

# PROYECTO "CUATRO CUADRANTES"

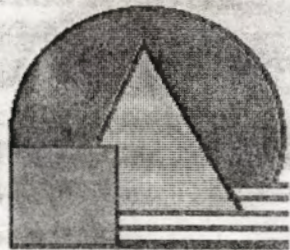
AREA METROPOLITANA, SAN JOSE

## INFORME DE LABORATORIO

*Recibido:*  
*[Signature]*  
*4-8-99*

### **CONTROL DE AVANCE**

- CONTROL DE AVANCE FISICO
- VERIFICACION DE LA COMPACTACION EN SITIO
- VERIFICACION DE LA CALIDAD DE LA MEZCLA



L A N A M M E



**CONAVI**

31 DE JUNIO, 1999



Laboratorio Nacional de Materiales  
y Modelos Estructurales

Programa de Ingeniería de  
Infraestructura de Transporte



15 de Julio de 1999

LM-PMR-M-81-99

Señor  
**Ing. Fernando Rodríguez F.**  
**DIRECTOR a.i. CONSERVACION VIAL**  
**CONAVI**  
**Presente**

Estimado señor:

Adjunto, me permito hacerle llegar el informe de laboratorio (control de avance físico y ensayos de verificación) del proyecto denominado Cuatro Cuadrantes, al 30 de junio de 1999.

En el capítulo 1 se presenta, de forma gráfica, el avance físico del proyecto. Este documento se hizo utilizando el programa ARC-VIEW, que es un sistema de información geográfico (GIS). Como se puede observar, este programa permite incluir en cualquier punto o tramo de la carretera, información como la siguiente: fecha de realización de los trabajos, descripción del trabajo realizado, anchos, espesores, resultados de laboratorio, problemas observados, fotografías, cantidades de obra, etc. Por tanto, se está archivando en la memoria del proyecto con el nivel de detalle que se muestra.

En los capítulos 2 y 3 se presentan, respectivamente, los datos de laboratorio y de compactación en campo.

Con mucho gusto atendería cualquier comentario o sugerencia al respecto.

Lo saludo atentamente

Mario Arce Jiménez  
LANAMME

*Edgór González*  
20-7-99

cc. **Dr. Juan Pastor Gómez, Director LANAMME**  
**Ing. Miguel Valverde A., Consultor del Proyecto**





**Laboratorio Nacional de Materiales  
y Modelos Estructurales**

**Programa de Ingeniería de  
Infraestructura de Transporte**



**15 de Julio de 1999  
LM-PMR-M-81-99**

**Señor  
Ing. Fernando Rodríguez F.  
DIRECTOR a.i. CONSERVACION VIAL  
CONAVI  
Presente**

Estimado señor:

Adjunto, me permito hacerle llegar el informe de laboratorio (control de avance físico y ensayos de verificación) del proyecto denominado Cuatro Cuadrantes, al 30 de junio de 1999.

En el capítulo 1 se presenta, de forma gráfica, el avance físico del proyecto. Este documento se hizo utilizando el programa ARC-VIEW, que es un sistema de información geográfico (GIS). Como se puede observar, este programa permite incluir en cualquier punto o tramo de la carretera, información como la siguiente: fecha de realización de los trabajos, descripción del trabajo realizado, anchos, espesores, resultados de laboratorio, problemas observados, fotografías, cantidades de obra, etc. Por tanto, se está archivando en la memoria del proyecto con el nivel de detalle que se muestra.

En los capítulos 2 y 3 se presentan, respectivamente, los datos de laboratorio y de compactación en campo.

Con mucho gusto atendería cualquier comentario o sugerencia al respecto.

Lo saludo atentamente

**Mario Arce Jiménez  
LANAMME**

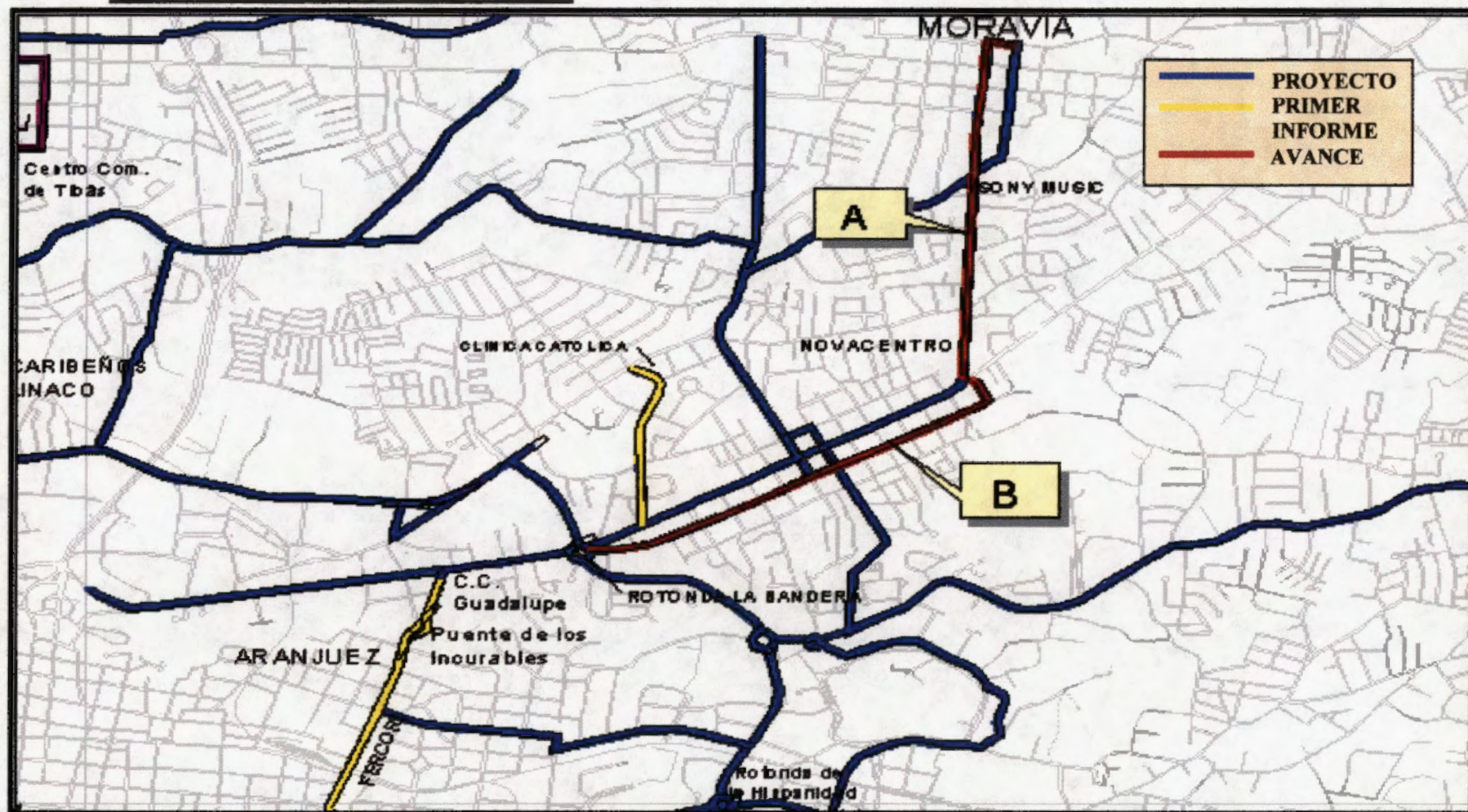
**cc. Dr. Juan Pastor Gómez, Director LANAMME  
Ing. Miguel Valverde A., Consultor del Proyecto**

**CAPITULO I**  
**CONTROL DE AVANCE FISICO**

**PRIMER CUADRANTE**

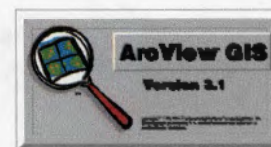


## PRIMER CUADRANTE



**A: Ent. Ruta 218 – Cruce a Moravia – San Vicente Av.1, Calle Central.**

**B: Rotonda de Guadalupe – Avenida 2 – Cementerio – Ent. Ruta 218.**



**Control de avance de obra: Entronque ruta 218 – Cruce a Moravia – San Vicente Av.1, Calle Central.  
Avance del proyecto al 31/6/99**

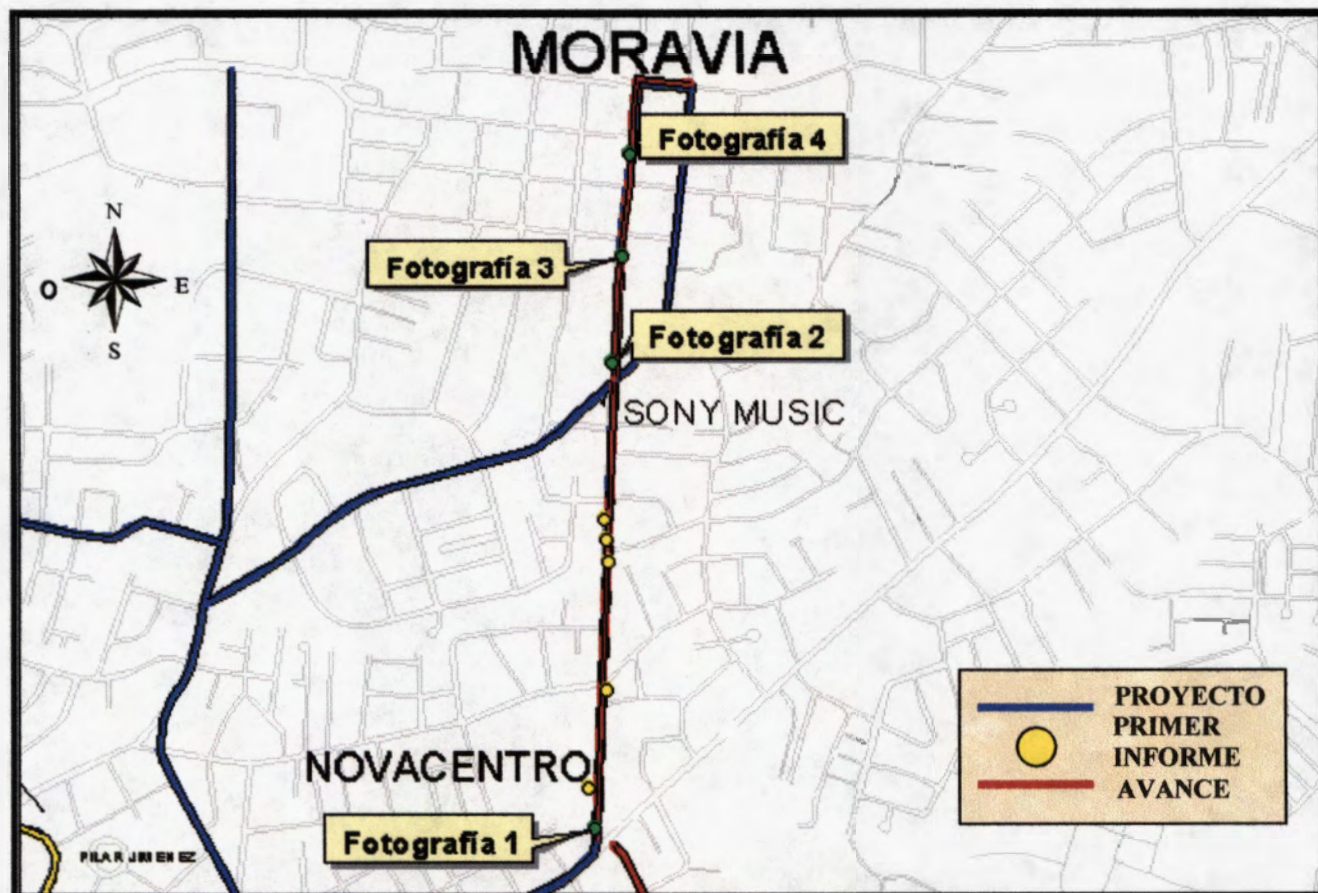


Figura No.1: Detalle gráfico de avance.

**Longitud: 1580 m aproximadamente**

**Descripción:**

Trabajos de recarpeteo con un espesor promedio de 8.0 cm. En el corte realizado en el informe anterior se presentó esta ruta con un avance parcial debido a que todo el carril izquierdo hacia San Vicente no había sido recarpeteado, todo el tramo se encuentra concluido. El avance incluye el paso por el centro de San Vicente como se aprecia en la figura anterior.





**La :** Entronque ruta 218 – Cruce a Moravia – San Vicente Av.1, Calle Central, cuenta con la siguiente información fotográfica.

Las fotografías mostradas corresponden a los puntos indicados en la figura No. 1

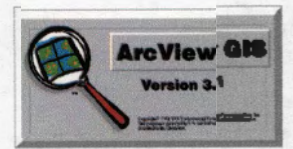
**Fotografía 1:** Proceso de levantamiento de tapas de alcantarilla a nivel de recarpeteo.



**Fotografía 2:** Vista general de sobre – capa en las cercanías de Sony Music.

**Fotografía 3:** Detalle de acabado superficial de sobre – capa.

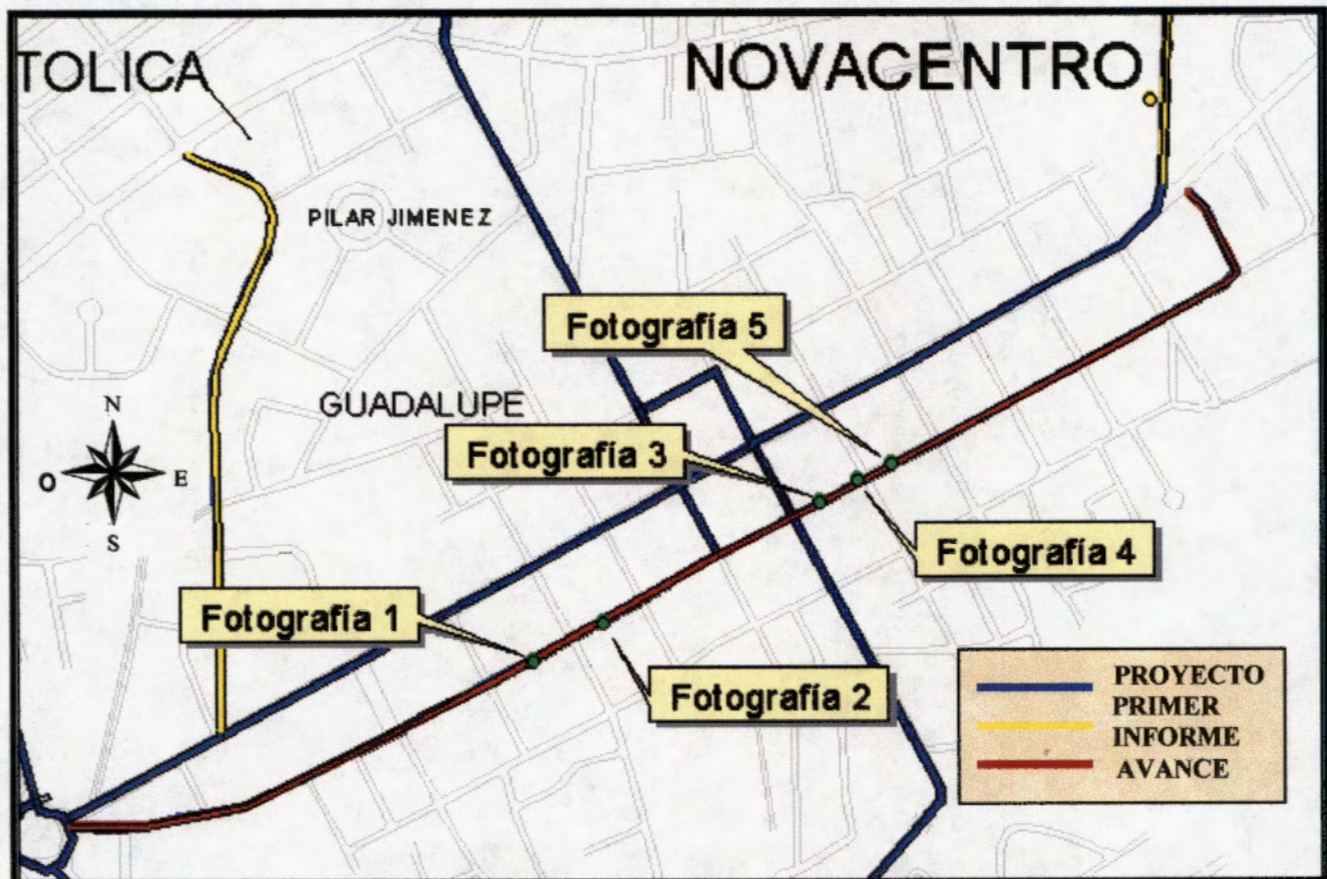




**Fotografía 4: Vista general de acabado de borde y accesos de sobre – capa.**



**Control de avance de obra: Ruta Rotonda de Guadalupe – Avenida 2 – Cementerio – Ent. Ruta 218.  
Avance del proyecto al 31/6/99**



**Figura No. 2: Detalle gráfico de avance.**

**Longitud : 1660 m aproximadamente**

**Descripción:**

**Trabajo de recarpeteo con un espesor promedio de 6.0 cm.**

**Se inicia en la Rotonda de Guadalupe, pasando por la Avenida 2 y concluye en el entronque con la ruta 218.**

**El tramo se encuentra completamente terminado.**



La Ruta Ruta Rotonda de Guadalupe – Avenida 2 – Cementerio – Ent. Ruta 218 cuenta con la siguiente información fotográfica.

Las fotografías mostradas corresponden a los puntos indicados en la figura No. 2.

