aplicar material bituminoso | Lts | 1.00 | 1.70 |
| 2- Distribuir agregados | | | |
| Graduación tipo 2 | Kg | 6 | - |
| Graduación B | Kg | - | 22 |
| Segunda capa | | | |
| 2- Aplicar material bituminoso | Lts | - | 1.00 |
| 4- Distribuir agregados | Kg | - | 6 |
| TOTALES | | | |
| Material bituminoso | Lts | 1.00 | 2.70 |
| Agregados | Kg | 6 | 28 |

Nota: la cantidad de material bituminoso indicado en la tabla corresponde a la cantidad de emulsión con solvente.

Fuente: cartel de licitación pública, mantenimiento rutinario, carreteras de la red nacional, MOPT 1998.

REQUISITOS DE GRADUACION PARA RECUBRIMIENTO

| GRADUACION | | |
|------------|----------|----------|
| MALLA | TIPO 2 | B |
| 12.5 mm | - | 100 |
| 9.5 mm | 100 | 85 - 100 |
| N° 4 | 85 - 100 | 10 - 30 |
| 8 | 60 - 100 | 0 - 10 |
| 100 | 0 - 10 | - |
| 200 | 0 - 1 | 0 - 1 |

Nota: porcentajes pasando por peso malla cuadrada.

Fuente: cartel de licitación pública, mantenimiento rutinario, carreteras de la red nacional, MOPT 1998.

MATERIALES

Los agregados de recubrimientos consistirán en arenas, escorias o gravas trituradas limpios de tierra o arcillas (AASHTO T -112) y que se cumplan las siguientes especificaciones:

| NOMBRE | ESPECIFICACION | LIMITE |
|-----------------------------------|----------------|------------------------|
| Abrasión | AASHTO T - 96 | 35% Máx |
| Sanidad | AASHTO T - 104 | 12% Máx |
| Recubrimiento | AASHTO T - 182 | 95% Mín |
| Cara fracturadas (ret Malla N° 4) | | 75% Mín |
| Límite líquido | | 25% Máx |
| Índice plástico | | 6% Máx |
| Equivalente de arena | | 55% Mín |
| No utilizar agregados livianos | AASHTO T - 195 | |
| Densidad agregados (mínimo) | AASHTO T - 19M | 1100 kg/m ³ |
| Asfalto emulsionado para sello | | |

Fuente: cartel de licitación pública, mantenimiento rutinario, carreteras de la red nacional, MOPT 1998.

Nota: en cuanto al asfalto emulsionado, este debe cumplir con lo establecido en la sección 702.04 y 702.05 del CR-77

Además se especifica que los trabajos por realizar en cuanto a equipos, preparación de la superficie de ruedo, aplicación del asfalto emulsionado, aplicación de la capa de agregado fino y limitaciones por condiciones atmosféricas, deberá cumplir todo lo estipulado al respecto o en la Sección 409 de las Especificaciones Generales CR-77 MOPT.

BRIGADAS DE MAQUINARIA Y MANO DE OBRA

Las brigadas de trabajo en cuanto a maquinaria y mano de obra estarán constituidas por los siguientes componentes:

Equipo y operador

- 1 Barredora mecánica
- 1 Distribuidor de asfaltos de 3787 litros
- 2 Vagonetas de 10 m³
- 1 Distribuidor de agregados
- 1 Aplanadora de 8 toneladas mínimo
- 1 Compactador de llantas de hule de 5 toneladas mínimo

Personal

- 1 Encargado
- 1 Ayudante
- 6 Peones

Medición

El trabajo de suministro y distribución de emulsión asfáltica incluyendo la colocación y compactación de los agregados en toda la capa selladora se medirá por METRO CUADRADO (m²) de capa totalmente terminada, incluyendo la emulsión y los agregados.

Base para el pago

Las cantidades de capa selladora aceptadas y determinadas según las disposiciones anteriores, serán pagadas al precio del contrato por metro cuadrado para la colocación de todos los materiales entregados en la obra, cuyo precio y pago serán en compensación total por el trabajo descrito en esta sección.

El pago se hará como se describe a continuación:

| Renglón de pago | Descripción del renglón | Unidad de pago |
|-----------------|-------------------------|----------------|
| MR-2(A) | Capa selladora tipo S-1 | m ² |
| MR-2(B) | Capa selladora tipo S-2 | m ² |

9.5 METODOS DE CONTROL

9.5.1 ENSAYOS DE ACEPTACION DE LOS AGREGADOS Y DE LA EMULSION

Existen varios tipos de control con una finalidad definida en cuanto a los ensayos de aceptación de los agregados y la emulsión asfáltica para los tratamientos superficiales. Estos controles se detallan a continuación:

| TIPO DE CONTROL | FINALIDAD | FRECUENCIA |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Granulometría de los agregados. | Obtener una granulometría lo suficientemente uniforme para que los áridos envueltos con el ligante formen una superficie uniforme en espesor y textura y forme una capa de razamiento adecuado. | 1 ensayo cada 100 m ³ o fracción. |
| <ul style="list-style-type: none"> Caracterización del ligante bituminoso. | Escoger el ligante adecuado para lograr mayor adherencia entre el ligante y el árido, y entre este conjunto y la base o capa existente, de manera que se obtenga la máxima resistencia a las cargas y rozamiento superficial de los vehículos. | 1 vez al comienzo de los trabajos. |

| TIPO DE CONTROL | FINALIDAD | FRECUENCIA |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Abrasión de Los Angeles. | Utilizar áridos duros y resistentes a los efectos dinámicos directos de las ruedas de los vehículos. | 1 ensayo cada 1000 m ³ o fracción. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Caras fracturadas. | Lograr una mayor trabazón de los áridos, con un ángulo de rozamiento interno elevado que proporcione una gran resistencia a las cargas. | 1 ensayo cada 300 m ³ o fracción. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Equivalente de arena | Determinación semicuantitativa de la cantidad de arcilla de una arena y por tanto de su limpieza. | 2 determinaciones cada 1000 m ³ o fracción. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Límites de Atterberg | Determinar la cantidad y naturaleza de los finos del material mediante el cálculo de la humedad que define una resistencia al cizallamiento y una resistencia a tracción. | 1 ensayo cada 2000 m ³ o fracción. |

9.5.2 ENSAYOS DE CONTROL TÍPICAMENTE APLICADOS A LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

En cuanto a los ensayos de control típicos, usados para los tratamientos superficiales tenemos:

| TIPO DE CONTROL | FINALIDAD | FRECUENCIA |
|---|--|-------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de aplicación del ligante. | Favorecer la colocación del ligante en obra, una buena adherencia con los áridos y procurar la eliminación de los volátiles. | 1 vez al día. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de dosificación final de ligante y áridos. | Comprobar que la dosificación de ligantes y áridos es la adecuada desde el punto de vista técnico y de medición. | 1 cada 5000 m ² . |
| <ul style="list-style-type: none"> • Nivelación y planeidad | Lograr una superficie final plana y homogénea. | Perfil transversal cada 20 m. |

| TIPO DE CONTROL | FINALIDAD | FRECUENCIA |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Viga Benkelman. | Comprobar la resistencia de la capa y su capacidad portante a través de su deformación bajo carga de un eje de camión de 13 Tm, midiendo las deflexiones. | Todo el tramo |
| <ul style="list-style-type: none"> Paso de un camión de 2 ejes. | Comprobar que los áridos no se pegan a las ruedas a una velocidad lenta ni se desprenden del soporte con un frenazo a velocidad moderada | Tramo representativo de 100m de una calle de 3.50 m de anchura. |
| <ul style="list-style-type: none"> Medición de coeficiente de rozamiento in situ con el péndulo de fricción. | Comprobar que el coeficiente de rozamiento inicial de la superficie del pavimento es el previsto en el proyecto para ese tramo. | 1 ensayo cada 15000 m ² . |
| <ul style="list-style-type: none"> Medida de la rugosidad superficial del pavimento por el método del círculo de arena. | Medición indirecta del coeficiente de rozamiento a través de la rugosidad. | 1 ensayo cada 15000 m ² . |

9.5.3 ENSAYO DE TEXTURA SUPERFICIAL

Existen métodos para clasificar la capas de rodadura en función de la textura superficial. Entre estos se puede citar el método de la Mancha de Arena, el cual como su nombre lo indica, lo que mide es el tipo de textura superficial del pavimento por medio de una apreciación visual utilizando arena.

La clasificación de la textura se define a continuación:

| CLASE DE PAVIMENTO | TEXTURA (Hs) en mm | CLASIFICACION PAVIMENTO |
|--------------------|--------------------|--|
| A | $H_s < 0.2$ | Pavimento con textura muy fina: estos pavimentos son inaceptables. |
| B | $0.2 < H_s < 0.4$ | Pavimentos con textura fina: estos están reservados para tramos sobre los cuales la velocidad de los vehículos sólo es susceptible de rebasar de vez en cuando los 80 km/h, por ejemplo una zona urbana. |
| C | $0.4 < H_s < 0.8$ | Pavimentos con textura media: son los pavimentos normales para los tramos en los cuales las velocidades quedan entre 80 y 120 km/h. |
| D | $0.8 < H_s < 1.2$ | Pavimentos con textura gruesa: estos pavimentos deben usarse para tramos en los cuales las velocidades son en general 120 km/h. |
| E | $H_s > 1.2$ | Pavimentos con textura muy gruesa: estos deben usarse en casos especiales, tales como zonas de peligro después de una línea recta sobre la cual las velocidades son muy altas, entre otras. |

ANEXO 9A

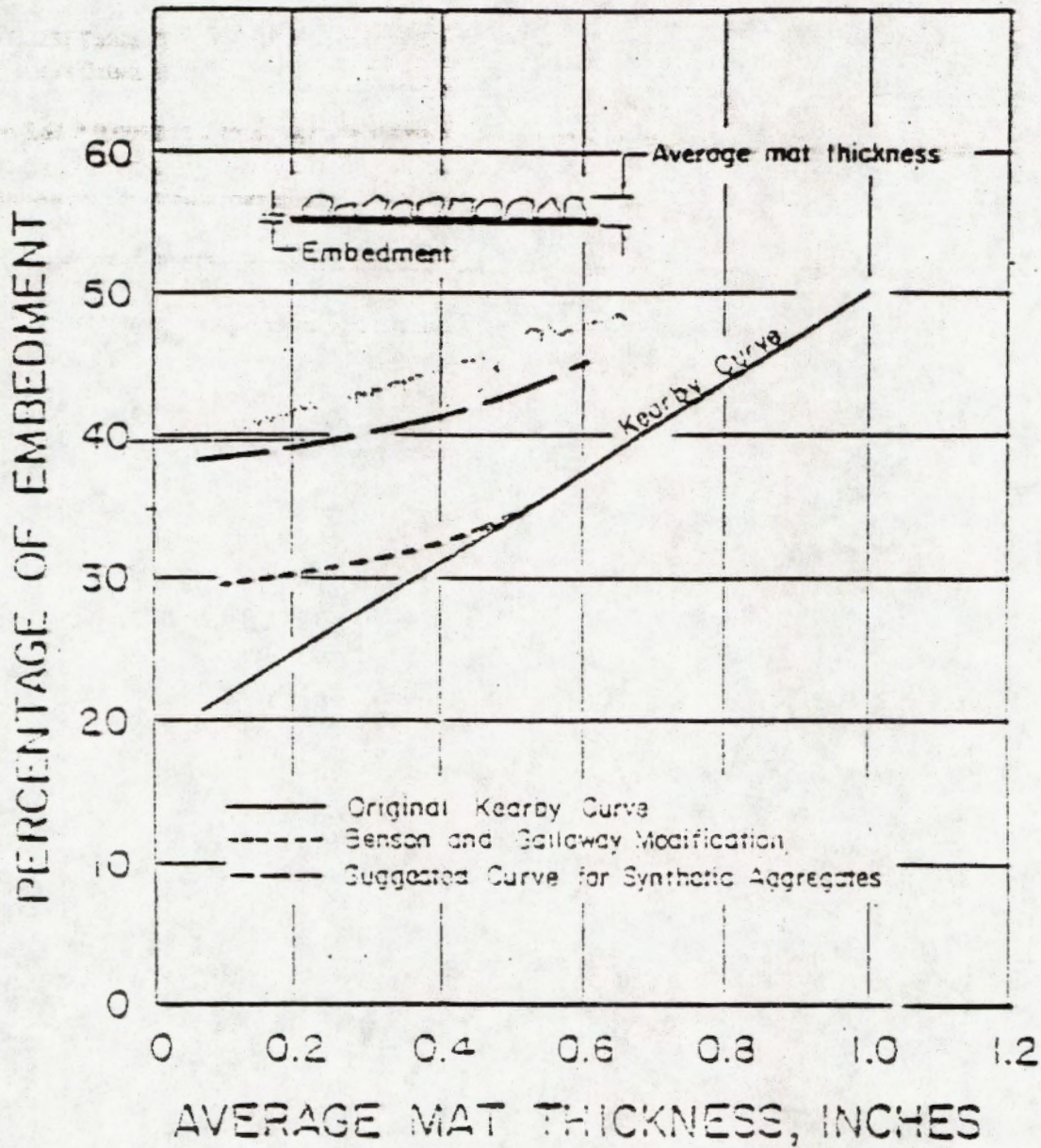


Figure 3. Relation of Percent Embedment to Mat Thickness for Determining Quantity of Asphalt.

Table 7. Asphalt Application Rate -- Correction Due To Traffic

| | Traffic - Vehicles Per Day Per Lane | | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| | Over 1,000 | 500 to 1,000 | 250 to 500 | 100 to 250 | Under 100 |
| | Traffic Factor (T) | 1.00 | 1.05 | 1.10 | 1.15 |

Table 8. Asphalt Application Rate Correction Due to Existing Pavement Surface Condition

| Description of Existing Surface | Asphalt Quantity Correction gal/sq. yd. |
|--|--|
| Flush asphalt surface | -0.06 |
| Smooth, nonporous surface | -0.03 |
| Slightly porous, slightly oxidized surface | 0.00 |
| Slightly pocked, porous, oxidized surface | +0.03 |
| Badly pocked, porous, oxidized surface | +0.06 |

Table 6. General Recommendations for Asphalt Selection Based on Aggregate Type.

| | Type of Asphalt | Aggregate Type* | | |
|--------------------|---|---------------------|---------------------|-------------|
| | | Natural Hydrophobic | Natural Hydrophilic | Lightweight |
| ASPHALT CEMENTS | AC-5 AC-10 | | | |
| ANTONIC EMULSIONS | EA-HVRS EA-HVRS-90 | | X X | X X |
| CATIONIC EMULSIONS | EA-CRS-2 EA-CRS-2h | | | |
| CUTBACKS | RC-2 RC-250 RC-3 RC-4 RC-5 MC-800 MC-3000 | | | |

*Aggregate classification shown on Figure 2
 X-indicates that this grade of asphalt should not be used for defined application.

A = correction, gal/yd² (litre/m²) for absorption of asphalt into cover stone (disregard except for obviously porous stone)

R = residual asphalt in emulsion, percent expressed as a decimal. Typical values are:

| <i>Emulsified Asphalt</i> | <i>R</i> |
|---------------------------|----------|
| RS-1 | 0.58 |
| RS-2 | 0.63 |
| CRS-1 | 0.65* |
| CRS-2 | 0.69 |

K = A multiplying factor that must be evaluated by experience with local conditions of climate, traffic, cover aggregate, etc., and may have a value either less than or greater than 1.0, which may be its normal value. However, experience has shown that for emulsion use in colder northern areas, "K" can have a value of about 1.2.

| <i>Texture</i> | <i>Correction, S</i> | |
|---|---------------------------|----------------------------|
| | <i>gal/yd²</i> | <i>litre/m²</i> |
| Black, flushed asphalt | -0.01 to -0.06 | (-0.04 to -0.27) |
| Smooth, non-porous | 0.00 | (0.00) |
| Absorbent—slightly porous, oxidized | 0.03 | (0.14) |
| —slightly pocked, porous, oxidized .. | 0.06 | (0.27) |
| —badly pocked, porous, oxidized ... | 0.09 | (0.40) |

*International System of Units (S.I.) being adopted throughout the world.

TABLE VI-3 AGGREGATE WASTAGE FACTORS

| Percentage Waste* Allowed for | Wastage Factor, E |
|-------------------------------|-------------------|
| 1 | 1.01 |
| 2 | 1.02 |
| 3 | 1.03 |
| 4 | 1.04 |
| 5 | 1.05 |
| 6 | 1.06 |
| 7 | 1.07 |
| 8 | 1.08 |
| 9 | 1.09 |
| 10 | 1.10 |
| 11 | 1.11 |
| 12 | 1.12 |
| 13 | 1.13 |
| 14 | 1.14 |
| 15 | 1.15 |

*Due to whip-off and handling.

TABLE VI-4 TRAFFIC FACTORS FOR SURFACE TREATMENTS

| Aggregate | <i>Traffic Factor = Percentage (expressed as a decimal) of 20 percent void space in cover aggregate to be filled with asphalt</i> | | | | |
|--|---|---------------|-----------------|-------------------|---------------|
| | Traffic — Vehicles per Day | | | | |
| | Under 100 | 100 to 500 | 500 to 1,000 | 1,000 to 2,000 | Over 2,000 |
| <i>Recognized Good Type of Aggregate</i> | 0.85 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.60 |

NOTES:

- (1) The factors above do not make allowance for absorption by the road surface or by absorptive cover aggregate.
- (2) Values shown in the table are from "Seal Coat and Surface Treatment Design and Construction Using Asphalt Emulsions," by Norman W. McLeod, January 1974.

