



9

CONSEJO DE SEGURIDAD VIAL  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

PROYECTO  
AUTOPISTA GENERAL CAÑAS

1. DISEÑO ESTRUCTURAL  
DEL TERCER CARRIL

**INFORME FINAL**

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



MARZO 1997

**CONSEJO DE SEGURIDAD VIAL  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES**

**PROYECTO  
AUTOPISTA GENERAL CAÑAS**

**1. DISEÑO ESTRUCTURAL  
DEL TERCER CARRIL**

**INFORME FINAL**

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**



**MARZO 1997**

**INDICE GENERAL**

<b>MATERIA</b>	<b>PAGINA</b>
1. Aspectos generales.....	1
2. Análisis de tránsito y solicitaciones de carga.....	1
3. Análisis estructural.....	2
3.1. Esquema metodológico.....	2
3.2. Análisis estructural del modelo de la ACPA.....	4
3.3. Cálculo de las deflexiones en la base de apoyo de la losa.....	7
3.4. Selección de espaciamiento de juntas.....	8
4. Dimensionamiento recomendado.....	9
5. Presupuesto.....	10
6. Recomendaciones.....	11
7. Referencias.....	11

## INDICE GENERAL

	PAGINA
1. Aspectos generales.....	1
2. Escenario de carga.....	1
3. Estudio de Laboratorio.....	2
3. Análisis estructural.....	4
3.1. Análisis estructural del pavimento flexible.....	4
3.1.1. Esquema metodológico.....	4
3.1.2. Caracterización de materiales existentes.....	5
3.1.3. Diseño estructural.....	6
3.2. Análisis estructural del pavimento rígido.....	7
3.2.1. Esquema metodológico.....	7
3.2.2. Módulo de reacción conjunto para capas inferiores.....	8
3.2.3. Diseño estructural.....	8
3.2.4. Determinación de la separación de juntas transversales.....	9
4. Resumen de resultados.....	11
5. Referencias.....	12
Anexo . Resultados de Laboratorio.....	13



## DISEÑO DEL TERCER CARRIL

### AUTOPISTA GENERAL CAÑAS

#### 1- Aspectos generales.

El diseño del tercer carril comprende la redistribución de tránsito y de carga que implica dicha ampliación, así como el análisis estructural en alternativas de pavimento rígido y flexible. Para ser consistentes con el estudio original, el pavimento de concreto se diseña para una vida útil de 22 años y el flexible para 12 años.

No es parte del alcance del presente estudio otros aspectos implícitos en esta ampliación, como por ejemplo de diseño geométrico, cálculo de movimientos de tierra, readecuación de drenajes o reubicación de obras de arte.

El análisis de la estructura del pavimento considera que las características del material existente de base, sub-base y sub-rasante, sobre el cual se construirá el tercer carril, corresponden a las mismas que presenta el material de esas capas en los dos carriles existentes, lo que supone que las condiciones de las capas inferiores son continuas para la totalidad del proyecto. Esta hipótesis se corroboró por medio de sondeos a cielo abierto. Adelante se detallan los resultados del estudio de laboratorio

Para efectos del análisis estructural se consideró que las capas existentes aportarán capacidad de soporte al nuevo pavimento, según los siguientes parámetros:

- \* Base granular de 14 cm de espesor, con módulo de elasticidad de  $1480 \text{ kg/cm}^2$  (21000 psi).
- \* Sub-base de 20 cm de espesor, con módulo de elasticidad de  $700 \text{ kg/cm}^2$  (10000 psi).
- \* Sub-rasante en un rango de módulo de  $420$  a  $455 \text{ kg/cm}^2$  (6000 a 6500 psi).

#### 2- Escenario de carga.

La asignación de carga de tránsito se efectuó a partir del modelo de demanda para la opción de tres carriles. Este modelo incluye la alternativa de entrada en operación de la ruta Ciudad Colón - Orotina en el año 2005.

Dado que el modelo de demanda predice el flujo vehicular por tipo de vehículo, se asignó un factor de equivalencia de carga, considerando dicha clasificación, para luego asignar las cargas al carril de diseño (65 % del total de ejes equivalentes por sentido de circulación).

En la Tabla No. 1 se resumen los resultados de este análisis, incluyendo el TPD según el modelo de curva de demanda utilizado, la distribución porcentual por tipo de vehículo, los factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo y los ejes equivalentes acumulados hasta el año 30 de la vida de servicio.