**Fotografía 1: Detalle del acabado superficial.  
Problemas de uniformidad de mezcla.**



**Fotografía 2: Idem fotografía 1.**

**Fotografía 3: Acabado de borde de sobre-  
capa**





**Fotografía 4: Problemas localizados de segregación a lo largo del tramo.**

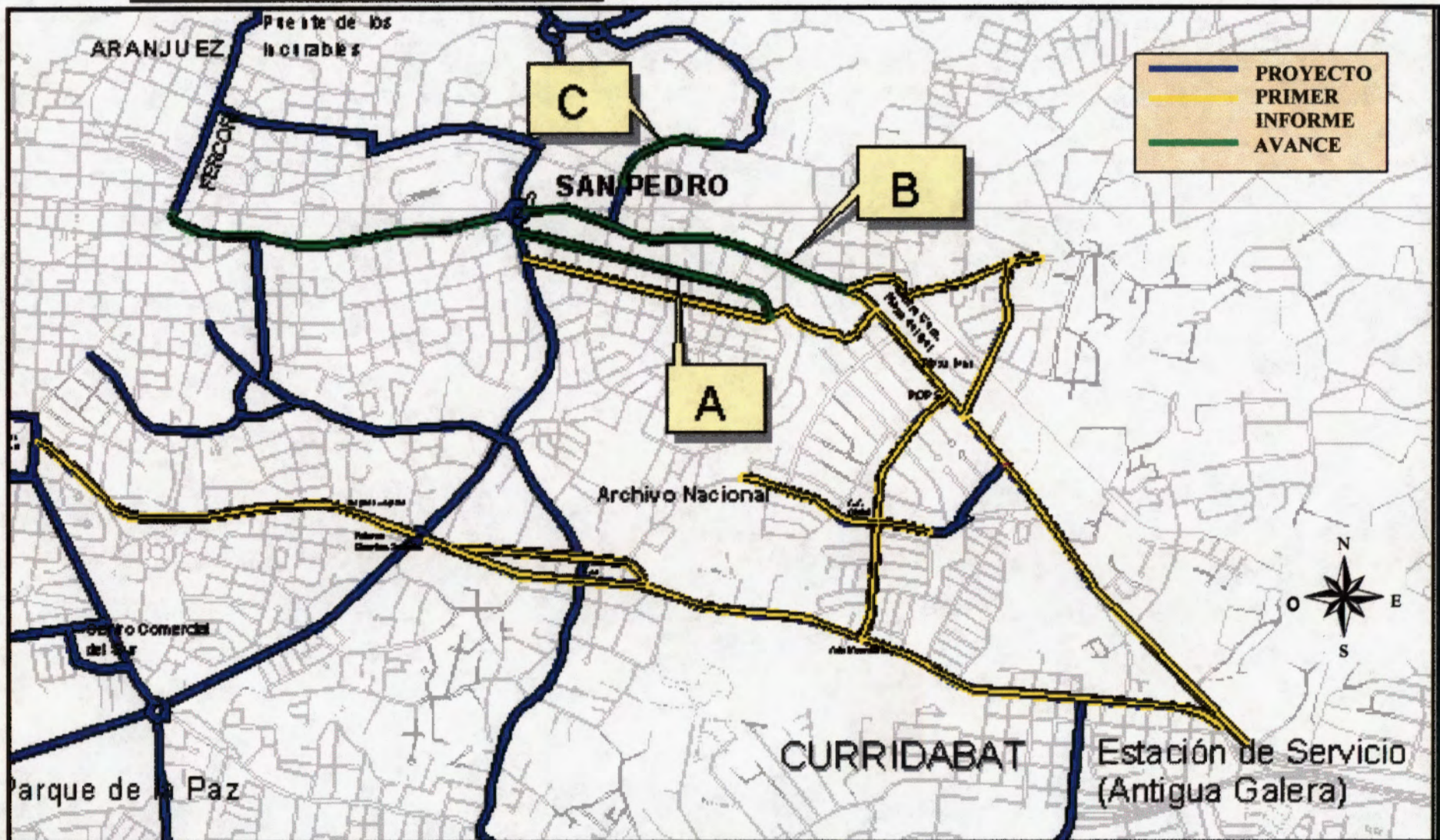
**Fotografía 5: Acabado final de borde de sobrecapa.**



**SEGUNDO CUADRANTE**



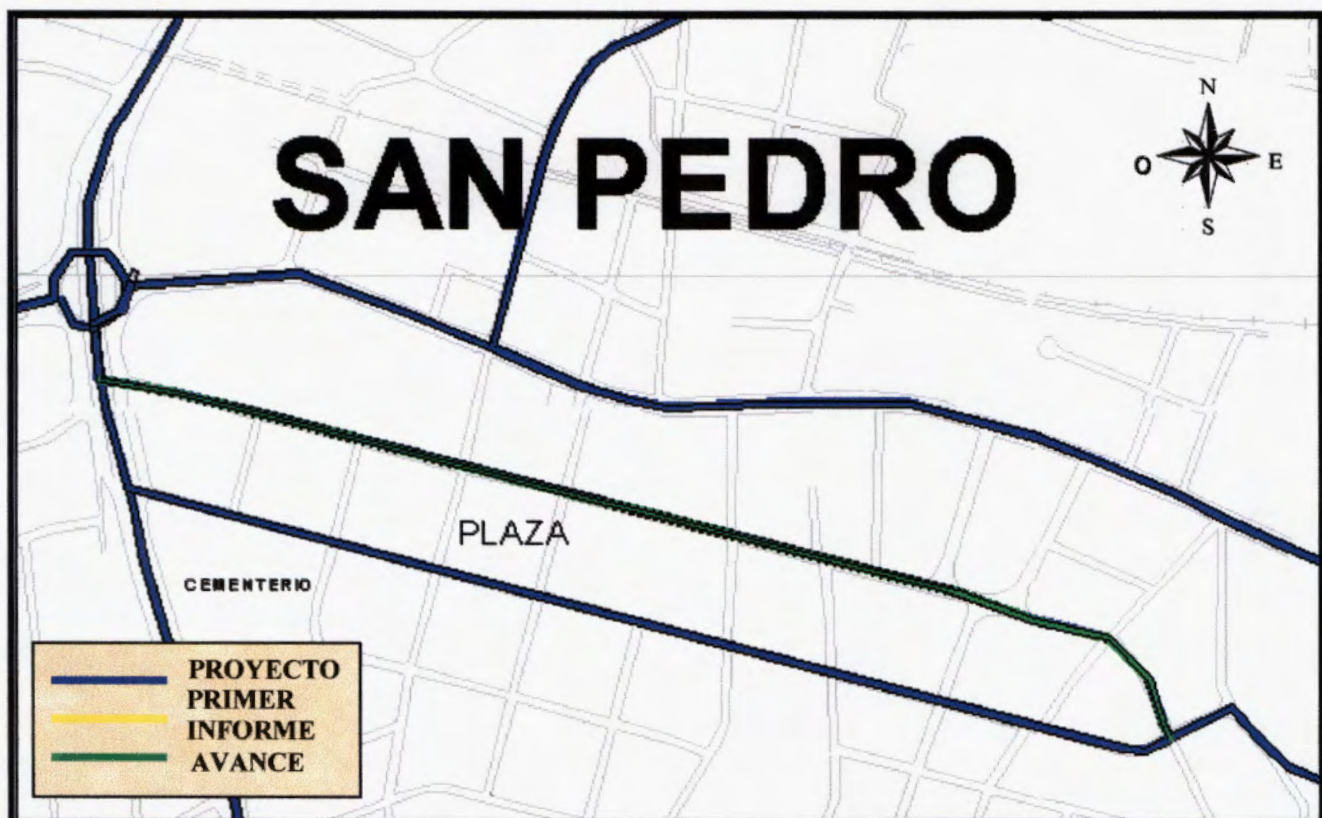
## SEGUNDO CUADRANTE



- A: Fuente de la Hispanidad (Ruta 2) – Avenida 2, San Pedro.
- B: La California – Los Yoses – Hispanidad – Av. Central San Pedro.
- C: Universidad de Costa Rica – Iglesia de San Pedro.



**Control de avance de obra: Fuente de la Hispanidad (Ruta 2) – Avenida 2, San Pedro.**  
**Avance del proyecto al 31/6/99**



**Figura No. 3 : Detalle gráfico de avance.**

**Longitud : 1000 m aproximadamente**

**Descripción:**

Se realizó un trabajo de recarpeteo el cual da inicio en la rotonda de la Hispanidad y concluye en el entronque con avenida 4 de San Pedro.

Se colocó una capa con un espesor promedio de 6.0 cm posterior al bacheo de la capa existente.







La Ruta La California – Los Yoses –Hispanidad – Avenida Central San Pedro, cuenta con la siguiente información fotográfica.

Las fotografías mostradas corresponden a los puntos indicados en la figura No. 4



**Fotografía 1:** Trabajos de recarpeteo frente al parque de San Pedro.

**Fotografía 2:** Deterioro de sobre – capa por serios problemas en alcantarillado, frente a Fuji Film en San Pedro.



**Fotografía 3:** Detalle de acabado de sobre - capa.



**Fotografía 4:** Vista general de recarpeteo y acabado de borde.

**Fotografía 5:** Vista general de recarpeteo, se notan algunas zonas con leve exudación.





**Control de avance de obra: Universidad de Costa Rica – Iglesia de San Pedro.**  
**Avance del proyecto al 31/6/99**



Figura No. 5: Detalle gráfico de avance.

**Longitud : 470 m aproximadamente**

**Descripción:**

Los trabajos de recarpeteo se inician en las proximidades de las residencias estudiantiles de la U.C.R., continuando hasta el cruce de la vía férrea.

Por el estado de la vía, básicamente en las áreas de parada de autobuses, los espesores varían desde 6 hasta 12 cm en algunos puntos.

Actualmente se encuentran en el levantamiento de las tapas de alcantarillado.



La Ruta Universidad de Costa Rica – Iglesia de San Pedro cuenta con la siguiente información fotográfica. Las fotografías mostradas corresponden a los puntos indicados en la figura No. 5



*Fotografía 1:* Vista general de recarpeteo en las inmediaciones de la U.C.R.

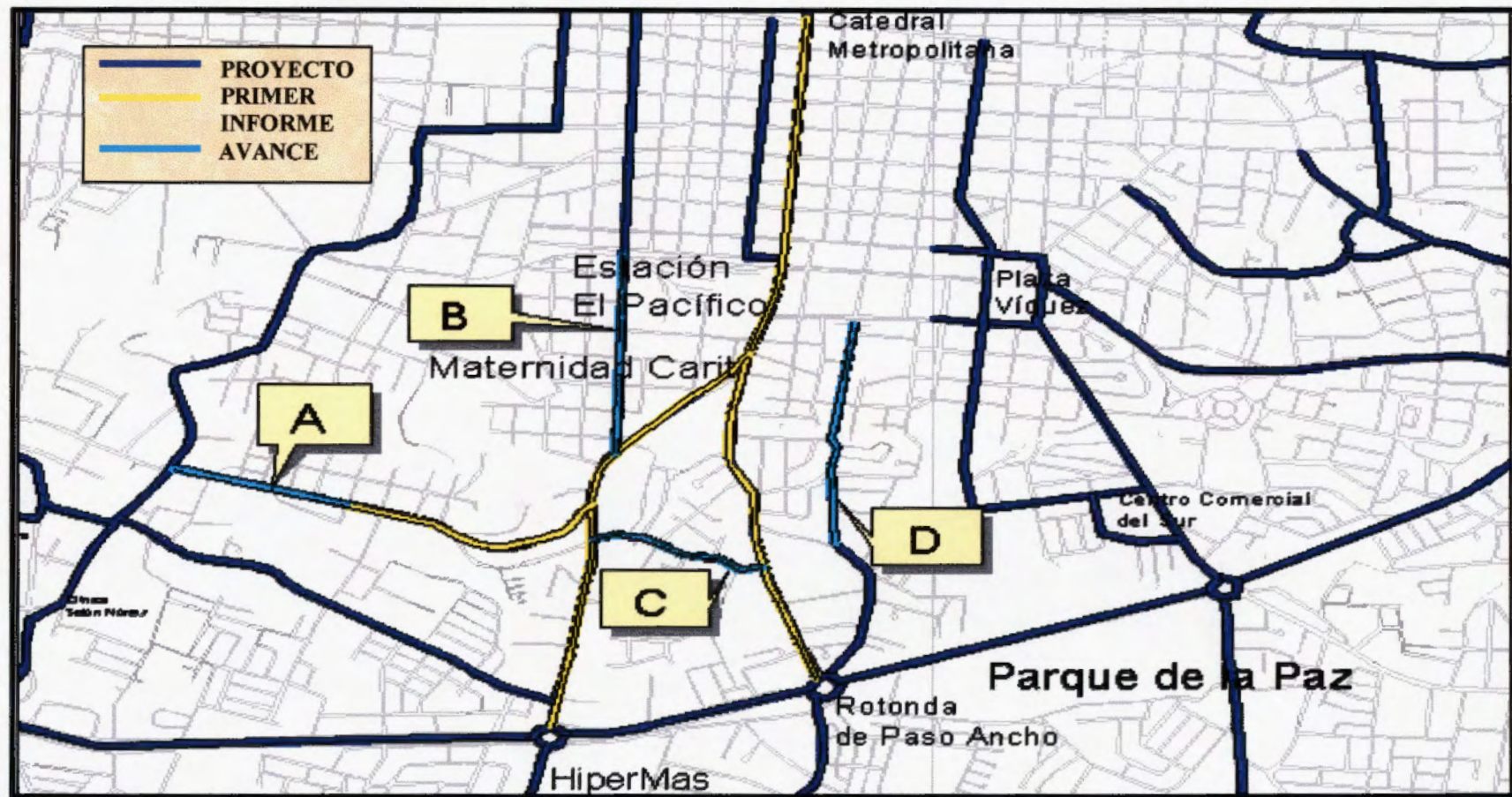
*Fotografía 2:* Detalle de acabado de borde, nótese el amplio espesor de la sobrecapa.



**TERCER CUADRANTE**



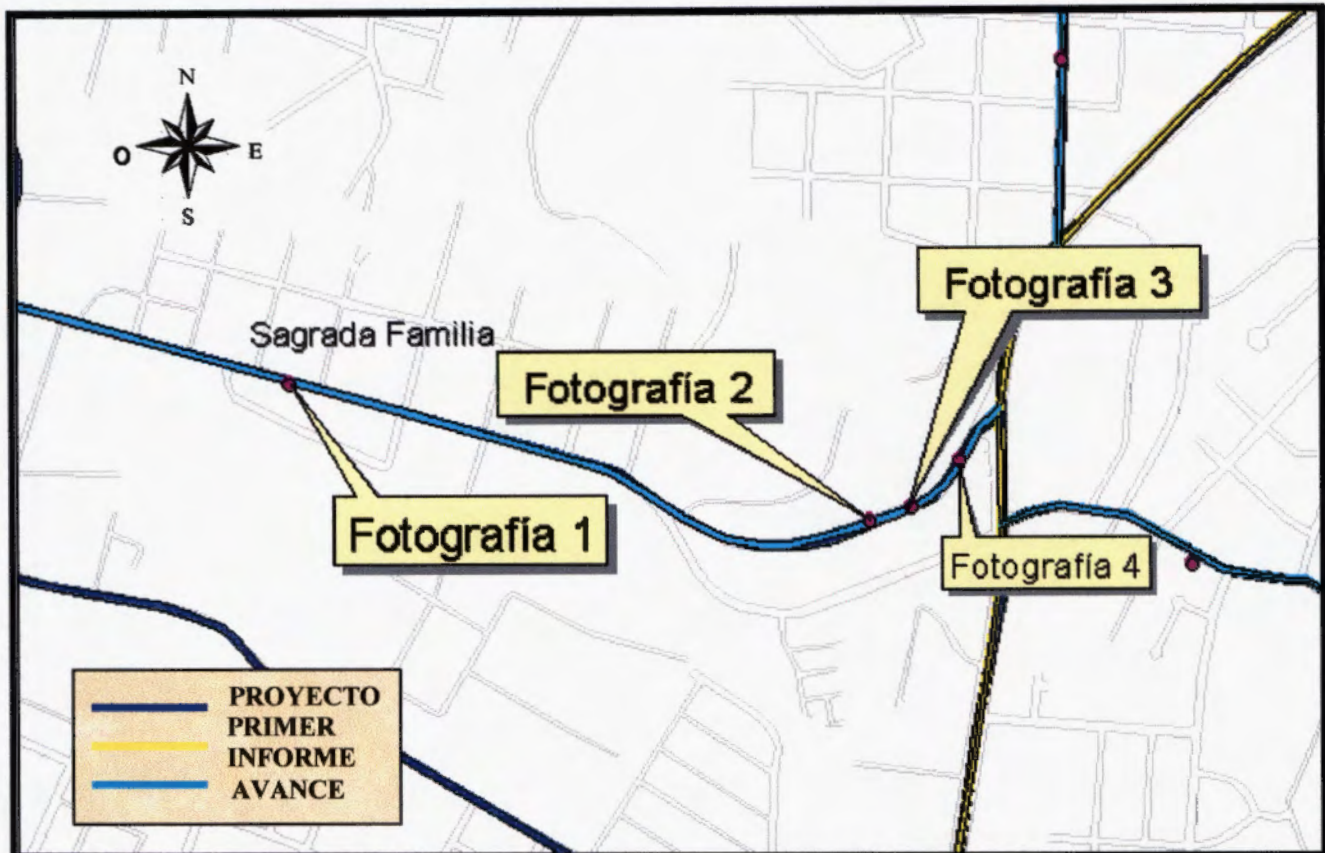
## TERCER CUADRANTE



- A: Sagrada Familia - Ent. Ruta 110
- B: Calle 10 – Ent. Ruta
- C: Hogar Propio (Ent. Ruta 213) – Ent. Ruta 214.
- D: Gonzales Viquez – San Calletano



**Control de avance de obra: Sagrada Familia – Entronque Ruta 110.**  
**Avance del proyecto al 31/6/99**



**Figura No. 6: Detalle gráfico de avance.**

**Longitud : 1200 m aproximadamente**

**Descripción:**

Trabajos de recarpeteo que inician en el entronque con la ruta 214 hasta la ruta 210. Estos trabajos quedaron inconclusos en el corte anterior; a la fecha todo el tramo fue cubierto con dos capas de 5cm.





**La Ruta Sagrada Familia – Entronque Ruta 110, cuenta con la siguiente información fotográfica. Las fotografías mostradas corresponden a los puntos indicados en la figura No. 6**



**Fotografía 1: Vista general de trabajos de recarpeteo.**

**Fotografía 2: Preparación de junta para continuación de recarpeteo.**



**Fotografía 3: Preparación de superficie con riego de liga para recarpeteo.**

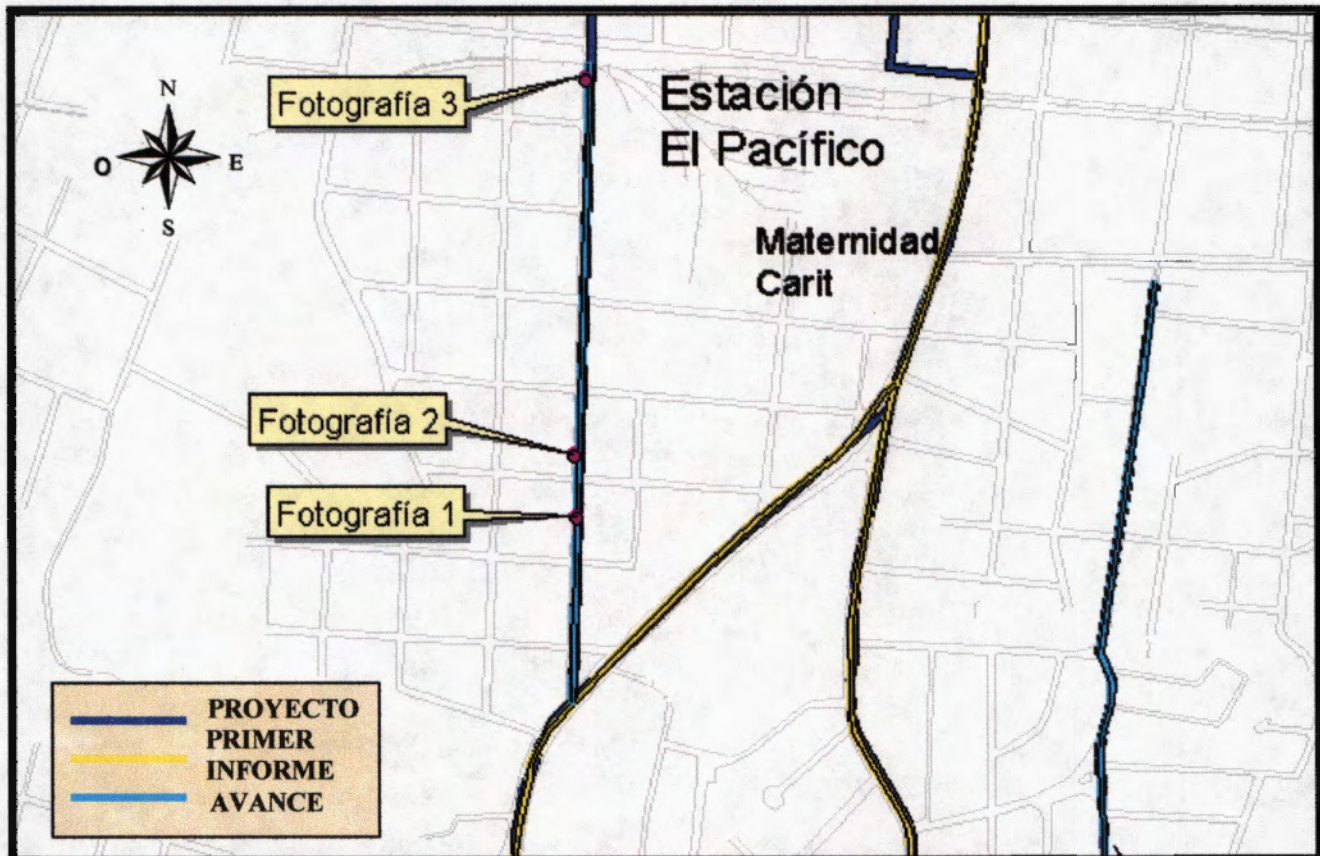


***Fotografía 4:*** Detalle de un adecuado acabado de borde de sobe – capa.





**Control de avance de obra: Calle 10 – Entronque Ruta 110.  
Avance del proyecto al 31/6/99**



**Figura No. 7: Detalle gráfico de avance.**

**Longitud : 1200 m aproximadamente**

**Descripción:**

Esta sección de avance del tramo inicia en el costado oeste de la estación al pacífico y continuando hacia el sur hasta el entronque con ruta 214. Se colocó una sobre – capa de 6° cm en promedio.



