



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales



programa de infraestructura  
del transporte

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-021-15

PARTE 2 DE 3

## **EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES DE PRÉSTAMO, BASE GRANULAR Y LA MEZCLA PARA BASE ASFÁLTICA Y DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA CONSTRUCTORA SÀNCHEZ CARVAJAL.**

**PROYECTO:** RUTA NACIONAL NO.4 SECCIÓN: "BAJOS DE  
CHILAMATE – VUELTA DE KOOPER".

*Licitación pública internacional N° 2011LI-000037-32702*

### **INFORME FINAL**

Preparado por:

**Unidad de Auditoría Técnica**

San José, Costa Rica  
DICIEMBRE 2015



Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

Información técnica del documento

<b>1. Informe</b> Informe Final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-021-15	<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES DE PRÉSTAMO, BASE GRANULAR Y DE LA MEZCLA PARA BASE ASFÁLTICA Y DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA CONSTRUCTORA SÁNCHEZ CARVAJAL (PARTE 2 DE 3)	<b>4. Fecha del Informe</b> Diciembre 2015	
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b> ---*---*---		
<b>9. Resumen</b> <p><b>Sobre el material de préstamo:</b> Del análisis estadístico realizado a los datos de control y verificación de calidad, se puede concluir que los parámetros de granulometría y CBR solicitados en las especificaciones cartelarias, se encuentran por debajo del porcentaje máximo permitido.</p> <p><b>Sobre el material de base granular:</b> Del análisis estadístico realizado al material de base granular con los datos de control y verificación de calidad y los ensayos realizados por el LanammeUCR, se puede concluir que los parámetros de granulometría y CBR solicitados en las especificaciones cartelarias, se encuentran por debajo del porcentaje máximo permitido.</p> <p><b>Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica:</b> La planta de producción de mezcla asfáltica cumple con las principales características que solicita la Disposición Vial AM-03-2001, entre ellos tolvas de alimentación de agregado en frío, fajas transportadoras, criba con vibración, tambor secador y mezclador, quemador, tanques de almacenamiento del asfalto / combustible, bomba de asfalto y cabina de control entre otros elementos. Además cumple con las especificaciones ambientales solicitadas en el Disposición Vial GA-05-2001. Además no se presenta evidencia de que algunos elementos de la planta cuenten con un plan de control metrológico.</p> <p><b>Sobre el control de agregados:</b> En general el control de agregados se efectúa de acuerdo con lo requerido contractualmente, manteniendo apilamientos de 3 tipos de agregados, protección por humedad, control de granulometrías de los acopios y de la combinación de las fracciones en las tolvas.</p> <p><b>Sobre la calidad de la base asfáltica:</b> Se determinan algunos resultados de contenido de asfalto fuera de las tolerancias permitidas en el diseño de base asfáltica. Las curvas granulométricas de la combinación de agregados muestran una variabilidad en la fracción fina. Los parámetros volumétricos de porcentaje de vacíos en la mezcla y vacíos en el agregado mineral (VMA) muestran incumplimientos de las especificaciones establecidas, para las muestras ensayadas por el LanammeUCR.</p> <p><b>Sobre el diseño de la mezcla asfáltica:</b> El contenido óptimo de asfalto y su tolerancia (<math>\pm 0,5\%</math>) establecido en el diseño de mezcla cumple con los requisitos establecidos.</p>		
<b>10. Palabras clave</b> Planta asfáltica, Base asfáltica, Diseño de mezcla, Control y Verificación de Calidad	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 64

**INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA**

**" Evaluación de los materiales de préstamo, base granular la mezcla para Base Asfáltica y de la Planta de producción de la Constructora Sánchez Carvajal. Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos de Chilamate – Vuelta de Kooper. Licitación Pública Internacional #2011LI-000037-32702".**

**PARTE 2 DE 3**

**Departamento encargado del proyecto:** División de Obras Públicas, MOPT a través de la Unidad Ejecutora de Chilamate-Vuelta de Kooper

**Empresa responsable del Diseño Estructural:** CACISA

**Empresa responsable de la Supervisión:** Vieto S.A.

**Empresa contratista responsable de la Construcción:** Sánchez Carvajal

**Empresa responsable del control de calidad:** OJM

**Monto original del contrato:** ₡25.318.843.141,59

**Plazo original de ejecución:** 24 meses

**Longitud del proyecto:** 27,09 km

**Coordinador General de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA:**

Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

**Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:**

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

**Auditores:**

Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo, Auditora Técnica

Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor Técnico

Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Técnico

**Asesor Legal:**

Lic. Miguel Chacón Alvarado

**Alcance del informe:**

El alcance de esta auditoría técnica se centró en la evaluación de los materiales de base granular, la base asfáltica y de la planta de producción de la Constructora Sánchez Carvajal, durante los meses de enero a abril de 2015.

**Vistas del proyecto auditado:**



**Figura 1.** Actividades constructivas realizadas en el proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

Índice de figuras .....	7
Índice de tablas .....	7
Índice de fotografías .....	8
Índice de gráficos .....	8
1. Fundamentación .....	9
2. Estructura general del informe.....	9
3. Objetivo y alcance de la auditoría técnica.....	10
3.1. Objetivo del informe.....	10
3.2. Alcance del informe .....	10
4. Integrantes del equipo de auditoría técnica del lanammeucr.....	11
5. Metodología de la auditoría técnica .....	11
6. Antecedentes.....	13
7. Descripción del proyecto.....	14
7.1. Información de la base granular .....	15
7.2. Información de la base asfáltica .....	16
7.3. Información de la planta de producción.....	17
8. Marco conceptual .....	18
8.1. Valoración estadística de la calidad del trabajo realizado.....	18
9. Audiencia a la parte auditada para análisis del informe preliminar LM-PI-AT-021B-15.....	19
10. Resultados de la auditoría técnica.....	20
10.1. Hallazgos y observaciones de la auditoría .....	20
11. Conclusiones .....	58
12. Recomendaciones.....	59
Anexo A.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Actividades constructivas realizadas en el proyecto. ....	5
Figura 2. Localización del proyecto. ....	14
Figura 4. Resultados de contenido de asfalto en las muestras de base asfáltica ensayadas por verificación de calidad. ....	43
Figura 5. Resultados de granulometría en las muestras de base asfáltica ensayadas por el lanammeucr. ....	44
Figura 6. Resultados de granulometría en las muestras de base asfáltica ensayadas por verificación de calidad. ....	46
Figura 7. Resultados de granulometría representados diariamente de muestras obtenidas por lanamme. ....	49
Figura 8. Resultados de granulometría en las muestras de base asfáltica ensayadas por la verificación de calidad. ....	51
Figura 9. Resultados de volumetría en las muestras de base asfáltica ensayadas por el lanammeucr. ....	53
Figura 10. Resultados de volumetría en las muestras de base asfáltica ensayadas por el laboratorio de verificación de calidad. ....	53
Figura 11. Resultados de diseño de base asfáltica por control de calidad. ....	55
Figura 12. Resultados de diseño de base asfáltica por verificación de calidad. ....	56
Figura 13. Resultados de diseño de base asfáltica por lanammeucr. ....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalle de los muestreos de material de base granular. ....	11
Tabla 2. Detalle de los muestreos de base asfáltica en caliente. ....	12
Tabla 3. Resumen de correspondencia durante el proceso de auditoría técnica. ....	13
Tabla 4. Resumen de resultados de ensayos de base granular. ....	22
Tabla 5. Análisis de porcentaje estimado fuera de límites especificados para las muestras de base granular analizadas por el lanammeucr. ....	22
Tabla 6. Análisis de porcentajes estimado fuera de límites especificados para las muestras de préstamo analizadas por el laboratorio de control de calidad. ....	25
Tabla 7. Análisis de porcentajes estimado fuera de límites especificados para las muestras de base granular analizadas por el laboratorio de control de calidad. ....	26
Tabla 8. Análisis de porcentajes estimado fuera de límites especificados para las muestras de préstamo analizadas por el laboratorio de verificación de calidad. ....	29
Tabla 9. Análisis de porcentajes estimado fuera de límites especificados para las muestras de base granular analizadas por el laboratorio de control de calidad. ....	29
Tabla 10. Detalle de los certificados de calibración aportados durante la visita. ....	34
Tabla 11. Resultados reportados por el laboratorio de infraestructura vial del lanammeucr. ....	42
Tabla 12. Resultados reportados por el laboratorio de infraestructura vial del lanammeucr. ....	45
Tabla 13. Variabilidad de los resultados reportados por verificación de calidad. ....	47
Tabla 14. Determinación de la variabilidad y cumplimiento de las curvas granulométricas. ....	48
Tabla 15. Determinación de la variabilidad y cumplimiento de las curvas granulométricas. ....	50
Tabla 16. Rangos admisibles para parámetros según especificación. ....	52
Tabla 17. Resultados de ensayo de base asfáltica del lanammeucr. ....	52
Tabla 18. Resultados de ensayo de base asfáltica de verificación de calidad. ....	54
Tabla 19. Evaluación de las especificaciones contractuales para base asfáltica, con un valor de 6% de vacíos. ....	57

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Vista generales de los componentes principales de la planta.....	32
Fotografía 2. Tanques de asfalto .....	32
Fotografía 3. Cabina de control.....	32
Fotografía 4. Tolvas de alimentacion en frío con tres compartimientos .....	33
Fotografía 5. Banda transportadora de agregados combinados .....	33
Fotografía 6. Certificado de funcionamiento de la planta .....	35
Fotografía 7. Verificación de termocuplas de la planta.....	35
Fotografía 8. Apilamientos en la planta.....	38
Fotografía 9. Apilamiento tapado con lona .....	38
Fotografía 10. Laguna de sedimentación.....	39
Fotografía 11. Salida de agua al cauce natural. ....	39
Fotografía 12. Barreras perimetrales de los tanques de materiales combustibles.....	39

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curvas granulométricas de base granular ensayadas por el LanammeUCR. ....	23
Gráfico 2. Valores de CBR de base granular ensayadas por el LanammeUCR. ....	23
Gráfico 3. Curvas granulométricas de préstamo ensayadas por el control de calidad (OJM).....	24
Gráfico 4. Valores de CBR de préstamo ensayadas por el control de calidad (OJM).....	25
Gráfico 5. Curvas granulométricas de base granular ensayadas por el control de calidad (OJM). ....	26
Gráfico 6. Valores de CBR de base granular ensayadas por el control de calidad (OJM).....	27
Gráfico 7. Curvas granulométricas de préstamo ensayadas verificación de calidad (Vieta).....	28
Gráfico 8. Valores de CBR de préstamo ensayadas por verificación de calidad (Vieta).....	28
Gráfico 9. Curvas granulométricas de base granular verificación de calidad (Vieta). ....	30
Gráfico 10. Valores de CBR de base granular ensayada por verificación de calidad (Vieta) .....	30

# INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA. EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES DE PRÉSTAMO, BASE GRANULAR, LA MEZCLA PARA BASE ASFÁLTICA Y DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL PROYECTO BAJOS DE CHILAMATE – VUELTA DE KOOPER. (PARTE 2 DE 3)

## 1. FUNDAMENTACIÓN

La auditoría técnica externa a los procesos, controles, laboratorios, proyectos e instituciones públicas que efectúan sus labores para el sector vial, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N° 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N° 8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, el proceso de auditoría técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

*“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.”*

## 2. ESTRUCTURA GENERAL DEL INFORME

Este informe corresponde a la segunda entrega de un compendio de tres volúmenes que se desarrollaron a raíz de la Auditoría Técnica realizada al proyecto Ruta Nacional No.4 Sección: "Bajos De Chilamate – Vuelta De Kooper". En cada una de las partes se examina un tema específico relacionado con el desarrollo del proyecto, según se detalla a continuación:

- PRIMERA PARTE: “Evaluación de los parámetros de desempeño (IRI, FWD Y GRIP) del proyecto.”
- **SEGUNDA PARTE: “Evaluación de los materiales de préstamo, base granular y la mezcla para base asfáltica y de la planta de producción de la Constructora Sánchez Carvajal”**
- TERCERA PARTE: “Evaluación de los procesos constructivos y diagnóstico de la vía y los puentes del proyecto ”

### 3. OBJETIVO Y ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria”, Ley N° 8114, es el de emitir informes que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas o cada una de las etapas de ejecución: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. Asimismo, la finalidad de estas auditorías consiste en que, la Administración, de manera oportuna tome decisiones correctivas y ejerza una adecuada comprobación, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato.

#### 3.1. OBJETIVO DEL INFORME

El objetivo de este informe es valorar los parámetros de calidad establecidos para el material de préstamo, la base granular y la base asfáltica utilizada en el proyecto, así como evaluar el diseño de mezcla propuesto. Además se evalúan aspectos generales concernientes a la planta de producción, de conformidad con lo que se establece en las especificaciones contractuales y las prácticas ordinarias para la manufactura de mezcla asfáltica.

Se procura que este informe sea una herramienta que le permita a la Administración evaluar las condiciones generales del proyecto, de manera que pueda contribuir a la toma de decisiones sobre aspectos que se deben considerar tanto en esta, como en futuras obras viales para que se logren ejecutar de una manera eficiente, minimizando la posibilidad de atrasos en los plazos de entrega del proyecto, gastos adicionales que se presenten por aspectos previsibles y buscando siempre la calidad requerida y esperada en las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas y que justifiquen la inversión realizada.

#### 3.2. ALCANCE DEL INFORME

El estudio que realiza esta auditoría consiste en el análisis de muestras de material de préstamo, base granular y base asfáltica producida en el periodo comprendido entre el mes de enero a abril de 2015. Además se analiza y reproduce el diseño de mezcla planteado por el laboratorio de control de calidad del contratista para la producción de base asfáltica en la planta de la Constructora Sánchez Carvajal. La evaluación de la planta se realiza durante el mes de abril del presente año.

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de auditoría técnica, mediante la revisión de la documentación del proyecto, la verificación del proceso constructivo mediante visitas al sitio, la realización de ensayos y análisis de datos.

#### 4. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

A continuación se describe el equipo auditor que desarrolló la segunda entrega del informe LM-PI-AT-021-2015 (Parte 2 de 3)

##### Unidad de Auditoría Técnica

- Ing. Ana Hidalgo Arroyo, (Auditora Técnica Líder)
- Ing. Víctor Hugo Cervantes Calvo (Auditor Técnico)
- Ing. Francisco Fonseca Chaves (Auditor Técnico)
- Ing. Wendy Sequeira Rojas, Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica

##### Asesor Legal

- Lic. Miguel Chacón Alvarado.

#### 5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

La fiscalización que realiza la Auditoría Técnica del LanammeUCR es un proceso independiente, basado en normas y procedimientos establecidos, aplicando criterios objetivos en procura de lograr el cumplimiento del alcance y los objetivos definidos para cada uno de los estudios desarrollados. Este proceso no limita a que algunas actividades puedan realizarse en conjunto con el auditado.

Es importante aclarar que la toma de muestras por parte de la Auditoría Técnica dentro del proceso de fiscalización, no tiene como finalidad cumplir la función del autocontrol ni la verificación de calidad, por lo que la información aportada no constituye un dictamen final de la calidad, sino un insumo para que la Administración analice los resultados obtenidos por el LanammeUCR y tenga una referencia en el orden de magnitud de los parámetros analizados.

Durante el proceso de auditoría realizado por la Auditoría Técnica del LanammeUCR se realizaron muestreos del material de base granular entre los meses de enero y abril del 2015, posteriormente las muestras fueron ensayadas por el laboratorio para determinar los siguiente parámetros: CBR, límites de consistencia y granulometría. En la Tabla 1 se resumen la información de las muestras analizadas en este informe.

**Tabla 1.** Detalle de los muestreos de material de base granular.

Informe	Muestra	Est.	Fecha Muestreo
I-0409-15	0484-15	4+650	24/02/2015
I-0348-15	2704-14	7+700	02/12/2014
I-0458-15	0079-15	5+930	14/01/2015
I-0459-15	0177-15	10+640	21/01/2015
I-0506-15	0864-15	4+600	08/04/2015

Se visitaron las instalaciones de la planta asfáltica durante los meses de enero a abril de 2015 y se tomaron muestras de la base asfáltica producida durante este periodo<sup>1</sup>. Las

<sup>1</sup> Los días 14,15 y 21 enero, 5 y 26 febrero, 11 y 12 de marzo, 22 y 23 de abril de 2015 se tomaron muestras en las instalaciones de la planta o en el sitio de colocación.

muestras fueron tomadas de manera aleatoria en la planta de producción o en el sitio de colocación, las cuales fueron posteriormente ensayadas por el Laboratorio de Mezclas Bituminosas del LanammeUCR.

Los ensayos realizados consistieron en determinar el valor del contenido de asfalto, la composición granulométrica y se determinó la volumetría<sup>2</sup> de cada una de las muestras. Asimismo, se contactó a la Unidad Ejecutora para obtener información y documentación relacionada con el proceso de supervisión y control implementado para la planta asfáltica.

En la Tabla 2 se presenta, cronológicamente, el detalle de las muestras de mezcla asfáltica en caliente tomadas y se especifica el lugar correspondiente al punto donde se tomó la muestra.

**Tabla 2.** Detalle de los muestreos de base asfáltica en caliente.

	<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>Punto de Muestreo</b>	<b>Informe asociado</b>
1	M-0074-15	14/01/2015	Vagoneta	I-0151-15
2	M-0080-15	15/01/2015	Vagoneta	I-0165-15
3	M-0173-15	21/01/2015	Vagoneta	I-0201-15
4	M-0174-15	21/01/2015	Vagoneta	I-0201-15
5	M-0175-15	21/01/2015	Vagoneta	I-0201-15
6	M-0176-15	21/01/2015	Vagoneta	I-0201-15
7	M-0317-15	05/02/2015	Pavimentadora	I-0248-15
8	M-0318-15	05/02/2015	Capa asfáltica	I-0248-15
9	M-0319-15	05/02/2015	Vagoneta	I-0248-15
10	M-0513-15	26/02/2015	Capa asfáltica	I-0308-15
11	M-0514-15	26/02/2015	Pavimentadora	I-0308-15
12	M-0515-15	26/02/2015	Vagoneta	I-0308-15
13	M-0663-15	11/03/2015	Pavimentadora	I-0444-15
14	M-0664-15	11/03/2015	Capa asfáltica	I-0444-15
15	M-0665-15	11/03/2015	Vagoneta	I-0444-15
16	M-0666-15	12/03/2015	Pavimentadora	I-0461-15
17	M-0667-15	12/03/2015	Capa asfáltica	I-0461-15
18	M-0668-15	12/03/2015	Vagoneta	I-0461-15
19	M-1020-15	22/04/2015	Pavimentadora	I-0636-15
20	M-1021-15	22/04/2015	Vagoneta	I-0636-15
21	M-1022-15	23/04/2015	Pavimentadora	I-0636-15
22	M-1023-15	23/04/2015	Vagoneta	I-0636-15

<sup>2</sup> Se aplicó la metodología Superpave, tal como se requiere en el diseño de mezcla.

## 6. ANTECEDENTES

A manera de antecedentes del proyecto se describe a continuación una serie de procesos y notificaciones que se mantuvieron con la Administración durante el desarrollo del informe de auditoría técnica externa.

**Tabla 3.** Resumen de correspondencia durante el proceso de auditoría técnica

Número de Oficio	Fecha	Asunto	Respuesta de la Administración
LM-AT-101-14	12/09/2014	Reporte de IRI en la base asfáltica y retro cálculo de módulo	UBCK-707-2014 (02/10/2014)
LM-AT-119-14	30/10/2014	Defectos sobre la base granular	UBCK-764-2014 (3/11/2014)
LM-AT-131-14	15/12/2014	Parámetro volumétricos de la mezcla asfáltica	UCBK-63-2015 (26/01/2015)
LM-AT-017-15	23/01/2015	Resultado de calidad de sub rasante, préstamo y base granular (año 2014)	-
LM-AT-018-15	23/01/2015	Solicitud de información del mezcla asfáltica	UCBK-025-2015 (28/01/2015)
LM-AT-019-15	23/01/2015	Solicitud de información de puentes y paso a desnivel	UCBK-091-2015 (12/02/2015)
LM-AT-040-15	10/03/2015	Observaciones sobre puentes	-
LM-AT-043-15	05/03/2015	Respuesta UCBK-0123-2015	UCBK-0123-2015
LM-AT-058-15	07/04/2015	Solicitud de información de calidad de materiales	UCBK-0305-2015 (20/04/2015)
LM-AT-070-15	03/06/2015	Solicitud de información de la planta de mezcla asfáltica	UBCK-462-2015 (20/06/2015) y UBCK-479-2015 (29/06/2015)
LM-AT-072-15	12/05/2015	Resultados de base asfáltica	-
LM-AT-074-15	12/05/2015	Resultado de IRI en capa superficie de ruedo	-

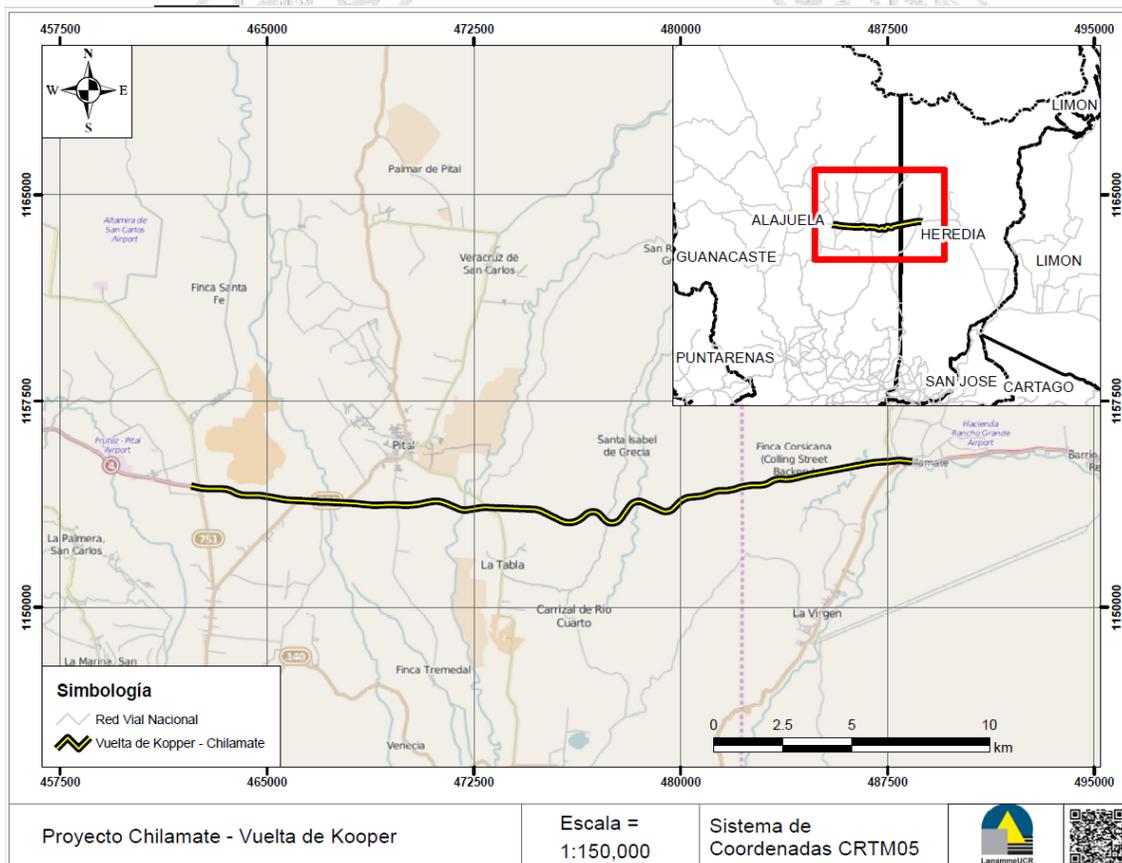
- No se solicita respuesta de parte de la Administración

## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en construir un tramo de 27,09 kilómetros de la Ruta Nacional N° 4, en una sección que está localizada entre las provincias: de Alajuela y Heredia; en los cantones San Carlos y Sarapiquí, respectivamente, tal como se muestra en la Figura 2. Dicha sección inicia en la Ruta Nacional N° 4 en el poblado de Bajos de Chilamate (Estación 0+000), finalizando en la intersección de la Ruta Nacional N° 4 con la Ruta Nacional N° 751 (Estación 27+090) cerca del poblado de Vuelta Kooper.