### 3- Estudio de Laboratorio.

Se realizaron sondeos a cielo abierto en los espaldones existentes con el propósito de determinar algunas de las principales características de los materiales sobre los que se construirá el tercer carril. Este se orientó especialmente para corroborar que las condiciones estructurales en esta sección de la vía, son similares a las que se detectaron para los carriles de circulación existentes.

Los resultados obtenidos se resumen a continuación:

#### CAPA DE BASE:

ESTACION	ESPELOR (cm)	$\delta$ max (g/cm <sup>3</sup> )	% W OPTIMO	% COMPACTACION
6+150 (LD)	18	2.196	7.90	95
9+750 (LD)	17	2.196	7.90	104
10+150 (LI)	20	2.196	7.90	109
12+025 (LD)	15	2.196	7.90	100
14+500 (LD)	20	2.196	7.90	97

#### CAPA DE SUB-BASE

ESTACION	ESPELOR (cm)
6+150 (LD)	36
9+750 (LD)	12
10+150 (LI)	20
12+025 (LD)	19
14+500 (LD)	23

#### CAPA DE SUB-RASANTE

ESTACION	$\delta$ max (g/cm <sup>3</sup> )	% COMPACT	LL	IP	CBR SITIO	% PAS # 200
6+150 (LD)	1.29	106	47.2	20.9	14	81.34
9+750 (LD)	1.28	100	42.5	13.5	13	
10+150 (LI)	1.215	88	50.8	20.2	13	82.91
12+025 (LD)	1.232	89	52.8	21.2	8	91.19
14+500 (LD)	1.212	101	64.0	28.4	7	82.74

\* En este punto, el valor de CBR en sitio disminuyó a 6 a una profundidad de 15cm.



Tabla No. 1.

Cálculo de ejes equivalentes en carril de diseño.

Escenario de uso de Autopista con 6 carriles con base en tramo hosp. México - Col. Castilla sin considerar efecto de peajes altos.

Años	TPD 6 carriles	Vehículos anuales	Vehículos anuales carril de diseño	Liviano	Bus	CL	C2	C3	T3-S2	Ejes equiv. p/año	Ejes equiv. p/año
1996	56,694	20,693,353	6,725,340	4203	437147	453960	423696	123746	176540	1619294	
1997	59,212	21,612,294	7,023,996	4390	456560	474120	442512	129242	184380	1691203	
1998	61,729	22,531,235	7,322,651	4577	475972	494279	461327	134737	192220	1763111	1763111
1999	64,247	23,450,176	7,621,307	4763	495385	514438	480142	140232	200059	1835020	3598132
2000	66,765	24,369,118	7,919,963	4950	514798	534598	498958	145727	207899	1906929	5505061
2001	68,106	24,858,647	8,079,060	5049	525139	545337	508981	148655	212075	1945236	7450297
2002	69,447	25,348,176	8,238,157	5149	535480	556076	519004	151582	216252	1983542	9433839
2003	70,788	25,837,706	8,397,254	5248	545822	566815	529027	154509	220428	2021849	11455688
2004	72,129	26,327,235	8,556,351	5348	556163	577554	539050	157437	224604	2060156	13515843
2005	73,471	26,816,765	8,715,449	5447	566504	588293	549073	160364	228781	2098462	15614305
2006	74,973	27,365,124	8,893,665	5559	578088	600322	560301	163643	233459	2141372	17755678
2007	76,475	27,913,482	9,071,882	5670	589672	612352	571529	166923	238137	2184282	19939960
2008	77,978	28,461,841	9,250,098	5781	601256	624382	582756	170202	242815	2227192	22167152
2009	79,480	29,010,200	9,428,315	5893	612840	636411	593984	173481	247493	2270103	24437255
2010	80,982	29,558,559	9,606,532	6004	624425	648441	605211	176760	252171	2313013	26750268
2011	82,485	30,106,918	9,784,748	6115	636009	660471	616439	180039	256850	2355923	29106190
2012	83,987	30,655,276	9,962,965	6227	647593	672500	627667	183319	261528	2398833	31505023
2013	85,489	31,203,635	10,141,181	6338	659177	684530	638894	186598	266206	2441743	33946766
2014	86,992	31,751,994	10,319,398	6450	670761	696559	650122	189877	270884	2484653	36431419
2015	88,494	32,300,353	10,497,615	6561	682345	708589	661350	193156	275562	2527563	38958983
2016	89,996	32,848,712	10,675,831	6672	693929	720619	672577	196435	280241	2570473	41529456
2017	91,499	33,397,071	10,854,048	6784	705513	732648	683805	199714	284919	2613383	44142839
2018	93,001	33,945,429	11,032,265	6895	717097	744678	695033	202994	289597	2656293	46799133
2019	94,504	34,493,788	11,210,481	7007	728681	756707	706260	206273	294275	2699204	49498336
2020	96,205	35,114,825	11,412,318	7133	741801	770331	718976	209987	299573	2747801	52246137
2021	97,936	35,746,640	11,617,658	7261	755148	784192	731912	213765	304964	2797242	55043379
2022	99,699	36,390,135	11,826,794	7392	768742	798309	745088	217613	310453	2847596	57890975
2023	101,494	37,045,310	12,039,726	7525	782582	812681	758503	221531	316043	2898865	60789840
2024	103,321	37,712,165	12,256,454	7660	796669	827311	772157	225519	321732	2951048	63740888
2025	105,180	38,390,700	12,476,978	7798	811004	842196	786050	229576	327521	3004144	66745032
2026	107,074	39,082,010	12,701,653	7939	825607	857362	800204	233710	333418	3058241	69803273
2027	109,001	39,785,365	12,930,244	8081	840466	872791	814605	237916	339419	3113279	72916552
% dist. veh.											
Factor cam.											
62.5 6.5 22.5 6.3 1.15 1.05											
0.001 1 0.3 1 1.6 2.5											