La Ruta Calle 10 – Entronque Ruta 110, cuenta con la siguiente información fotográfica. Las fotografías mostradas corresponden a los puntos indicados en la figura No. 7

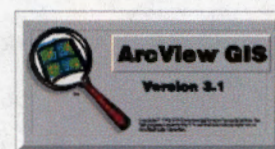
**Fotografía 1:** Vista de acabado superficial de la sobre – capa, frente a la escuela República de Nicaragua.



**Fotografía 2:** Detalle de acabado de Boca de Calles. Nótese marcación para levantamiento de tapas de alcantarillado.

**Fotografía 3:** Vista general de sobre – capa costado oeste de la estación de trenes al pacífico.





**Control de avance de obra: Hogar Propio (Entr. Ruta 213.) – Ent. Ruta 214.**  
**Avance del proyecto al 31/6/99**

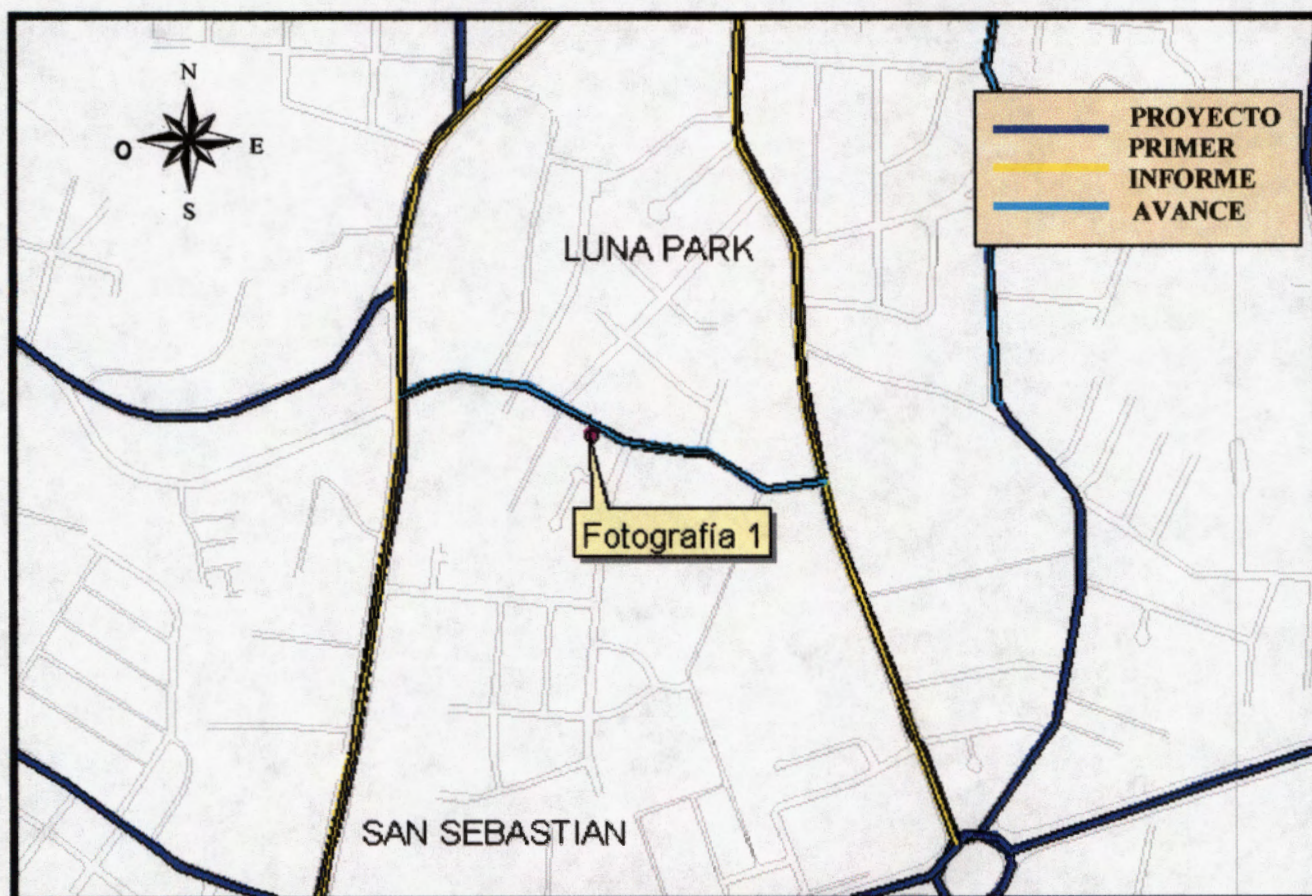


Figura No. 8: Detalle gráfico de avance.

**Longitud : 500 m aproximadamente**

**Descripción:**

**Tramo completamente cubierto que inicia en el entronque ruta 213 a entronque con ruta 214.**  
**Se colocó una sobre capa de 6.0 cm en promedio.**

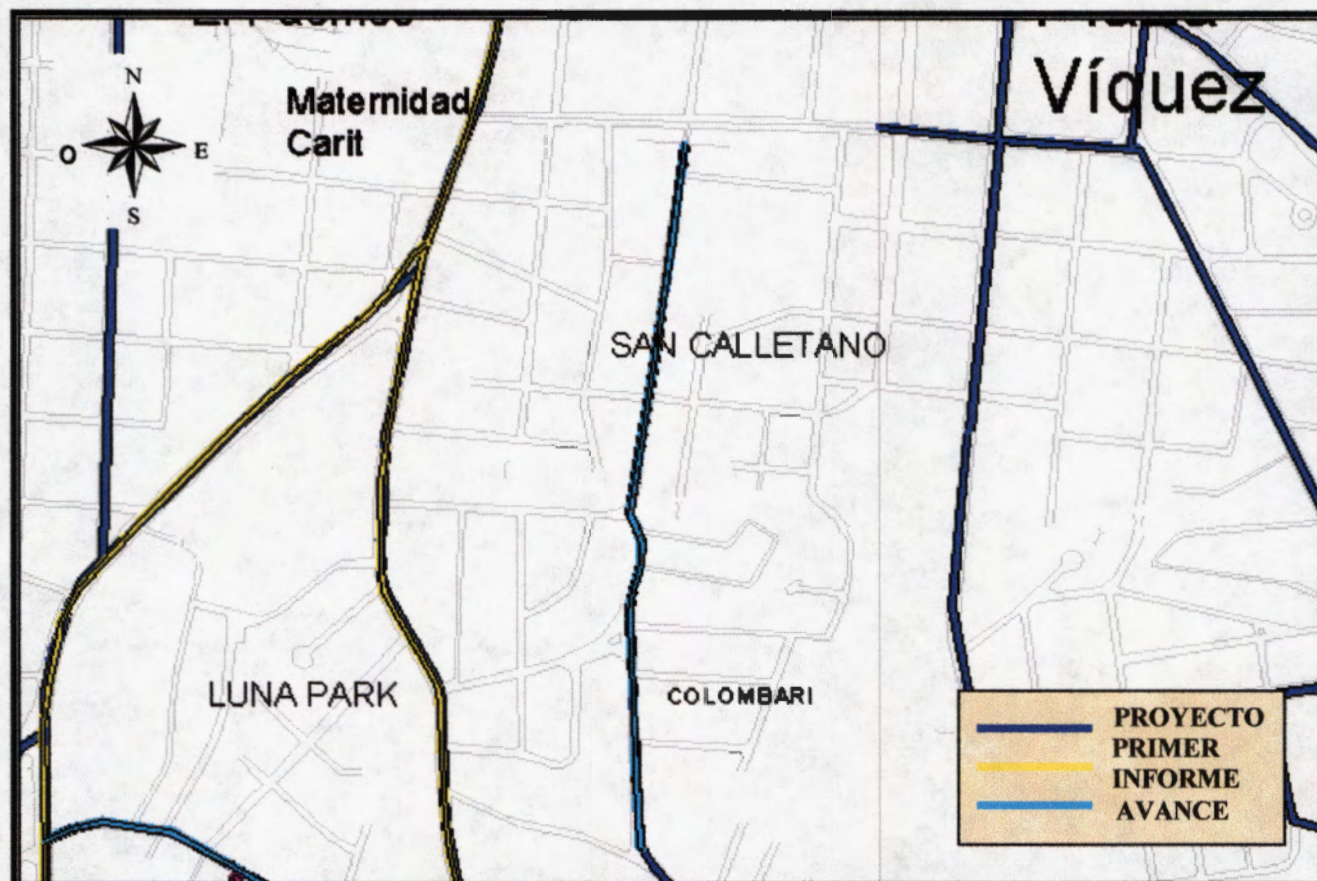


**Fotografía 1:** Identificación de áreas para levantamiento de tapas de alcantarillado.





**Control de avance de obra: Gonzales Viquez – San Calletano..**  
**Avance del proyecto al 31/6/99**



**Figura No. 9: Detalle gráfico de avance.**

**Longitud : 800 m aproximadamente**

**Descripción:**

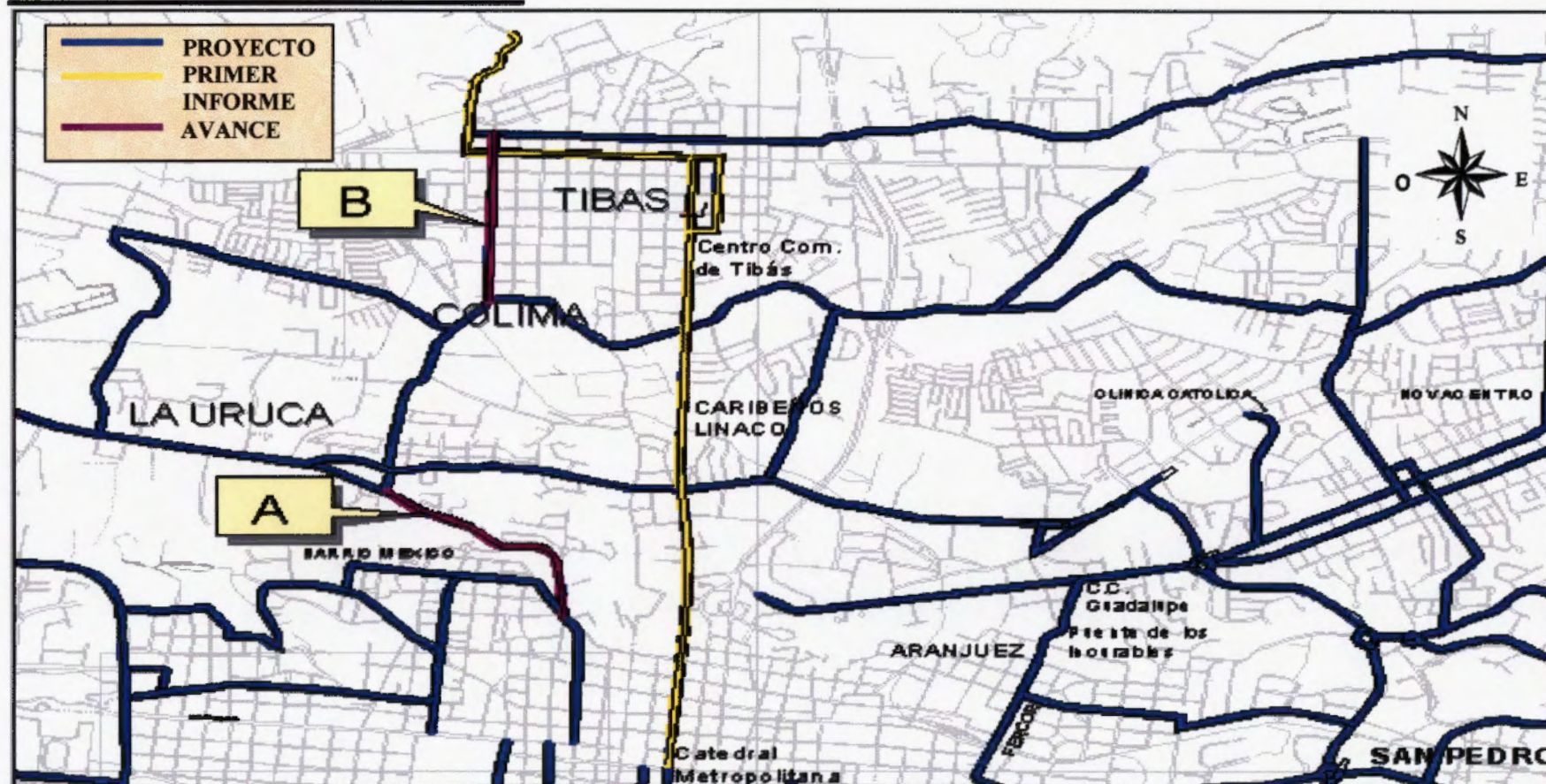
**Tramo en proceso de recarpeteo, con un espesor de sobre capa de 6.0 cm.**

**CUARTO CUADRANTE**





## CUARTO CUADRANTE

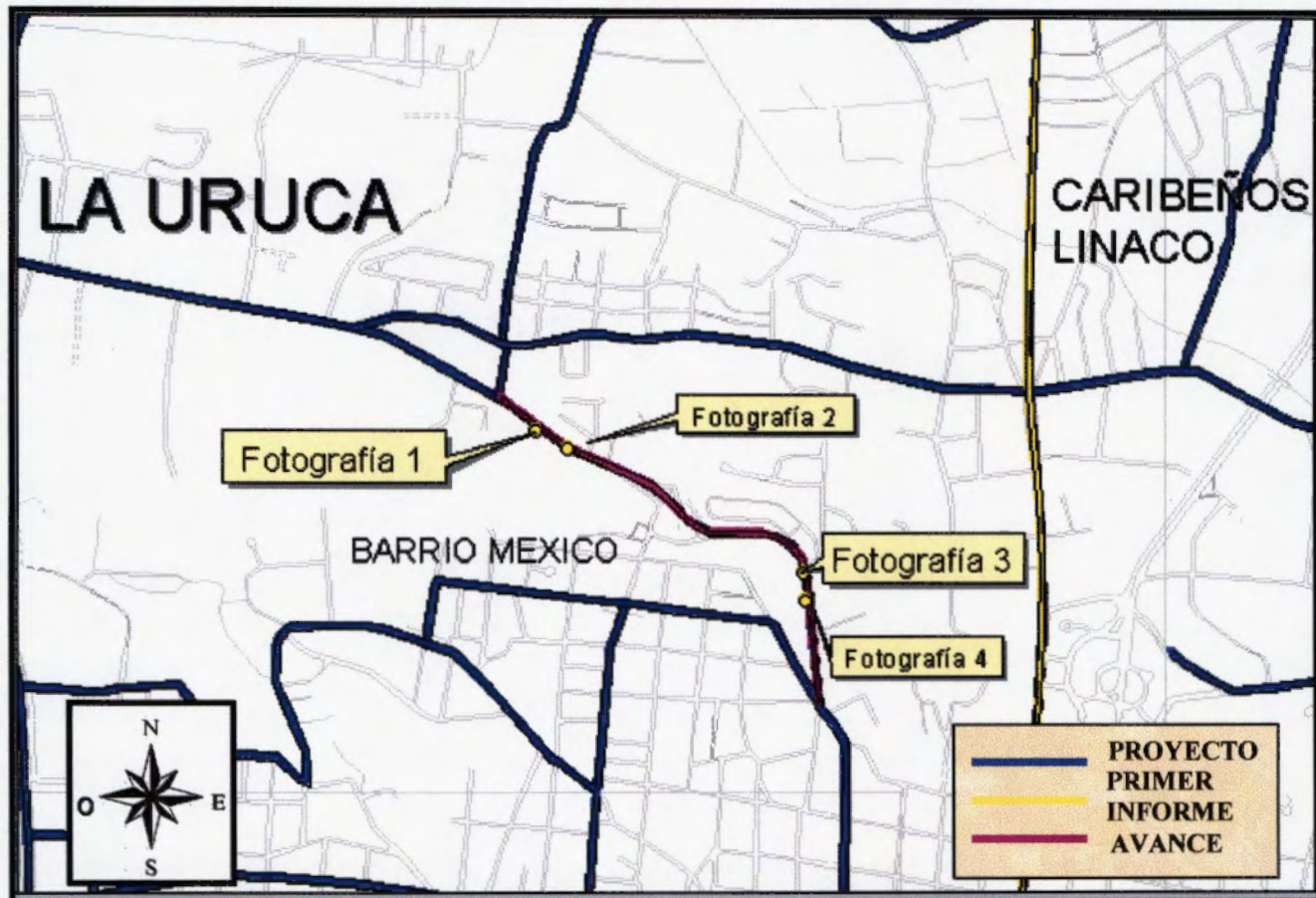


A: Antigua Botica Solera – Ruta 166, La Uruca.

B: Calle 16, Tibas – Colima (Ent. Ruta 101).