La estructura principal de este proyecto está compuesta por una carpeta asfáltica de 8 cm de espesor como superficie de rodamiento, colocada sobre una capa de base asfáltica con 15 cm de espesor, una capa de 24 cm de base granular y una capa de 50 cm de material de préstamo.

Asimismo, la estructura de los espaldones estará compuesta de una carpeta asfáltica con un espesor que varía a lo largo del proyecto ente 5 a 8 cm, colocada sobre una capa de base granular de 39 cm y una capa de préstamo de 50 cm de espesor.



**Figura 2.** Localización del proyecto.

## 7.1. INFORMACIÓN DE LA BASE GRANULAR

Acorde con la división 300 del CR-2010: Capas de base y subbase, se describen las especificaciones para el material citado.

### 301.03. General

Se debe preparar la superficie sobre la cual se colocará la base de acuerdo con las secciones 204 ó 303, según corresponda.

Después de que se ha producido una cantidad representativa de agregados, se deben seleccionar los tamaños de malla apropiados para la graduación requerida, y una muestra representativa de 150 Kg, por lo menos 14 días antes de utilizar el agregado en el trabajo.

Para la graduación requerida se deben establecer los tamaños de mallas presentados en la Tabla 703-6 o 703-7.

Abertura de la malla	Porcentaje por peso pasando la malla cuadrada				
	AASHTO T 27 y AASHTO T 11				
	Requerimientos de Granulometría				
	A (Sub-base)	B (Sub-base)	C (Base)	D (Base)	E (Base)
63 mm	100 <sup>(1)</sup>				
50 mm	97 - 100	100 <sup>(1)</sup>	100 <sup>(1)</sup>		
37,5 mm		97 - 100 <sup>(1)</sup>			
25 mm	65 - 79 (6)		80 - 100 (6)	100 <sup>(1)</sup>	
19 mm			64 - 94 (6)	86 - 100 (6)	100 <sup>(1)</sup>
12,5 mm	45 - 59 (7)				
9,5 mm				51 - 82 (6)	62 - 90 (6)
4,75 mm	28 - 42 (6)	40 - 60 (8)	40 - 69 (6)	36 - 64 (6)	46 - 74 (7)
425 µm	9 - 17 (4)		31 - 54 (4)	12 - 26 (4)	12 - 26 (4)
75 µm	4 - 8 (3)	4 - 12 (4)	4 - 7 (3)	4 - 7 (3)	4 - 7 (3)

Valores mínimos a cumplir:

- CBR 80 mín.
- Índice de plasticidad entre 4 y 9 %.
- Límite líquido máx. 35%
- Compactación 95%, según AASHTO T180.

Acorde con la OM-5, del 16 de diciembre de 2013, se cambia la especificación de granulometría para la Base Granular:

Se modifican las especificaciones de CR.301.03 Base Agregado Triturado Graduación C. La graduación del material a utilizar como base granular deberá cumplir con los requisitos que se detallan a continuación:

Tabla 304-1 Tipos de Granulometrías

Graduación C CR-2010	
Comisión de Revisión Permanente	
Tamiz	% Pasando
25,4 mm	100
19,0 mm	85-100
#4	40-60 (±5)
#10	25-45 (±5)
#40	10-25 (±4)
#200	3-10 (±3)

Los números de cada banda corresponden a los valores máximos o mínimos permisibles. Los números entre paréntesis corresponden a las desviaciones máximas admisibles respecto al porcentaje pasando que resulte de la granulometría del material propuesto por el contratista y aprobado por la Administración. En caso de que esta desviación supere el límite inferior o superior de cada banda de la especificación, entonces la desviación permisible para cada tamaño no podrá exceder el límite máximo o mínimo especificado para cada tamiz. Los demás parámetros especificados se mantienen invariables.

## 7.2. INFORMACIÓN DE LA BASE ASFÁLTICA

Los requisitos para la Base Asfáltica se establecen en la Orden de modificación OM-7 del 01 de marzo de 2014, en el acápite "Mezcla asfáltica en caliente para capa de base asfáltica", en este apartado se enmienda la especificación CR.418.01a "Mezcla asfáltica en caliente para capa de base asfáltica, tamaño máximo nominal de 37.5 mm" por la Especificación Especial EE.418.01 "DISEÑO Y ACEPTACIÓN DE MEZCLA PARA BASE ASFÁLTICA EN CALIENTE" fijando los siguientes requisitos:

### EE 418.02.01 Agregado para mezcla de base asfáltica

#### **Graduación para diseño**

Tabla -1 Graduación mezola de base asfáltica para diseño

Malla mm	Porcentaje por peso que pasa la malla (AASHTO T 27 y AASHTO T 11)
37,5 mm	95 - 100
25,4 mm	80 - 96 (±8)
12,5 mm	51 - 72 (±7)
4,75 (N°4)	26 - 37 (±5)
2,36 (N°8)	17 - 25 (±4)
1,18 (N°16)	10 - 17 (±4)
600 mm (N°30)	6 - 14 (±4)
300 mm (N°50)	4 - 11 (±4)
75 mm (N°200)	1 - 7 (±2)

( ) Desviación permisible

#### **Graduación para control de calidad**

Tabla -2 Graduación mezola de base asfáltica para control de calidad

Malla mm	Porcentaje por peso que pasa la malla (AASHTO T 27 y AASHTO T 11)
37,5 mm	95 - 100 (1)
25,4 mm	80 - 96 (±8)
4,75 (N°4)	26 - 37 (±5)
2,36 (N°8)	17 - 25 (±4)
75 mm (N°200)	1 - 7 (±2)

(1) El procedimiento estadístico no aplica.

( ) Desviación permisible

### EE 418.03 Diseño mezcla base asfáltica

La presentación, verificación, aceptación de los diseños de mezcla asfáltica y fórmula de trabajo deben cumplir con lo especificado en el MN-01 del tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial.

El diseño de la base asfáltica se realizará utilizando el compactador giratorio, utilizando los parámetros volumétricos que se indican a continuación:

- Vacíos de la mezcla se podrá estar entre 4,0% y 8,0 %.
- Vacíos en el agregado mineral (VMA) mínimo 12,0
- Resistencia retenida al daño por humedad, la tensión diametral (RRTD). Se debe medir de acuerdo con el método INTE 04-01-05 (AASHTO T 283).
- Los especímenes de ensayo se deben preparar utilizando el compactador giratorio para lograr un espesor de 9,5 +/- 0,5 mm utilizando la fórmula de trabajo (agregados con la dosificación óptima de asfalto del diseño), y compactar con el número de giros para obtener especímenes para ensayo que tengan un porcentaje de vacíos de (7,0 ± 0,5) %.
- Resistencia retenida al daño par humedad en la tensión diametral debe ser como mínimo 75 %

### EE418.04 Aceptación

Los límites de tolerancia para la dosificación del asfalto respecto al diseño aprobado serán de  $\pm 0,5\%$ .

La densidad del sitio de la mezcla de base asfáltica compactada se debe encontrar entre el 90% y el 97% de la densidad máxima teórica determinada a partir de MSHTO T 209.

### EE 418.06 PAGO

Parámetros a evaluar						Ponderación para pago
Tabla 4 Requisitos de muestreo y ensayo						80%
Material o producto	Característica	Categoría	Métodos de ensayo especificado	Frecuencia de ensayo	Ubicación de muestreo	
Capa de mezcla de base asfáltica, procesada en planta caliente	Contenido de asfalto base asfáltica	II	AASHTO T 164	1 por 500 t	Vehículo de transporte, posterior a la descarga de planta o después de la pavimentadora	
	Granulometría (1) 25,4 mm	II	AASHTO T 30	1 por 500 t	Vehículo de transporte, posterior a la descarga de planta o después de la pavimentadora	
	4,75 mm (No. 4)	II				
	2,36 mm (No. 8)	II				
75 $\mu$ m	II					
	Densidad base asfálticas compactada a partir de núcleos extraídos (2)	I	AASHTO T 166/ AASHTO T 209	1 por 500 t	En sitio posterior a la compactación	20%

(1) Si la graduación en cualquiera de las mallas de control no se sale del rango no se aplica el análisis estadístico definido en la Sub sección 107.05 para el factor de pago que corresponda. En el caso del porcentaje de asfalto, y la densidad de la capa de base se aplicará el mismo criterio de aceptación indicado en esta nota.

(2) Obtener los núcleos en la capa compactada, de acuerdo con AASHTO T 230 (método B). Llenar y compactar los orificios de las muestras con mezcla asfáltica para base.

## 7.3. INFORMACIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

La planta de producción de mezcla asfáltica ubicada en el proyecto Chilamate Vuelta de Kooper, es marca AMD con una disposición del proceso de producción de forma continua. La planta tiene una capacidad de producción de 140 TPH, y se produce tanto mezcla asfáltica convencional para la superficie de ruedo, como mezcla para la capa de base asfáltica.

El laboratorio dispuesto por el contratista para realizar las actividades de control de calidad es el laboratorio "OJM Consultores de Calidad y Laboratorios" (en adelante OJM) que tiene unas instalaciones en el proyecto, para realizar los ensayos a la mezcla asfáltica.

En cuanto a las labores de Verificación de Calidad son realizadas por el Laboratorio Vieta y Asociados, que es el encargado de apoyar a la Unidad Ejecutora del Proyecto.

## 8. MARCO CONCEPTUAL

### 8.1. Valoración Estadística de la Calidad del Trabajo Realizado.

La aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de los ensayos de calidad es una actividad fundamental en cualquier proceso productivo, para predecir el nivel de calidad del producto, corregir y prevenir desviaciones y mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de producción. Las herramientas estadísticas de control de procesos evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino también la variabilidad del proceso, la cual puede aumentar la probabilidad de que la totalidad del producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso.

La valoración estadística y de pago en función de la calidad se evalúa con el propósito de aportar elementos que permitan la interpretación de los ensayos y acrecentar la calidad de los productos que se utilizan en las labores de construcción de infraestructura vial. La Auditoría Técnica realiza una evaluación estadística de los resultados de los materiales obtenidos de las muestras tomadas y ensayadas por el personal técnico del LanammeUCR, a saber material de préstamo, base granular y de base asfáltica. Para ello se aplica el procedimiento establecido en la sección 107.05 “Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor de trabajo)” del “Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2010”, el cual se debe cumplir contractualmente.

Los índices de calidad ( $Q_s$  y  $Q_i$ ) son estimadores del sesgo de los datos analizados con respecto al valor meta y los límites permitidos por el rango de especificación; son indicadores de la variabilidad existente en el conjunto de datos analizados.

Los índices de calidad se calculan para cada uno de los ensayos que se van a analizar, luego se obtiene para cada uno el porcentaje de datos fuera de los límites de especificación (PT), aplicando la Tabla B del Cartel de Licitación. El porcentaje fuera de los límites de especificación es una estimación del porcentaje de la totalidad del producto que podría encontrarse fuera de los rangos de especificación para las muestras o periodo analizado (lote).

Como parte del procedimiento se utilizarán las siguientes abreviaturas en el presente informe:

- LSPE\* o Ls: Límite superior
- LIPE\* o Li: Límite inferior
- Prom: Promedio
- Desv: Desviación estándar
- ICS\* o QS: Índice de calidad superior
- ICI\* o QI: Índice de calidad inferior
- PIS<sub>i</sub>\* o PT: Porcentaje de datos fuera de los límites de especificación
- PDL: Porcentaje de datos dentro de los límites de especificación

\* Acorde con el CR-2010, sección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago

## 9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-021B-15.

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-128-15 del 05 de octubre de 2015 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-021B-15, partes 1, 2 y 3 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar.

Posterior al envío del informe preliminar se le brinda audiencia a la parte auditada para que se refiera al informe preliminar, el día 19 de octubre de 2015 a las 9:00am en las instalaciones del LanammeUCR en donde se realizó la presentación del informe LM-PI-AT-021B-15 en su versión preliminar y en la que participaron los ingenieros Ing. María del Carmen Gallardo, el Ing. Francisco Mata Montero, Ing. David Mesén Agüero por parte del MOPT. También se presentaron los representantes de la empresa encargada de la Supervisión del proyecto, Vieto y Asociados S.A. los ingenieros: Ing. Denis Fernández Mesén, Ing. Carolina Gómez y el Ing. Miguel Rojas Salas. Así como los auditores encargados del informe Ing. Erick Acosta, Ing. Emilio Corrales, Ing. Víctor Cervantes, el Ing. Francisco Fonseca y la Ing. Ana Elena Hidalgo, la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR, Ing. Wendy Sequeira Rojas.

El día 20 de octubre de 2015, se recibe el oficio UBCK-821-2015, remitido por la gerente del proyecto Bajos de Chilamate-Vuelta de Kooper, Ing. María del Carmen Gallardo, en el cual se solicita una prórroga al plazo de entrega del documento de descargo del informe preliminar LM-PI-AT-021B-15, hasta el 30 de octubre del 2015.

La prórroga es concedida por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA-LanammeUCR, considerando la importancia que tiene para el proceso de auditoría técnica. El 03 de noviembre del 2015, se recibe el oficio UBCK-849-2015, donde la gerente del proyecto y la supervisión del proyecto en cuestión remiten las observaciones generadas a partir de la presentación y entrega del informe LM-PI-AT-021B-15.

Por lo tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe LM-PI-AT-021-15 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

## 10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las muestras extraídas y la recolección y análisis de evidencias.

Se entiende como hallazgo de auditoría técnica, un hecho que hace referencia a una normativa, informes anteriores de auditoría técnica, principios, disposiciones y buenas prácticas de ingeniería o bien, hace alusión a otros documentos técnicos y/o legales de orden contractual, ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, una observación de auditoría técnica se fundamenta en normativas o especificaciones que no sean necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

Por lo tanto las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que prevengan el riesgo potencial de incumplimiento.

### 10.1. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA

El monitoreo del proceso de producción, como parte del proceso de control de calidad, mediante la comparación de los resultados de los ensayos que se ejecutan con las especificaciones y la fórmula de trabajo, se realiza con el propósito de detectar posibles variaciones del proceso productivo que permitan efectuar modificaciones o ajustes correctivos, además, que habilita en algunas situaciones evaluar o reformular el diseño de la mezcla asfáltica utilizada en el proceso de pavimentación.

### 10.1.1. Sobre la calidad del material de base granular y préstamo

Es importante reiterar que la toma de muestras del proyecto por parte de la Auditoría Técnica dentro del proceso de fiscalización, no tiene como finalidad cumplir la función del control ni la verificación de calidad y tampoco le corresponde a esta Auditoría Técnica, realizar evaluaciones exhaustivas a nivel de proyecto que son de competencia propia de la Administración, por lo que el presente informe no es un dictamen final de la calidad de todo el proyecto. Cabe destacar que estos si responden a muestreos aleatorios y no sesgados. La auditoría técnica presenta una evaluación de datos puntuales que sirven de insumo para que la Administración realice una revisión de los resultados obtenidos por el LanammeUCR, en contraste con los controles propios, tanto de verificación de calidad, así como los de calidad por parte del contratista, controles que deben existir en todo proyecto de obra vial.

Es competencia de la Administración, en la figura del Ingeniero de Proyecto (Unidad Ejecutora ó Verificación de la calidad) responsable, determinar la aceptación o rechazo del material, así como su respectivo pago.

La Auditoría Técnica es un mecanismo externo e independiente cuyo fin es determinar si la inversión se está realizando eficientemente, así como un mecanismo para la propia Administración de obtener insumos de mejora en los proyectos viales.

La aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de los ensayos de calidad es una actividad fundamental en cualquier proceso productivo, para predecir el nivel de calidad del producto, corregir y prevenir desviaciones y mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de producción. Las herramientas estadísticas de control de procesos evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino también la variabilidad del proceso, la cual puede aumentar la probabilidad de que la totalidad del producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso.

Para desarrollar esta sección del informe se toma como base el Cartel de Licitación Pública y los documentos contractuales como Ordenes de Servicio y Ordenes de Modificación además del Manual CR-2010 como complemento a lo que se solicita en la especificación se utiliza a sección 107.05 "Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)" para realizar un análisis complementario a lo solicitado, en esta sección del Cartel se describe de forma detallada el proceso que debe seguir tanto la Administración como el contratista para asegurar la calidad de los materiales del proyecto en pro del buen desarrollo del mismo y su desempeño en el futuro.

**Observación N° 1: Los resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR para el material de base granular se encuentran debajo del porcentaje máximo permitido descrito en el CR-2010.**

A continuación se presentan los datos de material granular de base, muestreados en el proyecto en cuestión entre diciembre de 2014 y abril de 2015 y analizados por el laboratorio del LanammeUCR (Ver Tabla 4).

**Tabla 4.** Resumen de resultados de ensayos de base granular.

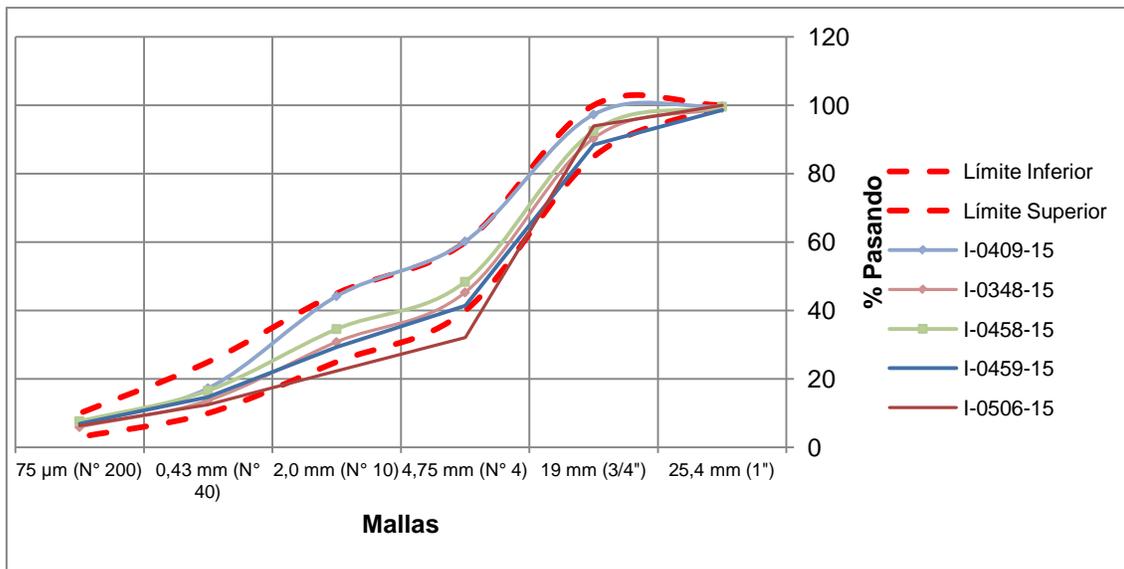
Información General Especificación				Granulometría						Plasticidad		CBR	
Informe	Muestra	Est.	Muestreo	100 1"	85-100 3/4"	40-60 N4	25-45 N10	10-25 N40	3-10 N 200	35% max LL	4-9% IP	80% 0,1"	min 0,2"
I-0409-15	0484-15	4+650	24/02/2015	99,7	97,3	60,2	44,2	17,3	7,10	-	-	-	-
I-0348-15	2704-14	7+700	14/01/2015	99,2	90,3	45,3	30,8	13,7	5,94	-	-	85	109
I-0458-15	0079-15	5+930	14/01/2015	99,6	92,5	48,4	34,6	16,6	7,65	NP	NP	77	104
I-0459-15	0177-15	10+640	21/01/2015	98,6	88,4	41,4	29,3	14,7	6,90	-	-	99	139
I-0506-15	0864-15	4+600	08/04/2015	100	93,9	32,1	22,3	12,5	6,29	-	-	-	-

-No se presenta en el informe

Tal y como se puede observar de este análisis para las cinco muestras de base granular, se obtiene datos de granulometría, CBR y plasticidad. Del análisis complementario realizado utilizando la sección 107.05 del CR-2010, se resume que en cuanto al análisis de la granulometría, el porcentaje fuera de los límites permitidos es para la malla 1" de 17,6%, para 3/4" de 9,3%, para la No 4 de 43,9%, para la No 10 de 30,2% y para la malla No 40 y No 200 de 4,3% y 2,0% respectivamente. En cuanto a la plasticidad del material es NP y todos los valores de CBR son superiores al valor mínimo de 80%, sin embargo establece un valor de PT de 7,6% (Ver Tabla 5).