**TABLE VI-5 QUANTITIES OF ASPHALT AND AGGREGATE FOR
SINGLE SURFACE TREATMENTS AND SEAL COATS***

| <i>Line</i> | <i>Nominal Size of Aggregate</i> | <i>Size No.</i> | <i>Quantity of Aggregate lb/yd² (kg/m²)^{1,2}</i> | <i>Quantity of Asphalt gal/yd² (l/m²)¹</i> | <i>Type and Grade of Asphalt</i> |
|-------------|---------------------------------------|-----------------|---|---|----------------------------------|
| 1 | 3/4 to 3/8 in. (19.0 to 9.5 mm) | 6 | 40-50 (22-27) | 0.40-0.50 (1.8-2.3) | RS-2, CRS-1, CRS-2 |
| 2 | 1/2 in. to No. 4 (12.5 to 4.75 mm) | 7 | 25-30 (14-16) | 0.30-0.45 (1.4-2.0) | RS-1, RS-2, CRS-1, CRS-2 |
| 3 | 3/8 in. to No. 8 (9.5 to 2.36 mm) | 8 | 20-25 (11-14) | 0.20-0.35 (0.9-1.6) | RS-1, RS-2, CRS-1, CRS-2 |
| 4 | No. 4 to No. 16 (4.75 to 1.18 mm) | 9 | 15-20 (8-11) | 0.15-0.25 (0.7-1.1) | RS-1, RS-2, CRS-1, CRS-2 |
| 5 | Sand | AASHTO M-6 | 10-15 (5-8) | 0.15-0.20 (0.7-0.9) | RS-1, CRS-1 |

*These quantities of asphalt cover the average range of conditions that include primed granular bases and old pavement surfaces, from slightly porous and oxidized to slightly pocked, porous, and oxidized. The quantities and types of materials may be varied according to local conditions and experience.

¹The lower application rates of asphalt shown in the above table should be used for aggregate having gradations on the fine side of the specified limits. The higher application rates should be used for aggregate having gradations on the coarse side of the specified limits.

²The weight of aggregate shown in the table is based on aggregate with a specific gravity of 2.65. In case the specific gravity of the aggregate used is lower than 2.55 or higher than 2.75, the amount shown in the table above should be multiplied by the ratio that the bulk specific gravity of the aggregate used bears to 2.65.

APPENDIX D¹

METHOD FOR DETERMINING THE AVERAGE LEAST DIMENSION OF COVER AGGREGATES FOR BITUMINOUS SURFACE TREATMENTS AND SEAL COATS²

This method describes a simplified procedure that is to be followed to determine the Average Least Dimension of a cover aggregate intended for use in a bituminous surface treatment or seal coat.

METHOD:

- (a) The Sieve Analysis shall be carried out by the method described in Part 1.
- (b) The Flakiness Index shall be determined by the method described in Part 2.
- (c) The Average Least Dimension shall be determined from Figure D-3.

PART 1: SIEVE ANALYSIS

SAMPLE:

TABLE D-1 WEIGHT OF SAMPLE FOR SIEVE ANALYSIS (U.S. STANDARD SIEVES SQUARE OPENINGS)

| Nominal Size | | Minimum Weight of Sample for Sieving |
|---------------|----------------------|--------------------------------------|
| <i>Inches</i> | <i>(Millimetres)</i> | <i>Grams</i> |
| 2 | (51) | 20,000 |
| 1-1/2 | (38) | 15,000 |
| 1 | (25) | 10,000 |
| 3/4 | (19) | 5,000 |
| 5/8 | (16) | 4,000 |
| 1/2 | (12.5) | 2,500 |
| 3/8 | (9.5) | 1,000 |
| 1/4 | (6.3) | 750 |

METHOD:

The surface-dry sample shall be weighed and the following distribution of particle sizes obtained by means of sieves with square openings, employing the procedure laid down in ASTM C 136.

¹Originally Appendix A, "Seal Coat and Surface Treatment Design and Construction Using Asphalt Emulsions," by Norman W. McLeod.

²With credit to The Country Roads Board, Victoria, Australia.

| Sieve Designation | | Sieve Designation | |
|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| Standard | Alternative | Standard | Alternative |
| <i>Passing</i> | | <i>Retained</i> | |
| 38.1 mm | (1-1/2 in.) | 25.0 mm | (1 in.) |
| 25.0 mm | (1 in.) | 19.0 mm | (3/4 in.) |
| 19.0 mm | (3/4 in.) | 16.0 mm | (5/8 in.) |
| 16.0 mm | (5/8 in.) | 12.5 mm | (1/2 in.) |
| 12.5 mm | (1/2 in.) | 9.5 mm | (3/8 in.) |
| 9.5 mm | (3/8 in.) | 6.3 mm | (1/4 in.) |
| 6.3 mm | (1/4 in.) | 4.75 mm | (No. 4) |
| 4.75 mm | (No. 4) | 2.36 mm | (No. 8) |
| 2.36 mm | (No. 8) | 1.18 mm | (No. 16) |
| 1.18 mm | (No. 16) | | |

WEIGHING:

On completion of sieving, the material retained on each sieve shall be weighed on a balance sensitive to 0.1 percent of weight of the test sample. This is recorded on the work sheet and the weight passing each sieve is expressed as a percentage of the total weight of the sample.

REPORT:

Results are reported to the nearest 1 percent, and the grading curve is plotted as illustrated in Figure D-1.

MEDIAN SIZE:

The Median Size is that theoretical sieve size in inches (millimetres) through which 50 percent of the material will pass.

The Median Size may be read off from the scale at the bottom of Figure D-1.

PART 2: FLAKINESS INDEX

SAMPLE:

The material employed in this test shall consist of all aggregate used in the sieve analysis that falls within the size ranges specified below.

ONE-SIZE AGGREGATES

TABLE D-2 ONE-SIZE AGGREGATES

| Size Number* | Nominal Range or Sizes U.S. Standard Sieves Square Openings | | All Material Larger Than |
|--------------|---|-------------------|-----------------------------|
| | Passing | Retained | |
| E | 3/4 in. (19.0 mm) | 1/2 in. (12.5 mm) | 1/2 in. (12.5 mm) |
| F | 5/8 in. (16.0 mm) | 3/8 in. (9.5 mm) | 3/8 in. (9.5 mm) |
| G | 1/2 in. (12.5 mm) | 3/8 in. (9.5 mm) | 3/8 in. (9.5 mm) |
| H | 3/8 in. (9.5 mm) | 1/4 in. (6.3 mm) | 1/4 in. (6.3 mm) |

*Country Roads Board Size Designation

Sample No. _____
 Source _____
 Materials _____

AGGREGATE GRADING CHART

Project _____
 Location _____
 Date _____

Note: Curved lines are Fuller's Maximum Density Gradations

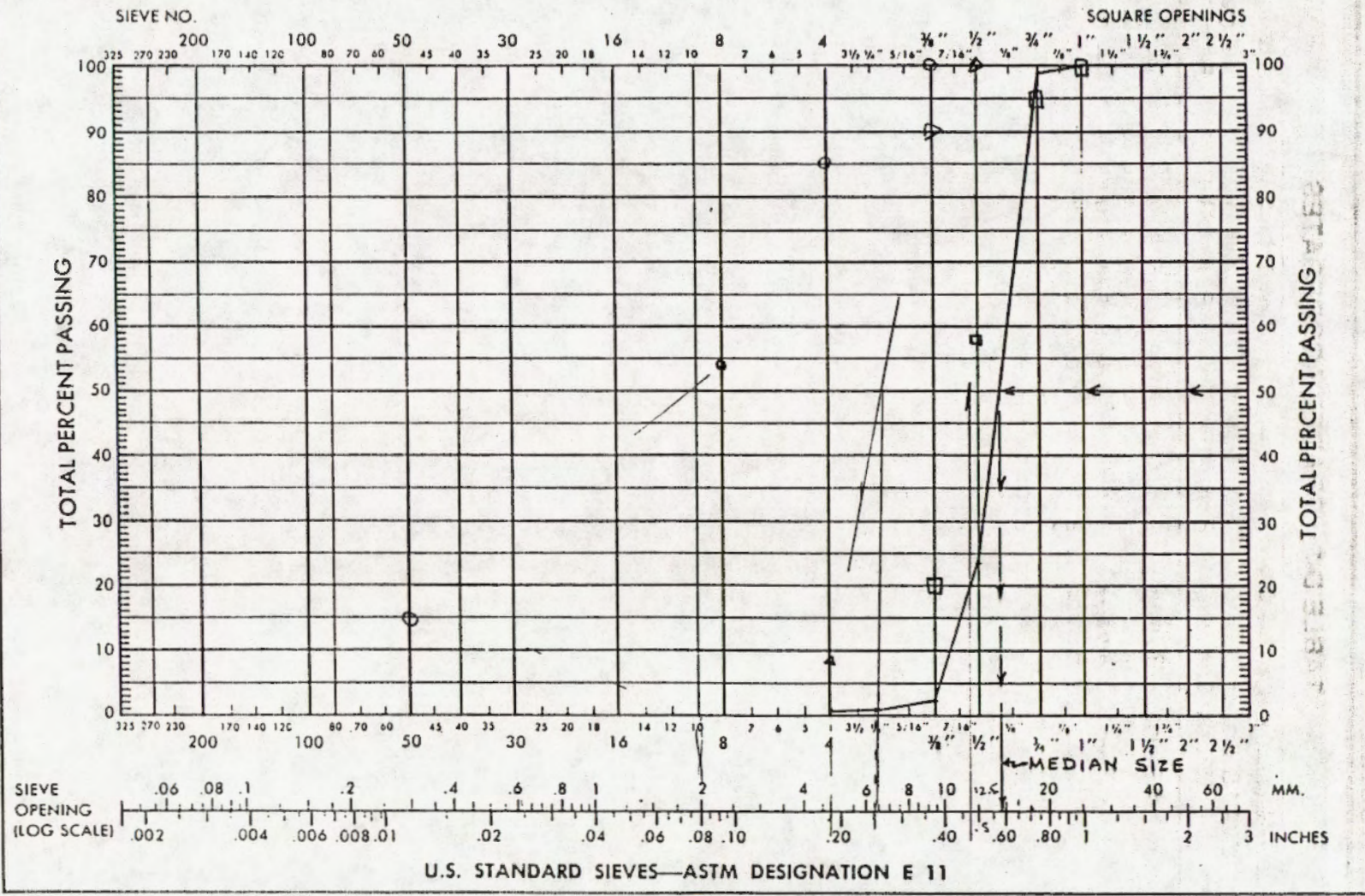


Figure D-1 Median size of aggregate.

GRADED AGGREGATES

TABLE D-3 GRADED AGGREGATES

| Size Number* | Nominal Range of Sizes U.S. Standard Sieves Square Openings | | Material | | Material | | Material | |
|--------------|---|----------|----------|------|----------|-------|----------|-------|
| | Passing | Retained | Pass | Ret. | Pass | Ret. | Pass | Ret. |
| 5 | 1 inch | 1/2 inch | 1" | 3/4" | and 3/4" | 1/2" | — | — |
| 6 | 3/4 inch | 3/8 inch | 3/4" | 1/2" | and 1/2" | 3/8" | — | — |
| 7 | 1/2 inch | No. 4 | 1/2" | 3/8" | and 3/8" | 1/4" | — | — |
| 8 | 3/8 inch | No. 8 | 3/8" | 1/4" | and 1/4" | No. 4 | — | — |
| 56 | 1 inch | 3/4 inch | 1" | 3/4" | and 3/4" | 1/2" | — | — |
| 67 | 3/4 inch | No. 4 | 3/4" | 1/2" | and 1/2" | 3/8" | and 3/8" | 1/4" |
| 68 | 3/4 inch | No. 8 | 3/4" | 1/2" | and 1/2" | 3/8" | and 3/8" | 1/4" |
| 76 | 1/2 inch | No. 8 | 1/2" | 3/8" | and 3/8" | 1/4" | and 1/4" | No. 4 |

Multiply inches by 25.4 to obtain millimetres.

*ASTM Designation: D 448, AASHTO Designation: M 43

METHOD:

Each fraction of material, as shown in the previous paragraph, shall be tested particle by particle for its ability to pass through an appropriate slotted sieve* (or a gauge made by filing an elongated slot of the required width in a sheet of metal 1/16 in. (1.6 mm) thick). The size of slots required for each fraction is given in Table D-4 and illustrated in Figure D-2.

TABLE D-4 SIZES OF SLOTS FOR EACH AGGREGATE FRACTION

| Size of Material | | Slot Width Inch | Approximate Width of Slotted Sieves Issued Inch |
|------------------|----------|--------------------|---|
| Passing | Retained | | |
| 1-1/2" | 1" | 0.750 | 0.757 |
| 1" | 3/4" | 0.525 | 0.532 |
| 3/4" | 1/2" | 0.375 | 0.384 |
| 1/2" | 3/8" | 0.263 | 0.258 |
| 3/8" | 1/4" | 0.184 | 0.184 |
| 1/4" | No. 4 | 0.131 | 0.123 |

Multiply inches by 25.4 to obtain millimetres.

WEIGHING:

The total amount passing the appropriate slotted sieve openings shall be weighed to an accuracy of at least 0.1 percent of the weight of the test sample.

NOTE: It is not very laborious to measure one hundred particles by hand using a vernier caliper in the absence of a slotted screen.

*See British Standards Institution 812.

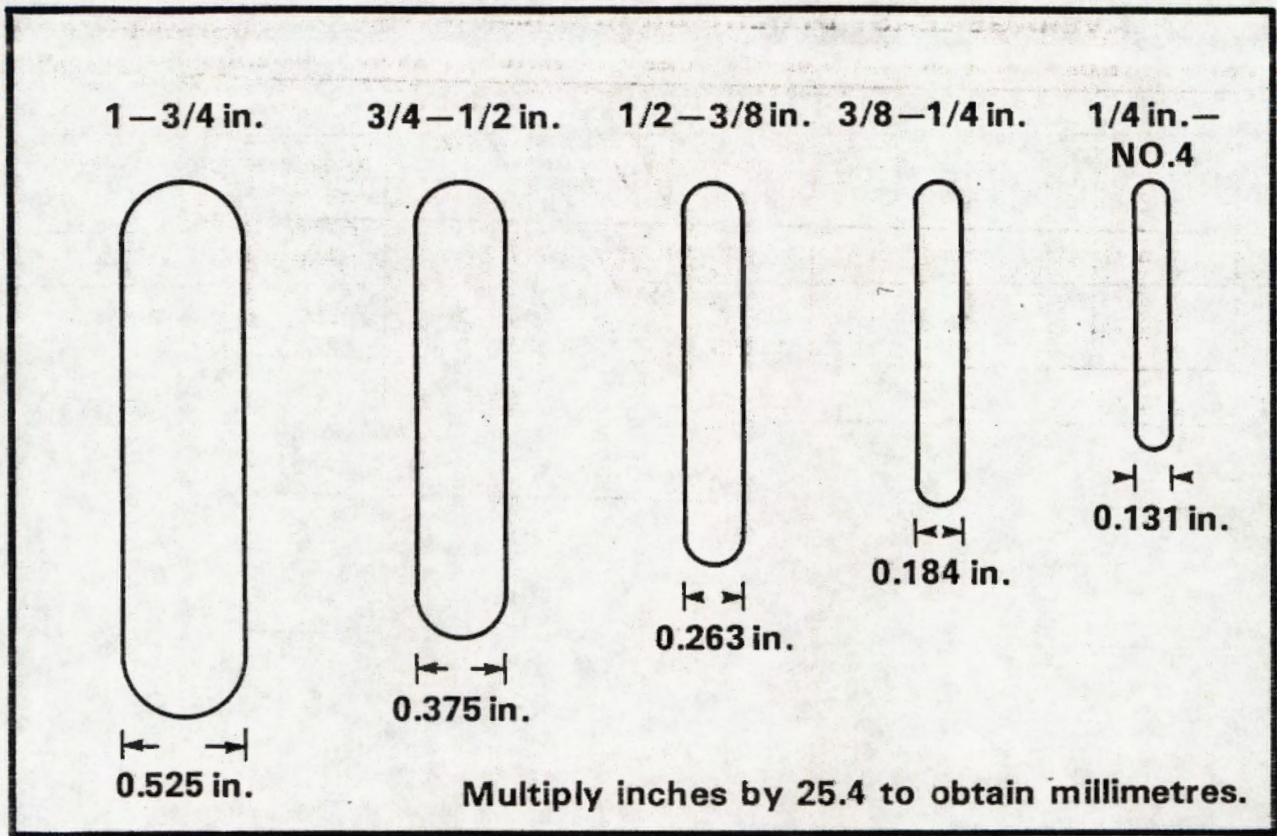


Figure D-2 Slotted sieve openings for testing aggregates for elongated flat particles.

FLAKINESS INDEX:

The Flakiness Index is the total weight of the material passing the appropriate slotted sieve openings expressed as a percentage of the combined weight of the fractions tested on the slotted sieve.