**Control de avance de obra: Antigua Botica Solera – Ruta 166, La Uruca.**  
**Avance del proyecto al 31/6/99**

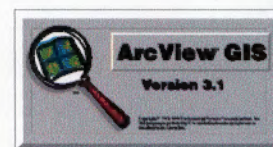


**Figura No. 10: Detalle gráfico de avance.**

**Longitud : 1100 m aproximadamente**

**Descripción:**

**Los trabajos de recarpeteo en esta ruta han iniciado con un proceso general de saneamiento de las zonas que presentan un deterioro de moderado a severo. En términos generales se escarifican 5 cm de la carpeta existente para una posterior colocación de una capa sustituta.**



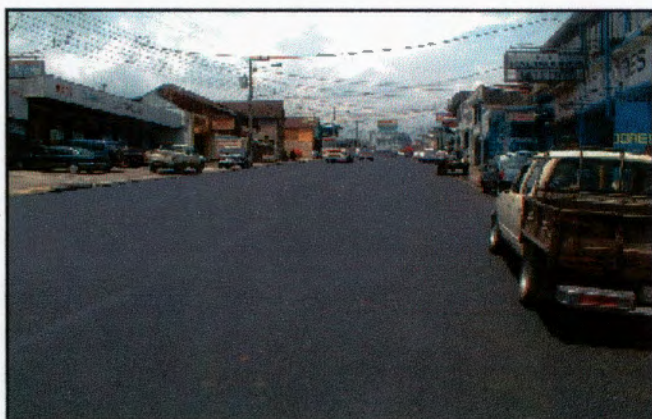
La ruta Antigua Botica Solera – Ruta 166, La Uruca cuenta con la siguiente información fotográfica. Las fotografías mostradas corresponden a los puntos indicados en la figura No. 10



**Fotografía 1:** Saneamiento previo de antigua carpeta, vía escarificado.



**Fotografía 2:** estado de fisuramiento de la carpeta, posterior al proceso de escarificación.



**Fotografía 3:** Vista general de trabajos de recarpeteo, inmediaciones antigua botica Solera.



**Fotografía 4: Detalle de acabado superficial de sobre – capa.**





**Control de avance de obra: Calle 16, Tibas – Colima (Ent. Ruta 101).**  
**Avance del proyecto al 31/6/99**

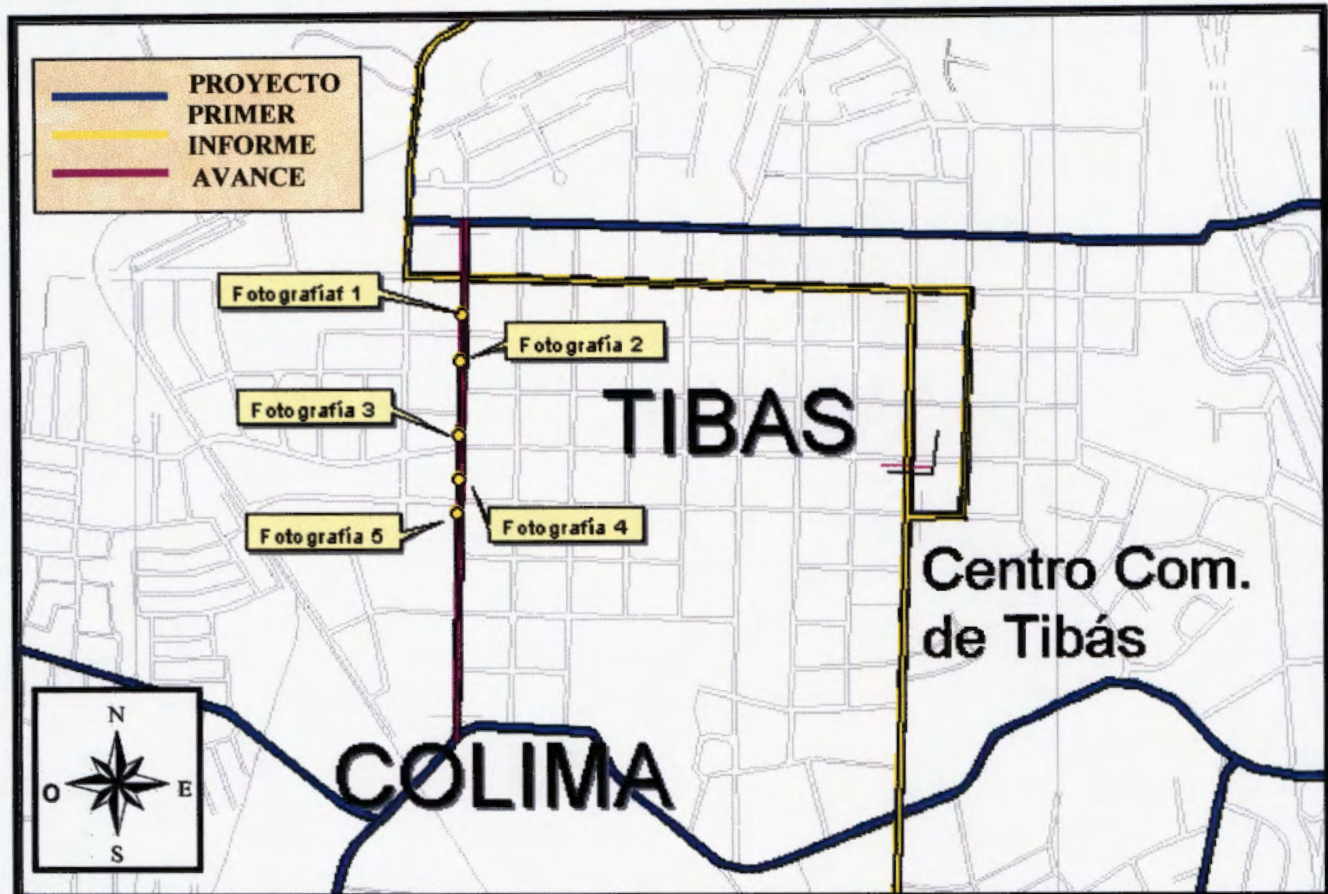


Figura No. 11: Detalle gráfico de avance.

**Longitud : 900 m aproximadamente**

**Descripción:**

Trabajos de recarpeteo en el tramo que inicia en la avenida primera de Tibas, cubriendo la calle 16 hasta el entronque con la ruta 101, en Colima se coloca una sobre – capa de 7.0 cm aproximadamente, previo a una escarificación de 5 a 6 cm de la capa existente.



La ruta Calle 16, Tibas – Colima (Ent. Ruta 101), cuenta con la siguiente información fotográfica. Las fotografías mostradas corresponden a los puntos indicados en la figura No. 11.

**Fotografía 1:** Trabajos de escarificación en calle 16.



**Fotografía 2:** Vista general de trabajos de recarpeteo de calle 16 de Tibas.

**Fotografía 3:** Levantamiento adecuado de tapas de alcantarilla.





**Fotografía 4: Detalle de acabado superficial de sobre – capa.**

**Fotografía 5: Deterioro de trabajos de recarpeteo por problemas de capacidad de alcantarillado.**



**CAPITULO II**  
**VERIFICACION DE LA**  
**COMPACTACION EN SITIO**



## **VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO**

La verificación de compactación en sitio se sigue realizando sin tener conocimiento oportuno de cuáles son los baches o tramos de prueba de la compactación que debe hacer el contratista por obligación contractual. Esta información no llega a las cuadrillas del Lanamme y no es conocida en la obra misma, y, en consecuencia, no se están verificando todos estos datos. Sin embargo, cuando el Lanamme observa marcas de pintura y numeración sobre el pavimento se obtienen datos de densidad en esos puntos.

Parece importante que el ingeniero de proyecto se involucre verdaderamente con la verificación de calidad de su proyecto, observando la toma de datos del contratista y solicitando comprobación de estos puntos al Lanamme.

En el último periodo de verificación, el mayor obstáculo ha sido conocer la densidad de la mezcla producida por la planta MECO, que no ha respetado la fórmula de trabajo en su proceso de producción. Esto imposibilita conocer en sitio si la compactación alcanzada es suficiente o no y perjudica el esfuerzo de verificación de los laboratorios. Esta actitud nuevamente puede poner en riesgo la durabilidad de las obras de pavimentación que se hacen para el Estado.

En aquellos tramos verificados por el Lanamme donde existe duda sobre la densidad de mezcla, no se calcula el grado de compactación para que la ingeniería de proyecto juzgue estos datos con base en los tramos de prueba de compactación que debe realizar el contratista. También se pueden juzgar comparando la densidad media y los valores con las densidades de las verificaciones anteriores. Sin embargo, al no tener certeza de los valores de la fórmula de trabajo, se ha perdido la disciplina de trabajo que se requiere para obras de pavimentos. Es decir, se ha perdido terreno en lo avanzado hasta ahora en control de calidad.

Los resultados de verificación se presentan para cada empresa y parecen cumplir con las especificaciones de compactación ya que ha mejorado este proceso conforme pasa el tiempo porque hay mejor seguimiento de parte de los obreros y del laboratorio privado. En la primera página se presenta un resumen general por tramos verificados y luego se adjuntan las verificaciones particulares.

Lanamme, UCR

Proyecto Recarpeteo de Los Cuatro Cuadrantes de San Jose

Resumen de datos de verificación de compactacion en sitio

Proyecto	Localización precisa	Ruta No.	fecha	# lecturas	# nucleos	Cant. Resultados		Dens. Prom.	Desv. Std	Coef. Var.
			de visita	densimetro	perforados	>= 95%	total	(kg/m3)	(kg/m3)	prom/D.S.
<b>PEDREGAL</b>										
Tibas-Colima	Colima hacia Uruca		28 junio 99	17	7	14	17	2169	57	2.6%
	subtotales			17	7					
	cantidades anteriores			119	35					
	totales a la fecha			136	42					

MECO	Localización precisa	Ruta No.	fecha	# lecturas	# nucleos	Cant. Resultados		Dens. Prom.	Desv. Std	Coef. Var.
			de visita	densimetro	perforados	>= 95%	total	(kg/m3)	(kg/m3)	prom/D.S.
Radial San Pedro	Café Maravilloso - Pops	2	13 junio 99	18	7	16	18	2196	54	2.5%
San Pedro	Educacion- Iglesia S Pedro		2 julio 99	18	7	?	?	2212	34	1.5%
San Pedro	Fuente Hispanidad-Roosevelt		27 junio 99	18	7	?	?	2235	84	3.8%
Guadalupe	Cementerio hacia el este		4 julio 99	17	7	?	?	2223	44	2.0%
San Pedro	Escuela Metodista		13 junio 99	17	6	12	17	2180	67	3.1%
	subtotales			88	34					
	cantidades anteriores			88	20					
	totales a la fecha			176	54					

**CONTRATISTA MECO**

**Universidad de Costa Rica**  
**Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales**  
**Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes**  
**Resultado de Verificación de Compactación en Sitio**

Ruta # _____	Fecha:	13-6-99
Nombre de la ruta: <u>San Pedro - Curridabat</u>	Hora:	8:30 AM
Sección de control: _____	Densímetro:	1870
Contratista: <u>Meco</u> Planta: <u>Meco</u>	Cuadrante:	Noreste
Fecha de inicio de proyecto: _____		
Tramo de verificación		
Estación inicial: <u>Esquina sureste de la escuela Metodista</u>		
Estación final: <u>0+400</u>		
Sentido: <u>Oeste - Este</u>		
Profundidad de medición (cm): <u>4 (puntos 1 a 8) y 3 en el resto</u>	Tiempo lectura:	0.5 minutos
Densidad óptima Marshall (kg/m <sup>3</sup> ): <u>2268</u>	No. lecturas:	4
Uso de arena: <u>Si</u>		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m <sup>3</sup> )	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+020	1	2055	2101	4.0	2101	92.6
0+040	2	2068			2108	93.0
0+055	3	2227			2270	100.1
0+075	4	2182			2224	98.1
0+102	5	1985	2042	4.5	2042	90.0
0+120	6	2198			2241	98.8
0+145	7	2114	2146	4.0	2146	94.6
0+170	8	2178			2220	97.9
0+205	9	2142			2184	96.3
0+230	10	2164	2180	3.0	2180	96.1
0+255	11	2089	2137	3.0	2137	94.2
0+275	12	2130			2171	95.7
0+300	13	2222			2265	99.9
0+320	14	2218			2261	99.7
0+350	15	2066	2107	3.5	2107	92.9
0+375	16	2126			2167	95.6
0+390	17	2190			2233	98.4
<b>Promedio</b>		2138	2119	3.7	2180	96.1
<b>Desv. Std.</b>		68.68	47.27	0.61	66.62	2.94
<b>Máximo</b>		2227	2180	4.5	2270	100
<b>Mínimo</b>		1985	2042	3.0	2042	90
<b>Factor de calibración con núcleos extraídos:</b>					1.02	

Nota: El grado de compactación se calculó usando la densidad de diseño. Sin embargo se tiene duda de este valor porque se ha cambio frecuentemente la fórmula de trabajo para la producción de mezcla.

**Universidad de Costa Rica**  
**Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales**  
**Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes**  
**Resultado de Verificación de Compactación en Sitio**

Ruta #	2	Fecha:	27-Jun-99
Nombre de la ruta:	Fuente de la Hispanidad - El Higuerón	Hora:	7:30 AM
Sección de control:	NI	Densímetro:	2031
Contratista:	Meco	Cuadrante:	Noreste
<b>Tramo de verificación</b>			
Estación inicial:	Frente a El Farolito		
Estación final:	100 m Oeste del Mas X Menos de San Pedro		
Sentido:	Oeste - Este		
Profundidad de medición (cm):	5.0	Tiempo lectura:	30 segundos
Densidad óptima Marshall (kg/m <sup>3</sup> ):	2258	No. lecturas:	4
Uso de arena:	SI		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m <sup>3</sup> )	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+000	1	2116			2226	98.6
0+005	2	1937	2061	5.0	2061	91.3
0+010	3	1982			2085	92.3
0+115	4	2124			2234	99.0
0+120	5	2145	2215	9.0	2215	98.1
0+125	6	2122			2232	98.9
0+210	7	2072			2180	96.5
0+215	8	2186	2295	6.0	2295	101.6
0+220	9	2113			2223	98.4
0+295	10	2177			2290	101.4
0+300	11	2105	2235	7.0	2235	99.0
0+400	12	2054			2161	95.7
0+405	13	2044	2186	6.0	2186	96.8
0+410	14	2121			2231	98.8
0+550	15	2249	2340	7.5	2340	103.6
0+560	16	2230			2346	103.9
0+620	17	2227			2343	103.8
0+625	18	2249	2352	6.5	2352	104.2
<b>Promedio</b>		2125	2241	6.7	2235	99.0
<b>Desv. Std.</b>		87.40	100.97	1.29	83.90	3.72
<b>Máximo</b>		2249	2352	9.0	2352	104.2
<b>Mínimo</b>		1937	2061	5.0	2061	91.3

**Nota: Los valores de compactación mayores que 103% demuestran que el valor de densidad del diseño de mezcla no corresponde al valor real de densidad de la mezcla que se está colocando.**

**Universidad de Costa Rica**  
**Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales**  
**Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes**  
**Resultado de Verificación de Compactación en Sitio**

Ruta # <u>-</u>	Fecha: <u>2-Jul-99</u>	
Nombre de la ruta: <u>UCR - Iglesia de San Pedro</u>	Hora: <u>9:30 AM</u>	
Sección de control: <u>-</u>	Densímetro: <u>1870</u>	
Contratista: <u>Meco</u>	Cuadrante: <u>Sureste</u>	
<b>Tramo de verificación</b>		
Estación inicial: <u>Residencias Estudiantiles (UCR)</u>		
Estación final: <u>Frente a Biblioteca Carlos Monge (UCR)</u>		
Sentido: <u>UCR - San Pedro</u>		
Profundidad de medición (cm): <u>6.0</u>	Tiempo lectura: <u>0.5 minutos</u>	
Densidad óptima Marshall (kg/m <sup>3</sup> ): <u>(*)</u>	No. lecturas: <u>4</u>	
Uso de arena: <u>Si</u>		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m <sup>3</sup> )	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+060	1	2162	2190	6.5	2190	(*)
0+070	2	2159			2192	
0+090	3	2113			2145	
0+110	4	2206	2260	9.0	2260	
0+125	5	2188			2221	
0+140	6	2161			2194	
0+165	7	2218			2252	
0+190	8	2178	2225	11.0	2225	
0+205	9	2215			2248	
0+212	10	2214			2247	
0+220	11	2241	2213	10.0	2213	
0+240	12	2196			2229	
0+225	13	2154	2218	9.0	2218	
0+270	14	2175			2208	
0+290	15	2178			2211	
0+310	16	2140	2182	12.0	2182	
0+330	17	2206			2239	
0+350	18	2119	2140	6.0	2140	
<b>Promedio</b>		2179	2204	9.1	2212	
<b>Desv. Std.</b>		35.02	37.93	2.21	33.97	
<b>Máximo</b>		2241	2260	12.0	2260	
<b>Mínimo</b>		2113	2140	6.0	2140	

Descripción del tramo verificado : \_\_\_\_\_

(\*) No se presenta el porcentaje de compactación debido a que no se conoce la densidad Marshall del diseño.

**Universidad de Costa Rica**  
**Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales**  
**Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes**  
**Resultado de Verificación de Compactación en Sitio**

Ruta # <u>Avenida 2</u>	Fecha: <u>4-Jul-99</u>
Nombre de la ruta: <u>Cementerio Guadalupe - Novacentro</u>	Hora: <u>8:15 AM</u>
Sección de control: <u>-</u>	Densímetro: <u>1870</u>
Contratista: <u>Meco</u>	Cuadrante: <u>Noreste</u>
<b>Tramo de verificación</b>	
Estación inicial: <u>Cementerio de Guadalupe</u>	
Estación final: <u>0+530</u>	
Sentido: <u>Cementerio - Centro de Guadalupe</u>	
Profundidad de medición (cm): <u>5.0</u>	Tiempo lectura: <u>0.5 minutos</u>
Densidad óptima Marshall (kg/m <sup>3</sup> ): <u>(*)</u>	No. lecturas: <u>4</u>
Uso de arena: <u>Si</u>	

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m <sup>3</sup> )	% de (*) compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+100	1	2241	2287	9.0	2287	
0+125	2	2218			2263	
0+150	3	2185	2215	8.0	2215	
0+175	4	2243			2289	
0+190	5	2106	2145	9.0	2145	
0+220	6	2129			2172	
0+250	7	2132	2211	10.0	2211	
0+270	8	2132			2175	
0+300	9	2190			2235	
0+325	10	2129			2172	
0+360	11	2159	2216	7.5	2216	
0+390	12	2146			2190	
0+430	13	2231	2257	6.5	2257	
0+460	14	2235			2281	
0+475	15	2171	2203	7.5	2203	
0+495	16	2216			2261	
0+530	17	2178			2222	
<b>Promedio</b>		2179	2219	8.2	2223	
<b>Desv. Std.</b>		45.50	44.51	1.19	44.24	
<b>Máximo</b>		2243	2287	10.0	2289	
<b>Mínimo</b>		2106	2145	6.5	2145	

Descripción del tramo verificado : \_\_\_\_\_

(\*) No se presenta el porcentaje de compactación debido a que no se conoce la densidad Marshall del diseño.

**Universidad de Costa Rica**  
**Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales**  
**Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes**  
**Resultado de Verificación de Compactación en Sitio**

<b>Ruta #</b> _____	<b>Fecha:</b>	13-Jun-99
<b>Nombre de la ruta:</b> <u>Café Maravilloso - Pops Curridabat</u>	<b>Hora:</b>	8:30 AM
<b>Sección de control:</b> _____	<b>Densímetro:</b>	2031
<b>Contratista:</b> <u>Meco</u>	<b>Cuadrante:</b>	Noreste
<b>Tramo de verificación</b>		
<b>Estación inicial:</b> <u>Café Maravilloso</u>		
<b>Estación final:</b> <u>0+960</u>		
<b>Sentido:</b> <u>Café Maravilloso - Pops Curridabat</u>		
<b>Profundidad de medición (cm):</b> <u>5.0</u>	<b>Tiempo lectura:</b>	30 segundos
<b>Densidad óptima Marshall (kg/m<sup>3</sup>):</b> <u>2268 *</u>	<b>No. lecturas:</b>	<u>4</u>
<b>Uso de arena:</b> <u>SI</u>		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m <sup>3</sup> )	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+060	1	2087			2180	96.1 *
0+075	2	2042	2153	6.5	2153	94.9
0+085	3	2127			2221	97.9
0+150	4	2109			2203	97.1
0+160	5	2111	2197	6.5	2197	96.9
0+170	6	2218			2317	102.1
0+240	7	2078			2170	95.7
0+250	8	2042	2218	8.0	2218	97.8
0+260	9	2138			2233	98.5
0+430	10	2180	2261	7.5	2261	99.7
0+440	11	2119			2213	97.6
0+450	12	2130			2225	98.1
0+590	13	1984			2072	91.4
0+600	14	2103	2180	8.0	2180	96.1
0+740	15	2071			2163	95.4
0+750	16	2078	2115	6.0	2115	93.3
0+950	17	2105	2185	6.5	2185	96.3
0+960	18	2132			2227	98.2
<b>Promedio</b>		2103	2187	7.0	2196	96.8
<b>Desv. Std.</b>		52.59	46.42	0.82	53.96	2.38
<b>Máximo</b>		2218	2261	8.0	2317	102.1
<b>Mínimo</b>		1984	2115	6.0	2072	91.4

**Descripción del tramo verificado :** Se notó y fue confirmado por un vecino que se colocó encima de una fuga de agua aproximadamente a 300 metros de la Pops de Curridabat.

\* El grado de compactación se calculó con el valor de densidad del diseño, pero ha habido cambios de producción sin estudio lo cual imposibilita conocer la densidad real de la mezcla colocada.