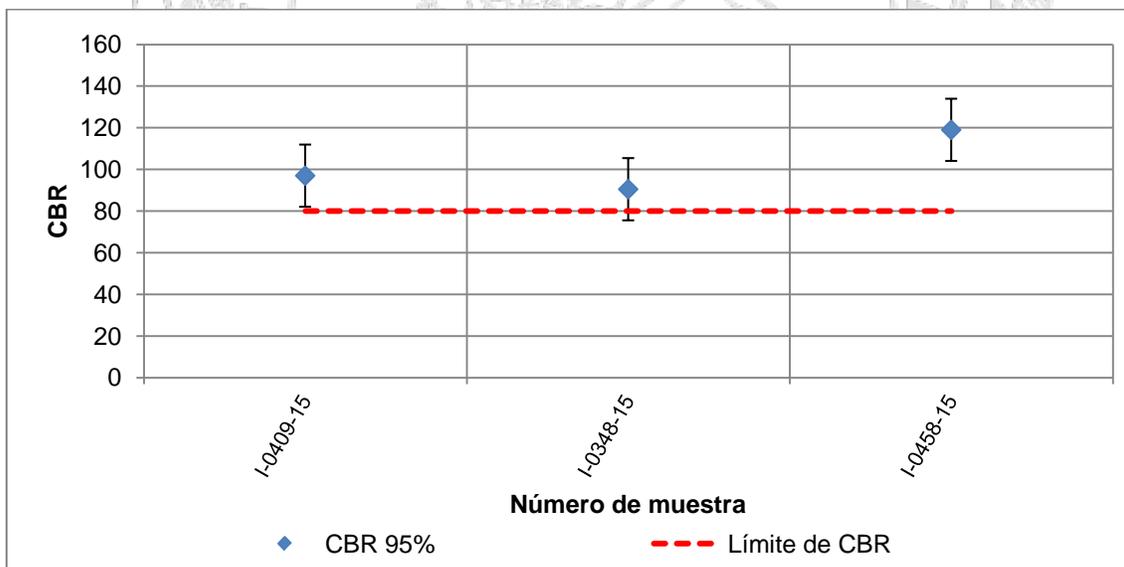
**Tabla 5.** Análisis de porcentaje estimado fuera de límites especificados para las muestras de base granular analizadas por el LanammeUCR

Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
<b>Granulometría (Tamiz)</b>				
1"	100	5	17,6	
3/4"	85-100	5	9,3	
No 4	40-60	5	43,9	50,00
No 10	25-45	5	30,2	
No 40	10-25	5	4,3	
No 200	3-10	5	2,0	
CBR (95%)	80%	4	10,4	50,00



**Gráfico 1.** Curvas granulométricas de muestras de base granular ensayadas por el LanammeUCR.

Tal y como se puede observar en la tabla anterior, solamente la malla N°4 presenta un alto porcentaje de variabilidad, cercano al límite máximo permitido. El Gráfico 2 muestra las curvas granulométricas de las muestras analizadas por el LanammeUCR, se puede observar curvas muy ajustadas a los límites especificados tanto superior como inferior y también una variabilidad significativa de los valores que se encuentran fuera de los límites establecidos.



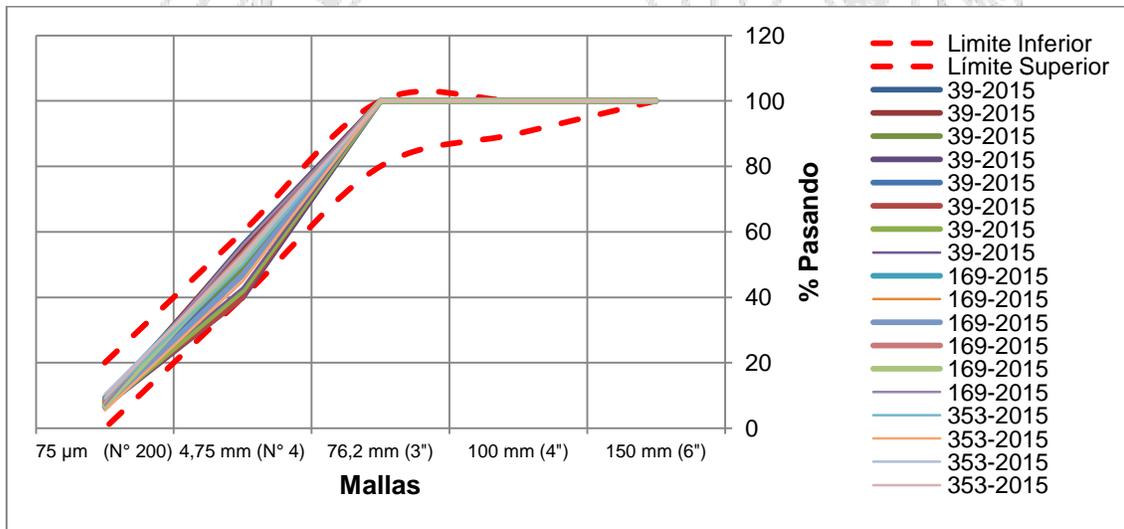
**Gráfico 2.** Valores de CBR de muestras ensayadas de base granular por el LanammeUCR.

En este caso se puede observar como todos los valores de CBR, se encuentran por encima del valor especificado de 80%. Del análisis estadístico complementario que se resume en la Tabla 5, se puede observar que solamente un 10,4% de los datos se encuentra fuera de la especificación establecida.

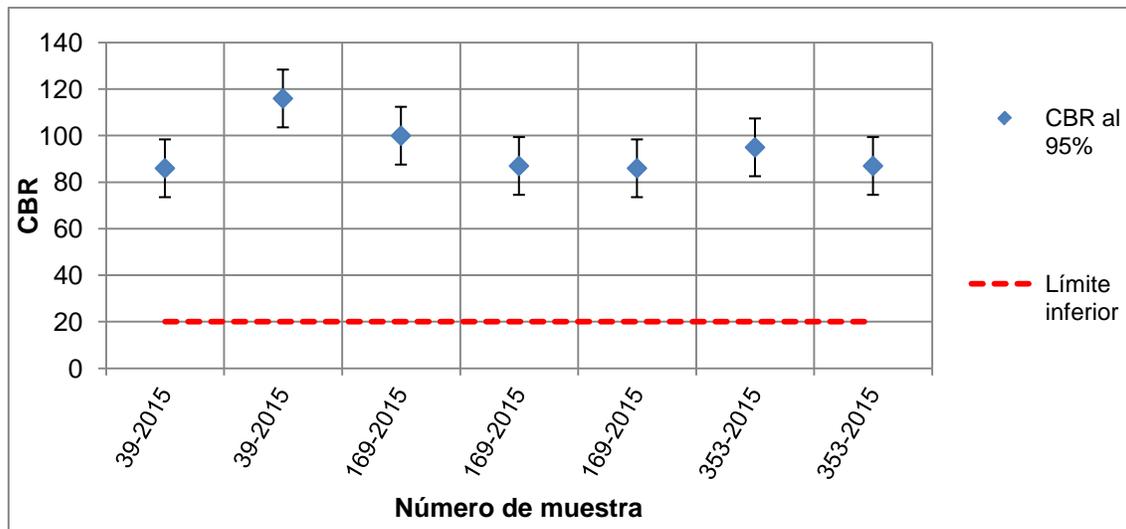
**OBSERVACIÓN N° 2. Los resultados de las muestras ensayadas por el Laboratorio De Control De Calidad (O.J.M.) para el material de préstamo y de base granular se encuentran dentro del porcentaje máximo permitido descrito en el CR-2010.**

Para el análisis que se realizó de manera adicional, de los datos de Control de Calidad (Laboratorio OJM), se solicitó a la Administración vía oficio LM-AT-058-15, los informes de calidad emitidos por este organismo de ensayo relacionados con el material de préstamo y de base granular. Se analizaron los datos correspondientes al mismo periodo en que se realizó el muestreo por parte del LanammeUCR comprendido entre enero y abril de 2015.

Para el material de préstamo, del análisis estadístico realizado aplicando la sección 107 del CR-2010 se determina que para las mallas de 6", 4" y 3", el material no presenta valores fuera de los límites permitidos (0,0%), para el caso de la malla No 4 presenta un porcentaje fuera de los límites de 8,3% y de 0,16% en el caso de la malla No 200. Para un total de 18 muestras analizadas se determina que el valor máximo permitido fuera de los límites se estima en 40,3%, por lo que al comparar los datos se encuentran dentro del valor permitido. En el caso del CBR se obtuvo un valor promedio de 94%, y un porcentaje fuera de los límites establecidos de 0,160% satisfaciendo el valor máximo estimado de 47,5% para un tamaño de estudio de 7 muestras analizadas. El material es NP.



**Gráfico 3.** Curvas granulométricas de muestras ensayadas de préstamo por el laboratorio de control de calidad (OJM)



**Gráfico 4.** Valores de CBR de muestras ensayadas de préstamo por el laboratorio de control de calidad (OJM)

**Tabla 6.** Análisis de porcentajes estimado fuera de límites especificados para las muestras de préstamo analizadas por el laboratorio de Control de Calidad.

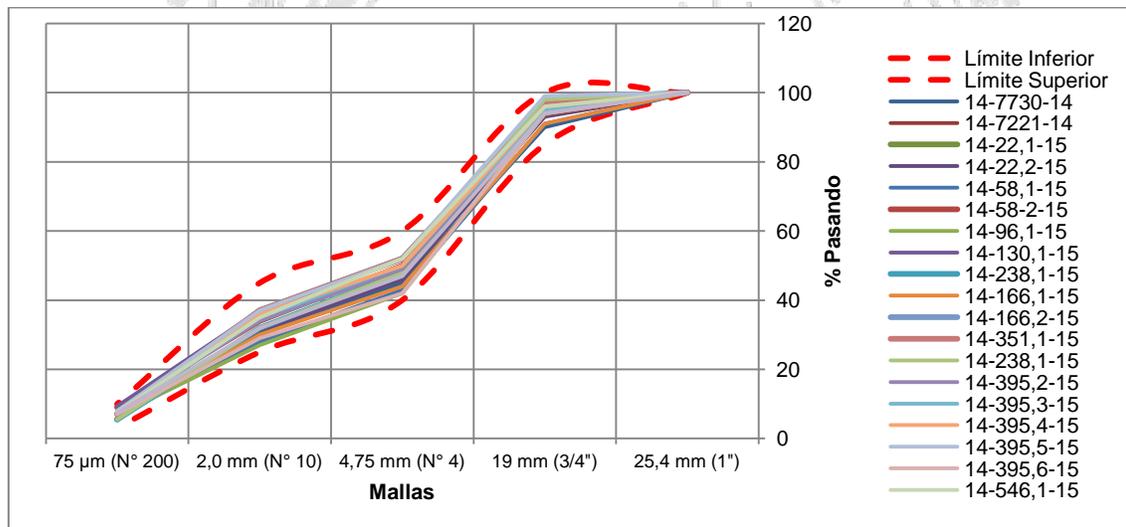
Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
<b>Granulometría (Tamiz)</b>				
6"	100	18	0,0	
4"	85-100	18	0,0	
3"	40-60	18	0,0	40,3
No 4	25-45	18	8,3	
No 200	10-25	18	0,16	
<b>CBR (95%)</b>	<b>80%</b>	<b>7</b>	<b>7,594</b>	<b>47,5</b>

Para el material de base granular se obtuvo un porcentaje fuera de los límites especificados, con valores bajos para todas las mallas analizadas, a saber: 0%,1,9%, 1,5%, 1,0% y 0,7% para las tamices de 1", 3/4", No 4, No 10 y No 200 respectivamente, en contra posición a un valor máximo estimado fuera de los límites especificados de 39,1% para un tamaño de muestra de 21 ensayos, por lo que todas las muestras reportadas por este laboratorio presentan valores menores al máximo indicado en el manual del CR-2010.

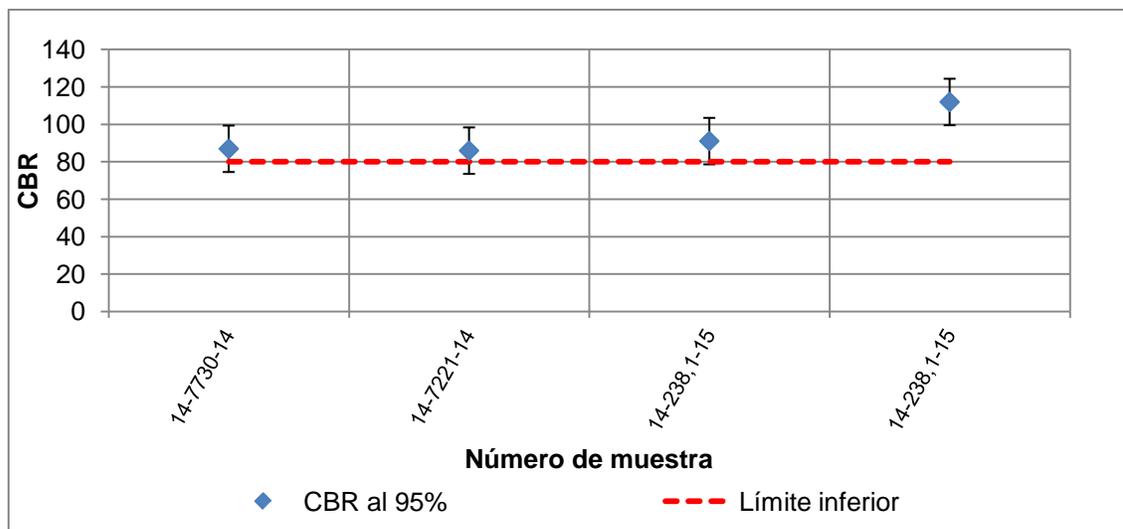
**Tabla 7.** Análisis de porcentajes estimado fuera de límites especificados para las muestras de base granular analizadas por el laboratorio de Control de Calidad.

Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
<b>Granulometría (Tamiz)</b>				
1"	100	21	0,0	
3/4"	85-100	21	1,9	39,12
No 4	40-60	21	1,5	
No 10	25-45	21	1,0	
No 200	3-10	21	0,7	
<b>CBR (95%)</b>	<b>80%</b>	<b>4</b>	<b>15,7</b>	<b>50,0</b>

En cuanto al CBR se obtiene un valor fuera del límite especificado de 15,7%, en comparación al máximo permitido de 50,0% en el caso de 4 muestras analizadas. El material es NP.



**Gráfico 5.** Curvas granulométricas de muestras ensayadas de base granular por el laboratorio de control de calidad (OJM).

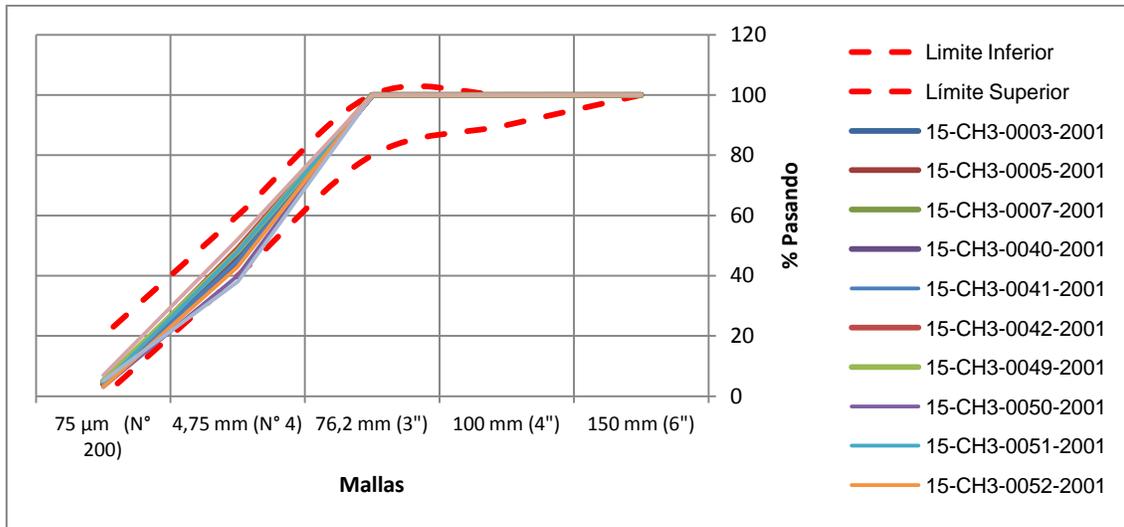


**Gráfico 6.** Valores de CBR de muestras ensayadas de base granular por el laboratorio de control de calidad (OJM)

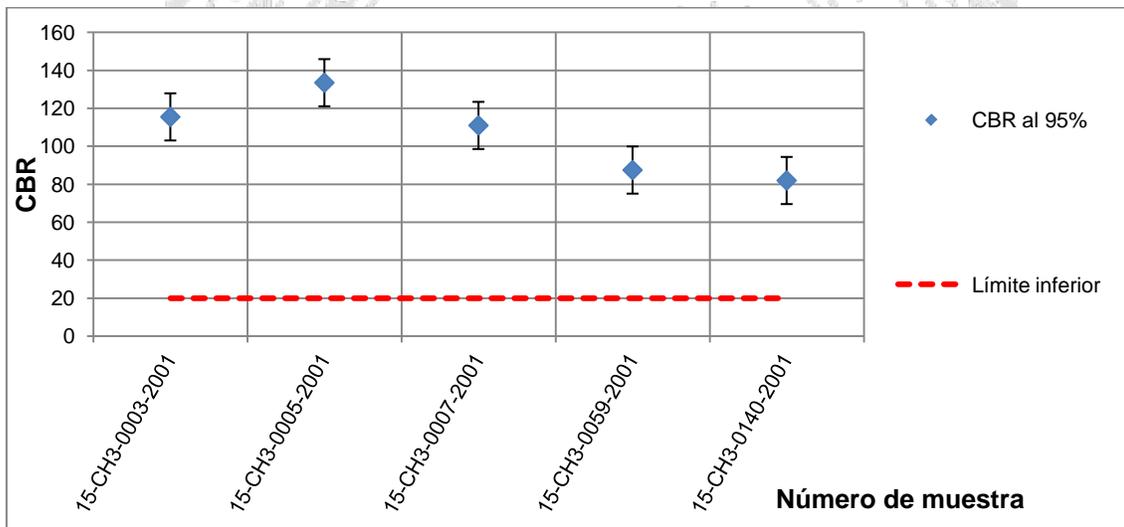
**OBSERVACIÓN N° 3. Los resultados de las muestras ensayadas por el Laboratorio De Laboratorio De Calidad (Vieta) para el material de préstamo y de base granular se encuentran dentro del porcentaje máximo permitido descritos en el CR-2010.**

Para el análisis complementario realizado a los datos de Verificación de Calidad (Laboratorio Vieta), se solicitó a la Administración vía oficio LM-AT-058-15 los resultados del material de préstamo y la base granular emitidos por el organismo de verificación de calidad; se analizaron los datos correspondientes al mismo periodo en que se realizó el muestreo por parte del LanammeUCR abarcado entre enero y abril del 2015.

Para el material de préstamo del análisis estadístico utilizando la sección 107 del CR-2010, para las mallas de 6", 4" y 3" se determina que el material no presenta valores fuera de los límites permitidos (0,0%) y en el caso de la malla No 4 se observa un porcentaje fuera de los límites de 9,6% y de 0,32% en el caso de la malla No 200. En comparación con el valor máximo permitido de 43,4% para un tamaño de 12 muestras analizadas, se distingue que todos los datos se encuentran dentro del rango permitido. En el caso del CBR presenta un porcentaje fuera de los límites establecidos de 0,16% en comparación a un valor máximo permitido de 50,0% para 5 muestras analizadas. El material es NP



**Gráfico 7.** Curvas granulométricas de muestras ensayadas de préstamo por el laboratorio de verificación de calidad (Vieta).



**Gráfico 8.** Valores de CBR de muestras ensayadas de préstamo por el laboratorio de verificación de calidad (Vieta)

**Tabla 8.** Análisis de porcentajes estimado fuera de límites especificados para las muestras de préstamo analizadas por el laboratorio de Verificación de Calidad.