EXAMPLE

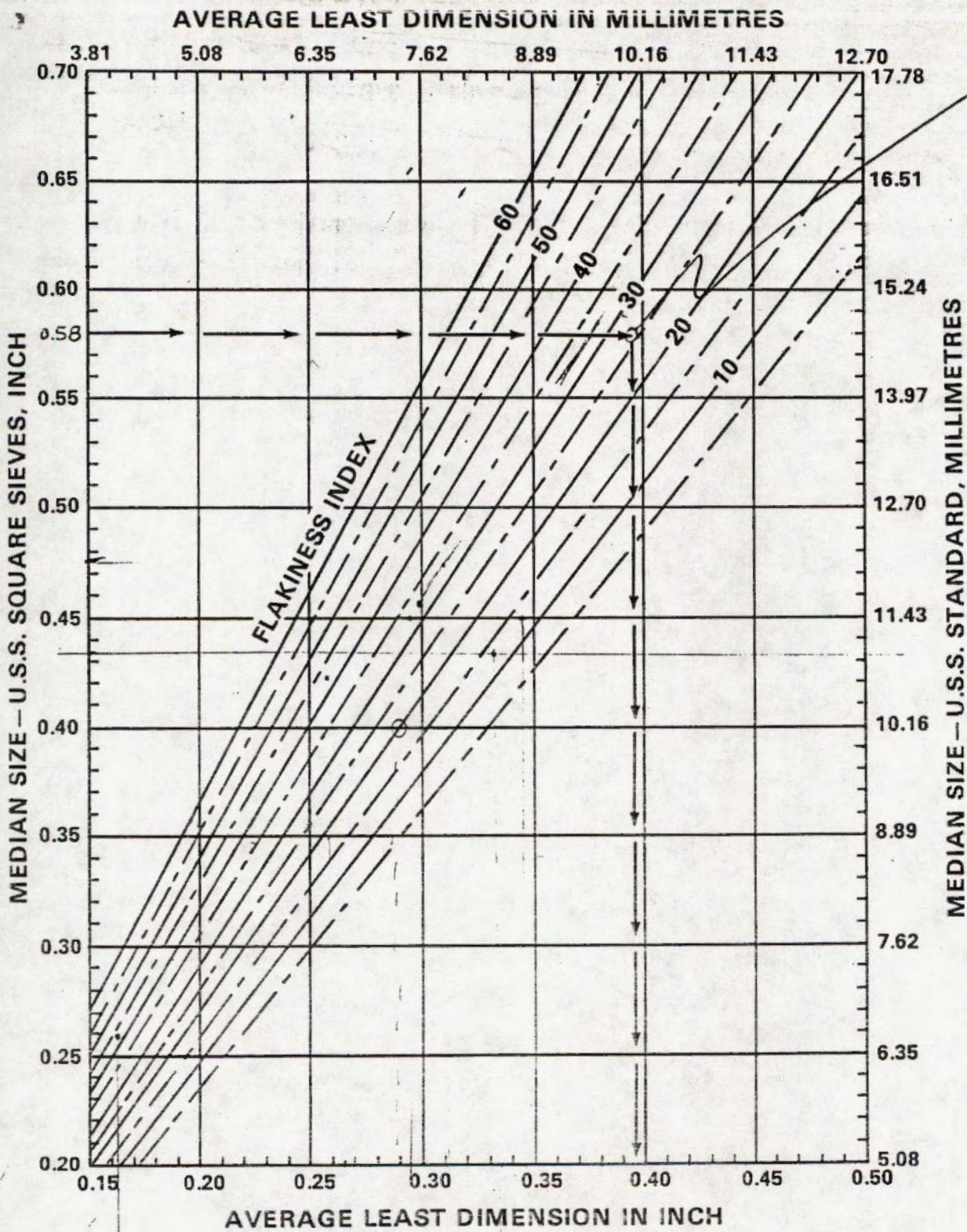
(a) Sieve Analysis

TABLE D-5 FULL GRADING

(Total Weight of Dry Sample = 6,600 grams)

| Sieve No. U.S. Standard Square Opening | Weight Retained Grams | Weight Passing Grams | Total Passing Percent |
|--|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 25.0 mm (1'') | — | 6600 | 100 |
| 19.0 mm (3/4'') | 60 ✓ | 6540 ✓ | 99.1 |
| 12.5 mm (1/2'') | 4984 | 1556 ✓ | 23.6 |
| 9.5 mm (3/8'') | 1418 | 138 ✓ | 2.1 |
| 6.3 mm (1/4'') | 96 | 42 ✓ | 0.6 |
| 4.75 mm (No. 4) | 4 | 38 ✓ | 0.5 |
| CHOPOLA | 38 | | |
| | 6600 | | |

The Material is One-Size Aggregate "E".
From the Grading Curve, Figure D-1, the Median Size is 0.58 in. (15 mm).



$$\frac{3.81 \times 2}{5.08}$$

Figure D-3 Chart for determining Average Least Dimension of aggregate.

TABLE D-6 FLAKINESS INDEX

| Sieve Size U.S. Standard Square Opening Inch | Width of Slotted Sieve Inch | Weight Retained Slotted Sieve Grams | Weight Passing Slotted Sieve Grams | Total Weight Grams | Flakiness Index Percent |
|---|--------------------------------------|--|---|--------------------------|-------------------------------|
| 1 — 3/4 | 0.525 | 50 | 10 | 60 | |
| 3/4 — 1/2 | 0.375 | 3666 | 1318 | 4984 | |
| TOTAL | | 3716 | 1328 | 5044 | 26.3 |

Multiply inches by 25.4 to obtain millimetres.

*1328 x 20
5044*

NOTE: Where there is an insignificant amount of material (not more than 5 percent) of any one size, it may be neglected in determination of Flakiness Index. Material 1 in. - 3/4 in. (25-19 mm) could be neglected in above Flakiness Index test and the result would not be appreciably changed.

(c) Average Least Dimension

On Figure D-3, proceed horizontally from the median size on the vertical axis to the diagonal line representing the Flakiness Index for the sample. From this point of intersection, proceed vertically to the horizontal axis and read off the Average Least Dimension.

For this particular aggregate sample, the median size is 0.58 in. (15 mm), and the Flakiness Index is 26 per cent. The broken line on Figure D-3 indicates that the Average Least Dimension (ALD) of this sample is 0.40 in. (10 mm) [reading to the nearest 0.01 in. (0.25 mm)].

CAPITULO 10

PRUEBAS DE LABORATORIO EN EL PROGRAMA

DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

10 PRUEBAS DE LABORATORIO

10.1 REVISION DE DISEÑOS DE MEZCLA

Durante todo momento de la ejecución de los contratos del Programa de Mantenimiento Rutinario (PMR), los contratistas han debido respaldar la mezcla asfáltica colocada mediante un informe de diseño de mezcla. El procedimiento de trámite usual es la recepción del informe de diseño de mezcla previo a su aplicación generalizada en la planta, siendo remitido por el ingeniero de proyecto al LANAMME, para un análisis detallado de la información presentada. Finalmente, el LANAMME emite un criterio referente al tipo y calidad de la información incluida en el informe, que sirve de base para la aceptación o aceleración de los informes de diseño de mezcla.

10.1.1 CONCEPTO DE DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezcla es un documento profesional, donde el contratista establece la fórmula de trabajo a utilizar (características y proporciones de agregado, en diferentes tamaños, y de ligantes asfálticos) en la producción de mezcla asfáltica, para un proyecto particular.

Las funciones del diseño de mezcla son:

- Certificar la calidad del agregado de diseño, desde el punto de vista de las pruebas de aceptación especificadas.
- Certificar la calidad del ligante asfáltico, desde el punto de vista de la normativa vigente para ligantes asfálticos (reglamento técnico RTCR 248:1997), en cuanto a las pruebas de aceptación.
- Certificar la calidad de la mezcla asfáltica diseñada, verificando el cumplimiento de las especificaciones contractuales (especificaciones especiales y CR-77).
- Establecer la dosificación correspondiente a las propiedades de diseño. Debe establecerse la granulometría correspondiente al agregado de diseño, así como el contenido de ligante asfáltico para un desempeño óptimo de la mezcla asfáltica.

- Verificación de la homogeneidad en la producción de mezcla asfáltica. Dado que el diseño de mezcla representa el objetivo de la actividad productiva de la planta.
- Aplicación de criterios de aceptación, penalización y rechazo. En caso de existir discrepancias significativas entre el diseño de mezcla y la producción real de la planta, sin que se logren las correspondientes modificaciones en la fórmula de trabajo.

10.1.2 REQUISITOS DE INFORMACION EN EL DISEÑO DE MEZCLA

Los requisitos de información mínima que debe contener el informe de diseño de mezcla se presentan en la Tabla No. 10-1.

Tabla No. 10-1: Requisitos de información mínima en el informe de diseño de mezcla.

| TIPO DE INFORMACION | DETALLES |
|--------------------------|--|
| Información general | Responsables (contratista y laboratorio), fecha de vigencia, características de la materia prima (pruebas de aceptación, cantidades, fuentes), técnicas de muestreo de los materiales, normas de ensayos. |
| Ligantes asfálticos | Fecha de compra, cantidad disponible, certificado de calidad, temperaturas de compactación y mezclado. |
| Agregados de apilamiento | Proporciones de combinación, análisis de fuentes de material (abrasión e índice de plasticidad). |
| Agregado de diseño | Granulometría de diseño, propiedades del agregado grueso y del agregado fino de acuerdo con los requisitos de aceptación. |
| Mezcla asfáltica | Curvas de diseño para los parámetros Marshall, indicación del contenido óptimo de asfalto, evaluación de especificaciones contractuales para el óptimo de asfalto, evaluación de la durabilidad de la mezcla (estabilidad retenida y resistencia a la compresión uniaxial retenida). |

10.1.3 INFORMES DE DISEÑO DE MEZCLA PRESENTADOS

La información básica de remisión para los informes de diseño de mezcla presentados en el período de mayo a octubre de 1998, para el Programa de Mantenimiento Rutinario se presenta en la Tabla No. 10-2.

TABLA No. 10-2: Informes de diseño de mezcla para el período de mayo a octubre de 1998 para el Programa de Mantenimiento Rutinario.

| PLANTA | PROFESIONAL RESPONSABLE DEL CONTRATISTA | FECHA DE REMISION | LABORATORIO RESPONSABLE | FECHA DEL INFORME DE LABORATORIO |
|----------|---|-------------------|-------------------------|----------------------------------|
| COMESA | Ing. V. Vílchez, COMESA. | 19-junio-98 | CACISA | 16-junio-98 |
| COMESA | Ing. V. Vílchez, COMESA | 9-setiembre-98 | CACISA | 8-setiembre-98 |
| PEDREGAL | Ing. Juan J. López, MECO | 9-octubre-98 | VIETO | 26-abril-98 |

10.1.4 RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA PRESENTADOS

Las Tablas No. 10-3, 10-4 y 10-5 presentan el resumen de la información presentada en los informes de diseño de mezcla aportados por los contratistas del Programa de Mantenimiento Rutinario durante el período de mayo a octubre de 1998.

TABLA No. 10-3: Resumen de diseño de mezcla para la Planta COMESA, presentado el 19 de junio de 1998.

| | |
|--------------------------|--------------|
| PLANTA | COMESA |
| FECHA DEL INFORME | 16-junio-98 |
| FECHA DE VIGENCIA | Se desconoce |

FORMULA DE TRABAJO

| GRANULOMETRIA | | | |
|----------------------|------------------|--------------------|-----|
| TAMIZ | % PASANDO | TOLERANCIAS | |
| 19 mm | 100 | 100 | 100 |
| 9.5 mm | 82 | 77 | 87 |
| No. 4 | 55 | 51 | 59 |
| No. 8 | 37 | 35 | 41 |
| No. 50 | 12 | 10 | 16 |
| No. 200 | 5 | 3 | 7 |

| PORCENTAJE DE ASFALTO | | | |
|------------------------------|------------------|--------------------|-------|
| ITEM | CONTENIDO | TOLERANCIAS | |
| POR PESO DE AGREGADO | 7.20% | 6.70% | 7.70% |
| POR PESO TOTAL DE MEZCLA | 6.72% | 6.22% | 7.22% |

TABLA No. 10-3 (CONTINUACIÓN): Resumen de diseño de mezcla para la Planta COMESA, presentado el 19 de junio de 1998.

PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA

| PROPIEDAD | RESULTADO | TOLERANCIA | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|--|
| DENSIDAD | 2270 kg/m ³ | | |
| ESTABILIDAD | 1425 kg | | |
| FLUJO | 33.0 | | |
| V.A.M. | 20.2 % | | |
| V.F.A. | 78 % | | |
| % VACIOS EN MEZCLA | 4.1 % | | |
| POLVO / ASFALTO | 0.74 | | |
| ESTABILIDAD RETENIDA | N.I. | | |
| RESISTENCIA COMP. UNIAXIAL | 36.5 kg/cm ² | | |
| RESISTENCIA RETENIDA | 91.0 % | | |

PROPIEDADES DEL AGREGADO

| ITEM | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|-------------|------------------------|----------------------------|
| FUENTE | Tajo Pizote (52 %) | Quebrador Esmeralda (48 %) |
| TIPO | Finos | Finos e intermedios. |

| PROPIEDAD | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|-----------------------|------------------------|----------------------|
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 2.640 | 2.660 |
| ABSORCION | 1.44 % | 1.05 % |
| ABRASION | N.I. | |
| PERDIDA POR SANIDAD | N.I. | N.I. |
| INDICE DE DURABILIDAD | N.I. | N.I. |
| CARAS FRACTURADAS | N.I. | |
| CARBONATOS SOLUBLES | N.I. | |
| EQUIVALENTE DE ARENA | | N.I. |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | N.I. |

TABLA No. 10-3 (CONTINUACIÓN): Resumen de diseño de mezcla para la Planta COMESA, presentado el 19 de junio de 1998.

PROPIEDADES DEL LIGANTE

| ITEM | VALOR |
|----------------------------|-------------|
| TIPO | AC-20 |
| VISCOSIDAD ABSOLUTA A 60°C | 1964 Poises |
| PENETRACION A 25°C | 73 |
| TEMPERATURA MEZCLADO | 154°C ± 2°C |
| TEMPERATURA COMPACTACION | 145 ± 2°C |

TABLA No. 10-4: Resumen de diseño de mezcla para la Planta COMESA, presentado el 9 de setiembre de 1998.

| | |
|-------------------|----------------|
| PLANTA | COMESA |
| FECHA DEL INFORME | 8-setiembre-98 |
| FECHA DE VIGENCIA | Se desconoce |

FORMULA DE TRABAJO

| GRANULOMETRIA | | | |
|---------------|-----------|-------------|-----|
| TAMIZ | % PASANDO | TOLERANCIAS | |
| 19 mm | 100 | 100 | 100 |
| 9.5 mm | 84 | 79 | 89 |
| No. 4 | 54 | 50 | 58 |
| No. 8 | 42 | 38 | 46 |
| No. 50 | 16 | 12 | 20 |
| No. 200 | 7 | 5.0 | 8.0 |

| PORCENTAJE DE ASFALTO | | | |
|--------------------------|-----------|-------------|------|
| ITEM | CONTENIDO | TOLERANCIAS | |
| POR PESO DE AGREGADO | 6.70 | 6.20 | 7.20 |
| POR PESO TOTAL DE MEZCLA | 6.30 | 5.80 | 6.80 |

TABLA No. 10-4 (continuación): Resumen de diseño de mezcla para la Planta COMESA, presentado el 9 de setiembre de 1998.

PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA

| PROPIEDAD | RESULTADO | TOLERANCIA | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|--|
| DENSIDAD | 2318 kg/m ³ | | |
| ESTABILIDAD | 1510 kg | | |
| FLUJO | 31.5 | | |
| V.A.M. | 15.2 % | | |
| V.F.A. | 71.6 % | | |
| % VACIOS EN MEZCLA | 4.3 % | | |
| POLVO / ASFALTO | 1.1 | | |
| ESTABILIDAD RETENIDA | No reportado | | |
| RESISTENCIA COMP. UNIAXIAL | 39.8 kg/cm ² | | |
| RESISTENCIA RETENIDA | 83.0 % | | |

Nota: se desconocen los vacíos por especimen en la prueba de resistencia a la compresión uniaxial retenida.

PROPIEDADES DEL AGREGADO

| ITEM | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|-------------|------------------------|----------------------|
| FUENTE | Orosi | Pizote |
| TIPO | No indicado | No indicado |

| PROPIEDAD | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO |
|-----------------------|----------------------|------------------------|
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 2.54 | No indicado |
| ABSORCION | 2.16 % | No indicado |
| ABRASION | No indicado | |
| PERDIDA POR SANIDAD | No indicado | No indicado |
| INDICE DE DURABILIDAD | No indicado | No indicado |
| CARAS FRACTURADAS | No indicado | |
| CARBONATOS SOLUBLES | No indicado | |
| EQUIVALENTE DE ARENA | | No indicado |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | No indicado |

TABLA No. 10-4 (continuación): Resumen de diseño de mezcla para la Planta COMESA, presentado el 9 de setiembre de 1998.