**CONTRATISTA PEDREGAL**

**Universidad de Costa Rica**  
**Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales**  
**Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes**  
**Resultado de Verificación de Compactación en Sitio**

Ruta # _____	Fecha:	28-6-99
Nombre de la ruta: <u>Tibás - Colima</u>	Hora:	8:00 AM
Sección de control: _____	Densímetro:	1870
Contratista: <u>Pedregal</u>	Cuadrante:	Noroeste
<b>Tramo de verificación</b>		
Estación inicial: <u>Super La Gloriana</u>		
Estación final: <u>Palí (Tibás)</u>		
Sentido: <u>Tibás - Uruca</u>		
Profundidad de medición (cm): <u>5.0</u>	Tiempo lectura:	0.5 minutos
Densidad óptima Marshall (kg/m <sup>3</sup> ): <u>2220</u>	No. lecturas:	4
Uso de arena: <u>Sí</u>		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m <sup>3</sup> )	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+015	1	2121	2160	5.5	2160	97.3
0+040	2	2100			2173	97.9
0+060	3	2001	2077	8	2077	93.6
0+080	4	2162			2237	100.8
0+100	5	1937	2063	8	2063	92.9
0+115	6	1929	2079	8.5	2079	93.6
0+145	7	2043			2114	95.2
0+165	8	2122	2169	10	2169	97.7
0+190	9	2146			2220	100.0
0+220	10	2146			2220	100.0
0+255	11	2126	2153	10.5	2153	97.0
0+280	12	2126			2200	99.1
0+310	13	2154			2229	100.4
0+330	14	2081			2153	97.0
0+355	15	2151	2170	6	2170	97.7
0+375	16	2153			2228	100.3
0+400	17	2150			2225	100.2
<b>Promedio</b>		2097	2124	8.1	2169	97.7
<b>Desv. Std.</b>		75.10	48.70	1.86	57.23	2.58
<b>Máximo</b>		2162	2170	10.5	2237	100.8
<b>Mínimo</b>		1929	2063	5.5	2063	92.9

**Descripción del tramo verificado :** En los puntos de baja densidad se observa un mal acabado. En estos puntos se nota segregación de gruesos en la superficie y textura con vacíos.

## **Caso de Autopista Zapote**

En la autopista radial a Zapote se han observado tres puntos con defectos superficiales y desprendimientos en el pavimento colocado hace 4 meses. Esto coincide con lo anotado en el informe anterior sobre cambios observables en la toda la superficie del pavimento de esta carretera que parecen indicar una durabilidad insuficiente de esta mezcla (porosidad superficial y exudación leve). El Lanamme obtuvo muestras de pavimento de los sitios recientemente fallados para analizar la posibilidad de algún efecto local de humedad del sitio. Las muestras de pavimento de 40 cm x 40 cm presentan porosidad significativa en sus bordes cortados que comprueba la posibilidad de que el agua de lluvia penetre la mezcla y permanezca allí afectando su durabilidad. La base estabilizada presenta mucho agrietamiento por donde sube agua freática. Esto se comprobó en uno de los puntos haciendo un agujero en la base y observando cómo se llenaba de agua en pocos minutos.

Según señalaron algunos vecinos de esta zona, el trazo longitudinal de esta autopista coincide con una acequia que existía anteriormente, lo cual puede explicar por qué aflora agua en muchas partes de su trazado. El pavimento actual, que tiene porosidad visible, permite que el agua salga a la superficie acarreado algunos finos de la base que producen manchas blancuzcas. Próximamente se emitirá un informe específico de esta investigación particular para esta carretera.

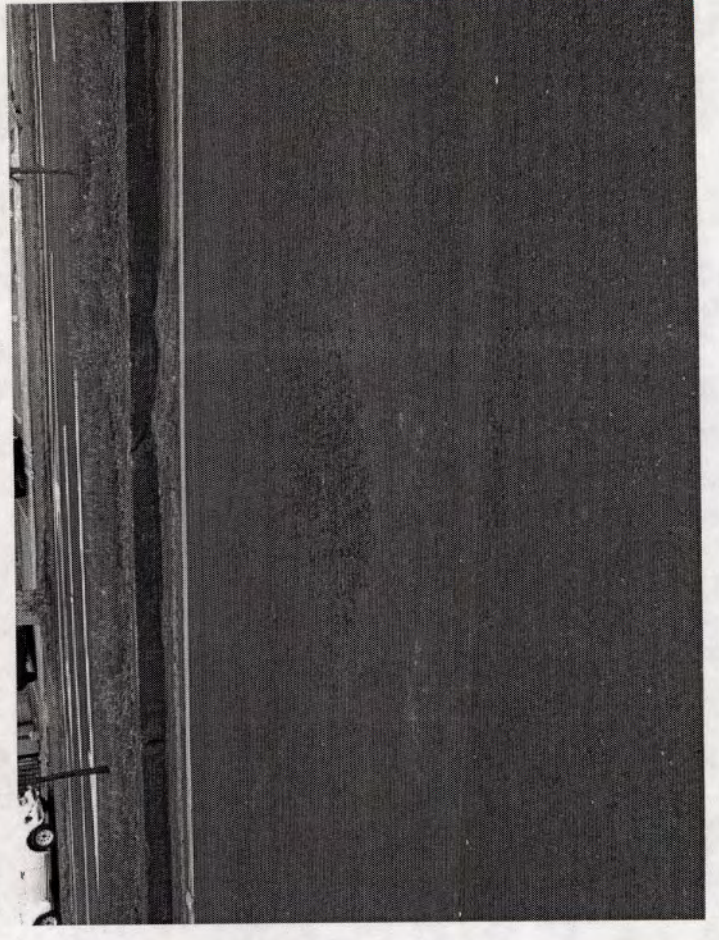
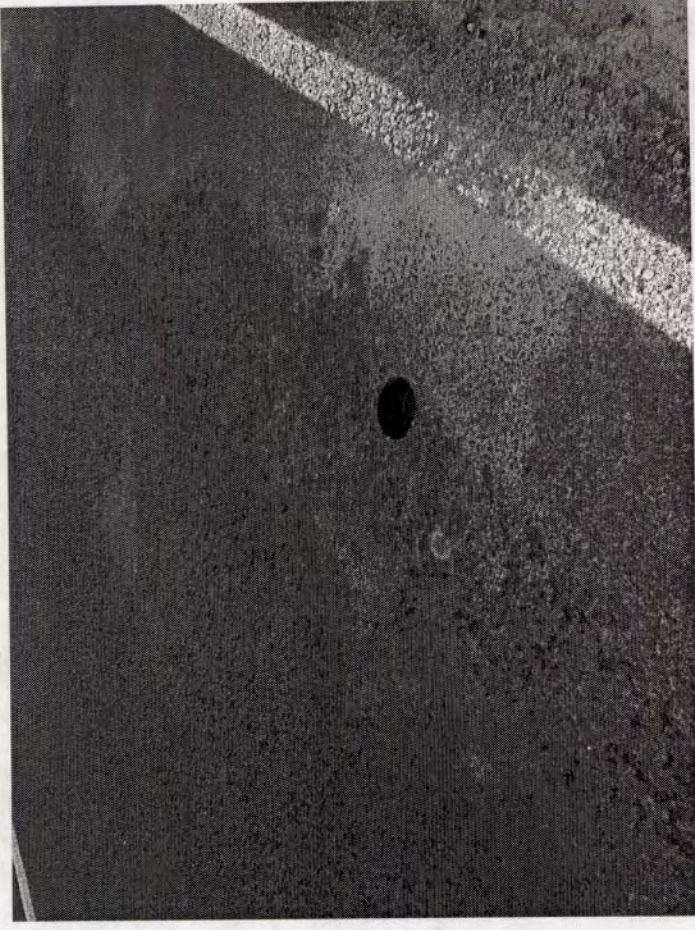
Las fotografías adjuntas muestran la situación en tres puntos de esta carretera, donde se observan manchas blancuzcas, desprendimiento y deformaciones longitudinales, sin embargo el afloramiento de humedad se presenta en otras partes de esta carretera que pueden llegar a sufrir el mismo problema.

Es muy importante que se valore la condición general de la vía, incluido el sistema de drenajes, antes de la colocación de sobrecapas, porque al no hacerlo, se corre el riesgo de que se presenten este tipo de situaciones, con el consecuente deterioro prematuro del pavimento nuevo.

Con este razonamiento no se busca relevar de responsabilidad a las empresas contratistas, también estas empresas dedicadas a construcción de carreteras y mantenimiento deben conocer cuáles son los estudios básicos que se deben hacer para evaluar bases, drenajes y materiales existentes antes de hacer sus labores de rehabilitación y deben identificar en la obra los problemas que atentan contra la durabilidad de su proyecto.

9 de julio, 1999

Radial Zapote, defectos superficiales





## **Otras observaciones en sitio**

En términos generales, el acabado de los trabajos de ambas empresas es bueno y ha ido mejorando conforme pasa el tiempo y las cuadrillas logran realizar mejor sus labores de colocación. El defecto más común de ambos contrato es un exceso de ligante que se evidencia en las juntas transversales o longitudinales y que generalmente sube a la superficie y produce una mancha brillante alargada.

Otro defecto frecuente es la forma de hacer las juntas de construcción al finalizar el día. Generalmente se dejan bordes muy altos que golpean a los vehículos, en vez de hacer rampas de por lo menos un metro de longitud con la misma mezcla. Al día siguiente no siempre se cortan estos bordes para arrancar con la continuación de la capa que se coloca.

Por otra parte, se debe hacer énfasis en la protección de las capas recién colocadas. A veces, cuando se coloca una capa al finalizar la jornada no se da un tiempo adecuado para que el material enfríe y se abre el tránsito libremente. En estos casos los vehículos que circulan a velocidad levantan agregados cuando la capa no ha enfriado lo suficiente..

También se siguen observando mezclas que se colocan cerca de cunetas o drenajes en mal estado que no se reparan previamente, por lo cual parece necesario pedir una cuadrilla que trabaje permanentemente en esta clase de reparaciones preliminares en todo contrato de rehabilitación. Igualmente, se hace necesario obligar para que realicen la señalización horizontal (pintura de carriles) de las capas recientemente colocadas. El mantenimiento de carreteras no consiste solamente en colocar nuevos pavimentos (que es el trabajo más rentable para la empresa), se requiere también hacer estudios preliminares y reparar los elementos complementarios de la carretera que garantizan una mayor durabilidad y mejor utilización de la vía.

**CAPITULO III**  
**VERIFICACION DE LA CALIDAD DE**  
**LA MEZCLA**

## **RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PARA LA VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA DE LA PLANTA PEDREGAL DE BELEN**

### **1- Introducción**

El propósito de este apartado es presentar los resultados obtenidos en las labores de verificación de la calidad para la mezcla asfáltica producida por la planta de Pedregal en Belén y colocada en el Proyecto de Rehabilitación de los Cuatro Cuadrantes de San José durante dos períodos:

- Período del 21 de marzo al 30 de marzo de 1999. Donde rigió el diseño de mezcla del 15 de abril de 1998.
- Período del 30 de mayo al 16 de junio de 1999. Donde rigió el diseño de mezcla del 20 de mayo de 1999.

Debe tomarse en cuenta que para que tenga sentido el concepto de verificación de la calidad, de cara a la metodología de control de obras de pavimentación que está siendo desarrollada por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, deben cumplirse los siguientes requisitos:

- Contar con un informe de diseño de mezcla acorde con las especificaciones contractuales y debidamente aprobado por la Administración. Se adjuntan las observaciones y recomendaciones formuladas, referentes al informe de diseño de mezcla fechado 20 de mayo de 1999.
- Actualización de la fórmula de trabajo de acuerdo con cambios que se presenten en la materia prima (agregados y ligante asfáltico).
- Contar con un mecanismo eficiente y oportuno de control de calidad para la producción de la planta, y para las labores de compactación en sitio.

Se aclara que para el período analizado, se tienen las siguientes limitantes:

- No se conocen los detalles sobre la aceptación final del diseño de mezcla planteado.
- Se desconoce el detalle del plan de control de calidad que efectúa el contratista. Preocupa, especialmente, la representatividad de los muestreos que se realizan en el campo y en la planta.
- Se desconoce el tipo y detalle de los informes de control de calidad del contratista.

### **2 - Ensayos de verificación de la calidad de la mezcla asfáltica**

El detalle del tipo y cantidad de ensayos para la verificación de la calidad, realizados a la producción de mezcla asfáltica para el proyecto particular y para los períodos analizados se presenta en la Tabla No. 1.



En la Tabla No. 2 se presentan los resultados de verificación de calidad para el segmento de producción evaluado. Debe considerarse que las magnitudes indicadas en estilo sombreado representan desviaciones de los rangos de tolerancia y/o especificación contractuales, de acuerdo con las Especificaciones Especiales del proyecto y las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica.

**Tabla No. 1: Cantidades de ensayos para la verificación de la calidad de la mezcla asfáltica de la planta Pedregal de Belén para el Proyecto de Rehabilitación de los Cuatro Cuadrantes de San José.**

	Parámetros Marshall	Contenido de asfalto	Análisis granulométrico	Resistencia a la comp. uniaxial retenida
21 al 30 de marzo de 1999	9	8	8	1
30 de mayo al 16 de junio de 1999	8	9	9	0

### **3 - Comentarios generales sobre los resultados de verificación de calidad.**

#### **3-1. Período del 21 al 30 de marzo de 1999.**

- Existe un nivel de dispersión importante en los parámetros de vacíos Marshall, vacíos en el agregado mineral (VAM), vacíos llenos con asfalto (VFA) y en la estructura granulométrica.
- Los valores de flujo, en los especímenes Marshall correspondientes a las muestras tomadas, exceden el límite superior de especificación (40), en la totalidad de los casos.
- Los valores de vacíos Marshall presentan valores, en la mayoría de los casos, superiores al límite superior especificado (5.0 %).
- Los valores de vacíos llenos con asfalto presentan valores fuera del rango de especificación, tanto sobre el límite superior especificado (78 %), como por debajo del límite inferior especificado (65 %).
- La única muestra evaluada por resistencia a la compresión uniaxial retenida arrojó un resultado aceptable (79 %, con una resistencia en condición seca de 3.7 Mpa).

Nota: debe considerarse que los especímenes evaluados fueron moldeados en el laboratorio, con mezcla muestreada en planta, de manera que hay un efecto de remoldeo.

### **3-2. Período del 30 de mayo al 16 de junio de 1999.**

- Hay algunos valores de vacíos en la mezcla fuera de tolerancias (banda de uniformidad para la planta). La mayoría sí se ubica dentro del rango de especificación (banda de aceptación del diseño).
- Los valores de estabilidad no cumplen con el límite superior especificado para este parámetro (1300 kg), de acuerdo con las Especificaciones Especiales.
- Las mallas de 9.0 mm y No. 4 presentan incumplimientos de los correspondientes rangos de tolerancia para la fórmula de trabajo. Especialmente al inicio del período, aunque hacia el final se nota una mejoría.
- La malla No. 50 presenta incumplimientos, no sólo del rango de tolerancia para la fórmula de trabajo, sino que también del rango de especificación definido en las Especificaciones Especiales. Los incumplimientos se presentan al inicio del período evaluado.

Nota: debe considerarse que los especímenes evaluados fueron moldeados en el laboratorio, con mezcla muestreada en planta, de manera que hay un efecto de remoldeo.

**Tabla No. 2: Resultados de los ensayos de verificación de calidad para la producción de la planta de Pedregal en Belén, para el Proyecto de Rehabilitación de los Cuatro Cuadrantes de San José, para el período del 21 al 30 de marzo de 1999.**



**Programa de Mantenimiento Rutinario: Base de datos de Parámetros de calidad para mezcla asfáltica.**

**Diseño de mezcla vigente  
15-Apr-98**

Valor diseño	Tolerancia / especificación
--------------	-----------------------------

Muestra No.				1105	1109	1110	1117
Ruta				-	-	-	-
Planta				BELEN	BELEN	BELEN	BELEN
Material				Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta
Fecha				21/03/99	21/03/99	22/03/99	22/03/99
Licitación				-	-	-	-
Propiedades	UNIDADES						
Estabilidad	Kg	1371	1171-1300	1274	1345	1292	1315
Flujo	(1/100)cm	36.6	29.3 -40	45.0	55.0	51.0	48.0
Estabilidad/Flujo	Kg /mm	375	319-431	283	245	253	274
Gravedad especifica máxima teorica		N.I.	-	2.352	2.365	2.369	2.364
Densidad	%	2212	-	2267	2299	2224	2271
Vacios en la mezcla	%	4.4	3.9-4.9	3.6	2.8	6.1	3.9
V.A.M.	%	N.I.	>12	19	15.2	-	-
V.F.A.	%	N.I.	65 - 78	81	81.6	-	-
Resistencia Retenida	%	83	>75	-	79	-	-
Estabilidad Retenida	%	86	>75	-	-	-	-
Resistencia compresión uniaxial	Mpa	N.I.	>2.1	-	3.7	-	-
Relación Polvo / Asfalto	%	0.83	0.66-1.00	1.26	1.12	-	1.02
Contenido asf. sobre mezcla	%	7.30	6.80-7.80	6.34	6.98	-	6.89
Contenido asf. sobre agregado	%	7.89	7.37-8.37	6.77	7.5	-	7.48
Contenido de ceniza	%	-	-	0.19	0.11	-	-
Contenido de agua	%	-	-	-	-	-	-
Temperatura de mezclado	%	N.I.	-	155	-	-	145
Agregados (% pasando)							
Malla 25.4 mm ( 1 ")	%	100	100	100	100	-	100
Malla 19.0 mm ( 3/4")	%	100	100	100	100	-	100
Malla 9.5 mm ( 3/8 ")	%	87	82-90	84	82	-	77
Malla N° 4	%	55	51-59	52	54	-	48
Malla N° 8	%	35	31-39	33	35	-	31
Malla N° 50	%	11.0	10-15	11.8	12.6	-	10.9
Malla N° 200	%	6.1	4.1-8.0	8.0	7.8	-	7.0

**Nota:** (-) : No se realiza  
( PEND. ) : Prueba en proceso.



Programa de Mantenimiento Rutinario: Base de datos de Parámetros de calidad para mezcla asfáltica.

Diseño de mezcla vigente  
15-Apr-98

Valor diseño      Tolerancia /  
   especificación

Muestra No.				1120	1133	1134	1135	1156
Ruta				-	-	-	-	-
Planta				BELEN	BELEN	BELEN	BELEN	BELEN
Material				Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta
Fecha				24/03/99	25/03/99	26/03/99	28/03/99	30/03/99
Licitación				-				
Propiedades	UNIDADES							
Estabilidad	Kg	1371	1171-1300	1329	1357	1286	1315	-
Flujo	(1/100)cm	36.6	29.3-40	42.0	47.0	50.0	46.0	-
Estabilidad/Flujo	Kg /mm	375	319-431	316	289	257	286	-
Gravedad específica máxima teorica		N.I.	-	2.371	2.368	2.349	2.359	-
Densidad	%	2212	-	2257	2152	2140	2244	-
Vacios en la mezcla	%	4.4	3.9-4.9	4.8	9.1	8.9	4.9	-
V.A.M.	%	N.I.	>12	16.4	20.6	21.4	17.1	-
V.F.A.	%	N.I.	65 - 78	70.7	55.8	58.5	71.5	-
Resistencia Retenida	%	83.0	>75	-	-	-	-	-
Estabilidad Retenida	%	86	>75	-	-	-	-	-
Resistencia compresión uniaxial	Mpa	N.I.	>2.1	-	-	-	-	-
Relación Polvo / Asfalto	%	0.83	0.66-1.00	1.07	0.48	0.48	1.04	1.06
Contenido asf. sobre mezcla	%	7.3	6.80-7.80	6.62	7.04	7.46	6.84	6.72
Contenido asf. sobre agregado	%	7.89	7.37-8.37	7.09	7.64	8.15	7.42	7.28
Contenido de ceniza	%	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de agua	%	N.I.	-	-	-	-	-	-
Temperatura de mezclado	%	-	-	155	155	155	155	155
Agregados (% pasando)								
Malla 25.4 mm ( 1 ")	%	100	100	100	100	100	100	100
Malla 19.0 mm ( 3/4")	%	100	100	100	100	100	100	100
Malla 9.5 mm ( 3/8 ")	%	87	82-90	84	83	99	85	83
Malla N° 4	%	55	51-59	51	52	78	56	54
Malla N° 8	%	35	31-39	33	31	36	36	37
Malla N° 50	%	11.0	10-15	11.6	6.9	8.0	11.8	12.9
Malla N° 200	%	6.1	4.1-8.0	7.1	3.4	3.6	7.1	7.1

Nota: (-) : No se realiza  
( PEND. ) : Prueba en proceso.