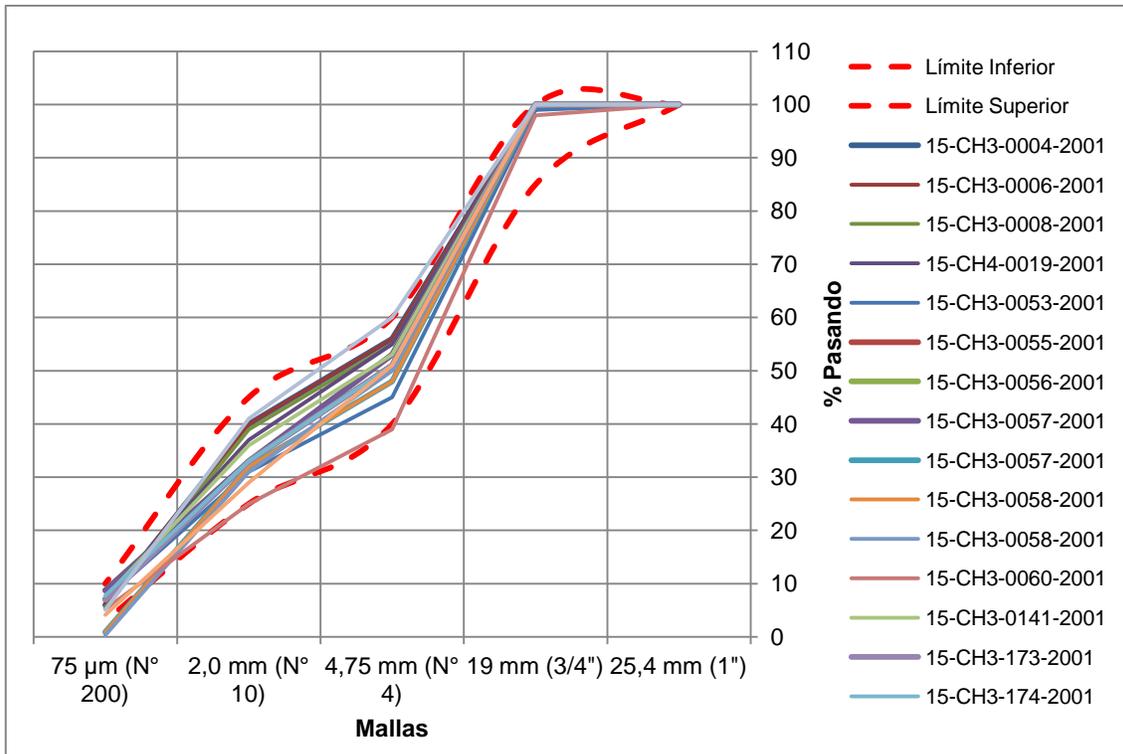
Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
<b>Granulometría (Tamiz)</b>				
6"	100	12	0,0	
4"	85-100	12	0,0	
3"	40-60	12	0,0	43,365
No 4	25-45	12	9,6	
No 200	10-25	12	0,32	
<b>CBR (95%)</b>	<b>80%</b>	5	0,16	50,0

Para el material de base granular se obtuvo un porcentaje fuera de los límites especificados, con porcentajes para todas las mallas analizadas, a saber: 0%, 36,7%, 7,93%, 4,68% y 18,57% para las tamices de 1", 3/4", No 4, No 10 y No 200 respectivamente, todo ello en contra posición a un valor máximo fuera de los límites permitido de 42,2% para un tamaño de análisis de 15 muestras, por lo que se evidencia que todas las muestras reportadas por este laboratorio presentan valores menores al máximo indicado en el manual del CR-2010. Sin embargo, cabe destacar la variabilidad manifiesta que muestra la malla 3/4", con un valor de 37%, el cual está cercano al máximo permitido para considerar como aceptable un producto.

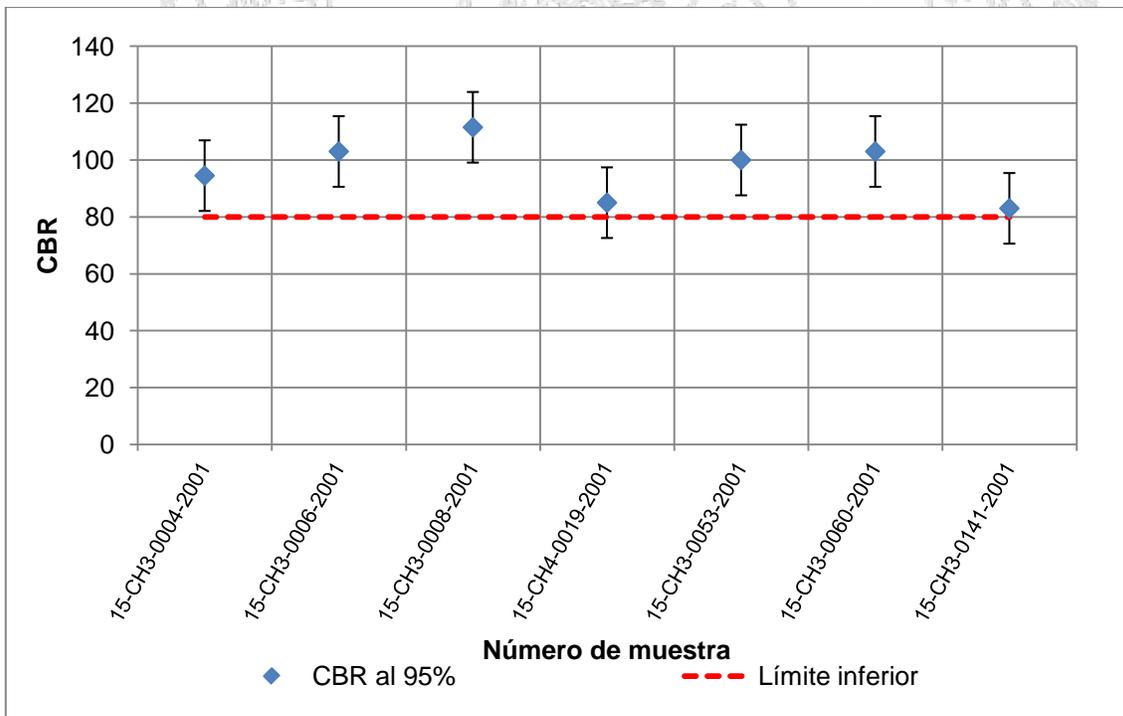
El valor de CBR promedio es de 97,1%, por lo que es mayor al valor requerido 80%. Se obtiene un valor fuera de los límites especificados de 7,5%, en comparación al máximo permitido de 48,6% en el caso de 7 muestras analizadas. El material en NP.

**Tabla 9.** Análisis de porcentajes estimado fuera de límites especificados para las muestras de base granular analizadas por el laboratorio de Control de Calidad.

Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
<b>Granulometría (Tamiz)</b>				
1"	100	15	0,0	
3/4"	85-100	15	36,7	42,2
No 4	40-60	15	7,9	
No 10	25-45	15	4,7	
No 200	3-10	15	18,6	
<b>CBR (95%)</b>	<b>80%</b>	7	7,5	48,6



**Gráfico 9.** Curvas granulométricas de muestras ensayadas de base granular por el laboratorio de verificación de calidad (Vieta).



**Gráfico 10.** Valores de CBR de muestras ensayadas de base granular por el laboratorio de verificación de calidad (Vieta)

### 10.1.2. Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica

**HALLAZGO N° 1:** La planta de asfalto emplazada en el proyecto cumple, en su mayoría, lo solicitado en la disposición vial AM-003-2001 no así con algunas condiciones solicitadas en el cartel de licitación.

Durante las visitas del equipo de auditoría se efectuó una evaluación general de las condiciones de la planta de la Constructora Sánchez Carvajal ubicada en el proyecto Vuelta Kooper - Chilamate (Est. 13+000), considerando diferentes aspectos de los componentes de la misma así como los requisitos mínimos solicitados en la disposición general vigente AM-03-2001 y en el cartel de licitación.

#### Componentes generales

La planta de producción de mezcla asfáltica es de tipo de mezclado continuo, marca ADM, fabricada en el año de 1994, con una capacidad de producción de 140 TPH. Está conformada por tolvas de alimentación de agregado en frío, fajas transportadoras, criba con vibración, tambor secador y mezclador, quemador, sistema inclinado de elevación de mezcla, silo de almacenaje, sistema colector húmedo de polvo, tanques de almacenamiento del asfalto / combustible, bomba de asfalto y cabina de control entre otros elementos. En las Fotografías 1 a la 5 se muestra el detalle de cada uno de los diferentes componentes mencionados.



a.



b.

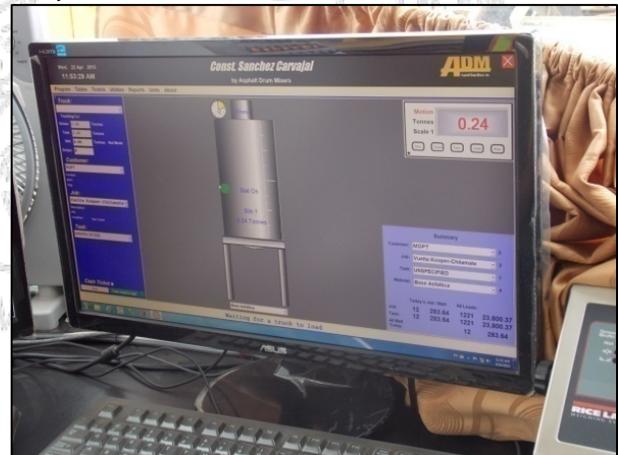
**Fotografía 1.** Vista generales de los componentes principales de la planta



**Fotografía 2.** Tanques de asfalto



a.



b.

**Fotografía 3.** Cabina de Control



**Fotografía 4.** Tolvas de alimentación en frío con tres compartimientos



**Fotografía 5.** Banda transportadora de agregados combinados

Se mantienen tres tolvas individuales, como lo indica la Disposición Vial AM-03-2001, provistas de un mecanismo automático de control para la alimentación y combinación de los agregados en frío, una para cada apilamiento de agregado utilizado en la producción de mezcla. Sin embargo, no cuentan con algún mecanismo que impida la contaminación de materiales, entre tolvas contiguas, tal como se aprecia en la Fotografía 4.

Se observó una criba en la banda transportadora que no permite el ingreso de material con sobre tamaño al puente de pesaje y al tambor mezclador, a pesar de que la Disposición Vial AM-03-2001 solicita cribas en las entradas de las tolvas. Es criterio de esta auditoría que en principio cumplen el mismo objetivo.

En cuanto a la cabina de control se observa que cuenta con dispositivos automáticos y digitales para el control y monitoreo de la producción de la mezcla asfáltica, tales como control de la temperatura de asfalto, ajustes en la dosificación de asfalto y velocidad de producción por humedad de los agregados, indicadores de temperaturas en el tambor mezclador y secador, del cemento asfáltico y de la llama del quemador, entre otros controles (Fotografía 3).

Los restantes componentes vistos durante la visita a la planta productora de mezcla asfáltica tales como fajas transportadoras, tambor secador y mezclador, quemador, sistema inclinado de elevación de mezcla, silo de almacenaje, sistema colector húmedo de polvo, tanques de almacenamiento del asfalto / combustible y bomba de asfalto se observaron que se mantienen en condiciones normales de operación, sin ninguna desviación o alteración importante.

Según el cartel de licitación en la sección 1.2.8 Equipo mínimo a incorporar en el proyecto la planta de producción de mezcla asfáltica debe tener una capacidad mínima de 200 ton/hora. Durante la visita a la planta productora el personal a cargo indicó que la planta tenía una capacidad máxima de producción de 140 ton/hora por lo que esto refleja un incumplimiento a las condiciones solicitadas en el cartel de licitación.

Según el oficio UBCK-821-2015, la Unidad Ejecutora sostiene que en el momento de la presentación de la oferta, la Constructora Sánchez Carvajal S.A. aporta documentos de la planta de producción de mezcla marca StandSteel RM40, la cual tiene una producción horaria de 120 ton y cumple la disposición vial AM-003-2001.

A partir de la información suministrada por el auditado; es criterio de esta Auditoría que esta deficiencia en el equipo no representa una falta grave en el aspecto técnico, sin embargo, se estima importante que la Administración valore las repercusiones de solicitar equipo mínimo de mayor capacidad a la necesaria para ejecutar una obra, lo cual podría limitar la cantidad de oferentes, restringiendo la libre concurrencia en condiciones de igualdad y la búsqueda del mejor manejo de los recursos públicos.

**Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación:** Disposición Vial AM-03-2001 Actualización de Manuales de la Administración.

**HALLAZGO N° 2: No se pudo evidenciar que varios componentes de la planta de producción de mezcla asfáltica del proyecto se encuentren bajo un adecuado control metrológico según lo estipulado en la documentación contractual.**

Según disposición general vigente AM-03-2001 se debe de tener en cabina los certificados de calibración de los elementos sensores de peso, temperatura y flujo. Durante la visita del equipo auditor se solicitó la documentación pertinente a las actividades de control metrológico de equipo termométrico, medidor de de presiones, sistema de pesaje (básculas o celdas de carga), entre otros al personal de la planta. Se aportaron dos certificados de calibración de la romana camionera para pesaje de materiales de la planta, los cuales se detallan en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Detalle de los Certificados de Calibración aportados durante la visita

Componente	Fecha de calibración	Próxima calibración	Número de certificado	Capacidad máxima
Romana de Materiales	25/10/2014	14/01/2015	CSC090215A-480-2A	400- 50 000 kg
Romana de Materiales	09/02/2015	29/05/2015	CSC090215A-480-2A	400- 50 000 kg
Romana de Materiales <sup>1</sup>	05/06/2015	19/12/2015	CSC090215A-480-2A	400- 50 000 kg
Tolva para Asfalto <sup>1,3</sup>	10/06/2015	N/I	20150610-01JS	400- 50 000 kg
Termocupla de salida de bomba de asfalto	18/06/2015	Junio 2016	Certificado MC-CC-15-06-126H	100 a 200 °C
Termocupla de gases	18/06/2015	Junio 2016	Certificado MC-CC-15-06-127H	100 a 200 °C
Termómetro de bunquer	18/06/2015	Junio 2016	Certificado MC-CC-15-06-128H	10 a 265 °C
Termómetro de tanque de asfalto	18/06/2015	Junio 2016	Certificado MC-CC-15-06-129H	0 a 300 °C
Termómetro Ter 1	18/06/2015	Junio 2016	Certificado MC-CC-15-06-130H	0 a 300 °C
Termómetro Ter 2	18/06/2015	Junio 2016	Certificado MC-CC-15-06-131H	10 a 290 °C

<sup>1</sup> Certificados aportados mediante oficio LM-AT-070-15

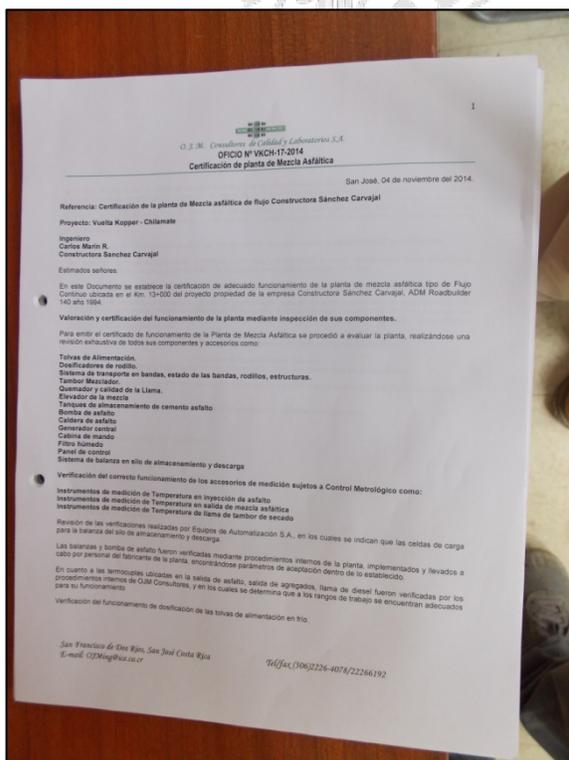
<sup>2</sup> Certificados aportados mediante oficio LM-AT-070-15

<sup>3</sup> Aunque se indique como tolva para asfalto, el equipo calibrado es el mismo al de la romana de materiales

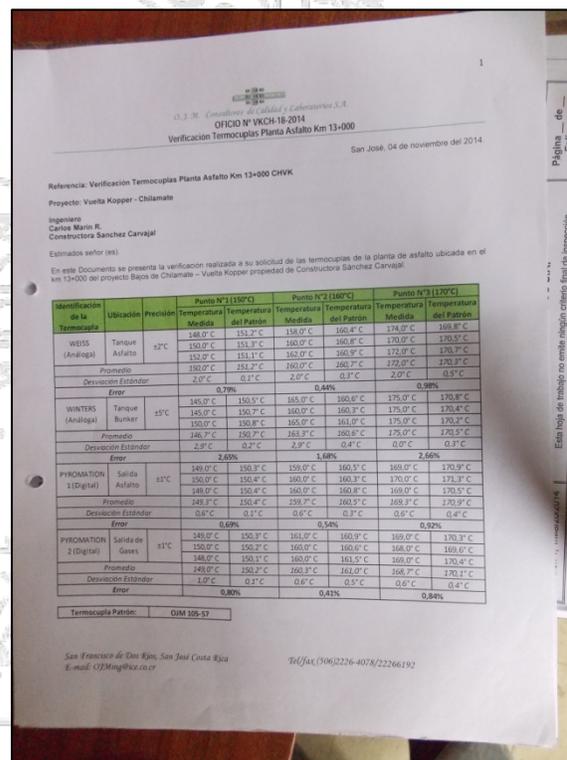
De esto se puede observar que para la calibración del 25 de octubre de 2014 el proveedor recomienda que la siguiente calibración se debía realizar en el 14 de enero de 2015 pero se realizó hasta el 9 de febrero, por lo que se muestra que este equipo estuvo fuera de control metrológico por casi un mes, esta situación se repite para la calibración del 5 de junio que debió realizarse el 29 de mayo, lo que puede ocasionar un riesgo potencial de que las lecturas que se estén efectuando con el equipo no sean las correctas. No se aportó documentación que mostrara verificaciones intermedias a este equipo.

Además, se entrega un documento de certificación de la planta en general, emitido el 04 de noviembre de 2014 por el laboratorio OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A en función de Consultor de Calidad, mediante oficio VKCH 17-2014 (Ver Fotografía 6), en este documento se certifica que la planta del proyecto cuenta con un adecuado funcionamiento y que éste cuenta con una vigencia de 6 meses.

En esta misma línea se muestra el certificado emitido por el Ingeniero Federico Ramírez, ingeniero mecánico IM 15536, de fecha 6 de noviembre de 2014 en el cual se certifica que la planta presenta un funcionamiento adecuado.



**Fotografía 6.** Certificado de funcionamiento de la planta



**Fotografía 7.** Verificación de termocuplas de la planta

Finalmente, fue suministrado un registro, con identificación VKCH 18-2014, en el cual se hace constar que se ha realizado una verificación de las termocuplas de la planta de asfalto mediante la comparación con un termómetro de referencia (termocupla patrón), esta verificación fue realizada por el laboratorio OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A (Ver Fotografía 7). Se indica que las termocuplas verificadas son las ubicadas en el tanque de asfalto, tanque de bunker, en la salida del asfalto y en la salida de gases.

Se debe aclarar que si bien las actividades de control metrológico de equipos, permiten una comparación de un equipo con calibración vigente con otro equipo de similar naturaleza, este tipo de actividades se consideran "comprobaciones intermedias" y no califican como una calibración de equipo. La calibración, emisión de certificado y su correspondiente etiqueta de confirmación solamente pueden ser realizadas por un ente (laboratorio de calibración) debidamente reconocido y con competencia técnica para efectuar esta actividad.

Cabe destacar que en la documentación que fue entregada al equipo auditor no habían certificados de calibración para los distintos componentes de la planta (termocuplas, manómetros) diferentes a los de la romana de materiales. Por lo que estos fueron solicitados durante la visita, y posteriormente por medio del oficio LM-AT-070-15 de fecha 3 de junio de 2015, recibido el 8 de junio de 2015 por la Unidad Ejecutora. El 22 de junio se recibe el oficio UBCK-462-2015 en el que se adjuntan los siguientes certificados (presentados anteriormente en la Tabla 10):

- Certificado de tolva para asfalto Rice Lake serie 0010428 Certificado 20150610-01JS del 10 de junio de 2015
- Certificado de romana de materiales Rice Lake serie 0010428 Certificado CSC090215A-480-2A

Además de una nueva verificación de las termocuplas de la planta de producción de mezcla asfáltica de fecha 7 de mayo de 2015. En el oficio se indica que queda pendiente la entrega de la certificación de las termocuplas por un organismo acreditado externo.

Mediante oficio UBCK-0479-2015 del 29 de junio se complementa la información aportada en el UBCK-462-2015 y se adjuntan los siguientes certificados:

- Certificado de termocupla de salida de bomba de asfalto, Certificado MC-CC-15-06-126H del 18 de junio de 2015.
- Certificado de termocupla de salida de gases, Certificado MC-CC-15-06-127H del 18 de junio de 2015
- Certificado de termómetro de bunker, Certificado MC-CC-15-06-128H del 18 de junio de 2015
- Certificado de termómetro de tanque de asfalto, Certificado MC-CC-15-06-129H del 18 de junio de 2015
- Certificado de termómetro de denominación Ter-1 marca WIESS, Certificado MC-CC-15-06-130H del 18 de junio de 2015
- Certificado de termómetro de denominación Ter-2 marca Weksler, Certificado MC-CC-15-06-131H del 18 de junio de 2015

A pesar de que existe evidencia de que los equipos han sido calibrados recientemente, las fechas de los certificados aportados son posteriores a la fecha de emisión de la solicitud de los mismos (3 de Junio de 2015) por lo que no se aporta evidencia de que exista un plan de control metrológico que se siga de manera periódica. Los certificados de calibración del 18 de junio muestran que los equipos cuentan con una calibración por un periodo de tiempo posterior a la emisión de la solicitud de los mismos, por lo que el equipo auditor no obtuvo evidencia de que anterior a esa fecha los componentes de la planta hayan sido calibrados durante la ejecución del proyecto.

Incluso se muestra que en varios de los certificados el equipo al que hace referencia no está debidamente identificado, a manera de ejemplo los certificados MC-CC-15-06-131H y MC-CC-15-06-132H muestran la calibración de un termómetro marca Winters que podría ser el del tanque del Bunker pero como no se indica su código, no se tiene certeza de cuál es al que se refiere esta calibración.

Cabe mencionar que los certificados de calibración de los equipos no son sólo un requisito, sino que brindan importante información para que el operador de la planta conozca las desviaciones de medición que pueden tener estos equipos, con el fin de asegurar que el proceso productivo se va realizando dentro de las magnitudes y requisitos esperados.