PROPIEDADES DEL LIGANTE

| ITEM | VALOR |
|----------------------------|--------------|
| TIPO | AC-20 |
| VISCOSIDAD ABSOLUTA A 60°C | 2053 Poises |
| PENETRACION A 25°C | 83 |
| TEMPERATURA MEZCLADO | 148°C |
| TEMPERATURA COMPACTACION | 143°C |

TABLA No 10-5: Resumen de diseño de mezcla para la Planta Pedregal, presentado el 9 de octubre de 1998.

| | |
|--------------------------|---------------|
| PLANTA | PEDREGAL |
| FECHA DEL INFORME | 26-abril-1998 |
| FECHA DE VIGENCIA | Se desconoce |

FORMULA DE TRABAJO

| GRANULOMETRIA | | | |
|----------------------|------------------|--------------------|-----|
| TAMIZ | % PASANDO | TOLERANCIAS | |
| 19 mm | 100 | 100 | 100 |
| 9.5 mm | 85 | 80 | 90 |
| No. 4 | 60 | 56 | 64 |
| No. 8 | 41 | 37 | 45 |
| No. 50 | 14 | 10 | 18 |
| No. 200 | 6.6 | 4.6 | 8.0 |

TABLA No 10-5(continuación): Resumen de diseño de mezcla para la Planta Pedregal, presentado el 9 de octubre de 1998.

| PORCENTAJE DE ASFALTO | | | |
|------------------------------|------------------|--------------------|-------|
| ITEM | CONTENIDO | TOLERANCIAS | |
| POR PESO DE AGREGADO | 7.65% | 7.15% | 8.15% |
| POR PESO TOTAL DE MEZCLA | 7.10% | 6.60% | 7.60% |

PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA

| PROPIEDAD | RESULTADO | TOLERANCIA | |
|--------------------------------------|------------------------|-------------------|--|
| DENSIDAD | 2225 kg/m ³ | | |
| ESTABILIDAD | 1275 kg | | |
| FLUJO | 33 | | |
| V.A.M. | 19.0 % | | |
| V.F.A. | 75% | | |
| % VACIOS EN MEZCLA | 4.4% | | |
| POLVO / ASFALTO | 0.9 | | |
| ESTABILIDAD RETENIDA | 80% | | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL | 33.6 Kg/m ² | | |
| RESISTENCIA RETENIDA | 77% | | |

PROPIEDADES DEL AGREGADO

| ITEM | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|-------------|------------------------|----------------------|
| FUENTE | Pedregal – Belén | Pedregal – Belén |
| TIPO | Quinta | Polvo de Piedra |

TABLA No 10-5(continuación): Resumen de diseño de mezcla para la Planta Pedregal, presentado el 9 de octubre de 1998.

| PROPIEDAD | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|-----------------------|------------------------|----------------------|
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 2.468 | 2.598 |
| ABSORCION | 3.5 % | 1.6 % |
| ABRASION | 23.5 % | |
| PERDIDA POR SANIDAD | 0.3 % | 3.4 % |
| INDICE DE DURABILIDAD | 87 | 95 |
| | 100 % | |
| | 2.4 % | |
| EQUIVALENTE DE ARENA | | 65 % |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | No presenta |

PROPIEDADES DEL LIGANTE

| ITEM | VALOR |
|----------------------------|--------------------|
| TIPO | AC-20 |
| VISCOSIDAD ABSOLUTA A 60°C | No hay información |
| PENETRACION A 25°C | No hay información |
| TEMPERATURA MEZCLADO | 158 - 162°C |
| TEMPERATURA COMPACTACION | 153 - 157°C |

10.1.5. COMENTARIOS RESPECTO A LOS INFORMES DE DISEÑO DE MEZCLA PRESENTADOS

Los siguientes comentarios se refieren a la generalidad de informes de diseño de mezcla presentadas a lo largo del proyecto, enfatizando los casos de los informes presentados ente mayo y octubre de 1998. Debe destacarse que existen casos donde sí se da el cumplimiento de algunos o muchos de los siguientes aspectos.

- Carencia de información respecto a las cantidades de agregado y ligante asfáltico disponibles.

- Carencia de información respecto a las pruebas de aceptación para el agregado de diseño.
- No evaluación de las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica: estabilidad retenida y/o resistencia a la compresión uniaxial retenida, especificando el contenido de vacíos.
- Proximidad a extremos en los rangos de especificación, lo cual determina rangos de tolerancia reducidos e incumplimientos más frecuentes en los parámetros de calidad. Por ejemplo, diseños para un 10% de agregado pasando la malla No. 50, mientras que el rango de especificación va de a 10 a 20%.

10.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

El LANAMME ha realizado ensayos de verificación de la calidad para las obras del Programa de Mantenimiento Rutinario durante el período de mayo a octubre de 1998, tal como se ha realizado desde el inicio del programa en abril de 1997.

10.2.1 PROPOSITO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Los muestreos y análisis de laboratorio ejecutados por el LANAMME, para el Programa de Mantenimiento Rutinario, se han orientado a satisfacer los siguientes propósitos:

- Verificación de los resultados de laboratorio incorporados por los contratistas en sus informes de control de calidad (auto-control).
- Información rutinaria sobre las propiedades de aceptación de la mezcla asfáltica, producida y colocada, con el propósito de establecer criterios de aceptación, penalización y rechazo.
- Evaluación histórica de los parámetros de calidad por licitación (contrato) y por planta.

10.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL MUESTREO

Se han realizado muestreos de los siguientes tipos de materiales:

- Agregado. Fundamentalmente de bache seco, muestreado en planta y con el propósito de verificar las propiedades del agregado de diseño, así como su granulometría. En algunas ocasiones se ha realizado un muestreo de agregado de apilamiento, con el propósito de evaluar cambios en las fuentes de agregado y verificar los resultados de los ensayos de aceptación.
- Ligante asfáltico. Tomado de los tanques de las plantas, con el propósito de verificar sus propiedades.
- Mezcla asfáltica. Tomada en planta, siguiendo criterios de selección aleatoria. Ocasionalmente se han tomado muestras en el sitio de las obras, con el propósito de complementar los muestreos en planta, aunque en una menor cantidad.

Nota: además se han realizado determinaciones de compactación en sitio, utilizando densímetros nucleares de capa delgada, cuyas determinaciones son validadas periódicamente por medio de la extracción de núcleos.

10.2.3 TIPOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Las pruebas realizadas se clasifican de acuerdo con los siguientes criterios:

- Pruebas de aceptación. Realizadas para evaluar las características de la materia prima utilizada en la producción de mezcla asfáltica (especificaciones), así como para juzgar el cumplimiento de las especificaciones de la mezcla asfáltica.
- Pruebas de verificación. Realizadas para verificar el cumplimiento de las tolerancias del diseño de mezcla, así como para analizar la uniformidad de la producción de mezcla asfáltica.

10.2.3.1 Ensayos de aceptación para el agregado grueso

- Abrasión, índice de durabilidad
- Caras fracturadas
- Pérdida por sanidad
- Carbonatos solubles
- Granulometría, gravedad específica y absorción

10.2.3.2 Ensayos de aceptación para el agregado fino

- Índice de plasticidad
- Pérdida por sanidad
- Índice de durabilidad
- Equivalente de arena
- Granulometría, gravedad específica y absorción

10.2.3.3 Ensayos de aceptación para el ligante asfáltico

- Viscosidad absoluta a 60°C
- Viscosidad cinemática a 135°C
- Penetración y ductilidad a 25°C
- Pérdida de masa por calentamiento en el horno de película delgada
- Propiedades del asfalto residual en la pérdida de masa por calentamiento en el horno de película delgada: viscosidad absoluta a 60 C, penetración a 25 C, ductilidad a 25 C

Nota: ocasionalmente se ha realizado la prueba de cromatografía columnar, para determinar los porcentajes de saturados, asfaltenos, resinas y aromáticos.

10.2.3.4 Ensayos de aceptación para la mezcla asfáltica

- Resistencia a la compresión uniaxial retenida
- Estabilidad retenida

10.2.3.5 Ensayos de verificación para la mezcla asfáltica

- Parámetros Marshall: estabilidad, flujo, densidad, vacíos en la mezcla y gravedad específica máxima teórica.
- Propiedades volumétricas: vacíos en el agregado mineral (VAM) y vacíos llenos con asfalto (VFA).
- Dosificación: contenido de asfalto, granulometría y razón polvo - asfalto.
- Razón de propiedades de servicio (RPS) y razón de construcción satisfactoria (RCS).
- Densidad y vacíos en sitio.

10.2.4 RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS

Las cantidades totales de ensayos de laboratorio realizados para el período de mayo a octubre de 1998 se presentan en la Tabla No. 10-6.

TABLA No. 10-6: Cantidades totales de ensayos realizados para el Programa de Mantenimiento Rutinario, mayo - octubre 1998.

| | LICITACIONES | | | | |
|--|--------------|--------|--------|---------|---------|
| | No. 42 | No. 38 | No. 40 | No. 37 | No. 39 |
| Contratista | MECO | COMESA | COMESA | CONANSA | CONANSA |
| Parámetros Marshall | 3 | 15 | 2 | 6 | 2 |
| Contenido de asfalto | 2 | 10 | 2 | 3 | 4 |
| Granulometría | 2 | 10 | 2 | 3 | 5 |
| Determinaciones de compactación en sitio | 44 | 25 | 22 | 25 | 31 |

10.2.5 BASE DE DATOS DE ENSAYOS REALIZADOS

Los resultados de laboratorio para el período de mayo a octubre de 1998 se presentan en las Tablas No. 10-7, 10-8, 10-9, 10-10 y 10-11.

Tabla No. 10-7: Base de datos de mezcla asfáltica para la licitación No. 42 -96, mayo a octubre 1998.

| Licitación: 42-96 | | Diseño de mezcla vigente | | 58 | 74 | 79 | 83 |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | ABRIL 1998 | | | | | |
| | | Valor diseño | Tolerancia / especificación | | | | |
| Muestra No. | | | | 26-May-98 | 11-Jun-98 | 12-Jun-98 | 17-Jun-98 |
| Fecha | | | | | | | |
| Propiedades | UNIDADES | | | | | | |
| Estabilidad | Kg | 1043 | > 700 | - | 1265 | 1628.2 | 1002 |
| Flujo | (1/100)cm | 43 | 20 - 40 | - | 27 | 33 | 26 |
| Estabilidad/Flujo | Kg /m ³ | 24.3 | - | - | 47 | 49 | 39 |
| Gravedad especifica máxima teorica | | 2333 | - | - | 2482 | 2377 | 2372 |
| Densidad | % | 2214 | - | - | 2362 | 2262 | 2204 |
| Vacios en la mezcla | % | 4.1 | 3 - 5 | - | 4.8 | 4.8 | 7.1 |
| V.A.M. | % | 19 | >12 | - | 18.1 | 11.62 | 14.21 |
| V.F.A. | % | 79 | 65 - 75 | - | 73.5 | 58.7 | 65 |
| Resistencia Retenida | % | - | > 75 | 61.3 | 81.7 | 77.3 | 65 |
| Estabilidad Retenida | % | N.I. | > 75 | - | - | - | - |
| Resistencia compresión uniaxial | kg | - | - | 5409 | 4546 | 5348 | 5409 |
| Relación Polvo / Asfalto | % | - | 0.6 - 1.3 | - | 1.47 | 2.15 | 1.37 |
| Contenido asf. sobre mezcla | % | 7.1 | 6,6 -7,6 | - | 4.62 | 5.02 | 5.38 |
| Contenido asf. sobre agregado | % | 7.5 | 7 - 8 | - | 4.84 | 5.29 | 5.69 |
| Contenido de ceniza | % | - | - | - | 0.35 | 1.53 | 0.75 |
| Contenido de agua | % | - | - | - | 0.2 | 0.37 | 0.29 |
| Agregados (% pasando) | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | % | 100 | 100 | - | 100 | 100 | 100 |
| Malla 19.0 mm (3/4") | % | 100 | 100 | - | 100 | 100 | 99 |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | % | 75 | 70 - 80 | - | 80 | 89 | 83 |
| Malla N° 4 | % | 58 | 54 - 62 | - | 59 | 62 | 50 |
| Malla N° 8 | % | 40 | 36 - 44 | - | 44 | 42 | 31 |
| Malla N° 50 | % | 14 | 10 - 18 | - | 15 | 17 | 12 |
| Malla N° 200 | % | 7 | 6 - 8 | - | 7 | 10.8 | 7.4 |

Nota: (-) : No se realiza

(PEND.) : Prueba en proceso.

Tabla No. 10-7: Base de datos de mezcla asfáltica para la licitación No. 42 -96, mayo a octubre 1998.
(Continuación)

| | | Diseño de mezcla vigente | | 105 | 150 | 166 | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|--|--|
| | | Valor diseño | Tolerancia / especificación | | | | | |
| Muestra No. | | | | | | | | |
| Fecha | | | | 25-Jun-98 | 05-Aug-98 | 05-Aug-98 | | |
| | | | | | | | | |
| Propiedades | UNIDADES | | | | | | | |
| Estabilidad | Kg | 1043 | > 700 | 946 | 1304 | 1806 | | |
| Flujo | (1/100)cm | 43 | 20 - 40 | 39 | 37 | 33 | | |
| Estabilidad/Flujo | Kg /m ³ | 24.3 | - | 24 | 35 | 55 | | |
| Gravedad específica máxima teorica | | 2333 | - | 2358 | 2376 | 2357 | | |
| Densidad | % | 2214 | - | 2245 | 2232 | 2320 | | |
| Vacios en la mezcla | % | 4.1 | 3 - 5 | 4.8 | 6.1 | 1.6 | | |
| V.A.M. | % | 19 | >12 | 12.28 | 12.01 | - | | |
| V.F.A. | % | 79 | 65 - 75 | 60.91 | 49.23 | - | | |
| Resistencia Retenida | % | - | > 75 | - | 68.3 | 61.7 | | |
| Estabilidad Retenida | % | N.I. | > 75 | 89.2 | - | 83.1 | | |
| Resistencia compresión uniaxial | kg | - | - | - | 3473 | 4422 | | |
| Relación Polvo / Asfalto | % | - | 0.6 - 1.3 | 1.74 | 1.44 | - | | |
| Contenido asf. sobre mezcla | % | 7.1 | 6,6 -7,6 | 5.01 | 5.12 | - | | |
| Contenido asf. sobre agregado | % | 7.5 | 7 - 8 | 5.27 | 5.39 | - | | |
| Contenido de ceniza | % | - | - | 1.14 | 1.34 | - | | |
| Contenido de agua | % | - | - | 0.28 | 0.12 | - | | |
| Agregados (% pasando) | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | % | 100 | 100 | 100 | - | - | | |
| Malla 19.0 mm (3/4") | % | 100 | 100 | 100 | - | - | | |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | % | 75 | 70 - 80 | 81 | - | - | | |
| Malla N° 4 | % | 58 | 54 - 62 | 58 | - | - | | |
| Malla N° 8 | % | 40 | 36 - 44 | 31 | - | - | | |
| Malla N° 50 | % | 14 | 10 - 18 | 13 | - | - | | |
| Malla N° 200 | % | 7 | 6 - 8 | 9 | - | - | | |

Nota: (-) : No se realiza
(PEND.) : Prueba en proceso.

Tabla No. 10 - 8: Base de datos de mezcla asfáltica para la licitación No. 38 -96, mayo a octubre 1998.

| Licitación: 38-96 | | Diseño de mezcla vigente | | 733 | 740 | 770 | 769 |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 26 JUNIO 1998 | | | | | |
| | | Valor diseño | Tolerancia / especificación | | | | |
| Muestra No. | | | | 30-Mar-98 | 03-Apr-98 | 01-Jul-98 | 06-Jul-98 |
| Fecha | | | | | | | |
| Propiedades | UNIDADES | | | | | | |
| Estabilidad | Kg | 1425 | > 700 | 1829 | 2267 | 1187 | 1133 |
| Flujo | (1/100)cm | 33 | 20 - 40 | 35 | 35 | 44 | 47 |
| Estabilidad/Flujo | Kg /m ³ | 43.2 | - | 52.26 | 64.77 | 26.98 | 24.11 |
| Gravedad específica máxima teorica | | 2400 | - | 2422 | 2418 | 2380 | 2367 |
| Densidad | % | 2270 | - | 2330 | 2322 | 2296 | 2302 |
| Vacios en la mezcla | % | 4.1 | 3 - 5 | 3.8 | 4.0 | 3.5 | 2.8 |
| V.A.M. | % | 20.2 | >12 | 10 | 11 | - | 13.1 |
| V.F.A. | % | 78 | 65 - 75 | 63.1 | 57.3 | - | 78.7 |
| Resistencia Retenida | % | 91 | > 75 | - | - | - | - |
| Estabilidad Retenida | % | N.I. | > 75 | - | - | - | - |
| Resistencia compresión uniaxial | kg | - | - | - | - | - | - |
| Relación Polvo / Asfalto | % | 0.74 | 0.6 - 1,3 | 1.14 | 1.29 | - | 1.11 |
| Contenido asf. sobre mezcla | % | 6.72 | 6,22 - 7,22 | 5.12 | 5.19 | - | 7.19 |
| Contenido asf. sobre agregado | % | 7.2 | 6,7 - 7,7 | 5.39 | 5.47 | - | 7.74 |
| Contenido de ceniza | % | - | - | 0.42 | 0.33 | - | 0.1 |
| Contenido de agua | % | - | - | 0.05 | 0.09 | - | 0.11 |
| Agregados (% pasando) | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | % | 100 | 100 | 100 | 100 | - | 100 |
| Malla 19.0 mm (3/4") | % | 100 | 100 | 100 | 100 | - | 100 |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | % | 82 | 77 - 87 | 82 | 86 | - | 88 |
| Malla N° 4 | % | 55 | 51 - 59 | 49 | 53 | - | 63 |
| Malla N° 8 | % | 37 | 35 - 41 | 36 | 39 | - | 45 |
| Malla N° 50 | % | 12 | 10 - 16 | 15 | 16 | - | 18 |
| Malla N° 200 | % | 5 | 3 - 7 | 5.9 | 6.7 | - | 7.9 |

Nota: (-) : No se realiza
(PEND.) : Prueba en proceso.