**Programa de Mantenimiento Rutinario: Base de datos de Parámetros de calidad para mezcla asfáltica.**

**Diseño de mezcla vigente  
20-May-99**

<b>Valor diseño</b>	<b>Tolerancia / especificación</b>
---------------------	------------------------------------

Muestra No.		1388	1389	1384	1418	1422		
Ruta		-	-	-	-	-		
Planta		BELEN	BELEN	BELEN	BELEN	BELEN		
Material		Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta		
Fecha		30/05/99	31/05/99	02/06/99	04/06/99	09/06/99		
Licitación		-	-	-	-	-		
Propiedades	UNIDADES							
Estabilidad	Kg	1185	985 - 1300	1216	2044	-	1326	1397
Flujo	(1/100)cm	38.0	30.4 - 40	36.0	39.0	-	34.0	36.0
Estabilidad/Flujo	Kg/mm	312	250 - 374	338	524	-	390	388
Gravedad específica máxima teorica		2.325	-	2.348	2.367	-	2.383	2.386
Densidad	%	2210	-	2248	2175	-	2285	2279
Vacios en la mezcla	%	4.5	4.0 - 5.0	4.3	8.1	-	4.1	4.5
V.A.M.	%	19	>12	-	22	-	18	19
V.F.A.	%	77	65 - 78	-	63	-	78	76
Resistencia Retenida	%	83	>75	-	-	-	-	-
Estabilidad Retenida	%	N.I.	>75	-	-	-	-	-
Resistencia compresión uniaxial	Mpa	3	>2.1	-	-	-	-	-
Relación Polvo / Asfalto	%	1	0.68 - 1.03	-	0.79	0.83	0.78	0.84
Contenido asf. sobre mezcla	%	7	6.75 - 7.75	-	6.5	7.34	6.81	6.97
Contenido asf. sobre agregado	%	8	7.32 - 8.32	-	6.95	7.93	7.41	7.59
Contenido de ceniza	%	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de agua	%	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura de mezclado	%	N.I.	-	-	140	150	150	-
Agregados (% pasando)								
Malla 25.4 mm ( 1 ")	%	100	100	-	100	100	100	100
Malla 19.0 mm ( 3/4")	%	100	100	-	100	100	100	100
Malla 9.5 mm ( 3/8 ")	%	87	80-90	-	69	79	76	79
Malla N° 4	%	55	52-60	-	42	51	49	51
Malla N° 8	%	35	32-40	-	26	32	31	32
Malla N° 50	%	11.0	10-15	-	8.8	10.7	9.7	10.1
Malla N° 200	%	6.1	4.2-8.0	-	5.1	6.1	5.3	5.9

**Nota:** (-) : No se realiza  
( PEND. ) : Prueba en proceso.



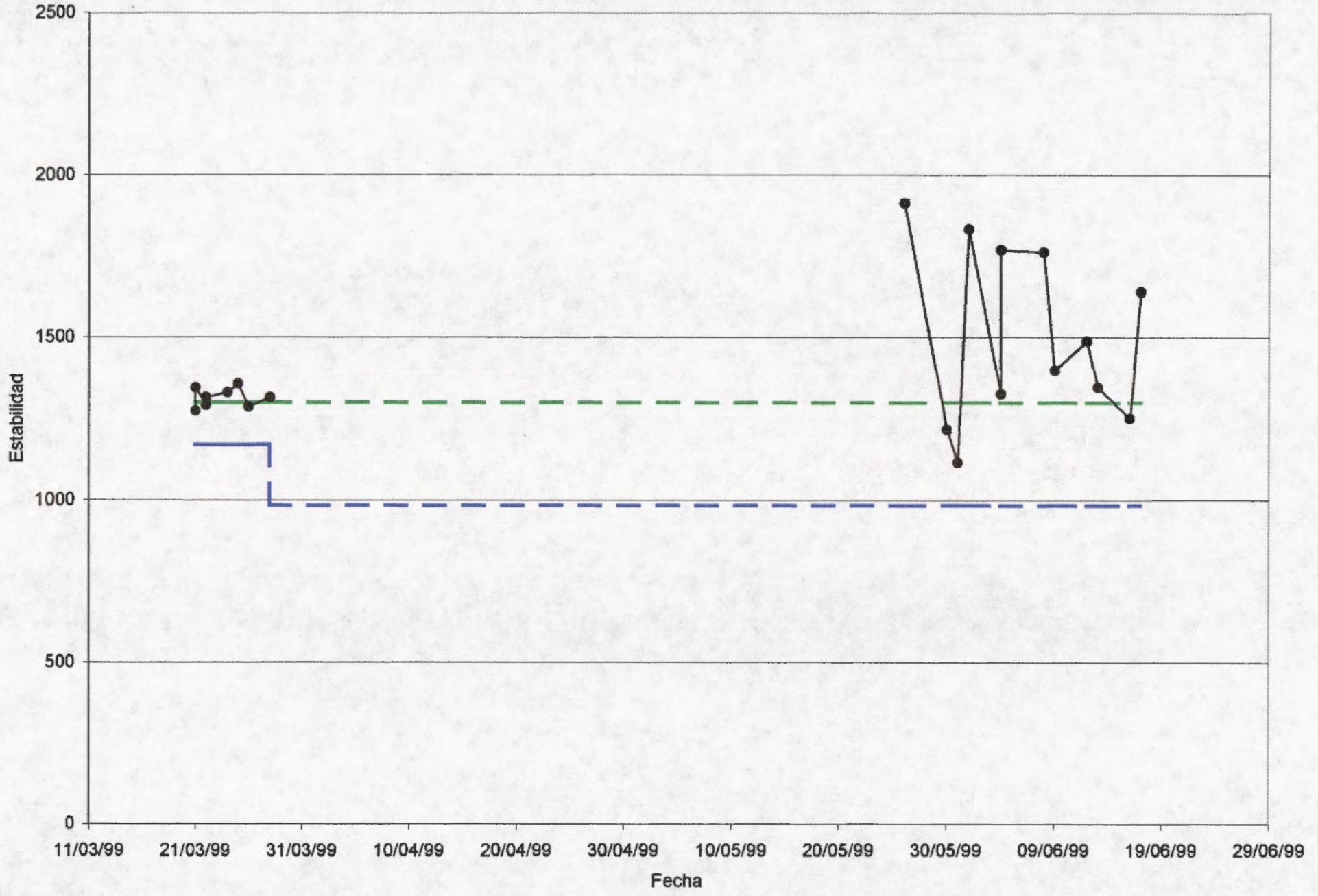
**Programa de Mantenimiento Rutinario: Base de datos de Parámetros de calidad para mezcla asfáltica.**

Diseño de mezcla vigente 20-May-99	
Valor diseño	Tolerancia / especificación

Muestra No.		1419	1416	1417	1433	1432		
Ruta		-	-	-	-	-		
Planta		BELEN	BELEN	BELEN	BELEN	BELEN		
Material		Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta	Mezcla Planta		
Fecha		11/06/99	12/06/99	13/06/99	17/06/99	16/06/99		
Licitación		-	-	-	-	-		
Propiedades	UNIDADES							
Estabilidad	Kg	1185.0	985 - 1300	-	1488	1346	1250	1640
Flujo	(1/100)cm	38.0	30.4 - 40	-	33.0	36.0	38.0	38.0
Estabilidad/Flujo	Kg /mm	312.0	250 - 374	-	451	374	329	432
Gravedad específica máxima teorica		2.325	-	-	2.381	2.359	2.365	2.395
Densidad	%	2210.0	-	-	2276	2250	2266	2274
Vacios en la mezcla	%	4.5	4.0 - 5.0	-	4.4	4.6	4.2	3.6
V.A.M.	%	19.0	>12	-	19	21	19	19
V.F.A.	%	77.0	65 - 78	-	77	78	78	81
Resistencia Retenida	%	83.0	>75	-	-	-	-	-
Estabilidad Retenida	%	N.I.	>75	-	-	-	-	-
Resistencia compresión uniaxial	Mpa	2.6	>2.1	-	-	-	-	-
Relación Polvo / Asfalto	%	0.9	0.68 - 1.03	0.81	0.83	0.73	0.96	0.88
Contenido asf. sobre mezcla	%	7.3	6.75 - 7.75	6.31	6.88	7.95	6.77	6.96
Contenido asf. sobre agregado	%	7.8	7.32 - 8.32	6.8	7.37	8.65	7.34	7.6
Contenido de ceniza	%	-	-	-	-	-	-	-
Contenido de agua	%	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura de mezclado	%	N.I.	-	150	150	150	149	148
Agregados (% pasando)								
Malla 25.4 mm ( 1 ")	%	100	100	100	100	100	100	100
Malla 19.0 mm ( 3/4")	%	100	100	100	100	100	100	100
Malla 9.5 mm ( 3/8 ")	%	87	80-90	74	82	86	80	82
Malla N° 4	%	55	52-60	45	54	55	52	52
Malla N° 8	%	35	32-40	27	33	33	32	32
Malla N° 50	%	11.0	10-15	8.8	10.7	10.4	11.0	10.8
Malla N° 200	%	6.1	4.2-8.0	5.1	6.1	6.2	6.5	6.1

**Nota:** (-) : No se realiza  
(PEND.) : Prueba en proceso.

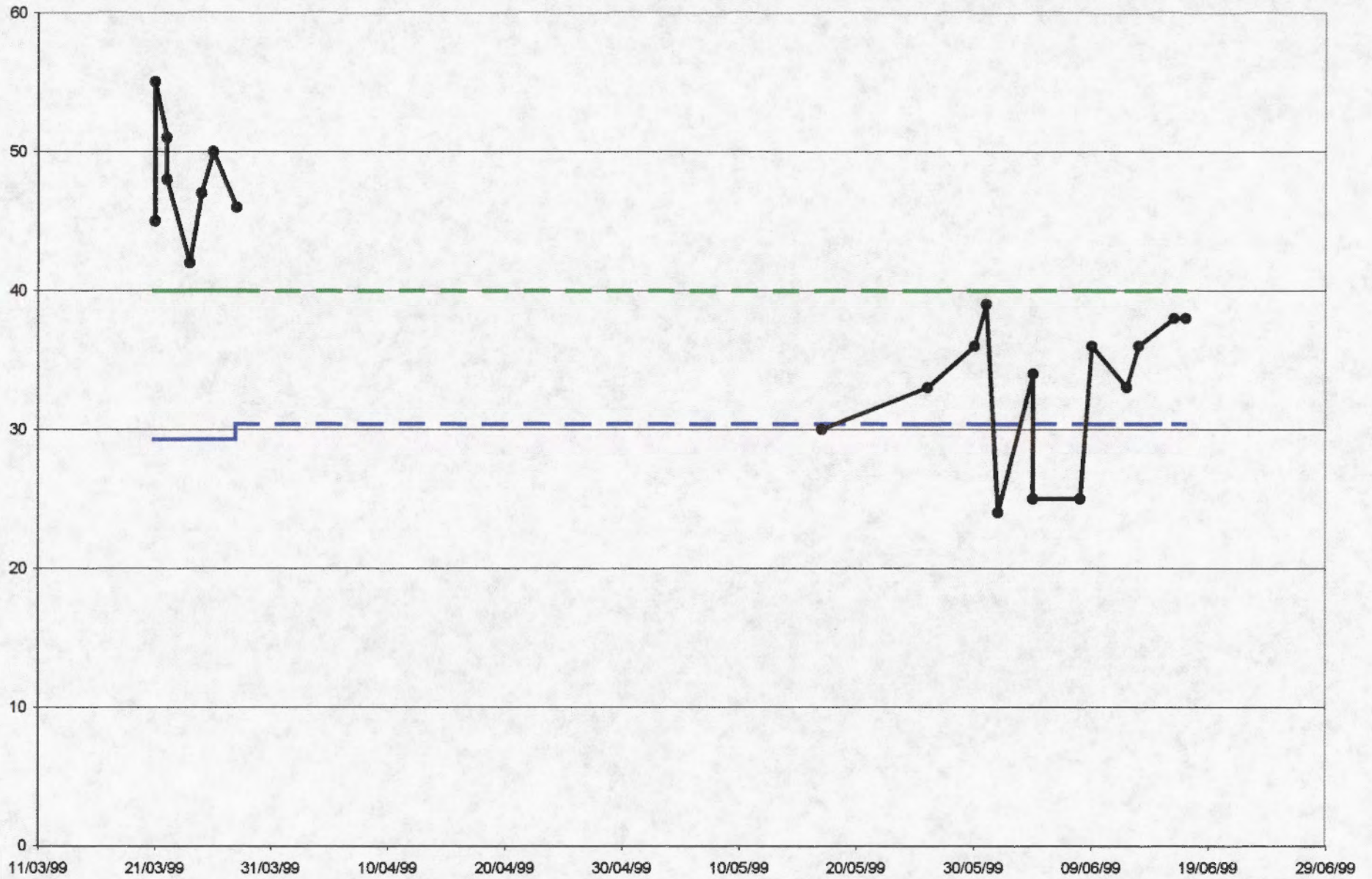
Figura No. PEDREGAL-1: Seguimiento Histórico de Estabilidad



—●— Valores de Estabilidad — Tolerancia Mínima — Tolerancia Máxima

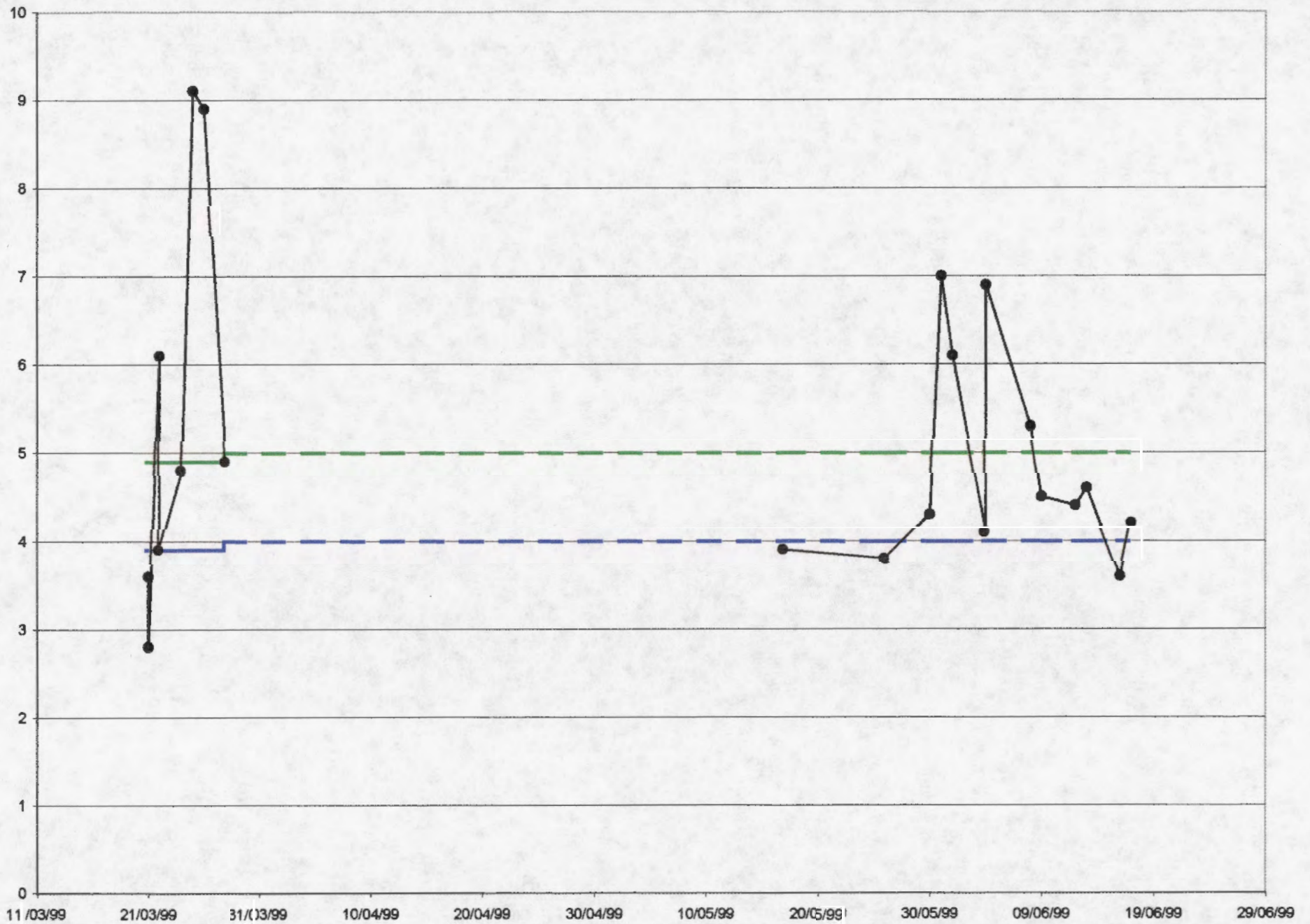


Figura No. PEDREGAL-2 : Seguimiento Histórico de Flujo



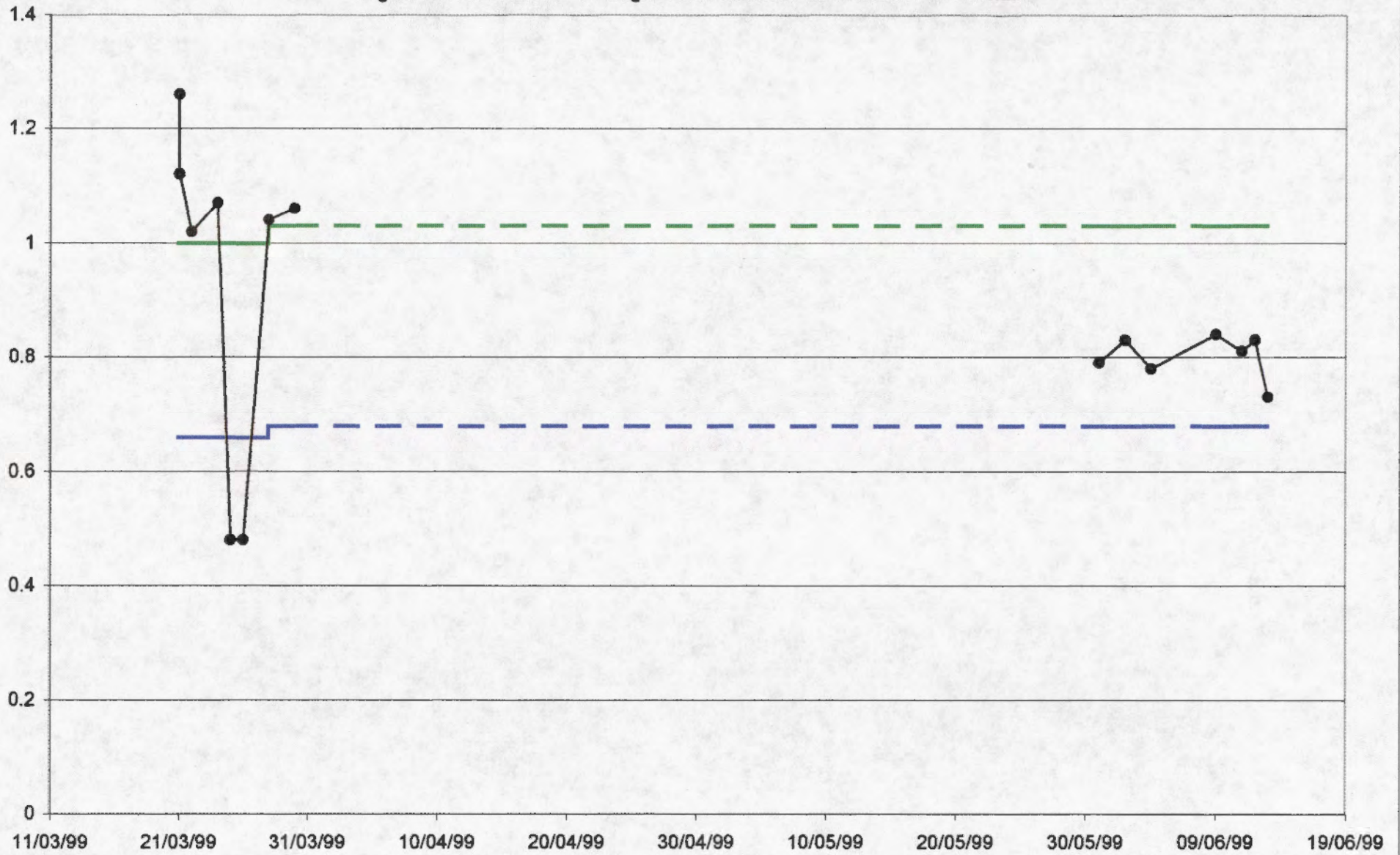
— Tolerancia Mínima    — Tolerancia Máxima    —●— Valores de flujo