En el oficio UBCK-849-2015, se aporta evidencia de que la empresa Constructora acató la recomendación emitida por la Auditoría Técnica y generó un listado del control metrológico de los instrumentos de la planta, en el cual se muestra la última y próxima fecha de calibración de cada instrumento.

**Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación:** Disposición Vial AM-03-2001 Actualización de Manuales de la Administración.

### 10.1.3. Sobre el control de agregados

**HALLAZGO N° 3: La disposición y el control general de los agregados minerales se realiza de acuerdo con la documentación contractual**

El diseño de mezcla vigente, informe N°E1-03-2014 de fecha 27 de octubre de 2014 emitido por OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A, indican que se están utilizando agregados del Río Tres Amigos, constituidos en tres apilamientos a saber: agregado grueso (tamaño máximo nominal de 37,5mm) agregado intermedio (tamaño máximo nominal de 19,1mm) y agregado fino (tamaño máximo nominal 12,5mm). Dichos apilamientos se mantienen separados entre sí debido a la gran cantidad de espacio con que se cuenta en la planta (Fotografía 8). Además se observó que los apilamientos son tapados con lonas con el fin de evitar que absorban humedad excesiva como se puede apreciar en la Fotografía 9.

En general, la zona de apilamiento de los agregados es un área amplia que permite mantener las tres fracciones que solicita en el diseño, adecuadamente separadas. Para el caso de base asfáltica el CR-2010 solicita, en la sección 406 "Mezcla asfáltica en caliente para capas de base" apartado 406.04 Plantas procesadoras, que "Para mezcladoras continuas, no se requiere contar con dos o más apilamientos de agregado", por lo que se cumple lo solicitado en las especificaciones.



**Fotografía 8.** Apilamientos en la planta.



**Fotografía 9.** Apilamiento tapado con lona

#### **10.1.4. Sobre la gestión ambiental de la planta de producción de mezcla asfáltica.**

**HALLAZGO N° 4: La planta de producción de mezcla asfáltica cumple con los requisitos ambientales solicitados en la disposición GA-05-2001.**

Durante las visitas del equipo auditor se evaluó el cumplimiento de la gestión ambiental según la Disposición GA-05-2001 la cual rige para todos los contratos con el M.O.P.T. o el Conavi. Según esta se debe contar con una pila de sedimentación cuando se utilice agua en el proceso productivo. Esta se muestra en la Fotografía 10. Adicionalmente, se solicita que la salida de agua sea hacia algún río o quebrada, siempre y cuando haya sido tratada previamente y no presente peligro de contaminación al sitio de descarga. No se permite el desagüe de agua caliente directamente a un cauce natural, debe dejarse enfriar primero. Esto se cumple como se observa en la Fotografía 11.



**Fotografía 10.** Laguna de sedimentación.



**Fotografía 11.** Salida de agua al cauce natural.

En cuanto a los tanques de asfalto, diesel o cualquier material combustible se solicita construir una barrera perimetral al tanque, que retenga cualquier tipo de derrame. Esta barrera debe tener capacidad, como mínimo, de contener 1,5 veces la capacidad del tanque. Las barreras perimetrales para los tanques se observan en la Fotografía 12.



**Fotografía 12.** Barreras perimetrales de los tanques de materiales combustibles

**Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación:** Disposición Vial GA-05-2001 Actualización de Manuales de la Administración.

### 10.1.5. Sobre la mezcla asfáltica producida (base asfáltica)

**HALLAZGO N° 5: Se evidencia que algunas muestras analizadas presentan valores de contenido de asfalto fuera de los límites de tolerancia establecidos por el óptimo  $\pm 0,5\%$  (3,30% - 4,30%) indicado en el diseño de base asfáltica vigente.**

Entre los requisitos para la base asfáltica que se establecen en la OM-7 se indica que los límites de tolerancia para la dosificación del contenido de asfalto debe mantenerse en  $\pm 0,5\%$  (variabilidad permitida) con respecto al valor óptimo de asfalto aprobado en el diseño de la base asfáltica. El diseño de mezcla asfáltica para capa de base aprobado está formulado en el informe del Laboratorio de Control de Calidad OJM 032-2014 del 01 de marzo de 2014.

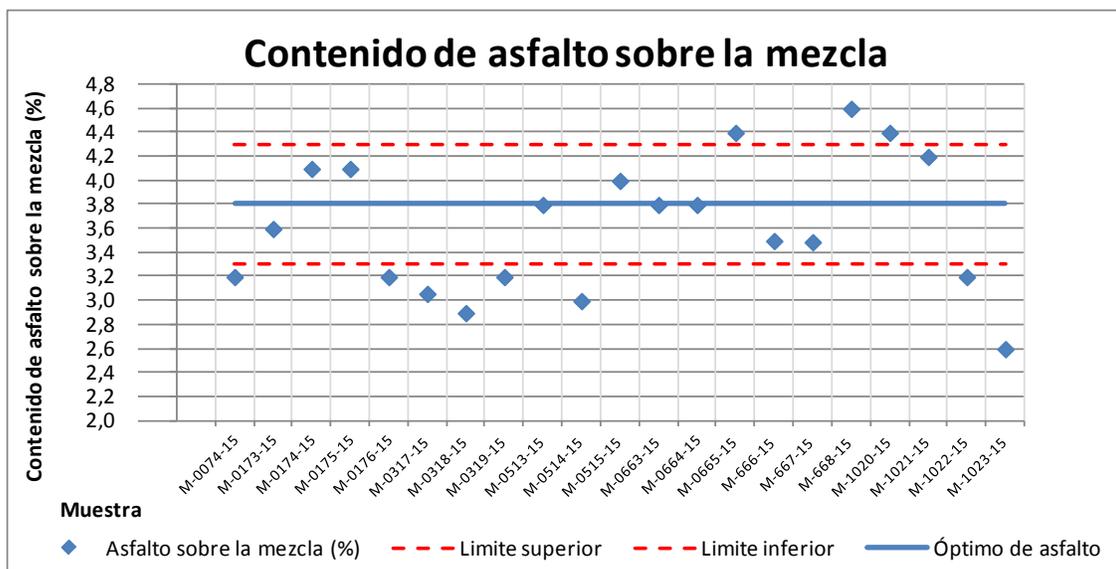
Posteriormente, según oficio UBCK-55-2015, el diseño de mezcla vigente para la capa de base durante el periodo de los muestreos realizados corresponde a una actualización del diseño OJM 032-2014 presentada en la fórmula de trabajo VKCH-09-2014 emitida el día 05 de marzo de 2014 por el Laboratorio de Control de Calidad<sup>4</sup>. En dicho documento se establece que el valor óptimo de asfalto está definido como  $3,80 \pm 0,5\%$  sobre el peso de la mezcla, de acuerdo con el apartado "EE418.04 Aceptación", lo cual define que los límites permisibles del rango de contenido óptimo de asfalto para la mezcla asfáltica de base producida son 3,30% y 4,30%.

#### Ensayos LanammeUCR

Al analizar los resultados de ensayo reportados en los Informes de Ensayo I-151-15, I-165-15, I-201-15, I-248-15, I-308-15, I-444-15, I-464-15 y I-636-15 emitidos por el LanammeUCR, se evidencia que 12 de los 22 resultados de contenido de asfalto superan a los límites permisibles. En la Tanto de la Figura 3 como del análisis anterior, se evidencia que algunas de las muestras presentan una deficiencia en la cantidad de asfalto con relación a la requerida en el diseño de mezcla de base (resultados por debajo del límite inferior), esto podría provocar que algunas partículas de agregado no queden adecuadamente recubiertas con asfalto y que la carpeta resultante se pueda ver afectada ante la presencia de agua.

<sup>4</sup> Y entregado al equipo auditor mediante oficio UBCK-55-2015 emitido por la Gerente de la Unidad Ejecutora, Ingeniera María del Carmen Gallardo Mejía, el día 23 de enero de 2015.

Informe versión final LM-PI-AT-21-15 Parte 2 de 3	Fecha de emisión: Diciembre 2015	Página 40 de 64
--	----------------------------------	-----------------



**Figura 3. Resultados de contenido de asfalto en las muestras de base asfáltica ensayadas por el LanammeUCR.**

Tabla 11 se tabulan los resultados obtenidos para cada una de las muestras analizadas y se resalta el resultado que se encuentra fuera de los límites de contenido de asfalto establecido en el diseño de mezcla.

En la Figura 3 se presentan gráficamente los resultados de los ensayos de las muestras analizadas. Se indica el valor meta que corresponde al contenido óptimo de asfalto, así como los límites del rango óptimo, con referencia al informe de diseño vigente.

Al analizar la variabilidad de los resultados se logra determinar que un 44% de los valores están por fuera de límites establecidos, de este valor el 33% corresponden a valores por debajo del límite inferior. Según el CR2010, para el tamaño de muestra analizado (n=22) el máximo valor permitido de resultados fuera de la especificación es de 38,772% para considerar aún el producto como aceptable<sup>5</sup>.

Tanto de la Figura 3 como del análisis anterior, se evidencia que algunas de las muestras presentan una deficiencia en la cantidad de asfalto con relación a la requerida en el diseño de mezcla de base (resultados por debajo del límite inferior), esto podría provocar que algunas partículas de agregado no queden adecuadamente recubiertas con asfalto y que la carpeta resultante se pueda ver afectada ante la presencia de agua.

<sup>5</sup> Se considera que según la variabilidad en la calidad del producto, un producto puede ser aceptado a un precio menor que el pactado, pero cuando la variabilidad es mayor a la permitida el producto no se considera aceptable.

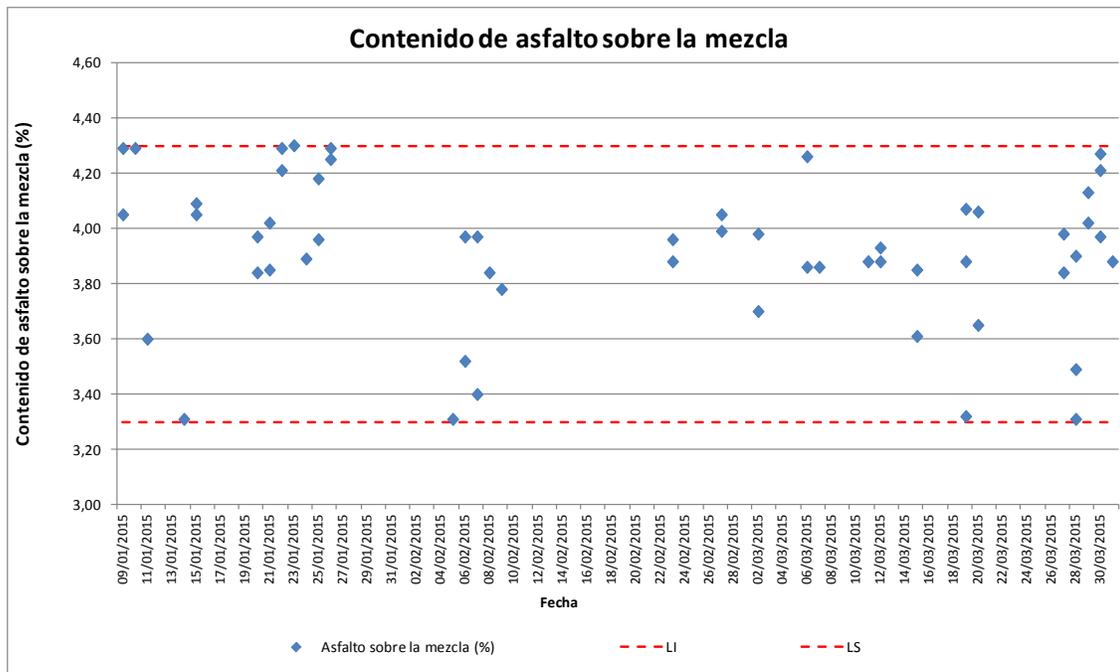
**Tabla 11.** Resultados reportados por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR

Muestra	Fecha	Punto de muestreo	Contenido (%)		
			Agua	Asfalto	
<i>Límite inferior</i>				3,3	
<i>Límite superior</i>				4,3	
1	M-0074-15	14/01/2015	Góndola vagoneta	0,28	3,2
2	M-0080-15	15/01/2015	Góndola vagoneta	0,29	2,5
3	M-0173-15	21/01/2015	Góndola vagoneta	0,31	3,6
4	M-0174-15	21/01/2015	Góndola vagoneta	0,29	4,1
5	M-0175-15	21/01/2015	Góndola vagoneta	0,30	4,1
6	M-0176-15	21/01/2015	Góndola vagoneta	0,33	3,2
7	M-0317-15	05/02/2015	Góndola pavimentadora	0,31	3,1
8	M-0318-15	05/02/2015	Carpeta colocada	0,29	2,9
9	M-0319-15	05/02/2015	Góndola vagoneta	0,29	3,2
10	M-0513-15	26/02/2015	Carpeta colocada	0,25	3,8
11	M-0514-15	26/02/2015	Góndola pavimentadora	0,28	3,0
12	M-0515-15	26/02/2015	Góndola vagoneta	0,30	4,0
13	M-0663-15	13/03/2015	Góndola pavimentadora	0,20	3,8
14	M-0664-15	13/03/2015	Carpeta colocada	0,26	3,8
15	M-0665-15	13/03/2015	Góndola vagoneta	0,33	4,4
16	M-666-15	13/03/2015	Góndola pavimentadora	0,29	3,5
17	M-667-15	13/03/2015	Carpeta colocada	0,39	3,5
18	M-668-15	13/03/2015	Góndola vagoneta	0,37	4,6
19	M-1020-15	22/04/2015	Góndola pavimentadora	0,30	4,4
20	M-1021-15	22/04/2015	Góndola vagoneta	0,36	4,2
21	M-1022-15	23/04/2015	Góndola pavimentadora	0,32	3,2
22	M-1023-15	23/04/2015	Góndola vagoneta	0,34	2,6
<i>Promedio</i>				0,30	3,6
<i>Desv. Estándar</i>				0,04	0,6
<i>Índice Calidad Superior</i>					1,220
<i>Índice Calidad Inferior</i>					0,463
<i>% incumplimiento</i>					44,2%

### Ensayos Verificación de Calidad

Al analizar los resultados de contenido de asfalto reportados por el laboratorio de verificación de la calidad para el periodo comprendido entre enero a marzo de 2015, se logra evidenciar que los resultados se mantienen dentro del rango establecido por el óptimo de asfalto definido en el diseño y el valor de los límites de tolerancia permitida de  $\pm 0,5\%$ . En la Figura 4 se presentan los resultados de contenido de asfalto en donde se observa que algunos datos se ubican en los límites de la tolerancia permitida.

En la Tabla 1 del Anexo A se presentan en detalle los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación de calidad, además se incluye una estimación estadística del cumplimiento del rango óptimo de asfalto (contenido de asfalto de diseño  $\pm 0,5\%$ ), logrando establecer que el 9% de los valores incumplen este rango.



**Figura 3.** Resultados de contenido de asfalto en las muestras de base asfáltica ensayadas por Verificación de calidad.

**El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación:** apartado "EE418.04 Aceptación", de la Orden de Modificación 07.

**HALLAZGO N° 6:** Los resultados granulométricos reportados para la combinación granulométrica de base asfáltica incumplen los límites de especificación para la granulometría de diseño especificada.

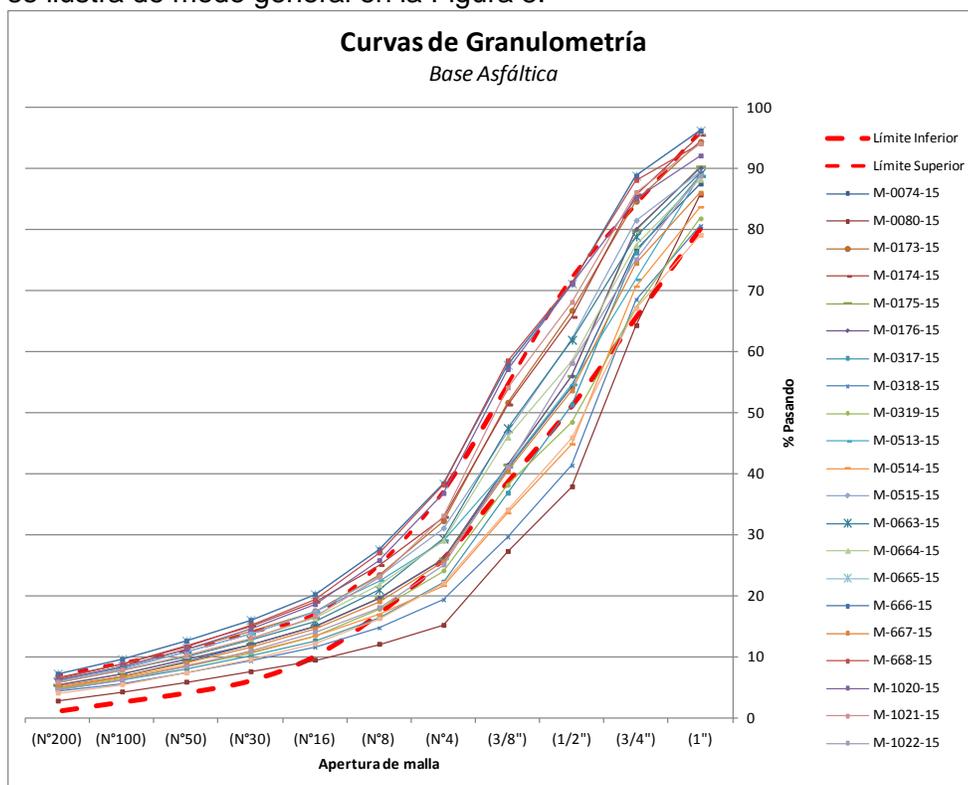
En el apartado "EE 418.02.01 Agregado para mezcla de base asfáltica", se definen los límites permisibles para los tamaños granulométricos, estableciendo las mallas 1,5", 1", 1/2", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°200 para el proceso de diseño de la base asfáltica. A su vez en la sección "EE 418.06 Pago" solamente se establecen los tamices 1,5", 1", N°4, N°8 y N°200 como parámetros de control de calidad -nivel II- para el cálculo del factor de pago. Sin embargo, para efectos del presente análisis se considerarán todas las mallas que se definen como parte del proceso de diseño, con la finalidad de determinar la variabilidad que mantienen estos tamaños granulométricos, con el fin de distinguir posibles comprobaciones ó ajustes del producto final colocado en el proyecto.

### I. Análisis de granulometrías individuales

El presente análisis comprenderá de una evaluación de todos los resultados granulométricos reportados en el periodo de estudio para determinar el nivel de cumplimiento con relación a los requisitos contractuales.

## Resultados del LanammeUCR

Al realizar el análisis de los resultados de ensayo reportados en los Informes de Ensayo I-151-15, I-165-15, I-201-15, I-248-15, I-308-15, I-444-15, I-461-15 y I-636-15, se observa la presencia de una gran variedad de curvas granulométricas, notándose desde composiciones más gruesas y en algunas otras muestras, curvas granulométricas con distribuciones más finas que se mantienen fuera de los límites establecidos en la especificación granulométrica, tal como se ilustra de modo general en la Figura 5.



**Figura 4.** Resultados de granulometría en las muestras de base asfáltica ensayadas por el LanammeUCR.

En la Tabla 12 se resumen los resultados obtenidos para cada una de las muestras analizadas y se resalta de color rojo el resultado que se encuentra fuera de los límites establecidos en la especificación de granulometría de control de calidad, también se toma en consideración la granulometría de diseño (celdas de color azul).

Finalmente, con el objetivo de determinar el comportamiento general de la granulometría de la base a asfáltica, se aplican cálculos estadísticos para establecer el cumplimiento con relación a los requisitos contractuales de las muestras analizadas, dicho análisis se muestra en la Tabla 12, filas de color verde.