Tabla No. 10 - 8: Base de datos de mezcla asfáltica para la licitación No. 38 -96, mayo a octubre 1998.
(Continuación)

| Licitación: 38 - 96 | | Diseño de mezcla vigente | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|--|--|--|--|
| | | Valor diseño | Tolerancia / especificación | | | | | |
| Muestra No. | | | | 764 | | | | |
| Fecha | | | | 23-Jul-98 | | | | |
| Propiedades | UNIDADES | | | | | | | |
| Estabilidad | Kg | 1425 | > 700 | 1151 | | | | |
| Flujo | (1/100)cm | 33 | 20 - 40 | 53 | | | | |
| Estabilidad/Flujo | Kg /m ³ | 43.2 | - | 21.72 | | | | |
| Gravedad especifica máxima teorica | | 2400 | - | 2369 | | | | |
| Densidad | % | 2270 | - | 2316 | | | | |
| Vacios en la mezcla | % | 4.1 | 3 - 5 | 2.2 | | | | |
| V.A.M. | % | 20.2 | >12 | 14.6 | | | | |
| V.F.A. | % | 78 | 65 - 75 | 67.2 | | | | |
| Resistencia Retenida | % | 91 | > 75 | - | | | | |
| Estabilidad Retenida | % | N.I. | > 75 | - | | | | |
| Resistencia compresión uniaxial | kg | - | - | - | | | | |
| Relación Polvo / Asfalto | % | 0.74 | 0.6 - 1,3 | 1.24 | | | | |
| Contenido asf. sobre mezcla | % | 6.72 | 6,22 - 7,22 | 6.84 | | | | |
| Contenido asf. sobre agregado | % | 7.2 | 6,7 - 7,7 | 7.34 | | | | |
| Contenido de ceniza | % | - | - | 0.34 | | | | |
| Contenido de agua | % | - | - | 0.27 | | | | |
| Agregados (% pasando) | | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | % | 100 | 100 | 100 | | | | |
| Malla 19.0 mm (3/4") | % | 100 | 100 | 100 | | | | |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | % | 82 | 77 - 87 | 84 | | | | |
| Malla N° 4 | % | 55 | 51 - 59 | 58 | | | | |
| Malla N° 8 | % | 37 | 35 - 41 | 41 | | | | |
| Malla N° 50 | % | 12 | 10 - 16 | 18 | | | | |
| Malla N° 200 | % | 5 | 3 - 7 | 8.5 | | | | |

Nota: (-) : No se realiza
(PEND.) : Prueba en proceso.

Tabla No. 10 - 9: Base de datos de mezcla asfáltica para la licitación No. 40 -96, mayo a octubre 1998.

| Licitación: 40-96 | | Diseño de mezcla vigente | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|--|--|
| | | 26 JUNIO 1998 | | 771 | 766 | | |
| | | Valor diseño | Tolerancia / especificación | 01-Jul-98 | 24-Jul-98 | | |
| Muestra No. | | | | | | | |
| Fecha | | | | | | | |
| Propiedades | | UNIDADES | | | | | |
| Estabilidad | Kg | 1425 | > 700 | 1192 | 1011 | | |
| Flujo | (1/100)cm | 33 | 20 - 40 | - | - | | |
| Estabilidad/Flujo | Kg /m ³ | 43.2 | - | - | - | | |
| Gravedad especifica máxima teorica | | 2400 | - | 2384 | 2352 | | |
| Densidad | % | 2270 | - | 2303 | 2305 | | |
| Vacios en la mezcla | % | 4.1 | 3 - 5 | 3.4 | 2 | | |
| V.A.M. | % | 20.2 | >12 | 12.3 | 15.4 | | |
| V.F.A. | % | 78 | 65 - 75 | 72.5 | 71.4 | | |
| Resistencia Retenida | % | 91 | > 75 | - | - | | |
| Estabilidad Retenida | % | N.I. | > 75 | - | - | | |
| Resistencia compresión uniaxial | kg | - | - | - | - | | |
| Relación Polvo / Asfalto | % | 0.74 | 0.6 - 1,3 | 1.33 | 1.24 | | |
| Contenido asf. sobre mezcla | % | 7.2 | 6,7 -7,7 | 6.37 | 7.44 | | |
| Contenido asf. sobre agregado | % | 6.72 | 6,22 - 7,22 | 6.8 | 8.04 | | |
| Contenido de ceniza | % | - | - | 0.48 | 0.32 | | |
| Contenido de agua | % | - | - | 0.22 | 0.21 | | |
| Agregados (% pasando) | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | % | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| Malla 19.0 mm (3/4") | % | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | % | 82 | 77 - 87 | 86 | 83 | | |
| Malla N° 4 | % | 55 | 51 - 59 | 58 | 58 | | |
| Malla N° 8 | % | 37 | 35 - 41 | 40 | 42 | | |
| Malla N° 50 | % | 12 | 10 - 16 | 17 | 19 | | |
| Malla N° 200 | % | 5 | 3 - 7 | 8.5 | 9.2 | | |

Nota: (-) : No se realiza
(PEND.) : Prueba en proceso.

Tabla No. 10-10: Base de datos de mezcla asfáltica para la licitación No. 37 - 96, mayo a octubre 1998.

| Licitación: 37 - 96 | | Diseño de mezcla vigente | | 709 | 761 | 776 | 796 |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | 4 MARZO 1998 | | | | | |
| | | Valor diseño | Tolerancia / especificación | | | | |
| Muestra No. | | | | 6-Mar-98 | 25-Jun-98 | 1-Jul-98 | 21-Jul-98 |
| Fecha | | | | | | | |
| Propiedades | | UNIDADES | | | | | |
| Estabilidad | Kg | 1350 | > 700 | 1743 | 1646 | 1781 | 1819 |
| Flujo | (1/100)cm | 23.6 | 20 - 40 | 32 | 38 | 35 | 32 |
| Estabilidad/Flujo | Kg /m ³ | 57.2 | - | 54.47 | 43.32 | 50.89 | 56.84 |
| Gravedad especifica máxima teorica | | - | - | 2458 | 2458 | 2482 | 2476 |
| Densidad | % | 2360 | - | 2373 | 2315 | 2366 | 2378 |
| Vacios en la mezcla | % | 4 | 3 - 5 | 3.5 | 5.8 | 4.7 | 4 |
| V.A.M. | % | 15 | >12 | 14.5 | 16.5 | 13.9 | - |
| V.F.A. | % | 75 | 65 - 75 | 75.8 | 64.9 | 66.3 | - |
| Resistencia Retenida | % | 85.7 | > 75 | - | - | - | - |
| Estabilidad Retenida | % | N.I. | > 75 | - | - | - | - |
| Resistencia compresión uniaxial | kg | 2308 | - | - | - | - | - |
| Relación Polvo / Asfalto | % | 1.23 | 0.6 - 1.3 | 1.27 | 1.44 | 1.73 | - |
| Contenido asf. sobre mezcla | % | 5.3 | 4.8 - 5.8 | 5.3 | 5.26 | 4.42 | - |
| Contenido asf. sobre agregado | % | 5.6 | 5.1 - 6.1 | 5.6 | 5.55 | 4.62 | - |
| Contenido de ceniza | % | - | - | 0.27 | 0.17 | 0.22 | - |
| Contenido de agua | % | - | - | 0.28 | 0.29 | 0.15 | - |
| Agregados (% pasando) | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | - |
| Malla 19.0 mm (3/4") | % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | - |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | % | 82 | 77 - 87 | 84 | 80 | 76 | - |
| Malla N° 4 | % | 61 | 57 - 65 | 61 | 59 | 53 | - |
| Malla N° 8 | % | 45 | 41 - 49 | 46 | 45 | 38 | - |
| Malla N° 50 | % | 13 | 10 - 17 | 15 | 17 | 15 | - |
| Malla N° 200 | % | 4.3 | 3 - 6.3 | 6.7 | 7.6 | 7.6 | - |

Nota: (-) : No se realiza
(PEND.) : Prueba en proceso.

Tabla No. 10-10: Base de datos de mezcla asfáltica para la licitación No. 37 - 96, mayo a octubre 1998.
(Continuación)

| | | Diseño de mezcla vigente | | 795 | 801 | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|--|--|
| | | Valor diseño | Tolerancia / especificación | | | | |
| Licitación: 37 - 96 | | | | | | | |
| Muestra No. | | | | | | | |
| Fecha | | | | 22-Jul-98 | 10-Aug-98 | | |
| Propiedades | | UNIDADES | | | | | |
| Estabilidad | Kg | 1350 | > 700 | 1889 | - | | |
| Flujo | (1/100)cm | 23.6 | 20 - 40 | 26 | - | | |
| Estabilidad/Flujo | Kg /m ³ | 57.2 | - | 72.65 | - | | |
| Gravedad específica máxima teorica | | - | - | 2491 | - | | |
| Densidad | % | 2360 | - | 2312 | - | | |
| Vacios en la mezcla | % | 4 | 3 - 5 | 7.2 | - | | |
| V.A.M. | % | 15 | >12 | - | - | | |
| V.F.A. | % | 75 | 65 - 75 | - | - | | |
| Resistencia Retenida | % | 85.7 | > 75 | - | - | | |
| Estabilidad Retenida | % | N.I. | > 75 | - | - | | |
| Resistencia compresión uniaxial | kg | 2308 | - | - | - | | |
| Relación Polvo / Asfalto | % | 1.23 | 0.6 - 1,3 | - | 1.28 | | |
| Contenido asf. sobre mezcla | % | 5.3 | 4.8 - 5.8 | - | 4.84 | | |
| Contenido asf. sobre agregado | % | 5.6 | 5.1 - 6.1 | - | 5.09 | | |
| Contenido de ceniza | % | - | - | - | 0.17 | | |
| Contenido de agua | % | - | - | - | 0.16 | | |
| Agregados (% pasando) | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | % | 100 | 100 | - | 100 | | |
| Malla 19.0 mm (3/4") | % | 100 | 100 | - | 100 | | |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | % | 82 | 77 - 87 | - | 79 | | |
| Malla N° 4 | % | 61 | 57 - 65 | - | 52 | | |
| Malla N° 8 | % | 45 | 41 - 49 | - | 37 | | |
| Malla N° 50 | % | 13 | 10 - 17 | - | 12 | | |
| Malla N° 200 | % | 4.3 | 3 - 6.3 | - | 6.2 | | |

Nota: (-) : No se realiza
(PEND.) : Prueba en proceso.

Tabla No. 10 - 11: Base de datos de mezcla asfáltica para la licitación No. 39 - 96, mayo a octubre 1998.

| Licitación: 39 - 96 | | Diseño de mezcla vigente 4 MARZO 1998 | | 728 | 760 | 762 | 784 |
|------------------------------------|--------------------|--|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Valor diseño | Tolerancia / especificación | | | | |
| Muestra No. | | | | 24-Mar-98 | 24-Jun-98 | 17-Jun-98 | 14-Jul-98 |
| Fecha | | | | | | | |
| Propiedades | UNIDADES | | | | | | |
| Estabilidad | Kg | 1350 | > 700 | 1743 | - | 1983 | 2271 |
| Flujo | (1/100)cm | 23.6 | 20 - 40 | 30 | - | 36 | 32 |
| Estabilidad/Flujo | Kg /m ³ | 57.2 | - | 58.10 | - | 55.08 | 70.97 |
| Gravedad específica máxima teorica | | - | - | 2483 | - | 2476 | 2463 |
| Densidad | % | 2360 | - | 2339 | - | 2335 | 2386 |
| Vacios en la mezcla | % | 4 | 3 - 5 | 5.8 | - | 5.7 | 3.1 |
| V.A.M. | % | 15 | >12 | 15.9 | - | - | - |
| V.F.A. | % | 75 | 65 - 75 | 63.5 | - | - | - |
| Resistencia Retenida | % | 85.7 | > 75 | - | - | - | 85 |
| Estabilidad Retenida | % | N.I. | > 75 | - | - | - | - |
| Resistencia compresión uniaxial | kg | 2308 | - | - | - | - | - |
| Relación Polvo / Asfalto | % | 1.23 | 0.6 - 1,3 | 1.1 | 1.48 | - | 1.33 |
| Contenido asf. sobre mezcla | % | 5.3 | 4,8 - 5,8 | 5.48 | 4.05 | - | 5.24 |
| Contenido asf. sobre agregado | % | 5.6 | 5,1 - 6,1 | 5.8 | 4.22 | - | 5.53 |
| Contenido de ceniza | % | - | - | 0.55 | 0.5 | - | 0.31 |
| Contenido de agua | % | - | - | 0.14 | 0.22 | - | 0.15 |
| Agregados (% pasando) | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | % | 100 | 100 | 100 | 100 | - | 100 |
| Malla 19.0 mm (3/4") | % | 100 | 100 | 100 | 100 | - | 100 |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | % | 82 | 77 - 87 | 86 | 77 | - | 83 |
| Malla N° 4 | % | 61 | 57 - 65 | 62 | 54 | - | 63 |
| Malla N° 8 | % | 45 | 41 - 49 | 45 | 42 | - | 46 |
| Malla N° 50 | % | 13 | 10 - 17 | 14 | 14 | - | 16 |
| Malla N° 200 | % | 4.3 | 3 - 6,3 | 6 | 6 | - | 7 |

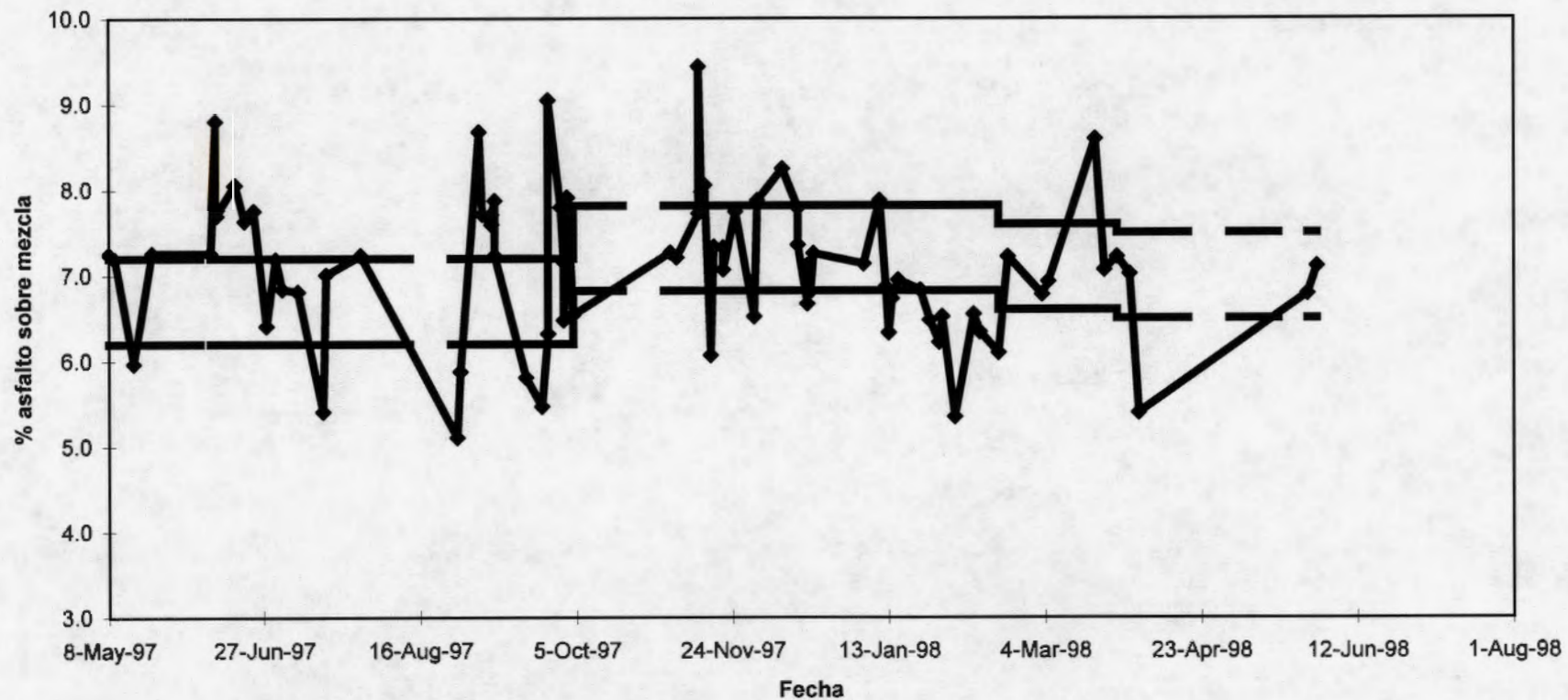
Nota: (-): No se realiza
(PEND.): Prueba en proceso.