Estos valores obtenidos muestran que desde el punto de vista del diseño estructural, se pueden utilizar los mismos parámetros físico-mecánicos que se obtuvieron para el diseño de la reconstrucción de los cuatro carriles existentes.

Debe aclararse que en la estación 10+150 (LI), donde la sub-rasante muestra más baja densidad de compactación, se presenta un fenómeno de deslizamiento leve de terraplén. Debe por lo tanto estudiarse dicho fenómeno para formular la solución que corresponda.

#### **4 - Análisis estructural.**

Como alternativas de rehabilitación, se presenta el diseño estructural del tercer carril, tanto para la opción de un pavimento flexible, como para el caso de un pavimento rígido.

Como alternativa de pavimento flexible se propone remover la capa de rodamiento existente (20 cm) y sobre esta construir una base estabilizada y una capa de concreto asfáltico.

Como alternativa de pavimento rígido se propone reconstruir la estructura del pavimento colocando una base estabilizada como capa de apoyo de la losa de concreto. Se mantiene el mismo nivel de desplante de la base estabilizada que en el caso anterior.

Adicionalmente se hizo un análisis de la alternativa de rehabilitación por medio de una sobrecapa de concreto, colocada directamente sobre el pavimento existente (whitetopping). El análisis de esta alternativa se presenta en un informe aparte.

#### **4-1. Análisis estructural del pavimento flexible.**

##### **4-1-1. Esquema metodológico.**

El diseño estructural para la alternativa de tres carriles se realiza con base en la ecuación de la AASHTO para pavimentos flexibles. El procedimiento se detalla a continuación:

- a) Caracterización de materiales existente de base, sub-base y sub-rasante.



b) Determinación del número estructural requerido por el pavimento, para un 90 y un 95 % de confiabilidad, para el nivel de solicitaciones indicado en la Tabla No. 1

c) Selección de espesores para la base estabilizada con cemento y para la carpeta asfáltica.

Para la determinación del número estructural requerido, se utilizó la ecuación de la AASHTO, para pavimentos flexibles, descrita a continuación.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \left\{ \log [\delta\text{psi} / (4.2 - p_i)] / [0.4 + 1094/(SN+1)^{5.19}] \right\} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Donde:

$W_{18}$ : solicitaciones de carga para el período de diseño, en ejes simples equivalentes de 8180 kg (18000 lb).

$Z_R$ : coeficiente para nivel de confianza requerido, según distribución normal.

$S_0$ : desviación estándar global para el proceso constructivo.

$SN$ : número estructural requerido.

$\delta\text{psi}$ : diferencia entre el índice de servicio (PSI) inicial y el índice de servicio terminal.

$p_i$ : índice de servicio (PSI) al final del período de análisis del pavimento.

$M_R$ : módulo de resiliencia del material de subrasante, en libras por pulgada cuadrada.