**Tabla 12.** Resultados reportados por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR

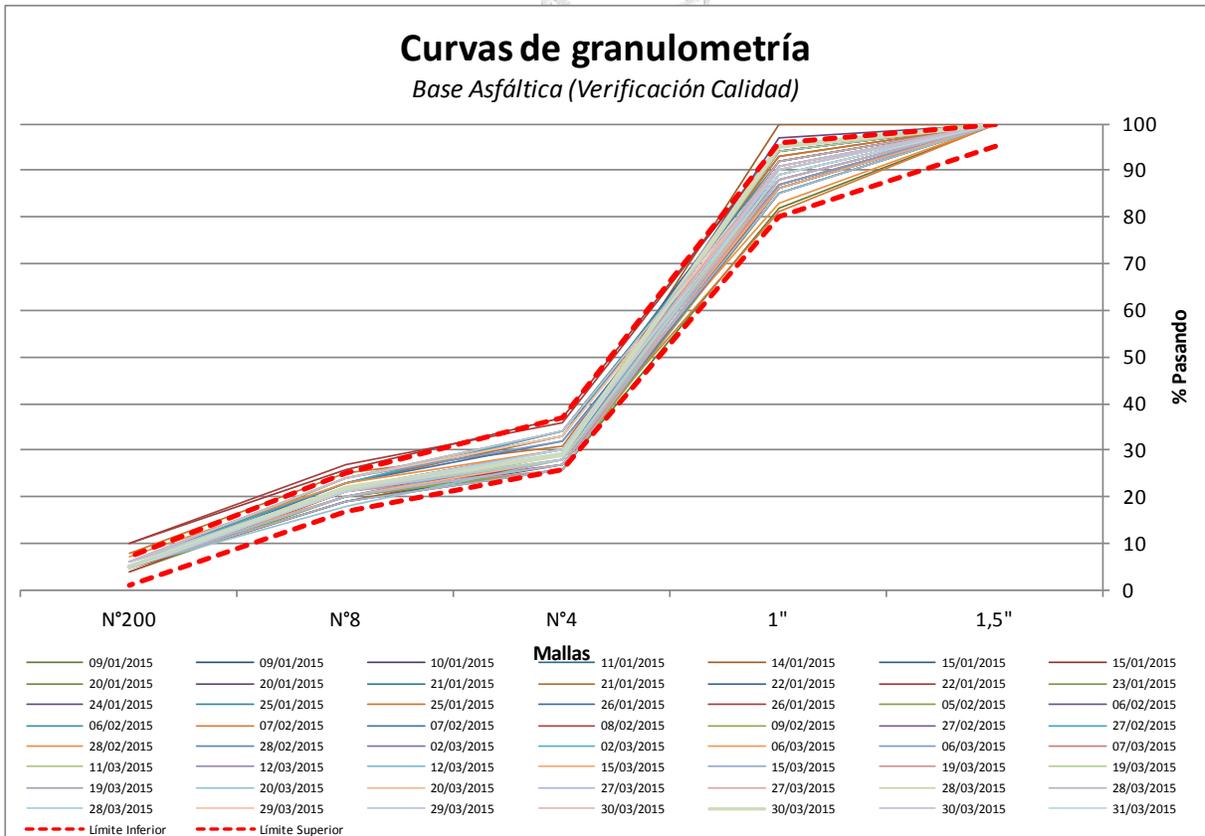
Información General			Mallas								
Informe	Muestra	Fecha de muestreo	37,5mm (1,5")	25,4mm (1")	12,5mm (1/2")	4,75mm (N°4)	2,36mm (N°8)	1,18mm (N°16)	0,6mm (N°30)	0,3mm (N°50)	75 µm (N°200)
<b>Límite Superior</b>			<b>100</b>	<b>96</b>	<b>72</b>	<b>37</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>7</b>
<b>Límite Inferior</b>			<b>95</b>	<b>80</b>	<b>51</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
I-0151-15	M-0074-15	14/01/2015	100	87,4	54,2	25,92	19,52	14,95	11,89	9,21	4,75
I-0165-15	M-0080-15	15/01/2015	100	85,6	37,8	15,1	12	9,4	7,5	5,8	2,7
I-0201-15	M-0173-15	21/01/2015	100	94,3	66,63	32,18	23,33	17,42	14,03	11,1	6,2
I-0201-15	M-0174-15	21/01/2015	100	95,4	65,56	32,8	24,9	18,9	15	11,7	6,45
I-0201-15	M-0175-15	21/01/2015	100	90,2	55,89	25,98	19,54	14,99	11,96	9,46	5,32
I-0201-15	M-0176-15	21/01/2015	100	90	55,9	26,0	19,5	15	12	9,5	5,3
I-0248-15	M-0317-15	05/02/2015	100	88,8	51,19	22,19	16,41	12,57	10,09	7,95	4,56
I-0248-15	M-0318-15	05/02/2015	100	80,5	41,25	19,24	14,64	11,46	9,23	7,33	4,25
I-0248-15	M-0319-15	05/02/2015	100	81,7	48,35	24,02	17,7	13,36	10,62	8,38	4,73
I-0308-15	M-0513-15	26/02/2015	100	88,7	54,5	29	22,4	17,3	13,7	10,7	6,1
I-0308-15	M-0514-15	26/02/2015	100	83,6	44,8	21,6	16,9	13,4	10,8	8,57	5
I-0308-15	M-0515-15	26/02/2015	100	89,3	61,9	31	23,1	17,4	13,8	10,64	5,9
I-0444-15	M-0663-15	11/03/2015	100	89,1	61,8	29,2	20,9	15,8	12,7	10,0	5,76
I-0444-15	M-0664-15	11/03/2015	100	88,1	58,27	29,0	21,7	16,3	12,9	10,1	5,79
I-0444-15	M-0665-15	11/03/2015	100	96,1	70,98	38,3	27,5	20,1	15,9	12,5	7,12
I-0461-15	M-666-15	12/03/2015	100	89,1	55,81	24,6	18,3	14,3	11,5	8,9	5,18
I-0461-15	M-667-15	12/03/2015	100	85,9	53,51	25,5	19,0	14,5	11,5	8,9	5,03
I-0461-15	M-668-15	12/03/2015	100	94	71,21	38,1	27,0	19,3	15,1	11,6	6,42
I-636-15	M-1020-15	22/04/2015	100	92	71	36,7	25,7	18,5	14,5	11,2	6,2
I-636-15	M-1021-15	22/04/2015	100	94	68	33	23	16,6	13	10,2	5,8
I-636-15	M-1022-15	23/04/2015	100	88,7	58	25	18	14	10,9	8,4	4,6
I-636-15	M-1023-15	23/04/2015	100	79	45,8	22	16,2	12,1	9,5	7,3	4
<b>PROMEDIO</b>			<b>100</b>	<b>88,7</b>	<b>56,9</b>	<b>27,6</b>	<b>20,3</b>	<b>15,3</b>	<b>12,2</b>	<b>9,5</b>	<b>5,32</b>
<b>DESV. ESTÁNDAR</b>			0,00	4,67	9,66	6,04	4,03	2,73	2,13	1,65	0,99
<b>Índice de calidad Superior</b>				1,561	1,561	1,562	1,161	0,606	0,853	0,891	1,691
<b>Índice de calidad Inferior</b>				1,863	0,613	0,260	0,824	1,958	2,907	3,341	4,368
<b>Porcentaje Cumplimiento</b>				89,5%	66,0%	53,4%	66,1%	69,3%	79,4%	80,7%	94,7%
<b>Porcentaje Incumplimiento</b>				10,5%	34,0%	46,6%	33,9%	30,7%	20,6%	19,3%	5,3%

Como se observa de la tabla anterior el tamaño granulométrico que mayor variación presenta es la malla N°4, la cual tiene un porcentaje de incumplimiento del 47%, seguida por la malla N°8 con un 34% de incumplimiento, ambas establecidas como mallas utilizadas para factor de pago. Según la sección 107.05 del CR2010, la máxima variabilidad permitida para considerar un producto aceptable<sup>6</sup> es de 38,772%, por lo que se puede colegir que el proceso presenta una alta variabilidad durante el proceso productivo. Al considerar en el análisis las mallas indicadas para diseño, se puede evidenciar que para las mallas 1/2 y N° 16 el porcentaje de muestras fuera de los límites es poco mayor a 30%, mientras que para las N°30 y N° 50 es de alrededor de un 20% .

<sup>6</sup> Se considera que según la variabilidad en la calidad del producto, un producto puede ser aceptado a un precio menor que el pactado, pero cuando la variabilidad es mayor a la permitida el producto no se considera aceptable.

## Resultados de Verificación

Con relación a los resultados reportados por el laboratorio de verificación de la calidad para el periodo comprendido entre enero a marzo de 2015, se logra evidenciar algunos incumplimientos para los requisitos granulométricos establecidos, en la Figura 6 se observa que algunos resultados<sup>7</sup> se ubican por encima del límite superior de la especificación establecida, al constatar el cumplimiento mediante estimación estadística se determina que aproximadamente el 10% de los resultados incumplen la especificación para los tamaños granulométricos de N°4 y N°200.



**Figura 5.** Resultados de granulometría en las muestras de base asfáltica ensayadas por Verificación de Calidad.

<sup>7</sup> En el Anexo B se presentan los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación de calidad.

**Tabla 13.** Variabilidad de los resultados reportados por Verificación de Calidad

Información General	Mallas				
	37,5 mm 1,5"	25,4 mm 1"	4,75 mm N°4	2,36 mm N°8	75 µm N°200
Límite Inferior	95	80	26	17	1
Límite Superior	100	96	37	25	7
Promedio	100	89,46	29,36	21,52	5,51
Desviación estándar	0,00	3,74	2,71	1,85	1,10
Categoría	II	II	II	II	II
n	65	65	65	65	65
Límite Superior Especificación	100	96	37	25	7
Límite Inferior Especificación	95	80	26	17	1
Índice Calidad (Qs)	-	1,75	2,82	1,88	1,35
Índice Calidad (Qi)	-	2,53	1,24	2,44	4,11
Porcentaje Superior	-	4%	0%	3%	9%
Porcentaje Inferior	-	1%	11%	1%	0%
Porcentaje Total	-	5%	11%	4%	9%

## II. Análisis por periodos de producción

En este apartado se analizarán los resultados por periodos de tiempo<sup>8</sup> con el fin de establecer la consistencia del proceso productivo en el tiempo mediante la variabilidad existente en los valores reportados.

### Resultados LanammeUCR

Al analizar la variación diaria de las curvas granulométricas se logra determinar que los tamaños granulométricos<sup>9</sup> que mayores niveles de incumplimiento presentan son la malla N°4 y la malla N°16, los cuales evidencian valores entre 41% a 56%. Lo que representa una alta variación en el proceso productivo para estas mallas, especialmente si se tiene presente que la máxima variabilidad permitida para considerar un producto aceptable<sup>10</sup> es de 38,772% según lo indicado en la sección 107.05 del CR2010.

La composición granulométrica de las muestras evidencia que para todos los días en los que se obtiene material de base asfáltica la variabilidad es representativa, ya que se observa (por lo menos para alguna malla) valores cercanos o mayores a 30% de incumplimiento de la especificación granulométrica.

Las muestras de los días 14-15 de enero, 26 de febrero y 22-23 abril de 2015 presentan curvas granulométricas fuera del rango de las especificaciones establecidas en la fracción gruesa, tal como se ve en las gráficas a., d. y f. de la Figura 7; para estos casos se establecen valores de incumplimientos entre 40% a casi 60%, tal como se demuestra en la Tabla 14.

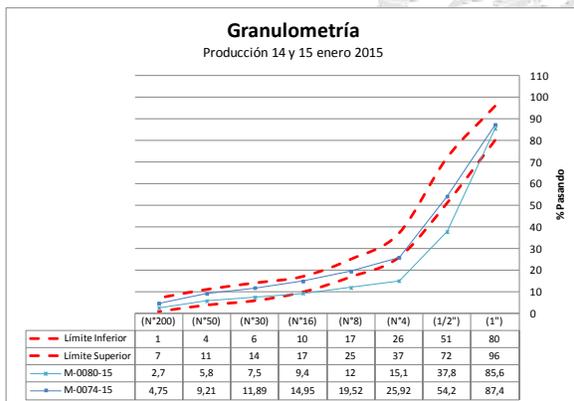
<sup>8</sup> Se analizaran los resultados por periodos de aproximadamente 15 días

<sup>9</sup> Se establecen los tamices 1,5", 1", N°4, N°8 y N°200 como tamaños granulométricos para control de calidad mediante análisis estadístico. Para el estudio se consideran además los tamaños granulométricos de diseño de 1/2", N°16, N°30 y N°50 para evaluar variabilidad.

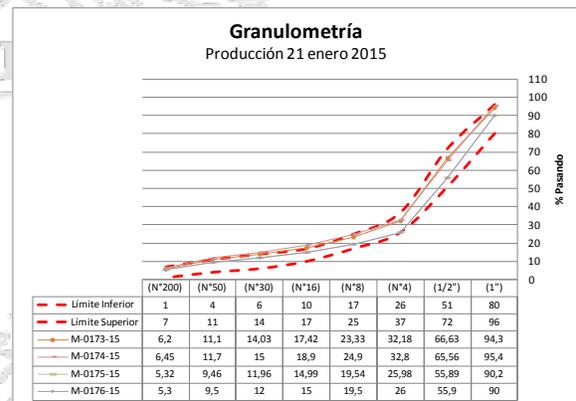
<sup>10</sup> Se considera que según la variabilidad en la calidad del producto un producto puede ser aceptado a un precio menor que el pactado, pero cuando la variabilidad es mayor a la permitida el producto no se considera aceptable.

**Tabla 14.** Determinación de la variabilidad y cumplimiento de las curvas granulométricas

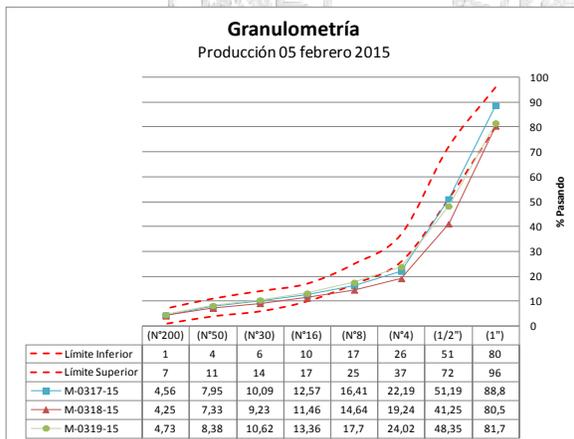
Fecha producción	Mallas (% de incumplimiento)							
	25,4 mm (1")	12,5 mm (1/2")	4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	1,18 mm (N°16)	0,6 mm (N°30)	0,3 mm (N°50)	75 µm (N°200)
14-15/01/2015	10,4%	<b>50,4%</b>	<b>44,0%</b>	<b>59,3%</b>	<b>55,6%</b>	<b>42,1%</b>	<b>38,4%</b>	28,8%
21/01/2015	15,7%	17,4%	29,2%	25,2%	<b>44,1%</b>	<b>33,6%</b>	<b>33,3%</b>	7,2%
05/02/2015	<b>30,5%</b>	<b>27,5%</b>	12,5%	<b>35,2%</b>	8,2%	2,9%	2,3%	0,7%
26/02/2015	12,8%	<b>47,4%</b>	<b>50,9%</b>	<b>36,1%</b>	<b>41,6%</b>	<b>30,1%</b>	26,2%	8,3%
11-12/03/2015	12,4%	22,7%	<b>40,6%</b>	<b>38,3%</b>	<b>47,6%</b>	<b>36,0%</b>	<b>34,1%</b>	10,7%
22-23/04/2015	<b>31,6%</b>	<b>42,5%</b>	<b>50,5%</b>	<b>43,0%</b>	<b>37,3%</b>	25,1%	22,8%	9,8%



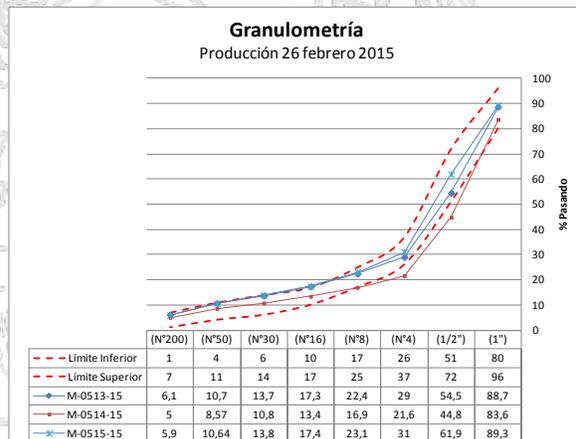
a.



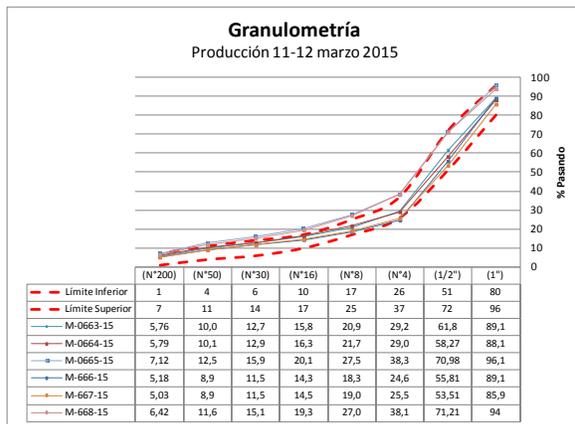
b.



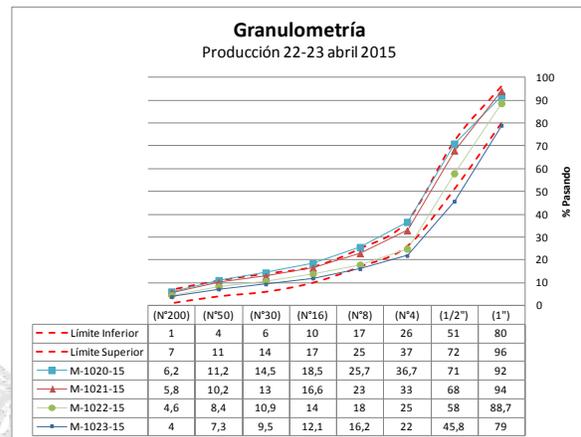
c.



d.



e.



f.

**Figura 6.** Resultados de granulometría representados diariamente de muestras obtenidas por Lanamme.

Para los demás días (21 enero, 5 febrero, 11 y 12 de marzo) se determina que las fluctuaciones se presentan en la fracción fina de la curva granulométrica (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°200), tal como se observa en las gráficas b., c., y e. de la Figura 7 mostrando de forma general entre los incumplimientos más significativos valores entre 30% a 45%.

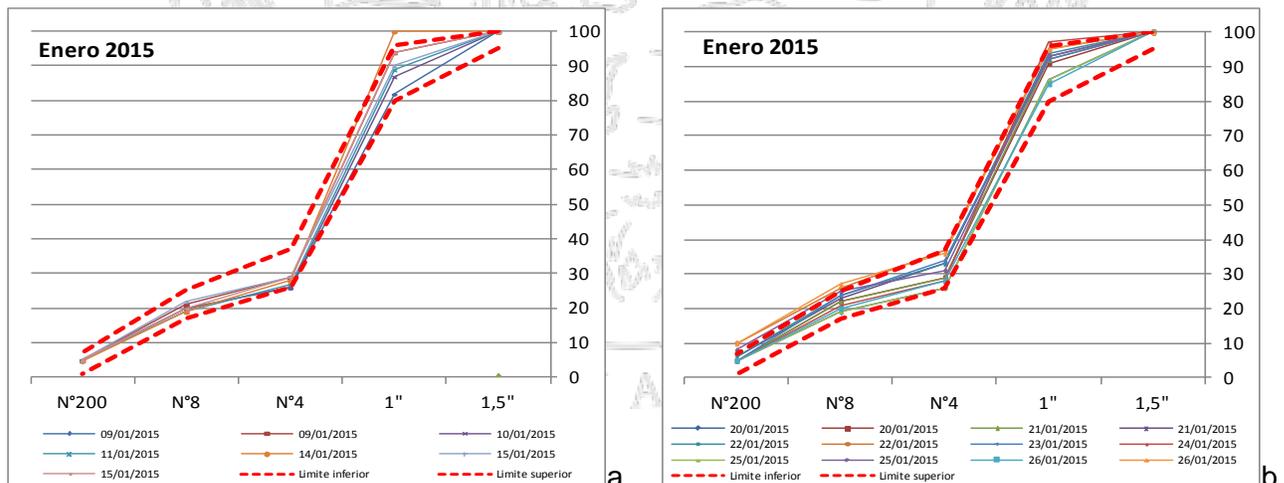
#### Resultados de Verificación calidad

Al analizar la variación de las curvas granulométricas, considerando aproximadamente periodos quincenales, se logra determinar que se tienen los mayores incumplimientos de la especificación (mayormente para la fracción fina) para el periodo del 20 al 26 de febrero de 2015 (ver la Figura 8c.) ya que se determina un valor de incumplimiento de 35% para la malla de N°200 de 13,5% para la malla de 25,4 mm y de 18% para la malla de 2,36 mm como se evidencia en la Tabla 15.