**Tabla No. 10 - 11: Base de datos de mezcla asfáltica para la licitación No. 39 - 96, mayo a octubre 1998
(Continuación)**

| | | Diseño de mezcla vigente | | 785 | 796 | 795 | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|--|--|
| | | Valor diseño | Tolerancia / especificación | | | | | |
| Licitación: 39 - 96 | | | | | | | | |
| Muestra No. | | | | 785 | 796 | 795 | | |
| Fecha | | | | 14-Jul-98 | 21-Jul-98 | 22-Jul-98 | | |
| Propiedades | | UNIDADES | | | | | | |
| Estabilidad | Kg | 1350 | > 700 | - | - | - | | |
| Flujo | (1/100)cm | 23.6 | 20 - 40 | - | - | - | | |
| Estabilidad/Flujo | Kg /m ³ | 57.2 | - | - | - | - | | |
| Gravedad específica máxima teorica | | - | - | - | - | - | | |
| Densidad | % | 2360 | - | - | - | - | | |
| Vacios en la mezcla | % | 4 | 3 - 5 | - | - | - | | |
| V.A.M. | % | 15 | >12 | - | 13.6 | 14.8 | | |
| V.F.A. | % | 75 | 65 - 75 | - | 70.5 | 58.1 | | |
| Resistencia Retenida | % | 85.7 | > 75 | 77 | - | - | | |
| Estabilidad Retenida | % | N.I. | > 75 | - | - | - | | |
| Resistencia compresión uniaxial | kg | 2308 | - | - | - | - | | |
| Relación Polvo / Asfalto | % | 1.23 | 0.6 - 1,3 | - | 1.47 | 1.7 | | |
| Contenido asf. sobre mezcla | % | 5.3 | 4,8 - 5,8 | - | 4.48 | 4.11 | | |
| Contenido asf. sobre agregado | % | 5.6 | 5,1 - 6,1 | - | 4.69 | 4.29 | | |
| Contenido de ceniza | % | - | - | - | 0.19 | 0.2 | | |
| Contenido de agua | % | - | - | - | 0.24 | 0.27 | | |
| Agregados (% pasando) | | | | | | | | |
| Malla 25.4 mm (1 ") | % | 100 | 100 | - | 100 | 100 | | |
| Malla 19.0 mm (3/4") | % | 100 | 100 | - | 100 | 100 | | |
| Malla 9.5 mm (3/8 ") | % | 82 | 77 - 87 | - | 74 | 85 | | |
| Malla N° 4 | % | 61 | 57 - 65 | - | 49 | 56 | | |
| Malla N° 8 | % | 45 | 41 - 49 | - | 36 | 39 | | |
| Malla N° 50 | % | 13 | 10 - 17 | - | 13 | 13 | | |
| Malla N° 200 | % | 4.3 | 3 - 6,3 | - | 6.6 | 7 | | |

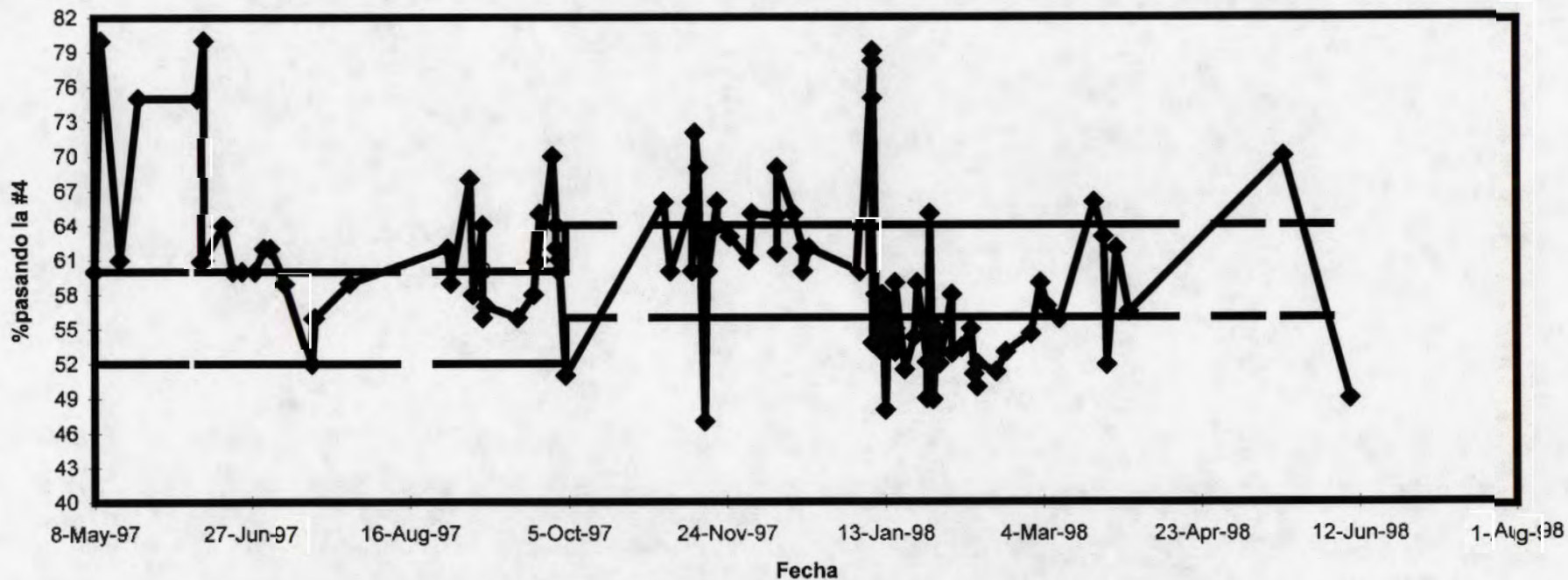
**Nota: (-) : No se realiza
(PEND.) : Prueba en proceso.**

FIGURA No.10 - 2: Grafico de tendencia histórica para porcentaje asfalto sobre mezcla. Planta Pedregal



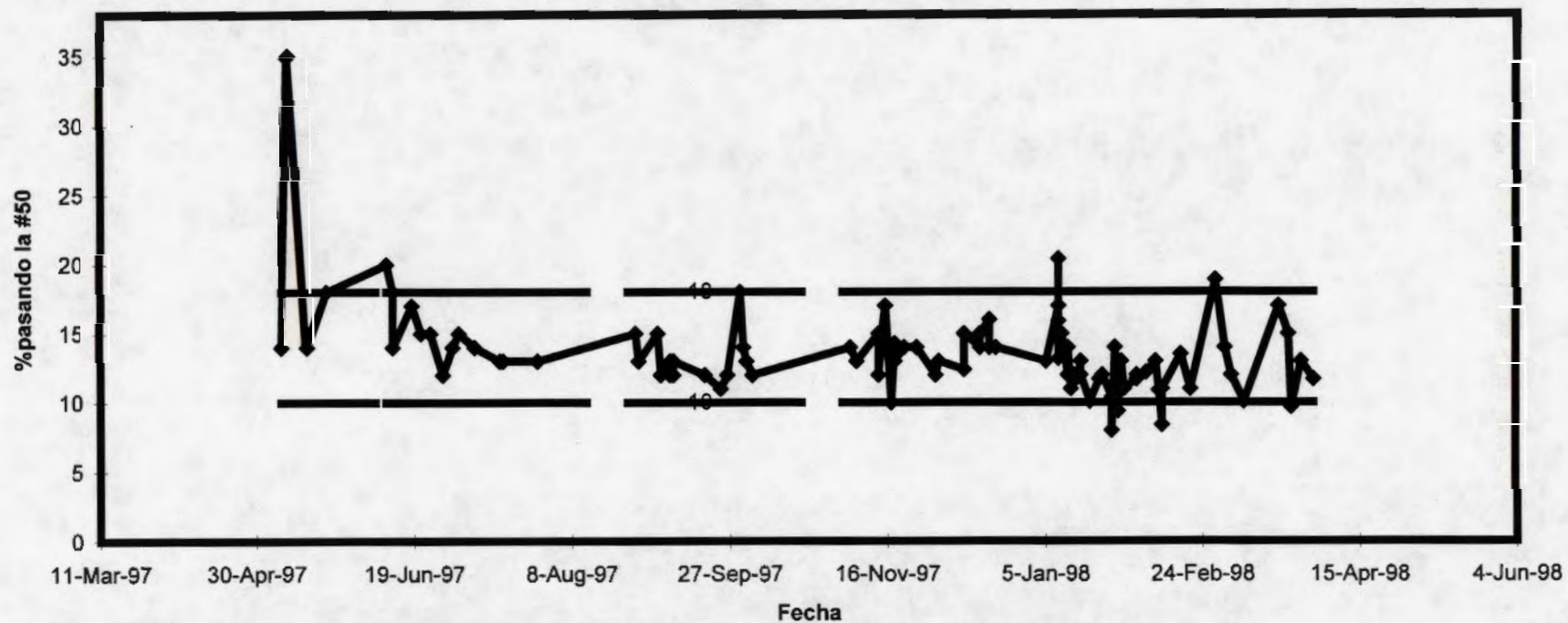
Licitaciones: 41-96(ACOSOL), 42-96, 45-96(MECO)44-96(ESCOGISA)
 Fecha última muestra: 30/05/98

FIGURA No. 10 - 3: Grafico de tendencia histórica para porcentaje agregado pasando la malla No.4. Planta Pedregal



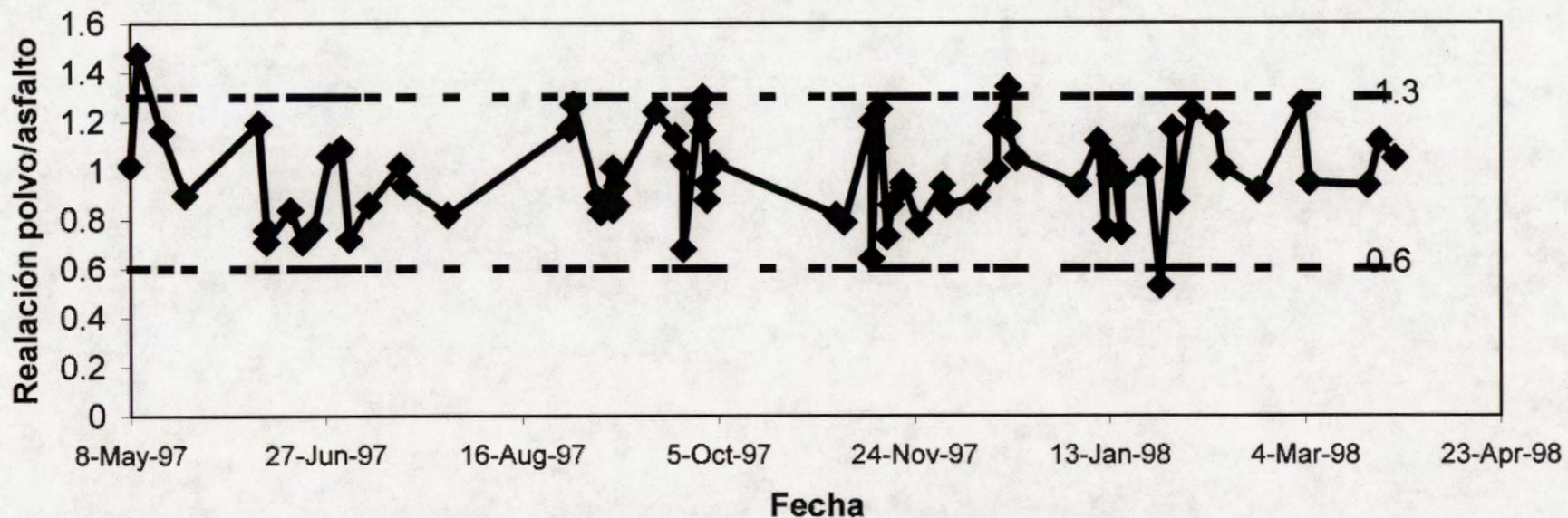
Licitaciones: 41-96(ACOSOL), 42-96, 45-96(MECO),44-96(ESCOGISA)
 Fecha última muestra: 9/06/98
 Tolerancias de acuerdo con diseño proporcionado por el contratista

FIGURA No. 10 - 4: Grafico de tendencia histórica para porcentaje agregado pasando la malla No.50. Planta Pedregal



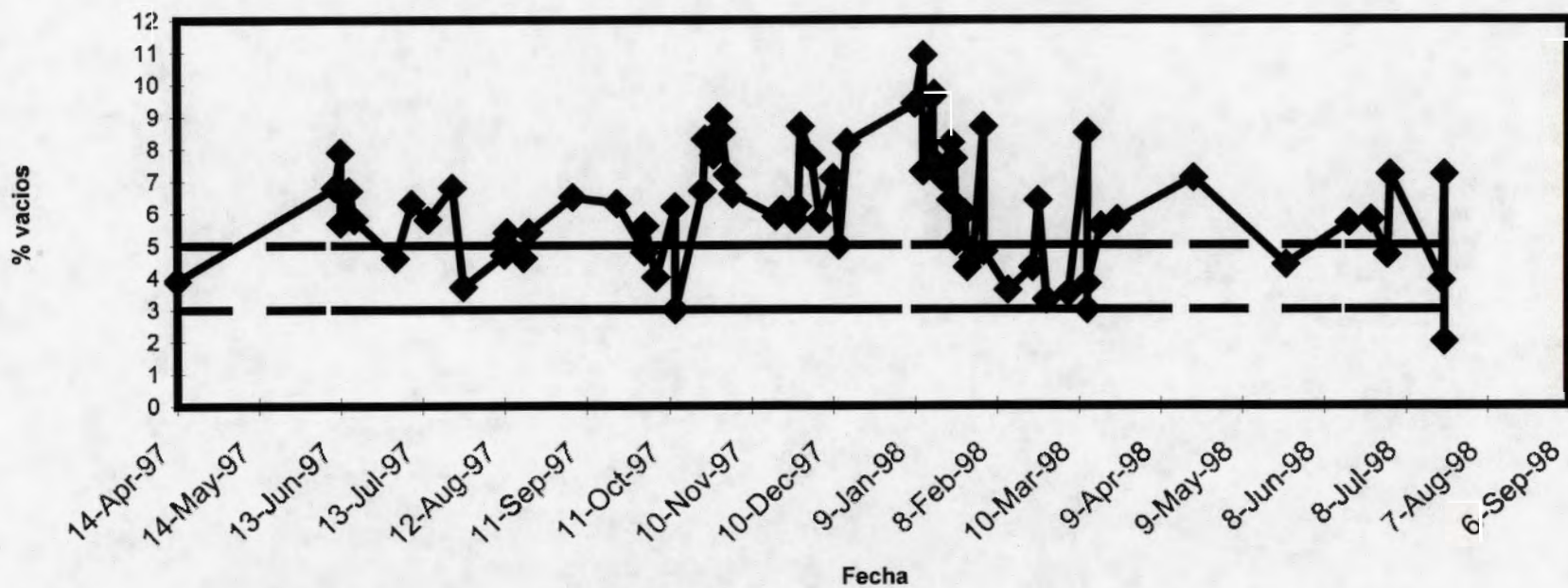
Licitaciones: 41-96(ACOSOL), 42-96, 45-96(MECO), 44-96(ESCOGISA)
 Fecha última muestra: 31/03/98
 Tolerancias: de acuerdo con diseño proporcionado por el contratista

**FIGURA No. 10 - 5: Grafico de tendencia histórica para relación polvo / asfalto
Planta Pedregal**



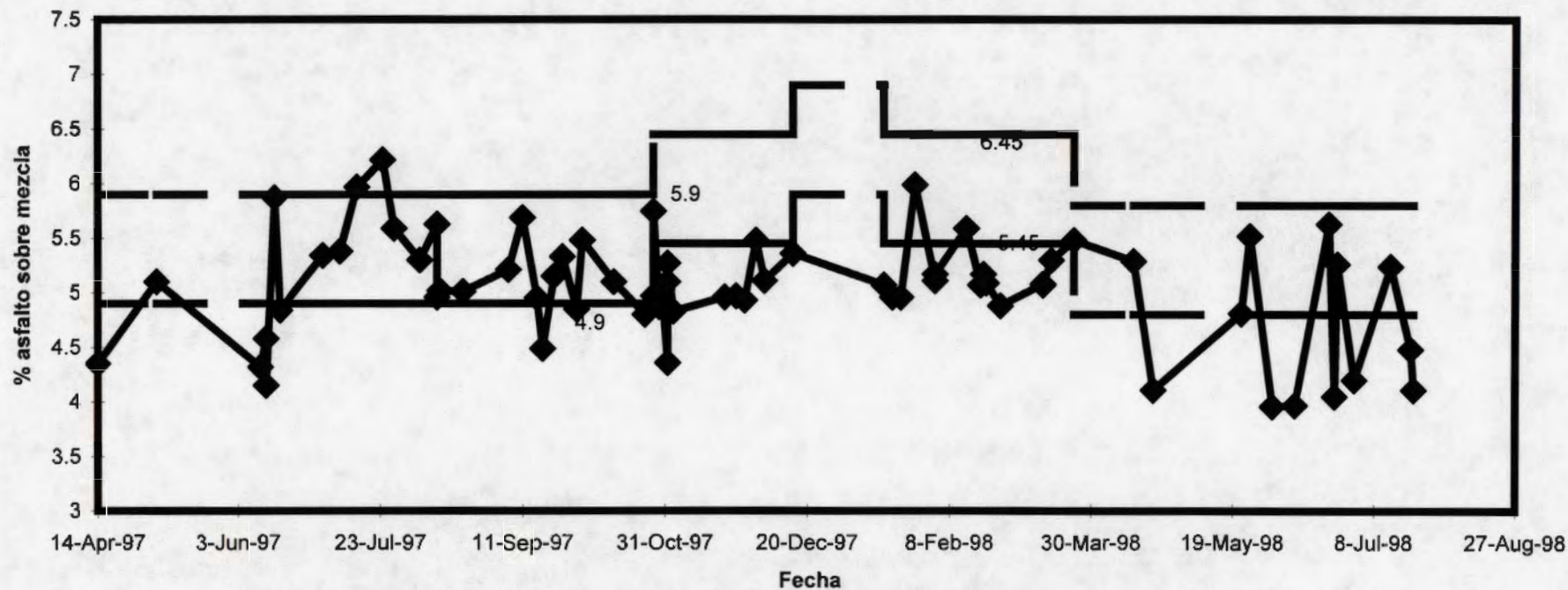
Licitaciones: 41-96(ACOSOL), 42-96, 45-96(MECO), 44-96(ESCOGISA)
 Fecha última muestra: 27/03/98
 Tolerancias de acuerdo con diseño proporcionado por el contratista