El diseño corresponde a un período de 12 años, teniendo presente que, para extender la vida útil del pavimento a 30 años, es necesario aplicar un plan de mantenimiento y rehabilitación.

#### 4-1-2. Caracterización de materiales existentes.

La información referente a la capacidad estructural de las capas de base, sub-base y sub-rasante se presenta en la Tabla No. 2.

**Tabla No. 2: Propiedades de las capas de base, sub-base y sub-rasante existentes.**

Capa	Espesor (cm)	Módulo de Elasticidad		Coeficiente estructural (ai)
		kg/cm <sup>2</sup>	psi	
Base	14.0	1480	21000	0.10
Sub-base	20.0	700	10000	0.08
Sub-rasante	-----	420 - 455	6000 - 6500	-----

#### 4-1-3. Diseño estructural.

La ecuación de la AASHTO se aplicó con la siguiente información, referente al proyecto:

$W_{18} = 24.4$  millones de ejes equivalentes en el carril de diseño.

$Z_R = -1.65$ , correspondiente a una confiabilidad del 95 %.

$S_0 = 0.35$

$\delta_{psi} = 2.0$

$p_t = 2.5$

$M_R = 6000$  psi

Para estos parámetros de diseño, se determinó que el número estructural requerido es 5.7.

Así, de acuerdo con los coeficientes estructurales y los espesores de las capas del pavimento existente que formarán parte de la nueva estructura, se determina el requerimiento de la estructura incremental.

$$SN \text{ existente} = 0.10 * 14/2.54 + 0.08 * 20/2.54 = 1.2$$

$$\delta SN = 5.7 - 1.2 = 4.5$$

Considerando la colocación de una base estabilizada de 26 cm, de acuerdo con el diseño realizado para la reestructuración de la Autopista General Cañas (Ref. 7), se determina el espesor de la carpeta por diferencia.

$$4.5 = 0.18 * 26/2.54 - 0.40 * h \text{ asf. } /2.54$$

$$h \text{ asf. } = 17.1 \text{ cm}$$

De esta manera, se recomienda la construcción de una base estabilizada de 26 cm de espesor, junto con una carpeta asfáltica de 17 cm de espesor.

## 4-2. Análisis estructural para pavimento rígido.

### 4-2-1. Esquema metodológico.

El diseño estructural para la alternativa de tres carriles se realiza con base en la ecuación de la AASHTO para pavimentos rígidos. Esta metodología se contrastó con el método de la PCA y el modelo EXPEAR de la FHWA, siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

a) Determinación de un módulo de reacción conjunto para base estabilizada, base granular, sub-base y sub-rasante.

b) Determinación del espesor de losa requerido por el pavimento, para el nivel de solicitaciones indicado en la Tabla No. 1, con sendos análisis para confianzas de 90 y 95 % respectivamente.

c) Selección de longitud de losa.

Para la determinación del espesor de losa requerido, se utilizó la ecuación de la AASHTO, para pavimentos rígidos, descrita a continuación.

$$\log W_{18} = Z_R * S_0 + 7.35 \log (D+1) - 0.06 + [ \log \{ \delta \text{PSI} / 3.0 \} / (1 + \{ 1.624E7 \} / \{ D+1 \}^{8.46}) ] + (4.22 - 0.32 P) * \log \{ S'_c * C_d (D^{0.75} - 1.132) / (215.63 * J) * (D^{0.75} - 18.42 / (E_c / K)^{0.25}) \}$$

$W_{18}$  : solicitaciones de carga para el período de diseño, en ejes simples equivalentes de 8180 kg (18000 lb).

$Z_R$ : confiabilidad.

$S_0$ : desviación estándar en proceso constructivo global.

$D$ : espesor de losa (in).



$\delta$ PSI: cambio entre el índice de servicio inicial y el terminal.

$P_t$ : nivel de servicio al final del período de diseño.

$S'_c$ : módulo de rotura del concreto (psi).

$C_d$ : coeficiente de drenaje.

$J$ : factor de transmisión de carga en las juntas.

$E_c$ : módulo elástico del concreto (psi).

$K$ : módulo de reacción en la base de apoyo de la losa (psi).

#### 4-2-2. Módulo de reacción conjunto para capas inferiores.

Para la determinación del módulo de reacción sobre la base estabilizada se utiliza el método de la AASHTO, que permite estimar el módulo de reacción de un sistema de dos capas, conociendo el módulo de resiliencia de la capa inferior, junto al espesor y módulo de resiliencia de la capa superior.