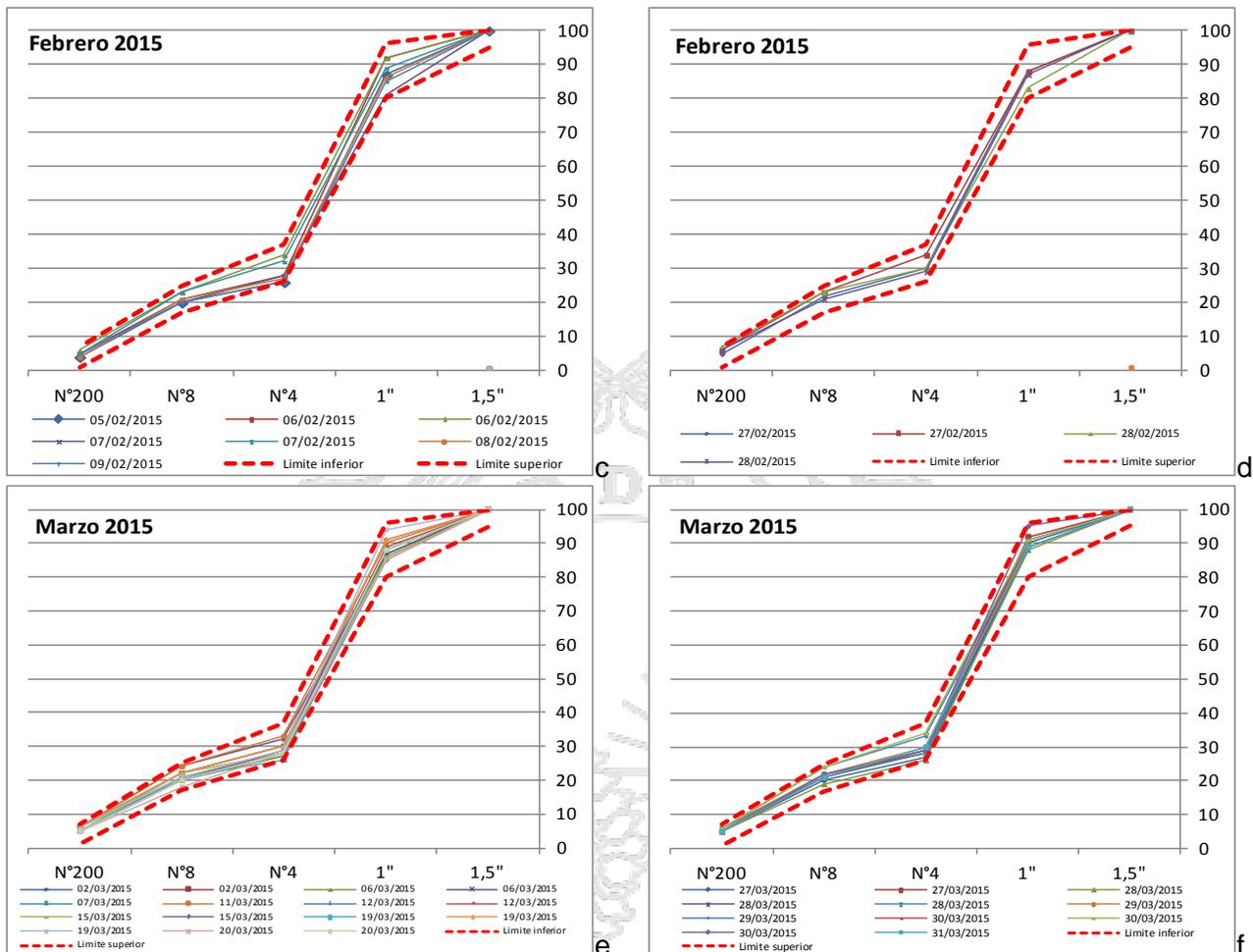
**Tabla 15.** Determinación de la variabilidad y cumplimiento de las curvas granulométricas

Fecha producción	Mallas (% pasando) valor promedio					Cantidad de datos analizada	Variabilidad máxima permitida <sup>11</sup>
	37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")	4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	75 µm (N°200)		
<b>Límite Inferior</b>	<b>95</b>	<b>80</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>1</b>		
<b>Límite Superior</b>	<b>100</b>	<b>96</b>	<b>37</b>	<b>25</b>	<b>7</b>		
9 a 15 enero 15	100	91,0	27,7	20,1	5,0		
20 a 26 enero 2015	100	91,6	30,8	22,7	6,3		
5 a 9 febrero 2015	100	87,4	28,7	21,1	4,9		
27 y 28 febrero 2015	100	86,5	30,8	22,3	6,0		
2 a 20 marzo 2015	100	88,2	28,9	21,2	5,5		
27 a 31 marzo 2015	100	90,4	29,4	21,5	5,4		
	% de incumplimiento						
9 a 15 enero 15	0,0%	<b>14,9%</b>	<b>13,0%</b>	1,1%	0,0%	7	46,438%
20 a 26 enero 2015	0,0%	<b>13,5%</b>	5,1%	<b>18,1%</b>	<b>35,3%</b>	12	43,365%
5 a 9 febrero 2015	0,0%	1,8%	<b>18,9%</b>	0,3%	1,0%	7	42,759%
27 y 28 febrero 2015	0,0%	2,2%	2,7%	2,6%	<b>15,0%</b>	4	48,618%
2 a 20 marzo 2015	0,0%	2,2%	2,7%	2,6%	<b>15,0%</b>	15	41,674%
27 a 31 marzo 2015	0,0%	0,7%	9,8%	2,9%	0,4%	11	44,025%

Para los demás periodos analizados entre 9-15 enero del 2015 al 2-20 marzo del 2015 se denotan fluctuaciones particularmente en la fracción gruesa de la curva granulométrica con porcentajes fuera de los límites entre 13% al 19% en las mallas de 25,4mm y de 4,75 mm, tal como se observa en las gráficas a. y c. de la Figura 8. También se evidencian algunas fluctuaciones en la malla N°200 con un 15% de los resultados fuera de los límites requeridos.



<sup>11</sup> Se considera que según la variabilidad en la calidad del producto un producto puede ser aceptado a un precio menor que el pactado, pero cuando la variabilidad es mayor a la permitida el producto no se considera aceptable.



**Figura 7.** Resultados de granulometría en las muestras de base asfáltica ensayadas por la Verificación de Calidad.

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación: apartado "EE418.04 Aceptación", de la Orden de Modificación 07.

Variaciones constantes en la composición de la curva granulométrica pueden ser producidas por una serie de variables, tales como producto de una conformación inadecuada de los apilamientos, desajustes en el proceso de quebrado o inclusive de segregación del material mineral considerando el tamaño máximo del agregado.

Estas variaciones afectan directamente los parámetros volumétricos de la mezcla de base asfáltica (porcentaje de vacíos, vacíos en el agregado minera y la relación polvo-asfalto). También influyen la demanda en la cantidad de asfalto necesaria para cubrir la mezcla de base asfáltica, ya que una composición granulométrica gruesa requiere una menor cantidad de asfalto para ser recubierta, por otra parte una composición fina, va a demandar una cantidad de asfalto mayor .

**HALLAZGO N° 7: Se observa que las muestras de base asfáltica analizadas por el LanammeUCR presentan incumplimientos en los parámetros volumétricos establecidos en la especificación especial.**

La Orden de Modificación OM-7 establece una serie de características físicas que se presentan en la Tabla 16 como requisitos a cumplir para los parámetros volumétricos de contenido de vacíos y vacíos en el agregado mineral (VMA) de acuerdo con la metodología de diseño Superpave<sup>12</sup>.

**Tabla 16.** Rangos admisibles para parámetros según especificación

Parámetro	Especificaciones
Vacíos en la mezcla	4% a 8%
Vacíos en agregado mineral (VAM)	Mínimo 12%

### Resultados LanammeUCR

Con el propósito de corroborar el cumplimiento de estas especificaciones el LanammeUCR procedió a ensayar las muestras de base asfáltica tomadas en el proyecto y que se detallan en la Tabla 17. En el siguiente cuadro se resumen los resultados obtenidos.

**Tabla 17.** Resultados de ensayo de Base Asfáltica del LanammeUCR

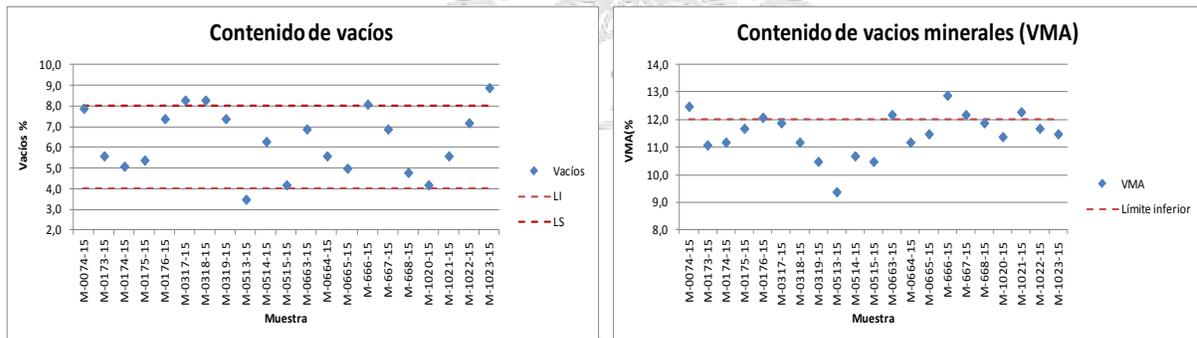
Muestra	Fecha	Punto de muestreo	asfalto PTM (%)	GBS	GMAX	Vacíos (%)	VMA (%)	
<b>Límite inferior</b>			<b>3,3</b>	-	-	<b>4</b>	<b>12</b>	
<b>Límite superior</b>			<b>4,3</b>	-	-	<b>8</b>	-	
1	M-0074-15	14/01/2015	Góndola vagoneta	3,2	2,393	2,599	7,9	12,5
2	M-0173-15	21/01/2015	Góndola vagoneta	3,6	2,435	2,580	5,6	11,1
3	M-0174-15	21/01/2015	Góndola vagoneta	4,1	2,444	2,575	5,1	11,2
4	M-0175-15	21/01/2015	Góndola vagoneta	4,1	2,430	2,569	5,4	11,7
5	M-0176-15	21/01/2015	Góndola vagoneta	3,2	2,397	2,589	7,4	12,1
6	M-0317-15	05/02/2015	Góndola vagoneta	3,1	2,398	2,615	8,3	11,9
7	M-0318-15	05/02/2015	Góndola pavimentadora	2,9	2,414	2,631	8,3	11,2
8	M-0319-15	05/02/2015	Carpeta colocada	3,2	2,441	2,635	7,4	10,5
9	M-0513-15	26/02/2015	Góndola vagoneta	3,8	2,485	2,575	3,5	9,4
10	M-0514-15	26/02/2015	Carpeta colocada	3,0	2,430	2,594	6,3	10,7
11	M-0515-15	26/02/2015	Góndola pavimentadora	4,0	2,462	2,570	4,2	10,5
12	M-0663-15	13/03/2015	Góndola vagoneta	3,8	2,410	2,588	6,9	12,2
13	M-0664-15	13/03/2015	Góndola pavimentadora	3,8	2,435	2,581	5,6	11,2
14	M-0665-15	13/03/2015	Carpeta colocada	4,4	2,443	2,571	5,0	11,5
15	M-666-15	13/03/2015	Góndola vagoneta	3,5	2,382	2,591	8,1	12,9
16	M-667-15	13/03/2015	Góndola pavimentadora	3,5	2,402	2,581	6,9	12,2
17	M-668-15	13/03/2015	Carpeta colocada	4,6	2,438	2,561	4,8	11,9
18	M-1020-15	22/04/2015	Góndola vagoneta	4,4	2,446	2,552	4,2	11,4
19	M-1021-15	22/04/2015	Góndola pavimentadora	4,2	2,416	2,561	5,6	12,3
20	M-1022-15	23/04/2015	Góndola vagoneta	3,2	2,407	2,595	7,2	11,7
21	M-1023-15	23/04/2015	Góndola pavimentadora	2,6	2,400	2,631	8,9	11,5
<b>Promedio</b>						<b>6,3</b>	<b>11,5</b>	
<b>Desviación Estándar</b>						<b>1,6</b>	<b>0,8</b>	
<b>Índice de calidad Superior</b>						1,079	-	
<b>Índice de calidad Inferior</b>						1,481	-0,618	
<b>Porcentaje Cumplimiento</b>						77,7%	27,2%	
<b>Porcentaje Incumplimiento</b>						22,3%	72,8%	

Se puede observar que la mayoría de las muestras presentan incumplimientos en el parámetro de vacíos en el agregado mineral (VMA), al precisar el porcentaje de muestras

<sup>12</sup> El diseño de la base asfáltica se realiza utilizando el compactador giratorio.

fuera de los límites de la especificación se determina que el 73% no cumple el valor especificado. Ésta situación implica que un valor bajo de VMA conlleva una delgada película de asfalto recubriendo las partículas del agregado y por ende una menor durabilidad de la base asfáltica. Mientras que mantener el valor de los vacíos en el agregado mineral (VMA) por encima del valor especificado tiene el propósito de aumentar la durabilidad de la mezcla basándose en el principio de que entre más gruesa es la película de asfalto sobre el agregado, mayor será la durabilidad.

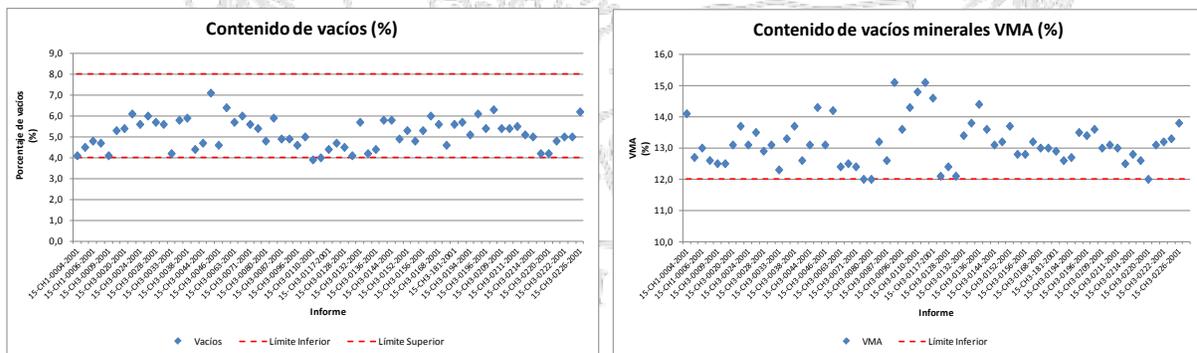
Además se establece una variabilidad manifiesta en los resultados de vacíos, ya que se determina que el 22% de los valores están fuera de los límites de la especificación, tal como se puede apreciar en la Figura 9.



**Figura 8.** Resultados de volumetría en las muestras de base asfáltica ensayadas por el LanammeUCR.

### Resultados Verificación

Por su parte los resultados de los ensayos volumétricos de la Base Asfáltica que reporta el laboratorio de verificación de la calidad se muestran gráficamente en la Figura 7.



**Figura 9.** Resultados de volumetría en las muestras de base asfáltica ensayadas por el Laboratorio de verificación de calidad.

Como se deriva del análisis estadístico de cumplimiento de los parámetros analizados con relación a los requisitos establecidos en la documentación contractual (presentados en la Tabla 16), se determina un cumplimiento de alrededor del 95% en los resultados reportados de las muestras ensayadas.

**Tabla 18.** Resultados de ensayo de Base Asfáltica de Verificación de Calidad

Descripción	Vacíos %	VMA %
Límite Inferior	4	12
Límite Superior	8	-
PROMEDIO	5,17	13,16
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,70	0,73
Categoría		
Cantidad de valores (N)	65	65
Índice de calidad superior (Qs)	4,04	-
Índice de calidad inferior (Qi)	1,66	1,59
Porcentaje de valores fuera de límite Superior (PS)	0,019%	-
Porcentaje de valores fuera de límite Inferior (PI)	5,093%	5,842%
Porcentaje Total PS+PI (Nivel de incumplimiento)	5,112%	5,842%

#### 10.1.6. Sobre la consistencia del diseño de mezcla vigente durante el periodo de estudio

**OBSERVACIÓN N°4:** se determina que el contenido de asfalto indicado en el diseño de mezcla emitido por el contratista se ajusta a los resultados obtenidos de la comprobación realizada tanto por la verificación de calidad, como por el laboratorio del LanammeUCR.

De acuerdo con el acápite "EE418.04 Aceptación" la tolerancia para la dosificación del asfalto respecto al diseño aprobado será de  $\pm 0,5\%$ . En el diseño de mezcla de la base asfáltica presentado en el oficio 032-2014 por el Laboratorio de Control de Calidad OJM Consultores se consigna que el contenido óptimo de asfalto es de  $4\%$ <sup>13</sup>. Lo cual establece los límites de contenido de asfalto entre  $3,5\%$  y  $4,5\%$ , rango en el que se debe cumplir las condiciones requeridas para la Base Asfáltica en cuanto a que el contenido de vacíos deberá ser entre  $4\%$  y  $8\%$  y además cumplir con un valor mínimo de VMA de  $12\%$ .

Con la finalidad de valorar el cumplimiento de los requisitos mencionados se analiza el diseño de base asfáltica realizado por el laboratorio de control de calidad. También se compara con la comprobación del diseño realizada por parte del laboratorio de verificación de calidad. Posteriormente, se contrastan con la comprobación del diseño realizada por el laboratorio del LanammeUCR.

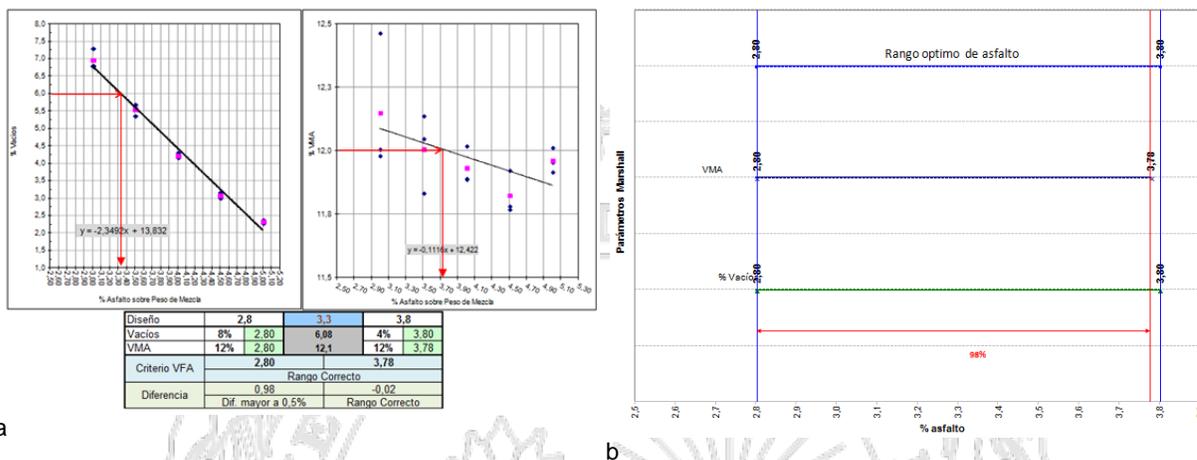
La metodología de diseño de mezcla recomienda que generalmente se establezca el valor medio de la especificación como valor meta, de manera que permita que la variabilidad inherente de un proceso productivo sea considerada hacia los límites extremos de la misma. Por tanto, la valoración del diseño de mezcla y las comprobaciones se realizarán en el punto medio de la especificación establecida<sup>14</sup> para el parámetro de vacíos considerando un valor de  $6\%$ .

<sup>13</sup> De acuerdo con la actualización del diseño de mezcla mediante fórmula de trabajo VKCH-09-2014 el contenido de asfalto vigente durante el periodo de toma de muestras de ensayo es de  $3,8\%$ .

<sup>14</sup> Se especifican los límites inferior  $4\%$  y superior  $8\%$ .

Diseño de mezcla asfáltica para capa de base 032-2014.

Al analizar la información incluida en el diseño de mezcla se determina que el contenido óptimo de asfalto para el diseño de la base estabilizada es de 3,3% (PTM) obtenido al valorar el 6% de vacíos de la mezcla. Bajo esta condición se observa en la **Figura 11** que tanto el porcentaje de vacíos, así como el parámetro de vacíos en el agregado mineral (VMA) cumplen satisfactoriamente los requisitos en el contenido de asfalto  $\pm 0,5\%$ .



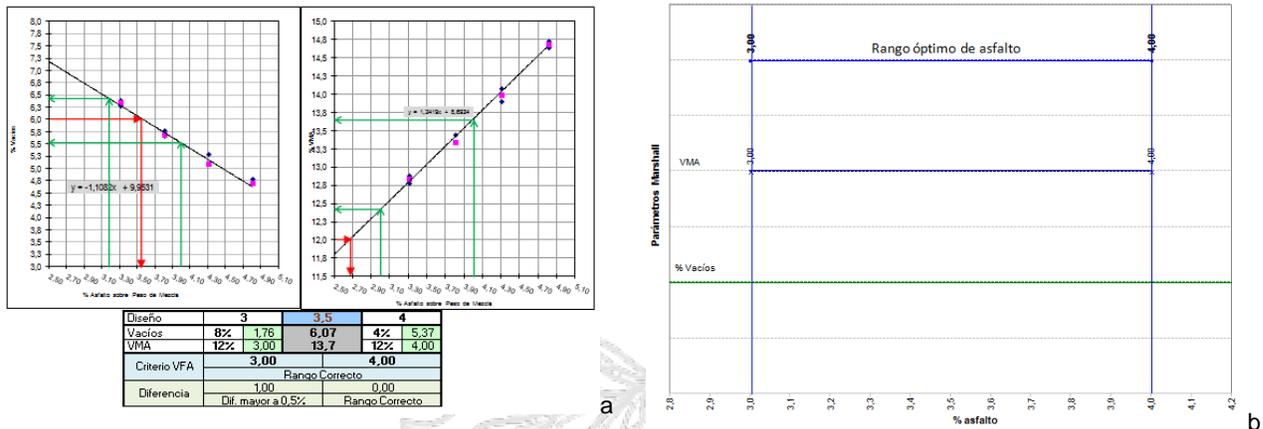
**Figura 10.** Resultados de diseño de base asfáltica por Control de calidad.

Sin embargo, si se toma en consideración que en el informe 032-2014 se determina el contenido óptimo de asfalto a partir de la evaluación de un valor de vacíos del 4% (valor que se utiliza típicamente para el diseño de mezcla asfáltica convencional) y no en el valor medio de la especificación para Base Asfáltica (vacíos de 6%), por lo que el óptimo de asfalto indicado en el diseño es de 4% (PTM). Al evaluar el diseño en los límites de la tolerancia permitida para el contenido de asfalto se evidencia que en los extremos (3,5% y 4,5%) podrían presentarse algunos incumplimientos en los parámetros de diseño: contenido de vacíos y vacíos en el agregado mineral.

Diseño (reproducción) de mezcla de base asfáltica 14-CH2-0030-2001.

El laboratorio de la Unidad de Verificación de Calidad, que apoya a la Unidad Ejecutora del Proyecto, presenta en el documento identificado como 14-CH2-0030-2001 la verificación del diseño mediante la reproducción de la mezcla de base asfáltica en caliente propuesta por el Contratista en el diseño 032-2014 (Laboratorio OJM).

Al evaluar este diseño en el porcentaje medio de vacíos (6%); en la reproducción del diseño se logra establecer que el óptimo de asfalto indicado para la base asfáltica es de 3,5% (PTM), siendo el valor para el parámetro de VMA es de 13,7%. El análisis de forma gráfica (Figura 12) evidencia que en todo el rango de contenido de asfalto (óptimo $\pm 0,5\%$ ) se cumplen satisfactoriamente los requisitos establecidos para la base asfáltica.