**FIGURA No. 10 - 6: Grafico de tendencia histórica para porcentaje de vacíos
Planta Conansa**



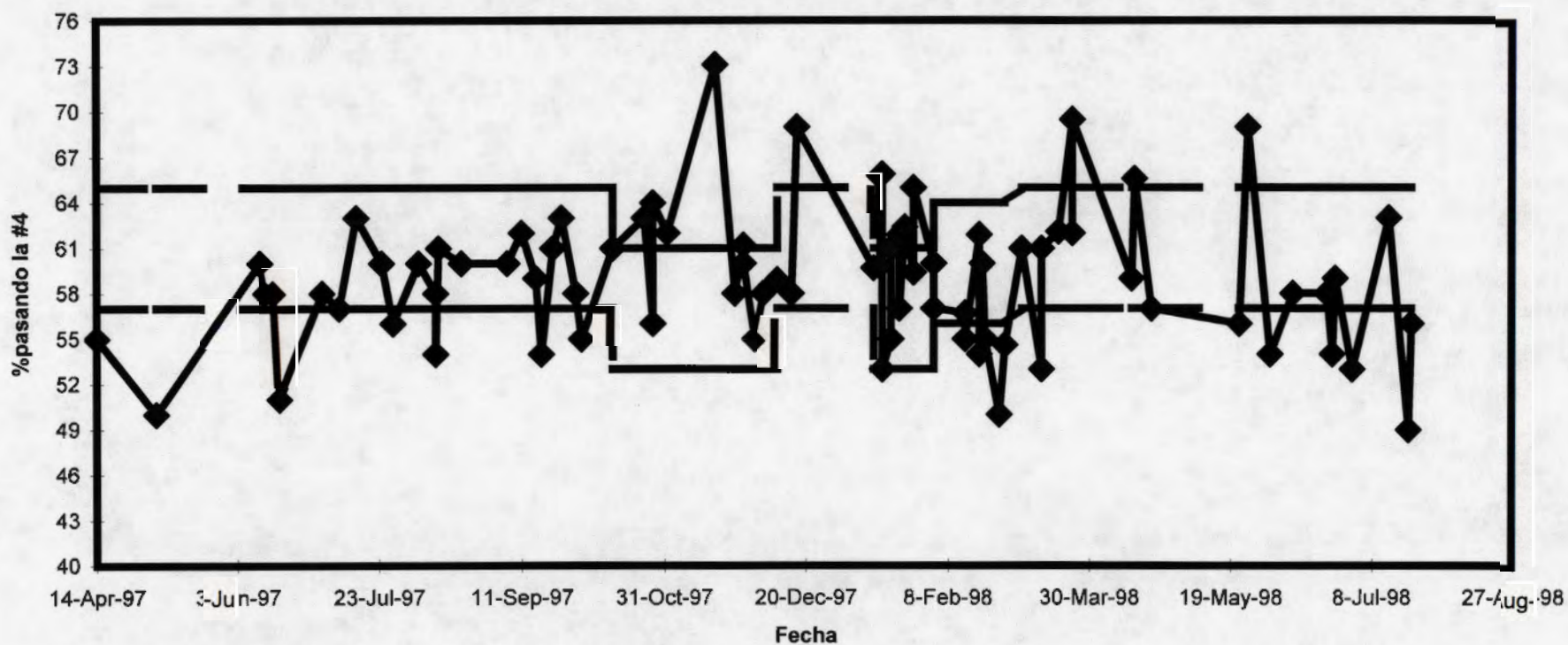
Licitación: 37-96 y 38-96 (CONANSA)
Fecha última muestra: 22 / 07 / 98

FIGURA No. 10 - 7: Grafico de tendencia histórica para porcentaje asfalto sobre mezcla. Planta Conansa



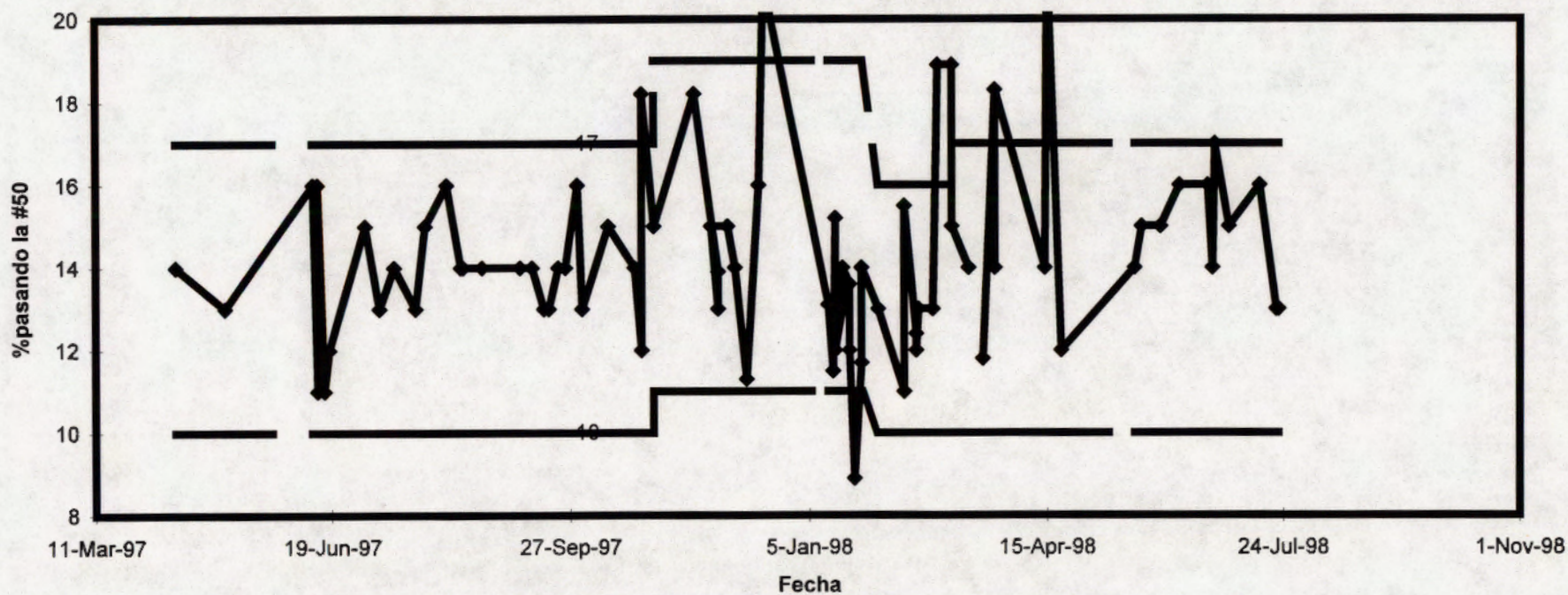
Licitación: 37-96 y 38-96 (CONANSA)
 Fecha última muestra: 22/07/98

FIGURA No. 10 - 8: Grafico de tendencia histórica para porcentaje agregado pasando la malla No.4. Planta Conansa



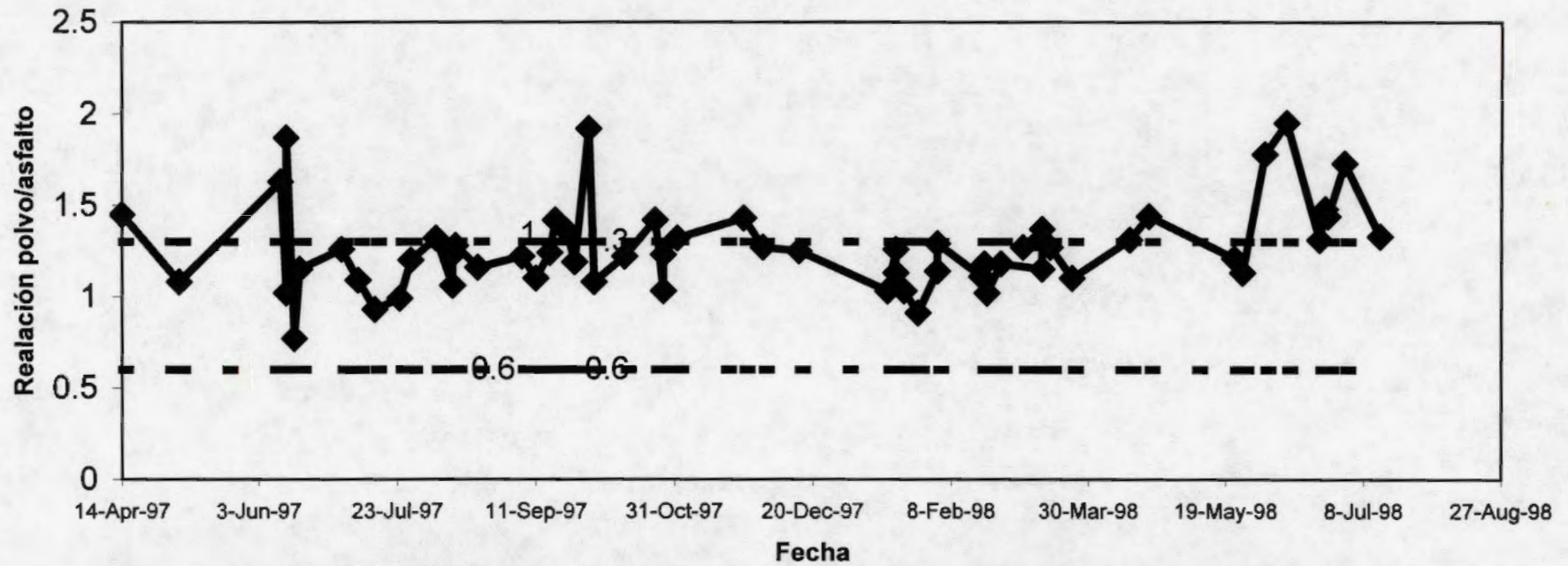
Licitaciones: 37-96 y 38-96 (CONANSA)
 Fecha última muestra: 22 / 07 / 98

FIGURA No.10 - 9: Grafico de tendencia histórica para porcentaje agregado pasando la malla No.50. Planta Conansa



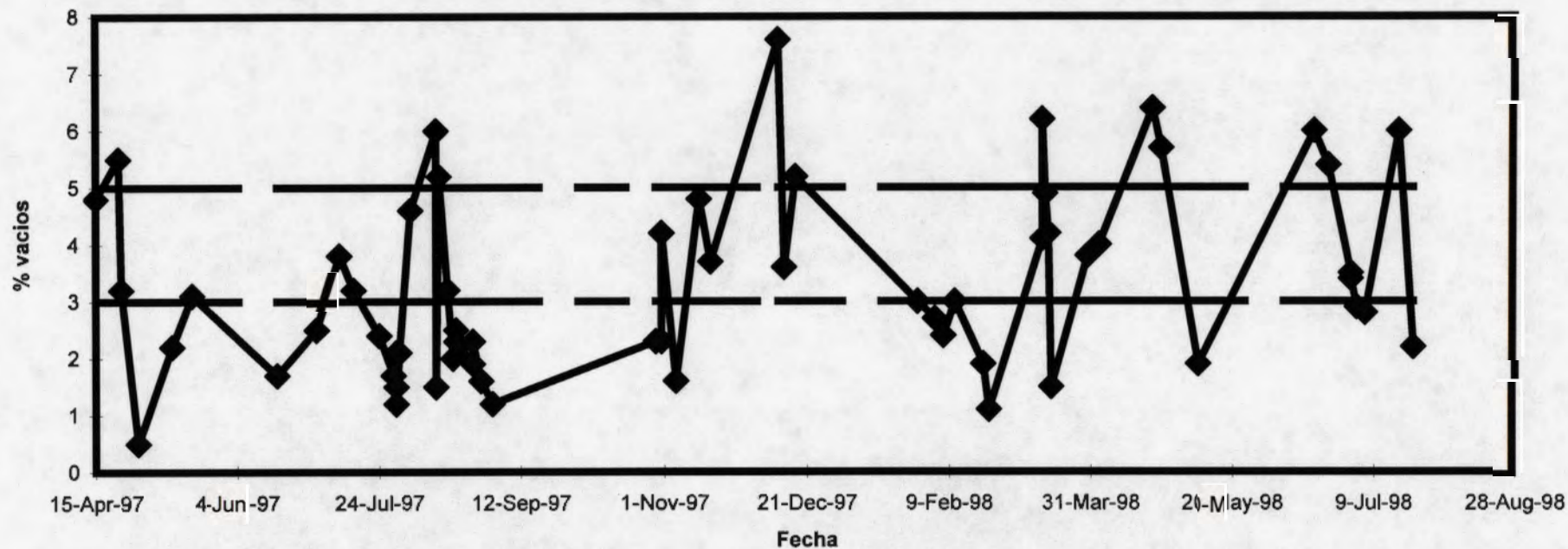
Licitaciones: 37-96 y 38-96 (CONANSA)
 Fecha última muestra: 22 / 07 / 98

**FIGURA No. 10 - 10: Grafico de tendencia histórica para relación polvo / asfalto
Planta Conansa**



Licitaciones: 37-96 y 38-96 (CONANSA)
Fecha última muestra: 14 / 06 / 98

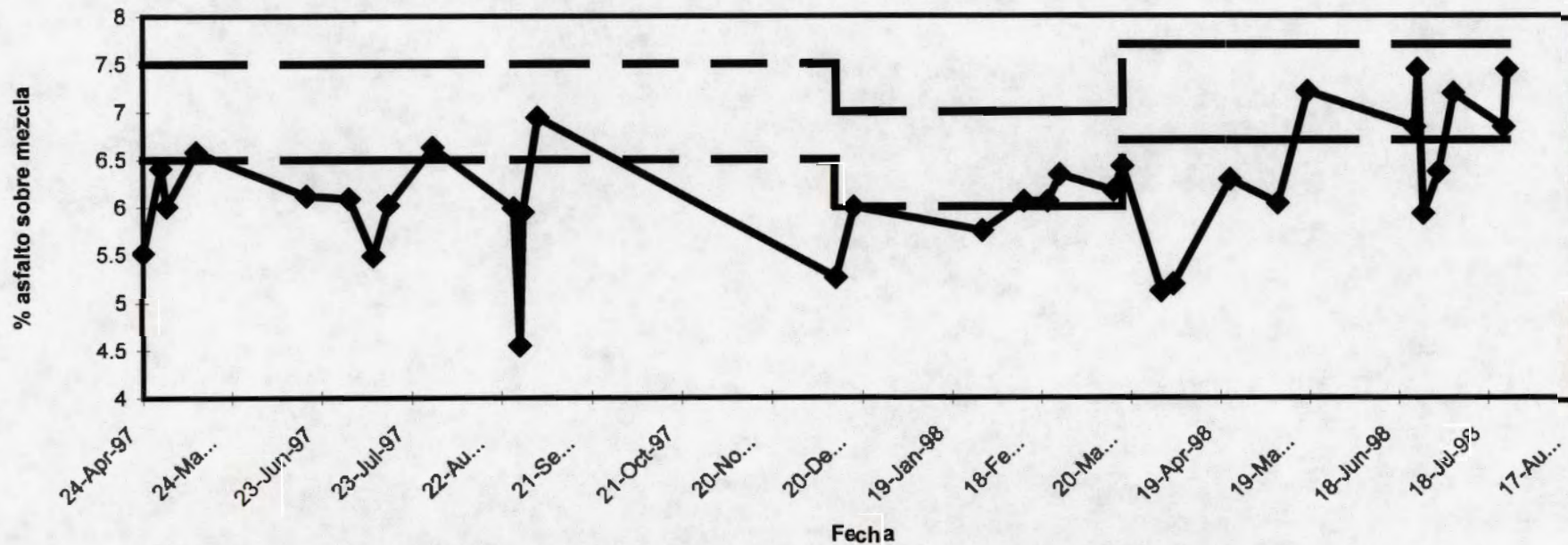
**FIGURA No.10 - 11: Grafico de tendencia histórica para porcentaje de vacíos
Planta Comesa**



Licitaciones: 38-96 y 40-96(COMESA)

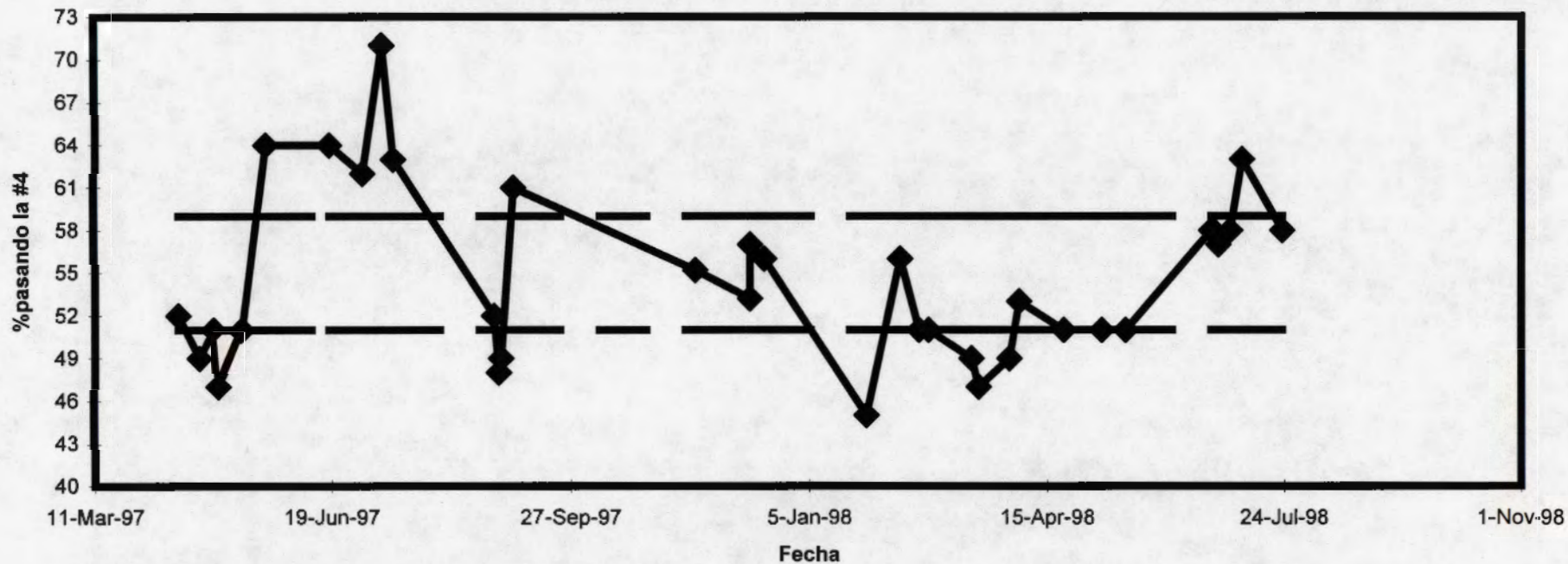
Fecha última muestra: 23 / 07 / 98

FIGURA No. 10 - 12: Grafico de tendencia histórica para porcentaje asfalto sobre mezcla. Planta COMESA