De esta forma, considerando el módulo de resiliencia de la capa de base granular ( $1480 \text{ kg/cm}^2$ ), junto con el espesor de 23 cm (9.0 in) de la base estabilizada y el módulo de resiliencia de dicha capa ( $42250 \text{ kg/cm}^3$ ), se obtiene un módulo de reacción a nivel de la superficie de la base estabilizada igual a  $69.3 \text{ kg/cm}^3$ .

Se aclara que este valor de módulo de reacción supone un factor de pérdida de soporte (L.S. en método AASHTO) de "0", lo cual es factible para un pavimento rígido con base estabilizada, pero que requiere mayor cuidado constructivo y de mantenimiento.

#### 4-2-3. Diseño estructural.

Con base en la ecuación AASHTO para pavimentos rígidos se determina el espesor de losa requerido. Utilizando la siguiente información:

$$W_{18} = 49.5 \text{ millones de ejes equivalentes.}$$

$$Z_R = -1.65, \text{ para un } 90 \% \text{ de confiabilidad.}$$

$$S_0 = 0.30$$

$$\delta \text{ PSI} = 2.0$$

$$P_t = 2.5$$

$$S'_c = 650 \text{ psi}$$

$C_d = 1.00$ , asumiendo un sistema de drenaje en buenas condiciones.

$J = 3.2$ , considerando un adecuado sistema de transmisión de carga en las dovelas.

$$E_c = 296000 \text{ kg/cm}^2.$$

$$K = 69.3 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}.$$

De esta forma, resolviendo la ecuación de la AASHTO, se obtiene que es necesario colocar una losa de 10.1 in, lo que sugiere la colocación de una losa de 25.5 cm, sobre una base estabilizada de 23 cm.

Teniendo en cuenta los rangos de confiabilidad del diseño, se recomienda finalmente un espesor de losa de 25 cm.

#### 4-2-4. Determinación de la separación de juntas transversales.

La longitud máxima de losa se calcula de acuerdo con el criterio de esfuerzo máximo, causado por el diferencial térmico superficie-fondo de la sobrecapa de concreto.

De acuerdo con la Ref. 1, el esfuerzo por diferencial térmico máximo en una losa de concreto ocurre en el borde de la losa y está determinado por la relación:

$$\sigma_t = C E \alpha_t \delta t / 2$$

Donde:

$\sigma_t$  : esfuerzo máximo provocado por diferencial térmico en el borde de la losa (psi).

$C$  : factor de corrección, que depende de la relación  $L/l$ , donde "L" es la longitud de losa (pulg) y "l" es el radio de rigidez relativa (pulg).

$\alpha_t$  : coeficiente térmico del concreto hidráulico, igual a  $5 * 10^{-6}$  pulg/pulg/°F.

$\delta t$ : diferencial térmico entre la superficie y el fondo de la losa de concreto ( $^{\circ}F$ ).

El radio de rigidez relativa ( $l$ ) depende de las propiedades elásticas y geométricas del concreto. Se determina por medio de la relación:

$$l = [ E h^3 / (12 (1-\gamma^2) k) ]^{0.25}$$

$E$ : módulo de elasticidad del concreto ( $4.2 * 10^6$  psi).

$h$ : espesor de la losa (pulg).

$\gamma$ : módulo de Poisson del concreto (0.15).

$k$ : módulo de reacción de la sub-rasante (pci).

El esfuerzo máximo inducido por el diferencial térmico no debe ser superior al valor del módulo de ruptura ajustado por un factor de seguridad, recomendándose un rango de 2 a 3, dado que existen varias fuentes de incertidumbre, como por ejemplo: el módulo de ruptura obtenido en laboratorio en condiciones controladas difiere de las condiciones reales de campo, la incertidumbre existente al colocar una capa de concreto sobre las capas de un pavimento existente, el efecto del agrietamiento y la dispersión del módulo de reacción en condiciones reales de campo.