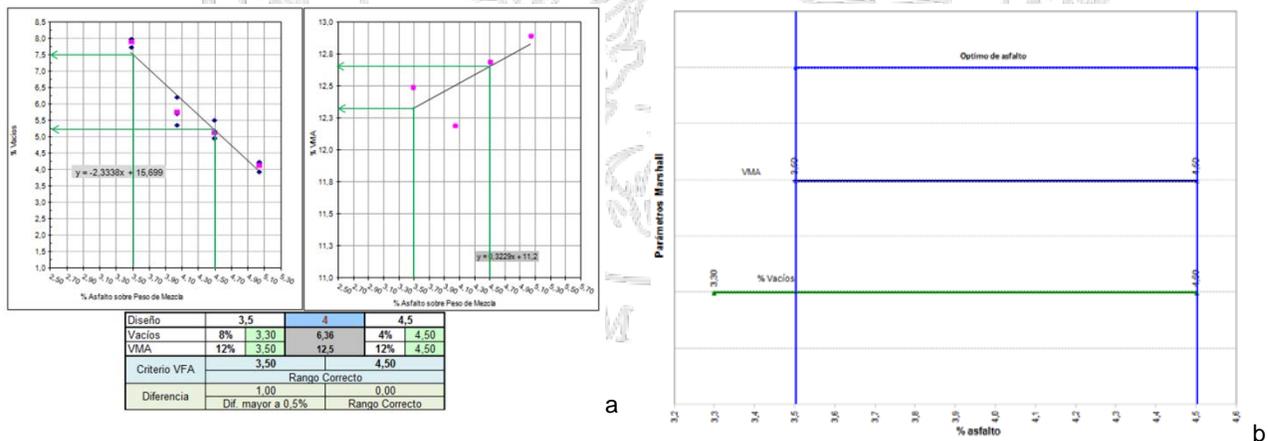


**Figura 11.** Resultados de diseño de base asfáltica por Verificación de calidad.

Diseño (reproducción) de diseño de mezcla de base asfáltica I-0217-15.

Como parte del proceso de Auditoria Técnica se realiza la reproducción del diseño de mezcla de base asfáltica en caliente presentado por el Contratista (Laboratorio OJM diseño 032-2014) en el Laboratorio del LanammeUCR.

Al evaluar el diseño de mezcla de base asfáltica en el contenido de vacíos de 6,0%, se logra establecer que el porcentaje óptimo de asfalto para la base asfáltica es de 4,1% (PTM), similar a lo indicado en el diseño analizado, además se establece que el parámetro de VMA es de 12,5%. El análisis de forma gráfica (Figura 13) evidencia que en todo el rango de contenido de asfalto (óptimo±0,5%) se cumplen satisfactoriamente los requisitos establecidos para la base asfáltica.



**Figura 12.** Resultados de diseño de base asfáltica por LanammeUCR.

### Análisis general de los resultados obtenidos

Del análisis global de los informes de Diseño de Mezcla se determina que el diseño presentado por el laboratorio del contratista, se encuentra establecido en el límite inferior permitido para el contenido de vacíos.

De la información analizada se puede determinar que para cumplir con las especificaciones establecidas, la mezcla de base asfáltica requiere una cantidad óptima de asfalto cercana al 3,6% (PTM), con la cual se cumple satisfactoriamente el requisito del parámetro de vacíos (4 a 8%) y el del parámetro de VMA > 12%, en el rango de contenido de asfalto (óptimo  $\pm$  0,5%), tal como se puede apreciar en la **Tabla 19**.

**Tabla 19.** Evaluación de las especificaciones contractuales para Base Asfáltica, con un valor de 6% de vacíos

Planta (N° de Informe)	Contenido de asfalto (PTM)			Valor meta parámetro		Valor asfalto (en los límites)		
	% óptimo <sup>15</sup>	Inferior	Superior	Vacios	VMA	V=4%	V=8%	VMA=12%
OJM 032-2014	<b>3,3%</b>	2,8%	3,8%	6,1%	12,1%	4,2%	2,5%	> <b>3,78%</b>
Vieto 14-CH2-0030-2001	<b>3,5%</b>	3,0%	4,0%	6,1%	13,7%	5,4%	1,8%	> 2,70%
Lanamme I-0217-15	<b>4,1%</b>	3,6%	4,6%	6,1%	12,5%	5,0%	3,3%	> 2,50%
<b>Promedio</b>	<b>3,6%</b>	3,1%	4,1%	6,1%	12,8%	>4,1%	<3,1%	> 3,10%

<sup>15</sup> Los valores presentados están evaluados en el punto medio de la especificación del parámetro de vacíos (6%), por lo que pueden diferir de los indicados anteriormente en los diseños.

## 11. CONCLUSIONES

### Sobre la calidad del material de base granular y préstamo

1. Del análisis estadístico realizado al material de base granular con los datos de control y verificación de calidad y los ensayos realizados por el LanammeUCR entre el mes de enero y abril de 2015, se puede concluir que los resultados de granulometría y CBR solicitados en las especificaciones cartelarias, se encuentran por debajo del porcentaje máximo permitido.
2. En relación a la calidad del material de préstamo, del análisis estadístico realizado a los datos de control y verificación de calidad entre el mes de enero y abril de 2015, se puede concluir que para los parámetros de granulometría y CBR solicitados en las especificaciones cartelarias, se encuentran por debajo del porcentaje máximo permitido.

### Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica

3. En el momento de la visita, la planta de producción de mezcla asfáltica reunía los requisitos generales solicitados en la Disposición Vial AM-03-2001, no así con las condiciones solicitadas en el cartel de licitación.
4. Durante las visitas realizadas no se encuentra evidencia de que todos los componentes de la planta de producción de mezcla asfáltica se mantienen bajo actividades de control metrológico. No obstante, posterior al proceso de auditoría, la empresa constructora presente un listado del control metrológico de los instrumentos de la planta asfáltica.
5. El control de los tres apilamientos agregados gruesos, intermedios y polvo de piedra se realiza de acuerdo con lo solicitado en la documentación contractual en cuanto a control granulométrico, determinación de humedades y protección de acopios.

### Sobre la gestión ambiental de la planta asfáltica

6. La planta cumple con los requerimientos ambientales que se solicitan en la Disposición Vial GA-05-2001, la cual rige para todos los contratos con el M.O.P.T. o el Conavi.

### Sobre la mezcla asfáltica producida (base asfáltica)

7. Los resultados de contenido de asfalto muestran una variabilidad significativa con relación a la tolerancia establecida en la especificación y el diseño (óptimo de asfalto  $\pm 0,5\%$ ) para las muestras ensayadas por el LanammeUCR. No así para los reportados en los informes de ensayos de la verificación de calidad.
8. Los ensayos granulométricos evidencian una variabilidad manifiesta en la fracción fina de los agregados (malla N°4 a N°50) para los ensayos realizados por el LanammeUCR. Los resultados reportados por la verificación de calidad también evidencian una variación estadística (porcentaje fuera de los límites) en los tamaños granulométricos de 1", N°4, N°8 y N°200 reportados en los informes de ensayo.
9. Se establece una variabilidad manifiesta en los resultados del parámetro de vacíos y de vacíos en el agregado mineral en las muestras evaluadas por el LanammeUCR, determinando un porcentaje de valores fuera de los límites requeridos en la especificación, mayor al valor máximo para considerar un producto de calidad aceptable.

### Sobre la consistencia del diseño de mezcla

10. Del análisis realizado al diseño de mezcla propuesto por el contratista se determina que el contenido de asfalto definido como óptimo de diseño, permite cumplir con las especificaciones de volumetría establecidas para la mezcla de base asfáltica.

## 12. RECOMENDACIONES.

A continuación se listan las recomendaciones del informe para que sean consideradas por la Unidad Ejecutora, con el propósito de que se definan e implementen soluciones integrales a éste y futuros proyectos.

- a. Velar por la aplicación de herramientas estadísticas para evaluar tanto el cumplimiento de especificaciones como la variabilidad de los procesos de producción de materiales que se incorporan a las obras, para que de esta forma se aplique el pago en función del nivel de calidad de los materiales.
- b. Evaluar la necesidad e idoneidad de los equipos, y la capacidad de éstos, solicitados en el apartado de equipo mínimo requerido en el cartel de licitación con el fin de asegurar la mayor cantidad de oferentes posibles a la licitación. Esto con el objetivo de asegurar la sana competencia y el mejor precio para los intereses de los recursos públicos.
- c. Velar por el cumplimiento de los planes de control metrológicos aportados por el contratista, con el fin de asegurar que las lecturas de los equipos de la planta sean las correctas.
- d. Velar por el cumplimiento de las especificaciones solicitadas tanto en la Disposición Vial así como el cartel de licitación para asegurar la calidad del proyecto y el buen uso de los recursos.
- e. Cuando se apliquen técnicas constructivas o productivas innovadoras o que no se han utilizado en el país durante un amplio lapso de tiempo se recomienda intensificar los controles de calidad durante el proceso inicial de implementación con el fin de garantizar que durante la fase de aprendizaje el material o proceso se adecue a las necesidades del proyecto. En caso que sea una técnica innovadora por aplicar en el país es recomendable que sea aplicada preliminarmente por mano de obra experta, de modo que se propicie la transferencia de tecnología a la mano de obra nacional.

### 13. REFERENCIAS.

1. Arriola-Guzmán, R & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2011) *LM-AT-183-10: Evaluación De La Calidad Del Material De Subbase Y Agregado Para Base Estabilizada Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 613. Sección Sabalito-Las Mellizas Licitación Pública No. 2008LN-000001-DI. Período: Febrero-Junio 2010. PARTE II.*
2. Arriola-Guzmán, R & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2011). *LM-PI-AT-097-11: Evaluación De La Calidad Del Material De Subbase Y Agregado Para Base Estabilizada Y De La Seguridad Vial Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-Quebrada Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-000023-DI.*
3. Arriola-Guzmán, R & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2014). *LM-AT-051-13: Evaluación De Los Estudios Preliminares Y Diseños Para El Proyecto De Construcción De La Ruta Nacional No.4 Sección: Bajos De Chilamate – Vuelta De Kooper". Licitación Pública Internacional N° 2011LI-000037-32702.*
4. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección Nacional de Vialidad (1977). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica CR-77.* Capitulo No 1 y Capitulo No 3.
5. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección Nacional de Vialidad (2010). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica CR-2010.*
6. Salas-Chaves, M. & Hidalgo-Arroyo, A. Unidad de Auditoría Técnica -PITRA, LanammeUCR. (2015). *LM-PI-AT-061-14 Análisis General De Procesos Constructivos Y Calidad De Los Materiales Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No 152, sección: Veintisiete de Abril-Villareal. Cartel de Licitación Pública No 2011LN-000019-DI*
7. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2002). *Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial.* Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).



**EQUIPO AUDITOR**

<p><b>Preparado por:</b> <b>Ing. Víctor Cervantes Calvo.</b> <b>Auditor Técnico</b></p>	<p><b>Preparado por:</b> <b>Ing. Francisco Fonseca Chaves.</b> <b>Auditor Técnico</b></p>	<p><b>Preparado por:</b> <b>Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo.</b> <b>Auditora Técnica</b></p>
<p><b>Aprobado por:</b> <b>Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.</b> <b>Coordinadora Unidad de</b> <b>Auditoría Técnica PITRA</b></p>	<p><b>Aprobado por:</b> <b>Ing. Guillermo Loría Salazar,</b> <b>Ph.D.</b> <b>Coordinador General PITRA</b></p>	<p><b>Visto Bueno de Legalidad:</b> <b>Lic. Miguel Chacón Alvarado</b> <b>Asesor Legal Externo</b> <b>LanammeUCR</b></p>

# ANEXO A

## Resultados de contenido de asfalto y granulometría de verificación de calidad



### Anexo A. Resultados de contenido de asfalto de verificación de calidad

Información General				Contenido (%)		
Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de producción	%Humedad	Factor de calibración por agregado (%)	Asfalto sobre la mezcla (%)
Especificación				LI		3,3
				LS		4,3
15-CH1-0005-2001	-	Proyecto	09/01/2015	0,18	0,52	4,29
15-CH1-0006-2001	-	Proyecto	10/01/2015	0,15	0,52	4,29
15-CH1-0007-2001	-	Proyecto	11/01/2015	0,12	0,52	3,60
15-CH3-0009-2001	-	Proyecto	09/01/2015	0,12	0,52	4,05
15-CH3-0017-2001	-	Proyecto	14/01/2015	0,09	0,48	3,31
15-CH3-0020-2001	-	Proyecto	15/01/2015	0,12	0,52	4,05
15-CH3-0022-2001	-	Proyecto	15/01/2015	0,13	0,52	4,09
15-CH3-0024-2001	-	Proyecto	20/01/2015	0,06	0,52	3,97
15-CH3-0027-2001	-	Proyecto	20/01/2015	0,09	0,52	3,84
15-CH3-0028-2001	-	Proyecto	21/01/2015	0,12	0,52	4,02
15-CH3-0032-2001	-	Proyecto	21/01/2015	0,09	0,52	3,85
15-CH3-0033-2001	-	Proyecto	22/01/2015	0,1	0,52	4,29
15-CH3-0037-2001	-	Proyecto	22/01/2015	0,07	0,52	4,21
15-CH3-0038-2001	-	Proyecto	23/01/2015	0,37	0,52	4,30
15-CH3-0039-2001	-	Proyecto	24/01/2015	0,16	0,52	3,89
15-CH3-0044-2001	-	Proyecto	25/01/2015	0,17	0,52	4,18
15-CH3-0045-2001	-	Proyecto	25/01/2015	0,15	0,52	3,96
15-CH3-0046-2001	-	Proyecto	26/01/2015	0,21	0,52	4,29
15-CH3-0047-2001	-	Proyecto	26/01/2015	0,15	0,52	4,25
15-CH3-0063-2001	-	Proyecto	05/02/2015	0,09	0,66	3,31
15-CH3-0070-2001	-	Proyecto	06/02/2015	0,15	0,66	3,52
15-CH3-0071-2001	-	Proyecto	06/02/2015	0,12	0,66	3,97
15-CH3-0079-2001	-	Proyecto	07/02/2015	0,07	0,66	3,40
15-CH3-0080-2001	-	Proyecto	07/02/2015	0,21	0,66	3,97
15-CH3-0082-2001	-	Proyecto	08/02/2015	0,24	0,65	3,84
15-CH3-0087-2001	-	Proyecto	09/02/2015	0,15	0,65	3,78
15-CH3-0123-2001	-	Proyecto	23/02/2015	0,11	0,66	3,88
15-CH3-0128-2001	-	Proyecto	23/02/2015	0,08	0,66	3,96
15-CH3-0130-2001	-	Proyecto	27/02/2015	0,15	0,66	3,99
15-CH3-0132-2001	-	Proyecto	27/02/2015	0,17	0,66	4,05
15-CH3-0143-2001	-	Proyecto	02/03/2015	0,1	0,66	3,70
15-CH3-0144-2001	-	Proyecto	02/03/2015	0,09	0,66	3,98
15-CH3-0146-2001	-	Proyecto	06/03/2015	0,17	0,66	4,26
15-CH3-0152-2001	-	Proyecto	06/03/2015	0,24	0,66	3,86
15-CH3-0155-2001	-	Proyecto	07/03/2015	0,13	0,66	3,86
15-CH3-0156-2001	-	Proyecto	11/03/2015	0,09	0,66	3,88
15-CH3-0163-2001	-	Proyecto	12/03/2015	0,17	0,66	3,88
15-CH3-0168-2001	-	Proyecto	12/03/2015	0,21	0,66	3,93
15-CH3-179-2001	-	Proyecto	15/03/2015	0,15	0,66	3,61
15-CH3-181-2001	-	Proyecto	15/03/2015	0,14	0,66	3,85
15-CH3-0189-2001	-	Proyecto	19/03/2015	0,13	0,66	3,32
15-CH3-0194-2001	-	Proyecto	19/03/2015	0,15	0,66	3,88
15-CH3-0195-2001	-	Proyecto	19/03/2015	0,09	0,66	4,07
15-CH3-0196-2001	-	Proyecto	20/03/2015	0,09	0,66	4,06
15-CH3-0201-2001	-	Proyecto	20/03/2015	0,15	0,66	3,65
15-CH3-0209-2001	-	Proyecto	27/03/2015	0,12	0,66	3,84
15-CH3-0210-2001	-	Proyecto	27/03/2015	0,19	0,66	3,98
15-CH3-0211-2001	-	Proyecto	28/03/2015	0,23	0,66	3,49
15-CH3-0213-2001	-	Proyecto	28/03/2015	0,17	0,66	3,31
15-CH3-0214-2001	-	Proyecto	28/03/2015	0,26	0,66	3,90
15-CH3-0219-2001	-	Proyecto	29/03/2015	0,28	0,66	4,13
15-CH3-0220-2001	-	Proyecto	29/03/2015	0,18	0,66	4,02
15-CH3-0221-2001	-	Proyecto	30/03/2015	0,25	0,66	4,21
15-CH3-0222-2001	-	Proyecto	30/03/2015	0,25	0,66	4,27
15-CH3-0224-2001	-	Proyecto	30/03/2015	0,24	0,66	3,97
15-CH3-0226-2001	-	Proyecto	31/03/2015	0,21	0,66	3,88
PROMEDIO				0,15	0,611428571	3,91
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				0,06	0,07	0,27
Categoría						
n				56	56	56
LSE						4,30
LIE						3,30
Qs						1,44
Qi						2,29
PS						7,799%
PI						1,295%
PT (Nivel de incumplimiento)						9,095%

### Anexo A. Resultados de granulometría de verificación de calidad

Información General		Mallas				
Informe	Fecha de	37,5 mm	25,4 mm	4,75 mm	2,36 mm	75 µm
	Fecha de	1,5"	1"	Nº4	Nº8	Nº200
<b>Límite Inferior</b>		95	80	26	17	1
<b>Límite Superior</b>		100	96	37	25	7
		1,5"	1"	Nº4	Nº8	Nº200
15-CH3-0009-2001	09/01/2015	100	82	26	20	5,0
15-CH1-0005-2001	09/01/2015	100	94	29	21	5,0
15-CH1-0006-2001	10/01/2015	100	87	26	20	5,0
15-CH1-0007-2001	11/01/2015	100	89	27	19	5,0
15-CH3-0017-2001	14/01/2015	100	100	28	19	4,8
15-CH3-0020-2001	15/01/2015	100	94	29	20	5,0
15-CH3-0022-2001	15/01/2015	100	90	29	22	5,0
15-CH3-0027-2001	20/01/2015	100	86	26	19	5,0
15-CH3-0024-2001	20/01/2015	100	91	29	22	5,0
15-CH3-0032-2001	21/01/2015	100	92	29	22	5,0
15-CH3-0028-2001	21/01/2015	100	93	33	23	6,0
15-CH3-0037-2001	22/01/2015	100	94	33	24	6,0
15-CH3-0033-2001	22/01/2015	100	95	37	26	10,0
15-CH3-0038-2001	23/01/2015	100	92	34	24	5,0
15-CH3-0039-2001	24/01/2015	100	97	28	21	5,0
15-CH3-0045-2001	25/01/2015	100	86	26	19	5,0
15-CH3-0044-2001	25/01/2015	100	93	31	25	8,0
15-CH3-0047-2001	26/01/2015	100	85	28	20	5,0
15-CH3-0046-2001	26/01/2015	100	95	36	27	10,0
15-CH3-0063-2001	05/02/2015	100	87	26	20	4,0
15-CH3-0070-2001	06/02/2015	100	92	28	21	5,0
15-CH3-0071-2001	06/02/2015	100	92	34	23	6,0
15-CH3-0079-2001	07/02/2015	100	81	28	20	5,0
15-CH3-0080-2001	07/02/2015	100	89	32	23	5,0
15-CH3-0082-2001	08/02/2015	100	86	27	21	4,0
15-CH3-0087-2001	09/02/2015	100	85	26	20	5,0
15-CH3-0130-2001	27/02/2015	100	88	30	22	5,0
15-CH3-0132-2001	27/02/2015	100	88	34	23	6,0
15-CH3-0123-2001	28/02/2015	100	83	30	23	7,0
15-CH3-0128-2001	28/02/2015	100	87	29	21	6,0
15-CH3-0143-2001	02/03/2015	100	85	27	20	5,0
15-CH3-0144-2001	02/03/2015	100	86	30	22	6,0
15-CH3-0152-2001	06/03/2015	100	87	27	20	6,0
15-CH3-0146-2001	06/03/2015	100	87	32	24	6,0
15-CH3-0155-2001	07/03/2015	100	88	30	22	6,0
15-CH3-0156-2001	11/03/2015	100	90	33	24	6,0
15-CH3-0163-2001	12/03/2015	100	89	28	21	5,0
15-CH3-0168-2001	12/03/2015	100	88	28	21	5,0
15-CH3-179-2001	15/03/2015	100	86	28	22	5,0
15-CH3-181-2001	15/03/2015	100	91	29	20	5,0
15-CH3-0189-2001	19/03/2015	100	88	26	21	5,0
15-CH3-0194-2001	19/03/2015	100	94	29	21	6,0
15-CH3-0195-2001	19/03/2015	100	91	30	22	6,0
15-CH3-0201-2001	20/03/2015	100	85	28	18	5,0
15-CH3-0196-2001	20/03/2015	100	88	28	20	5,0
15-CH3-0209-2001	27/03/2015	100	89	27	20	5,0
15-CH3-0210-2001	27/03/2015	100	92	29	21	5,0
15-CH3-0213-2001	28/03/2015	100	89	28	22	5,0
15-CH3-0211-2001	28/03/2015	100	88	26	19	5,0
15-CH3-0214-2001	28/03/2015	100	90	28	21	6,0
15-CH3-0220-2001	29/03/2015	100	90	33	24	6,0
15-CH3-0219-2001	29/03/2015	100	90	30	22	6,0
15-CH3-0224-2001	30/03/2015	100	91	29	21	5,0
15-CH3-0221-2001	30/03/2015	100	95	29	22	5,0
15-CH3-0222-2001	30/03/2015	100	91	34	24	6,0
15-CH3-0226-2001	31/03/2015	100	89	30	21	5,0
<b>PROMEDIO</b>		100	89,46	29,36	21,52	5,51
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>		0,00	3,74	2,71	1,85	1,10
<b>Categoría</b>						
<b>n</b>		56	56	56	56	56
<b>LSE</b>		100	96	37	25	7
<b>LIE</b>		95	80	26	17	1
<b>Qs</b>		-	1,75	2,82	1,88	1,35
<b>Qi</b>		-	2,53	1,24	2,44	4,11
<b>PS</b>			4%	0%	3%	9%
<b>PI</b>			1%	11%	1%	0%
<b>PT (Nivel de incumplimiento)</b>			5%	11%	4%	9%