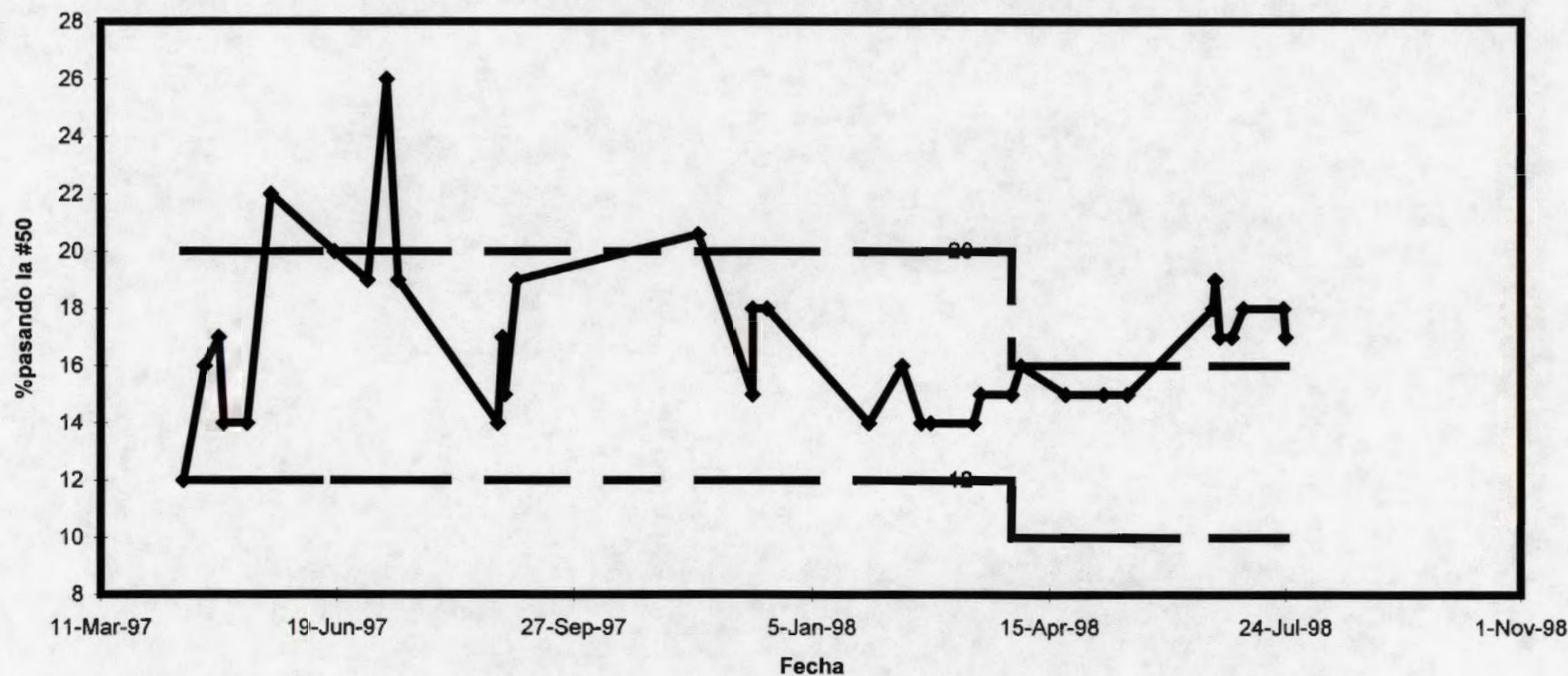
Licitaciones: 38-96 y 40-96(COMESA)
 Fecha última muestra: 24/7/98

FIGURA No.10 - 13: Grafico de tendencia histórica para porcentaje agregado pasando la malla No.4. Planta COMESA



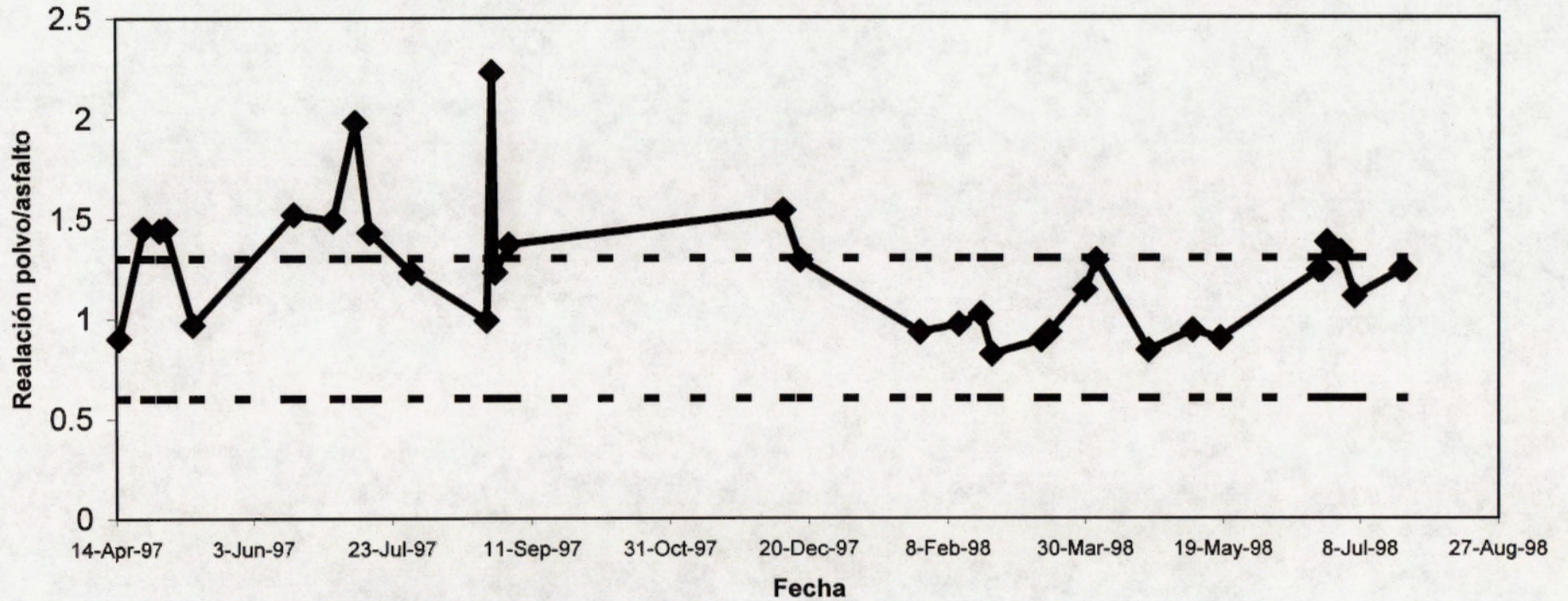
Licitaciones: 38-96 y 40-96 (COMESA)
 Fecha última muestra: 23/07/98

FIGURA No. 10 - 14: Grafico de tendencia histórica para porcentaje agregado pasando la malla No.50. Planta COMESA



Licitaciones: 38-96 y 40-96 (COMESA)
 Fecha última muestra: 24/07/98

**FIGURA No. 10 - 15: Grafico de tendencia histórica para relación polvo / asfalto
Planta COMESA**



Licitaciones: 38-96 y 40-96 (COMESA)
Fecha última muestra: 17/03/98

10.2.6 GRAFICOS DE TENDENCIA HISTORICA POR PLANTA

Los gráficos de tendencia histórica por planta se presentan en las Figuras No. 10-1 a 10-15. Los gráficos de tendencia hacen referencia a los parámetros utilizados según los criterios de aceptación, penalización o rechazo:

- Contenido de asfalto
- Razón polvo - asfalto
- Porcentaje de agregado pasando la malla No. 4

Así como a los siguientes criterios adicionales, considerados como criterios para el buen desempeño de la mezcla asfáltica:

- Porcentaje de agregado pasando la malla No. 50
- Contenido de vacíos en los especímenes Marshall

10.3 RESUMEN DE CUMPLIMIENTO DE PARAMETROS DE ACEPTACION, PENALIZACION O RECHAZO

Para facilitar la evaluación de los criterios de aceptación, penalización o rechazo, lo cual corresponde a la Ingeniería de Proyecto, se ha desarrollado un esquema de resumen general, que permite identificar la cantidad de pruebas realizadas por estimación de pago, así como la cantidad de pruebas que se ubican dentro del rango tolerable o especificado.

Se aclara que los resúmenes de información abarcan el proyecto desde el inicio de las obras, en abril de 1997, hasta el mes de octubre de 1998.

10.3.1 PROPOSITO DEL RESUMEN

Resumir la información de la totalidad de ensayos de verificación de la calidad de la mezcla asfáltica producida, con el propósito de establecer claramente los criterios de aceptación, penalización y rechazo, que aplican para cada cálculo de estimación de pago para los contratistas.

10.3.2 GENERALIDADES

Los ensayos de aceptación, penalización o rechazo para el Programa de Mantenimiento Rutinario son:

- Contenido de asfalto
- Porcentaje de agregado pasando la malla No. 4
- Razón polvo - asfalto

Para cada período de estimación se presenta la siguiente información:

- Rangos de tolerancia para los parámetros de contenido de asfalto y porcentaje pasando la malla No. 4, de acuerdo con el diseño de mezcla vigente.
- Rango de especificación para la razón polvo - asfalto. La cual, para efectos del Programa de Mantenimiento Rutinario, deberá estar entre 0.6 y 1.3.
- Períodos de estimación utilizados por la Ingeniería de Proyecto.
- Cantidad de pruebas, por parámetro, que cumplen con los rangos tolerables y de especificación, por período de estimación.
- Cantidad de pruebas, por parámetro, que incumplen con los rangos tolerables o de especificación, por período de estimación.

Nota: en los períodos de estimación donde se ha dado un cambio en la fórmula de trabajo (diseño de mezcla), se indica el cambio respectivo en los rangos de tolerancia para el contenido de asfalto y porcentaje de agregado pasando la malla No. 4.

Las tablas resumen siguen, individualmente, dos tipos de análisis alternativo:

- Consideración de los resultados para la mezcla asfáltica utilizada específicamente en un proyecto dado. Es decir, se toman en cuenta únicamente los resultados correspondientes a las muestras de mezcla asfáltica para el proyecto particular. Esto tiene la ventaja de que permite tomar en cuenta los muestreos estrictamente relacionados con el proyecto particular que se está evaluando.
- Consideración de la totalidad de resultados en el PMR para la planta asfáltica proveedora de mezcla para el contrato. Es decir, se considera el conjunto agregado de

resultados para todos los proyectos del Programa de Mantenimiento Rutinario que utilizan la mezcla asfáltica de la planta en cuestión. Esto tiene la ventaja de representar un tamaño de muestra mayor y un mayor peso estadístico en los resultados evaluados.

10.3.3 EJEMPLO DE RESUMEN ESTADISTICO

La Tabla No. 10-12 presenta el número de cumplimientos e incumplimientos por parámetro de reducción por calidad de la mezcla asfáltica para la licitación No. 37-96 (CONANSA, actividad en San José).

La Tabla No. 10-13 presenta el número de cumplimientos e incumplimientos por parámetro de reducción por calidad de la mezcla asfáltica para la producción de la planta CONANSA utilizada en las operaciones del Programa de Mantenimiento Rutinario, sin distinción de proyecto.

TABLA No.10 - 12: Número de cumplimientos e incumplimientos por parámetro de reducción por calidad de la mezcla asfáltica, Licitación No. 37 - 96.

| Estimación | Fecha | | % Asfalto | | | % Pasando No.4 | | | Razón polvo / asfalto | | |
|------------|-----------|-----------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| | Inicio | Fin | # Pruebas Cumplen | # Pruebas Incumplen | Rango Tolerancia | # Pruebas Cumplen | # Pruebas Incumplen | Rango Tolerancia | # Pruebas Cumplen | # Pruebas Incumplen | Rango Especificación |
| | | | | | | | | | | | |
| No.2 | 20-May-97 | 7-Aug-97 | 2 | 2 | 4,9 -5,9 | 5 | 0 | 57 - 65 | 3 | 1 | 0,6 - 1,3 |
| No.3 | 8-Aug-97 | 11-Oct-97 | 4 | 2 | 4,9 -5,9 | 4 | 1 | 57 - 65 | 4 | 2 | 0,6 - 1,3 |
| No.4 | 13-Oct-97 | 13-Nov-97 | 2 | 0 | 4,9 -5,9 | 1 | 0 | 57 - 65 | 2 | 0 | 0,6 - 1,3 |
| | | | 0 | 3 | 5,45 - 6,45 | 1 | 0 | 53 - 61 | | | |
| No.5 | 14-Nov-97 | 1-Dec-97 | 0 | 3 | 5,45 - 6,45 | 2 | 2 | 53 - 61 | 0 | 1 | 0,6 - 1,3 |
| No.6 | 2-Dec-97 | 6-Jan-98 | 1 | 1 | 5,45 - 6,45 | 2 | 0 | 53 - 61 | 1 | 0 | 0,6 - 1,3 |
| | | | | | 5,9 - 6,9 | 0 | 1 | 57 - 65 | | | |
| No.7 | 7-Jan-98 | 31-Jan-98 | 0 | 1 | 5,9 - 6,9 | 1 | 0 | 57 - 65 | 4 | 0 | 0,6 - 1,3 |
| | | | 1 | 2 | 5,45 - 6,45 | 3 | 3 | 53 - 61 | | | |
| No.8 | 2-Feb-98 | 28-Feb-98 | 1 | 5 | 5,45 - 6,45 | 4 | 5 | 53 - 61 | 3 | 0 | 0,6 - 1,3 |
| | | | | | | | | 56 - 64 | | | |
| No.9 | 2-Mar-98 | 17-Apr-98 | 0 | 3 | 5,45 - 6,45 | 2 | 3 | 57 -65 | 2 | 1 | 0,6 - 1,3 |
| | | | | | 4,8 - 5,8 | | | | | | |

TABLA No.10 - 13: Número de cumplimientos e incumplimientos por parámetro de reducción por calidad de la mezcla asfáltica, Licitación No. 37 - 96.

| Estimación | Fecha | | % Asfalto | | | % Pasando No.4 | | | Razón polvo / asfalto | | |
|------------|-----------|-----------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| | Inicio | Fin | # Pruebas Cumplen | # Pruebas Incumplen | Rango Tolerancia | # Pruebas Cumplen | # Pruebas Incumplen | Rango Tolerancia | # Pruebas Cumplen | # Pruebas Incumplen | Rango Especificación |
| No.2 | 20-May-97 | 7-Aug-97 | 5 | 6 | 4,9 -5,9 | 8 | 3 | 57 - 65 | 8 | 3 | 0,6 - 1,3 |
| No.3 | 8-Aug-97 | 11-Oct-97 | 10 | 2 | 4,9 -5,9 | 9 | 3 | 57 - 65 | 9 | 2 | 0,6 - 1,3 |
| No.4 | 13-Oct-97 | 13-Nov-97 | 2 | 1 | 4,9 -5,9 | 1 | 0 | 57 - 65 | 3 | 2 | 0,6 - 1,3 |
| | | | 1 | 6 | 5,45 - 6,45 | 1 | 3 | 53 - 61 | | | |
| No.5 | 14-Nov-97 | 1-Dec-97 | 0 | 3 | 5,45 - 6,45 | 2 | 2 | 53 - 61 | 0 | 1 | 0,6 - 1,3 |
| No.6 | 2-Dec-97 | 6-Jan-98 | 1 | 1 | 5,45 - 6,45 | 3 | 0 | 53 - 61 | 2 | 0 | 0,6 - 1,3 |
| | | | 0 | 1 | 5,9 - 6,9 | 1 | 1 | 57 - 65 | | | |
| No.7 | 7-Jan-98 | 31-Jan-98 | 0 | 1 | 5,9 - 6,9 | 1 | 0 | 57 - 65 | 5 | 0 | 0,6 - 1,3 |
| | | | 1 | 2 | 5,45 - 6,45 | 4 | 6 | 53 - 61 | | | |
| No.8 | 2-Feb-98 | 28-Feb-98 | 1 | 6 | 5,45 - 6,45 | 1 | 0 | 53 - 61 | 6 | 0 | 0,6 - 1,3 |
| | | | | | | 4 | 5 | 56 - 64 | | | |
| No.9 | 2-Mar-98 | 17-Apr-98 | 1 | 3 | 5,45 - 6,45 | 6 | 4 | 57 -65 | 5 | 2 | 0,6 - 1,3 |
| | | | 2 | 0 | 4,8 - 5,8 | | | | | | |

Nota: Se incluyen todos los resultados de mezcla para la planta CONANSA, del 20-mayo-97 al 17-abril-98