Figura No. PEDREGAL - 3: Seguimiento Histórico de % de Vacíos



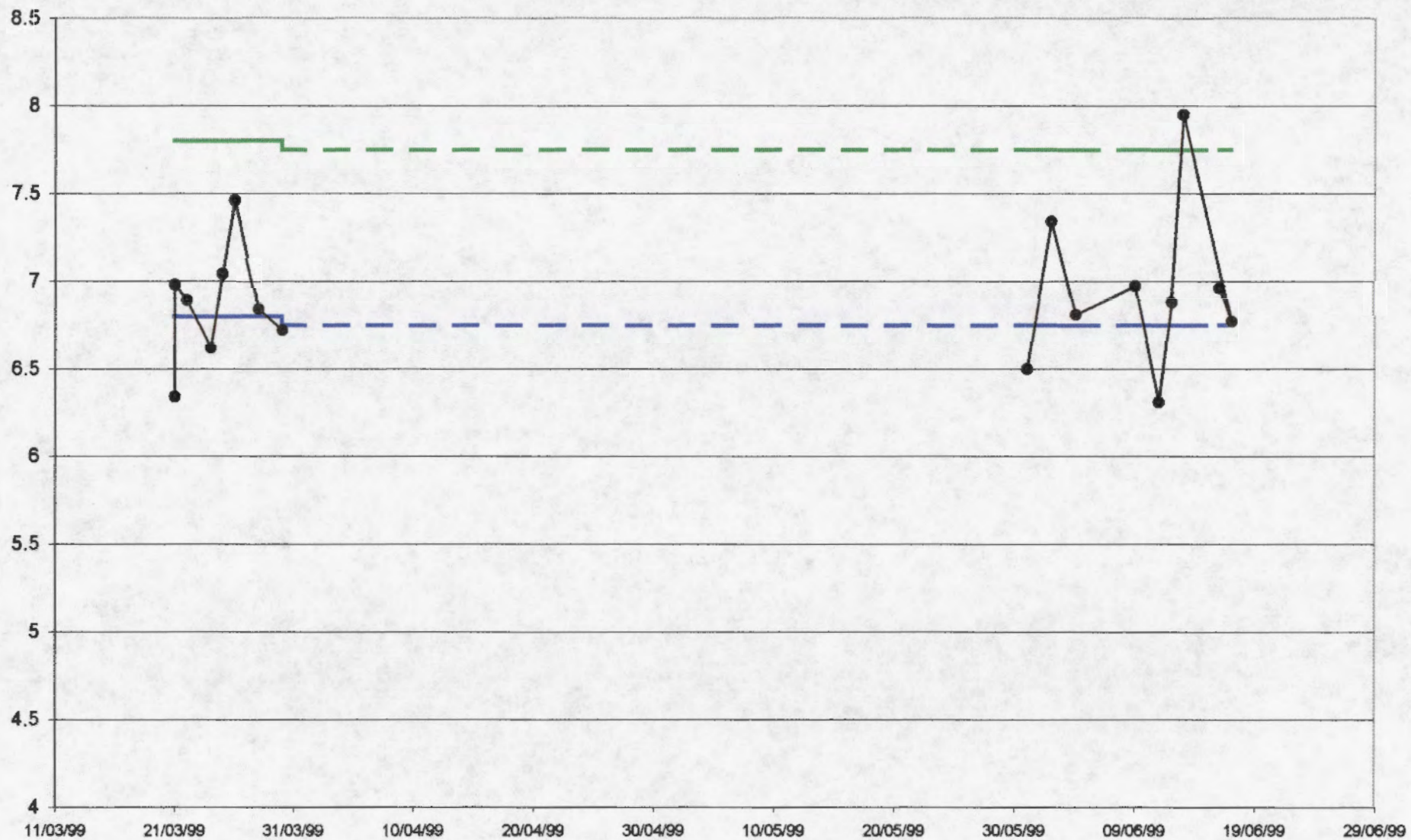
— Tolerancia Mínima    — Tolerancia Máxima    ● % vacíos

Figura No. PEDREGAL -4 : Seguimiento Histórico de Relación Polvo/Asfalto



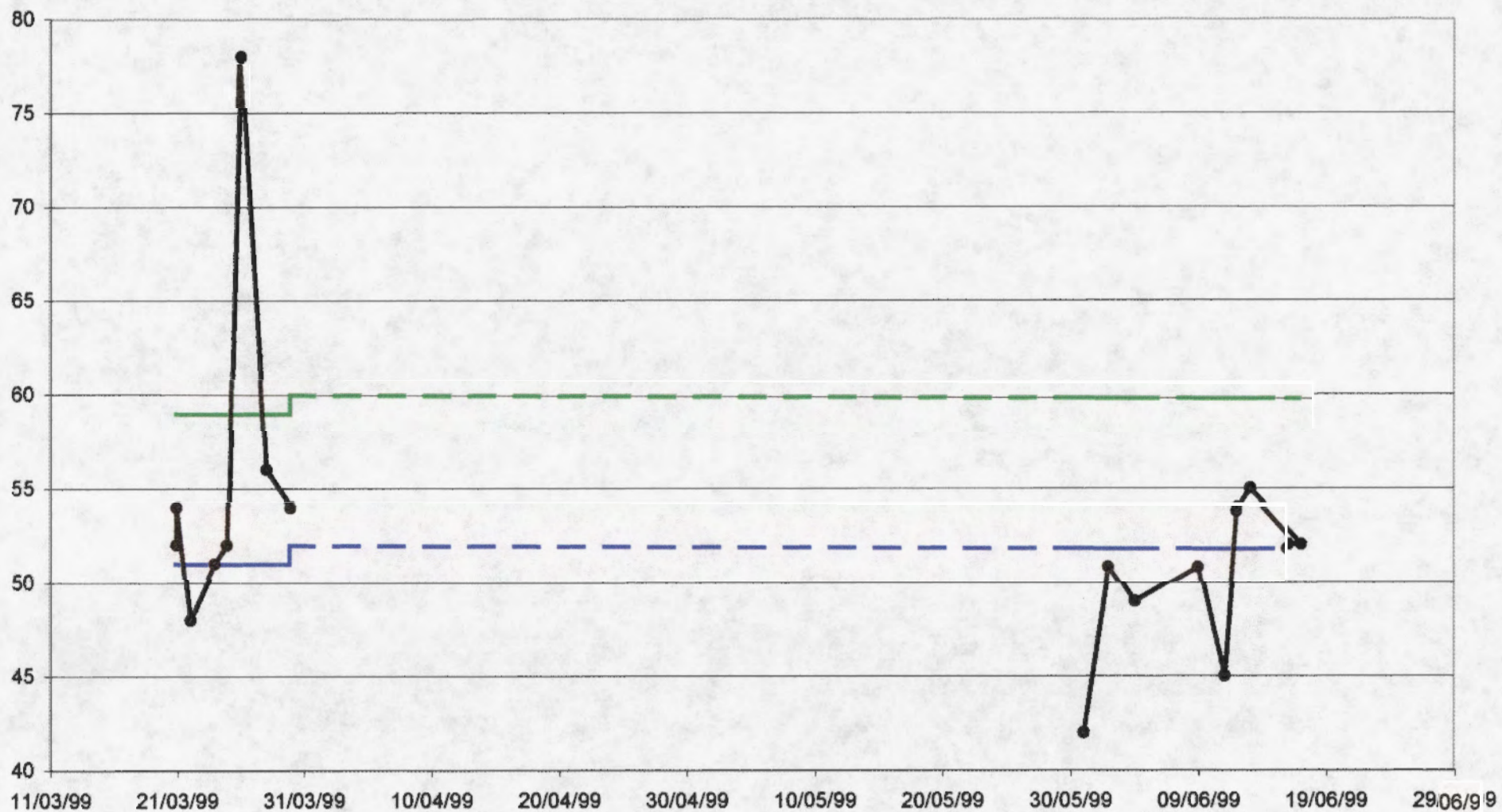
— Tolerancia Mínima    - - - Tolerancia Máxima    —●— Polvo Asfalto

Figura No. PEDREGAL - 5: Seguimiento Histórico de % Asfalto sobre Mezcla



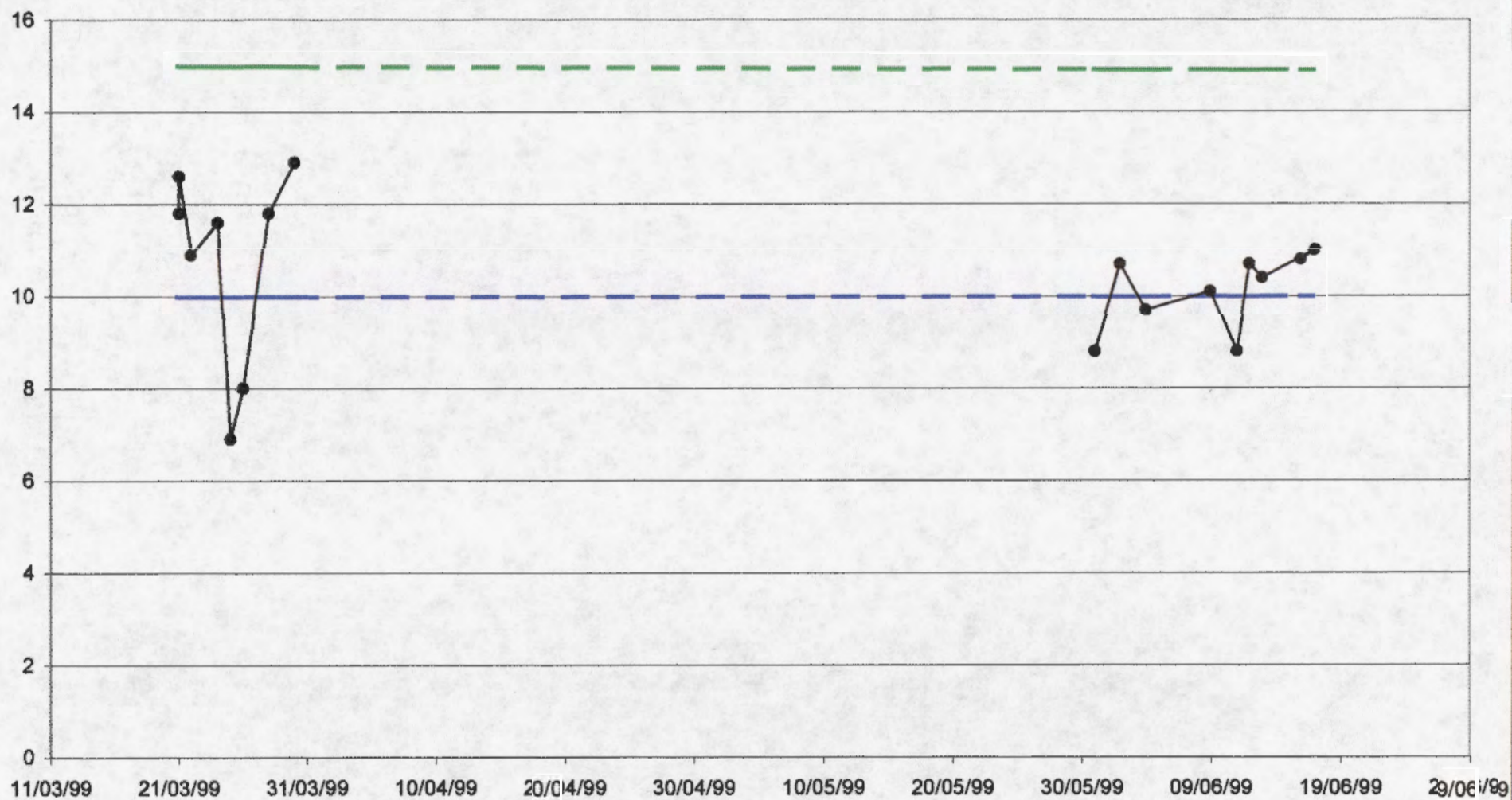
— Tolerancia Mínima    - - - Tolerancia Máxima    ●— Asfalto/mezcla

Figura No. PEDREGAL -6: Seguimiento Histórico de  
% pasando malla #4



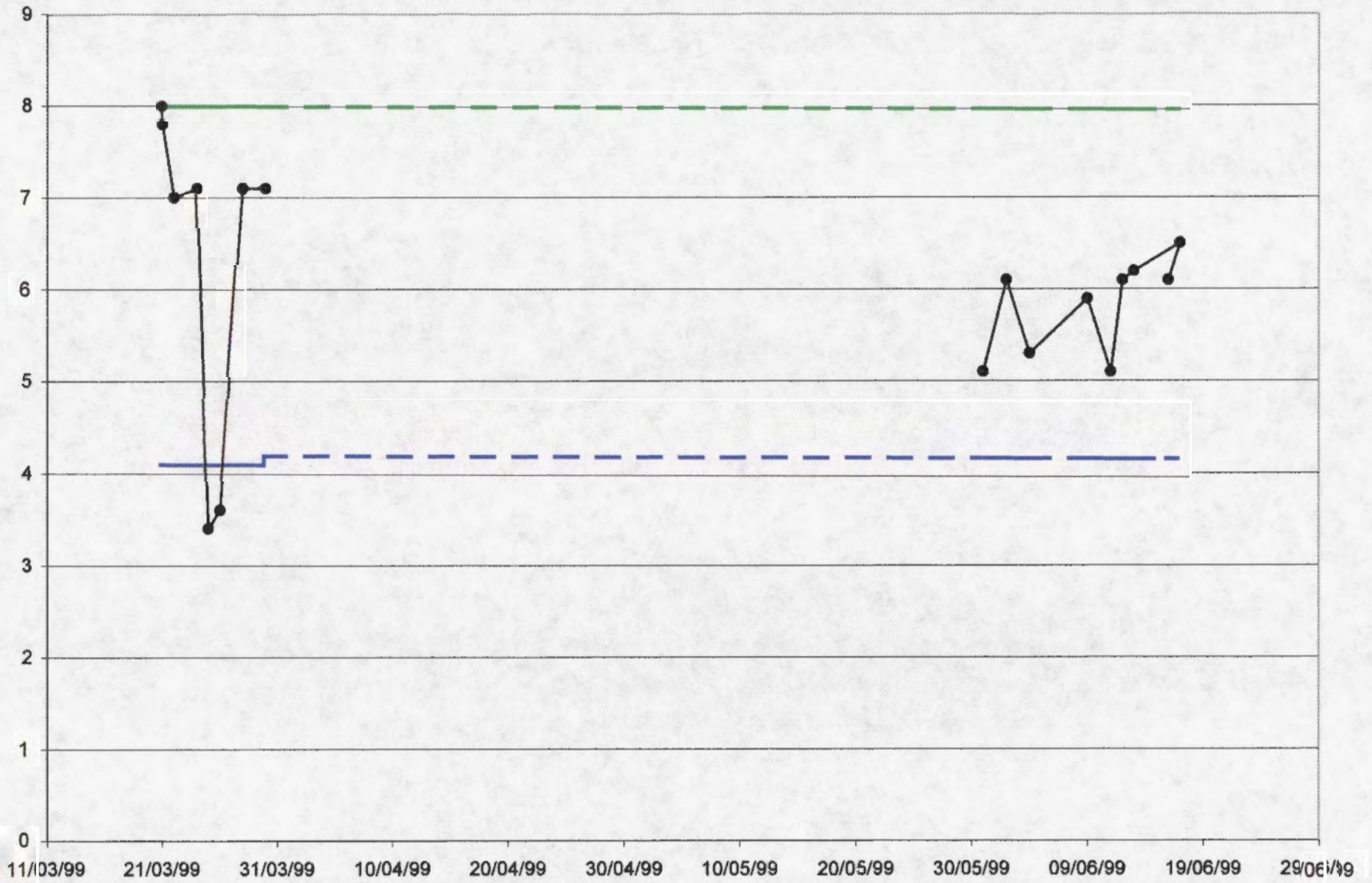
— Tolerancia Mínima    — Tolerancia Máxima    —●— % Pasando #4

Figura No. PEDREGAL-7: Seguimiento Histórico de  
% pasando malla #50



— Tolerancia Mínima    - - - Tolerancia Máxima    —●— % pasando #50

Figura No. PEDREGAL-8: Seguimiento Histórico de % pasando #200



— Tolerancia Mínima    - - - Tolerancia Máxima    ● — % pasando #200

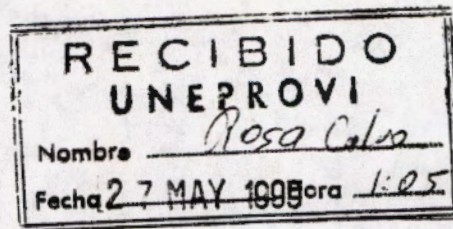
**Tabla No. 3: Comentarios y observaciones al informe de diseño de mezcla presentado por el contratista y fechado 20 de mayo de 1999.**





Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME



San José, 25 de mayo de 1999

**LM-IC-LMLB-21-99**

**Ing. Marvin Moya, ingeniero de proyecto,  
Ing. Miguel Valverde, consultor de proyecto,  
Ing. Edgar Corrales, consultor general,  
Ing. Fernando Rodríguez, Director a.i, Conservación Vial,  
Proyecto de rehabilitación de los cuatro cuadrantes de San José**

Estimados ingenieros:

Por este medio nos permito remitirles nuestros comentarios y observaciones a la sugerencia de una nueva fórmula de trabajo para producción de la planta Pedregal de San Antonio de Belén, para el proyecto de rehabilitación de los cuatro cuadrantes de San José.

La fórmula de trabajo considerada corresponde a la indicada en el informe de laboratorio 99-1133-1035, aportado por el contratista Pedregal en oficio sin número, del 20 de mayo de 1999 y remitido al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales en el oficio Recarp. 031-99, del Ing. Marvin Moya Arguedas, ingeniero de proyecto de los cuadrantes No. 3 y 4, recibido el 21 de mayo de 1999.

Así, con respecto al tipo y detalle de la información aportada por el contratista, luego de contrastarla con el informe de diseño de mezcla originalmente planteado (15 de abril de 1999) nos permitimos apuntar las siguientes observaciones:

1. El informe de laboratorio adjuntado presenta el tipo y cantidad de información usualmente empleado para justificar un ajuste en la fórmula de trabajo para la producción de mezcla asfáltica. Se recuerda que un ajuste de fórmula de trabajo procede una vez que se han dado las siguientes circunstancias:
  - Se ha presentado y se ha considerado aceptable un diseño de mezcla asfáltica, con los mismos materiales (fuentes y tipos de agregado, tipo de ligante asfáltico, etc.) a utilizar durante la producción de mezcla asfáltica.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

**LANAMME**

**Nota:** el informe de diseño de mezcla debe incluir las curvas de diseño correspondientes, así como la información relativa a cada punto de los gráficos (especímenes de prueba por contenido de asfalto), con el propósito de permitir una evaluación de sensibilidad de las propiedades de la mezcla asfáltica ante cambios en el contenido de asfalto.

- Se determina la factibilidad de producir dentro de las bandas de tolerancia para la mezcla con el contenido óptimo de asfalto y granulometría según diseño.
- Se cuenta con soporte experimental para justificar cambios de dosificación, sea en cuanto a las proporciones de los agregados de apilamiento, o en cuanto al contenido de asfalto.
- Se contrastan las curvas de diseño originales contra los resultados de la producción real de la planta, aportando información respecto a cuál es la sensibilidad de la producción de mezcla asfáltica según la fórmula de trabajo, ante cambios en el contenido de asfalto.
- Se cuenta con fuentes de agregado con codiciones uniformes. Cambios significativos determinan la necesidad de realizar un nuevo diseño de mezcla.

**Nota:** en alguna medida, el ajuste de la planta puede obedecer a que la granulometría de los materiales de apilamiento no corresponde al dato de diseño.

2. El informe de laboratorio adjuntado presenta la siguiente información:

- Se considera la inclusión de un tercer agregado de apilamiento, el cual corresponde a piedra cuartilla del Quebrador Belén, dosificado al 5 %. El diseño de mezcla del 15 de abril de 1999 contemplaba la utilización de piedra quinta y polvo de piedra de la misma procedencia.
- Se reportan los parámetros Marshall para la mezcla asfáltica según la fórmula de trabajo al 20 de mayo, así como las relaciones volumétricas (porcentaje de vacíos en el agregado mineral y porcentaje de vacíos llenos con asfalto).
- Se omiten las pruebas de durabilidad: resistencia a la compresión uniaxial retenida, resistencia a la tensión diametral retenida y estabilidad retenida.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

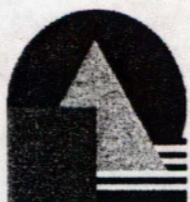
2. La actualización de la fórmula de trabajo presenta las siguientes diferencias, respecto a la mezcla asfáltica de diseño (con el contenido óptimo de asfalto y granulometría de diseño).

- La fórmula de trabajo incluye un tercer agregado de apilamiento, no contemplado en el diseño de mezcla.
- La fórmula de trabajo contempla un contenido de asfalto por peso de mezcla que es 0.45 % mayor que el contenido óptimo de asfalto de diseño.
- Las diferencias en cuanto a granulometría llegan a 8.0 % (caso del tamiz de 9.5 mm).

**Nota:** la Tabla No. 1 presenta la comparación de características de la información para la mezcla de diseño y la fórmula de trabajo ajustada.

**Tabla No. 1: Comparación entre la mezcla con el contenido óptimo de asfalto según el diseño del 15 de abril de 1999 y la fórmula de trabajo al 20 de mayo de 1999.**

Parámetro		Diseño de mezcla (15/4/99)	Fórmula de trabajo (20/5/99)
<b>Dosificación</b>			
Contenido de asfalto (por peso de mezcla)		6.80 %	7.25 %
Dosificación de agregado de apilamiento		36 % quinta, 64 % polvo	35 % quinta, 5 % cuartilla, 60 % polvo
<b>Curva granulométrica</b>			
% pasando tamices	19.0 mm	100	100
	12.7 mm	96	96
	9.5 mm	77	85
	No. 4	51	56
	No. 8	34	36
	No. 30	16	15
	No. 50	12	11
	No. 100	8	8
	No. 200	5.8	6.2



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Parámetro	Diseño de mezcla (15/4/99)	Fórmula de trabajo (20/5/99)
<b>Propiedades</b>		
Estabilidad (kg)	1335	1185
Flujo (1/100 cm)	37	38
Vacíos Marshall (%)	4.0	4.5
VAM (%)	18.0	19.0
VFA (%)	77.0	77.0

**Nota:** información transcrita de los informes de laboratorio presentados por el contratista.

3. El informe de actualización de fórmula de trabajo al 20 de mayo de 1999 adjunta información para mezcla asfáltica producida según la fórmula de trabajo, así como mezcla asfáltica con un contenido de asfalto menor y un contenido de asfalto mayor. Tales resultados se presentan en la Tabla No. 2.

**Tabla No. 2: Análisis de sensibilidad para la fórmula de trabajo al 20 de mayo de 1999.**

Parámetro	Mezcla con el óptimo de asfalto	Rango de variación máximo a partir de datos por especímenes de prueba suministrados			
		Promedio	Punto crítico	Promedio	Punto crítico
Contenido de asfalto (% por peso de mezcla)	7.25	7.15		7.51	
Cambio en contenido de asfalto respecto a óptimo (%)	0.00	-0.10		+0.26	
Vacíos (%)	4.5	5.1	5.6 (*)	3.2	3.0 (*)
Estabilidad (kg)	1185	1178	1233	1191	1099
Flujo (1/100 cm)	37	38	36	37	38
VAM (%)	19.0	19.4	N.A.	18.5	N.A.
VFA (%)	77.0	74.0	N.A.	83.0	N.A.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

**Nota:** resultados transcritos a partir de la información del informe de diseño de mezcla, exceptuando los porcentajes de vacíos para los casos críticos. Se entiende por casos críticos a los puntos para un contenido de asfalto específico, que presentan magnitudes extremas.

(\*) Datos calculados a partir de las gravedades específicas brutas reportadas.

Así, se establecen las siguientes conclusiones:

- La inclusión de un tercer agregado de apilamiento es un cambio en el tipo de materiales a utilizar durante la producción de mezcla asfáltica y es una causa para la presentación de un nuevo informe de diseño de mezcla. En tales circunstancias lo que procede es verificar las propiedades generales de la mezcla asfáltica a producir, de acuerdo con las especificaciones contractuales, así como la presentación de nuevas curvas de diseño (variación de las propiedades respecto a cambios en el contenido de asfalto).
- La inclusión del tercer agregado de apilamiento se considera conveniente para lograr una mayor uniformidad en la estructura granulométrica de la producción. Es indispensable, sin embargo, que se apliquen los correspondientes controles por parte del encargado de control de calidad del contratista, dado que deben monitorearse los cambios y las desviaciones en la granulometría del agregado de apilamiento, para poder mantener la uniformidad de la granulometría de la mezcla asfáltica producida, con los ajustes de dosificación correspondientes.
- El porcentaje de agregado pasando la malla No. 50 (11 %), para la fórmula de trabajo actualizada, se aproxima al límite inferior de las especificaciones (10 %). Esto implica la necesidad de que la planta produzca con una uniformidad muy alta, de modo que la desviación estándar en esta malla sea menor a 0.5 %, para mantenerse dentro del rango de tolerancia de especificación. Esto es poco probable, pues en esta malla, específicamente, esta planta ha producido mezcla con desviaciones estándar entre 1.0 % (autopista Braulio Carrillo) y 2.2 % (Cuatro Cuadrantes).
- El porcentaje de vacíos llenos con asfalto para la actualización de fórmula de trabajo (77 %) se aproxima al límite superior de especificación (78 %). De manera que hay una elevada posibilidad de que la mezcla asfáltica producida presente contenidos de vacíos llenos con asfalto mayores.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

- El flujo para la mezcla asfáltica producida con 7.15 % de asfalto por peso de mezcla (0.10 % menos que el óptimo) presentó valores entre 36 y 40 centésimas de centímetro, para los diferentes especímenes de prueba reportados. Considerando que el límite superior de la especificación de flujo plástico es 40 centésimas de centímetro y que el parámetro de flujo tiende a aumentar conforme el contenido de asfalto aumenta (el óptimo es 7.25 %), es de esperar una alta probabilidad de incumplimiento durante la producción normal de la planta.
- No se tiene información respecto a las condiciones de durabilidad de la mezcla. No se han reportado los datos de resistencia a la compresión uniaxial retenida, resistencia a la tensión diametral retenida y estabilidad retenida.
- La fórmula de trabajo presenta sensibilidad a los cambios en el contenido de asfalto. De manera que un cambio en el contenido de asfalto, aún dentro del rango de  $\pm 0.5$  %, pueden determinar el incumplimiento en las propiedades especificadas. Son de especial preocupación los parámetros de vacíos y flujo Marshall, así como el porcentaje de vacíos llenos con asfalto.
- Dado que la fuente de agregados no se ha cambiado, aún se consideran válidas las consideraciones de variabilidad histórica que se manifestaron en el oficio LM-IC-LMLB-12-99, que pueden influir en el desempeño y uniformidad de la mezcla asfáltica, a pesar de las labores de control de calidad en la producción de mezcla asfáltica.

Por lo tanto, se requiere solicitar la siguiente información, indispensable para la consideración de la fórmula de trabajo sugerida por el contratista:

1. Es indispensable que se adjunten las curvas de diseño: estabilidad Marshall, flujo Marshall, densidad Marshall, vacíos Marshall, vacíos en el agregado mineral (VAM), vacíos llenos con asfalto (VFA), en función del contenido de asfalto. Se recomienda solicitar las curvas utilizadas para llegar a la definición de la fórmula de trabajo propuesta, incluyendo el detalle de los diferentes especímenes de prueba analizados por contenido de asfalto, puesto que permiten evaluar la sensibilidad de las curvas de diseño ya adecuadas a la realidad de la planta (de mayor carácter realista que las curvas de diseño con mezcla reproducida en el laboratorio).
2. Es indispensable presentar las pruebas de durabilidad para la fórmula de trabajo propuesta: resistencia a la compresión uniaxial retenida, utilizando un nivel de vacíos de acuerdo con la realidad de compactación en el campo (6.0 a 8.0 % de vacíos), el contenido de asfalto de la fórmula de trabajo (aunque se recomienda evaluar el contenido de asfalto de la fórmula de trabajo menos 0.5 %, que es el mínimo contenido de asfalto tolerable) y los agregados sin pasar por el quemador.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

**LANAMME**

3. Adicionalmente, es altamente recomendable que se establezcan mecanismos de control del agregado de apilamiento. De manera que se garantice la uniformidad de la producción de agregados.

### **COMENTARIOS FINALES**

A) De acuerdo con los datos históricos de uniformidad de la producción de esta planta, si se utilizara la fórmula de trabajo actualizada al 8 de mayo de 1999, al menos los siguientes parámetros de calidad presentarían altos niveles de incumplimiento:

- Vacíos en la mezcla
- Flujo Marshall
- Vacíos llenos con asfalto (VFA)
- Porcentaje de agregado pasando la malla No. 50.

Nota: se desconocen las características de durabilidad de la mezcla asfáltica según la fórmula de trabajo al 8 de mayo de 1999.

- B) En realidad, la mezcla que se está proponiendo, reúne las mismas características físico – mecánicas y riesgo de incumplimiento de especificaciones, que la reportada en el diseño de mezcla del 15 de abril de 1999; consecuentemente, tanto las observaciones respecto al desempeño que se puede esperar de la fórmula de trabajo al 8 de mayo de 1999, así como la imposibilidad real de cumplir con las tolerancias en varios parámetros de calidad, hacen que las apreciaciones emitidas respecto al diseño de mezcla del 15 de abril de 1999 (oficio LM-IC-LMLB-12 -99 y LM-IC-LMLB-17-99), sigan teniendo vigencia.
- C) Recomendamos que, como concepto básico de “CONTROL DE CALIDAD”, se analice el diseño de mezcla, teniendo en cuenta las tolerancias de las especificaciones contractuales y la UNIFORMIDAD REAL del proceso de producción de la planta. Si estas condiciones no se cumplen para la fórmula de trabajo, se estaría iniciando un proceso de producción con la total certeza de incumplir con las exigencias de aceptación, y, por tanto, la mezcla así producida, estaría a condición de pago parcial o rechazo.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

**L A N A M M E**

De considerarlo oportuno, con mucho gusto comentaríamos con mayor detalle al respecto, tanto con el ingeniero del contratista a cargo de la producción de mezcla, como con el ingeniero de proyecto.

Sin otro particular, quedamos a sus órdenes para cualquier aclaración o solicitud adicional.

Atentamente,

---

**Ing. Mario Arce Jiménez, Coordinador,  
Programa de Ingeniería de Infraestructura del Transporte,  
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales,  
Universidad de Costa Rica**

---

**MSc. MBA. Ing. Pedro Castro Fernández,  
Coordinador, Laboratorio de mezclas y ligantes bituminosos,  
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales,  
Universidad de Costa Rica**

**CC: Ing. Edgar Herrera, Wálter Acuña**





Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME



San José, 2 de junio de 1999

**LM-IC-LMLB-24-99**

**Ing. Marvin Moya, ingeniero de proyecto**

**Proyecto de rehabilitación de los cuatro cuadrantes de San José.**

Estimado don Marvin:

En atención al oficio Recarp 037-99, del 27 de mayo de 1999, referente a la información complementaria al cambio de fórmula de trabajo para la producción de la Planta Pedregal, de San Antonio de Belén, para el Proyecto de Rehabilitación de los Cuatro Cuadrantes de San José, me permito remitirle nuestros comentarios y observaciones.

Se parte del hecho de que la información suministrada corresponde a un complemento de la documentación para el cambio de fórmula de trabajo de la planta de Pedregal en Belén, al 20 de mayo de 1999, evaluada en el oficio No. LM-IC-LMLB-21-99.

1. Respecto al reporte del ensayo de resistencia a la compresión uniaxial retenida.

Se entregó un resultado de la prueba de resistencia a la compresión uniaxial retenida de 82.0 %, para la mezcla asfáltica muestreada en planta, compactada a un nivel de vacíos de 5.6 %. La muestra evaluada corresponde a la combinación de mezcla asfáltica producida al 7.15 % de asfalto por peso total de mezcla y 7.51 % de asfalto por peso total de mezcla.

Al respecto, se comenta:

- La prueba de resistencia a la compresión uniaxial retenida es una prueba de aceptación de la materia prima para la producción de mezcla asfáltica. Debe realizarse con el agregado sin pasar por el quemador, así como con un contenido de asfalto no superior al contenido óptimo de asfalto (sea de diseño o sea para la fórmula de trabajo ya adecuada a la planta), reproduciendo la granulometría de diseño y compactando a un nivel de vacíos recomendado entre 6.0 y 8.0 %.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

**LANAMME**

- El resultado reportado corresponde a una mezcla asfáltica en condiciones distintas a las requeridas para evaluar la aceptación del material. La mezcla evaluada representa la combinación heterogénea de mezcla producida en la planta con dos diferentes contenidos de asfalto (7.15 % y 7.51 % por peso total de mezcla), con diferentes estructuras granulométricas y con agregado pasado por el quemador.
- El resultado reportado debe ser ratificado mediante la reproducción de la granulometría de diseño en el laboratorio, a partir de la dosificación de los diferentes agregados de apilamiento, reproducción de la granulometría de diseño y la adición del contenido de asfalto según la fórmula de trabajo. Posteriormente se requiere la compactación para un nivel de vacíos de 6.0 a 8.0 %.

## 2. Respecto a las curvas de diseño.

Se entregaron las curvas para diseño de mezcla Marshall a partir de los ensayos a la mezcla asfáltica producida en planta el 18 de mayo de 1999, con cinco contenidos de asfalto.

Al respecto se debe comentar:

- Se confirma la sensibilidad de la mezcla asfáltica desde dos puntos de vista:
  - Cambios en el contenido de asfalto, aún dentro del rango de tolerancia.
  - Dispersión de los resultados obtenidos.

De manera que un cambio en el contenido de asfalto, aún dentro del rango de tolerancia puede determinar incumplimientos en los parámetros de contenido de vacíos en la mezcla y contenido de vacíos llenos con asfalto.

En la Tabla No. 1 puede apreciarse como el porcentaje de asfalto debe restringirse al rango de 7.15 % a 7.50 % por peso de mezcla, para cumplir con la especificación de vacíos en la mezcla (3.0 a 5.0 %). Adicionalmente, para cumplir con la especificación de vacíos llenos con asfalto (65 a 78 %), se debe restringir el porcentaje de asfalto al rango de 6.75 % a 7.30 % por peso de mezcla. Por lo tanto, para cumplir simultáneamente con los requisitos especificados para vacíos y VFA, debe mantenerse un contenido de asfalto entre 7.15 y 7.30 %, por peso total de mezcla. La desviación estándar medida en el contenido de asfalto para la Planta Pedregal de Belén presenta valores históricos de 0.46 % (proyecto Braulio Carrillo) y 0.17 % (proyecto General



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

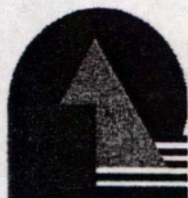
LANAMME

Cañas), de manera que se considera poco probable lograr el nivel de uniformidad necesario para cumplir con las especificaciones de vacíos en la mezcla y vacíos llenos con asfalto, en forma simultánea.

**Tabla No. 1: Análisis de sensibilidad para las propiedades de la mezcla asfáltica de la planta PEDREGAL Belén ante cambios en el contenido de asfalto.**

	Rango de cumplimiento para especificaciones por parámetro		Rango de tolerancia para contenido de asfalto (por peso total de mezcla), según fórmula de trabajo.		Rango de cumplimiento de especificaciones por parámetro y tolerancia para contenido de asfalto (por peso total de mezcla)	
	% asfalto mínimo	% asfalto máximo	% asfalto mínimo	% asfalto máximo	% asfalto mínimo	% asfalto máximo
<b>Vacíos en la mezcla</b>	<b>7.15, determina 5.0 % de vacíos</b>	<b>7.50, determina 3.0 % de vacíos</b>	<b>6.75</b>	<b>7.75</b>	<b>7.15, para cumplir vacíos</b>	<b>7.50, para cumplir vacíos</b>
<b>Vacíos llenos con asfalto</b>	<b>6.75, determina 65 % de VFA</b>	<b>7.30, determina 78 % de VFA</b>	<b>6.75</b>	<b>7.75</b>	<b>6.75, para cumplir VFA</b>	<b>7.30, para cumplir VFA</b>

Adicionalmente, de la dispersión de los resultados de flujo para los especímenes con un mismo contenido de asfalto, se puede apreciar la incertidumbre en las condiciones de flujo de la mezcla producida (Tabla No. 2). Tal situación crea incertidumbre en los resultados del parámetro de flujo, incluida la mezcla producida según la fórmula de trabajo.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

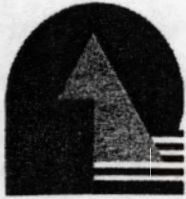
LANAMME

**Tabla No. 2: Dispersión de resultados de flujo (1/10 mm) por especimen de prueba.**

<b>Especimen de prueba</b>	<b>6.95 % de asfalto por peso de mezcla</b>	<b>7.15 % de asfalto por peso de mezcla</b>	<b>7.51 % de asfalto por peso de mezcla</b>
No. 1	37	38	37
No. 2	39	37	37
No. 3	36	40	38
No. 4	37	36	37
Promedio	37	38	37
Diferencia mínimo a máximo	3	4	2

Como conclusiones del análisis de la información presentada y como complemento a lo establecido en el oficio No. LM-IC-LMLB-21-99, se establecen las siguientes consideraciones:

- Queda incertidumbre respecto a las condiciones de durabilidad de la mezcla asfáltica, desde el punto de vista de cumplimiento de los ensayos de aceptación. Debería solicitarse la presentación del ensayo de resistencia a la compresión uniaxial, con agregado sin pasar por el quemador, reproduciendo la dosificación de la fórmula de trabajo y un contenido de vacíos acorde con la realidad de la compactación del pavimento (6.0 a 8.0 %).
- Queda incertidumbre respecto a las propiedades de la mezcla asfáltica producida dentro del rango de tolerancia al contenido de asfalto de la fórmula de trabajo. La fórmula de trabajo sugerida presenta una sensibilidad significativa ante cambios en el contenido de asfalto. Adicionalmente, los parámetros de flujo, vacíos llenos con asfalto, vacíos en la mezcla y porcentaje de agregado pasando la malla No. 50 evidencian importantes posibilidades de incumplimiento durante la producción normal de la planta.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Quedo a sus órdenes para cualquier consulta o aclaración adicional,

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Pedro Castro Fernández', written over a horizontal line.

**MSc. MBA. Ing. Pedro Castro Fernández,  
Coordinador, Laboratorio de mezclas y ligantes bituminosos,  
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales,  
Universidad de Costa Rica**

**CC:**

**Ings. Fernando Rodríguez, Edgar Corrales, Miguel Valverde,  
Ings. Mario Arce, Edgar Herrera,  
Ing. Wálter Acuña.**