Así, considerando un espesor de losa de 25 cm (12 pulg) y un diferencial térmico de  $30^{\circ}F$ , es posible determinar el factor de corrección correspondiente.

$$640/3 = C * 4E6 * 5E-6 * 25/2$$

$$\implies C = 0.853$$

La razón " $L/l$ " correspondiente a un factor de corrección de 0.853 es igual a 5.5. De esta forma, la longitud de losa se encuentra directamente, por medio de la relación:

$$L/l = 5.5$$

Dado que en este caso se consideró un módulo de reacción de la sub-rasante de  $69.3 \text{ kg/cm}^3$  (2500 pci), " $l$ " es igual a 38.7 pulg; por lo que la longitud de losa " $L$ " debe ser igual a 8.4 m (212.7 pulg). Sin embargo, en general no se recomienda la utilización de una longitud de losa superior a los 4.75 m, debiendo utilizarse tal separación máxima en este caso (4.75 m).



## 5- Resumen de resultados.

El diseño del pavimento de la Autopista General Cañas, para tres carriles por sentido, se basa en la utilización de las capas de sub-base y base granular existentes.

De seleccionarse la alternativa del pavimento flexible, se recomienda la construcción de una base estabilizada de 26 cm de espesor y sobre ésta una capa asfáltica de 17 cm.

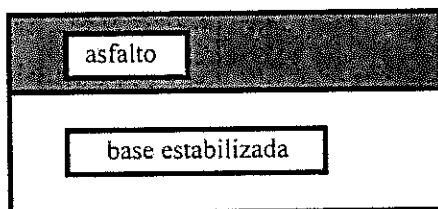
Como alternativa de pavimento rígido, se recomienda construir una base estabilizada de 23 cm de espesor, como capa de apoyo a una losa de concreto de 25 cm, con juntas transversales cada 4.75 m. Debe tenerse presente que el concreto debe ser de una calidad tal, que provea un módulo de ruptura de  $45 \text{ kg/cm}^2$  (640 psi) a los 28 días, calculado éste con cargas a 1/3 de la luz de la viga.

En ambos casos se mantienen las mismas recomendaciones técnicas especiales establecidas para este pavimento en el informe final de rehabilitación de la Autopista General Cañas (Ref. 7).

**Nota:** Se hace la observación de que al ampliar la vía a 3 carriles, se incrementa ligeramente el número de ejes equivalentes en el carril de diseño, por lo que se recomienda, para el pavimento rígido, pasar a 23 cm el espesor de la base estabilizada.

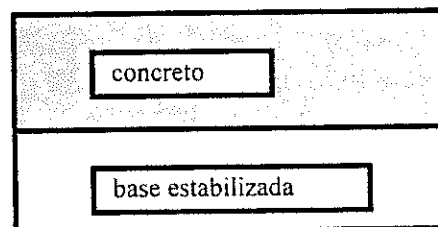
### PAVIMENTO ASFALTICO

26 cm de base estabilizada  
17 cm de capa asfáltica



### PAVIMENTO RIGIDO

23 cm de base estabilizada  
25 cm de losa de concreto



## 6- Referencias.

- (1) Huang, Yang H. Pavement analysis and design. USA: Prentice Hall, 1993.
- (2) American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO guide for design of pavement structures, volumen No. 2. USA: AASHTO, 1993.
- (3) American Concrete Pavement Association. Guidelines for concrete overlays of existing asphalt pavements. USA: ACPA, 1991.
- (4) Federal Highway Administration. Elsym 5: manual del usuario. USA: FHWA, 1985.
- (5) Federal Highway Administration. Pavement deflection analysis. USA: FHWA, 1994. Curso NHI, No. 13127.
- (6) Neville, A. M. Tecnología del concreto, Tomo II. México, D.F.: Instituto mexicano del cemento y del concreto, 1977.
- (7) Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Informe final del proyecto de rehabilitación de la Autopista General Cañas. San José, U.C.R.: Octubre 1996.

**ANEXO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

ENSAYO DE DENSIDAD EN SITIO

FECHA: 28 DE FEBRERO DE 1997  
 PROYECTO: AUTOPISTA GENERAL CAÑAS - ESPALDON

INFORME N°:

MUESTRAS	ESTACION	SENTIDO	ESPEJOR (cm)	W h. (g)	W s (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	δ s (g/cm <sup>3</sup> )	δ máx. (g/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD OPTIMA (%)	COMPACTACION (%)
BASE	9+750	SJ - AL	17	1745,2	1626,20	715,0	2,274	2,196	7,90%	104
SUBRASANTE	9+750	SJ - AL	-	1084,9	802,60	630,0	1,274	1,28	36,60%	100
BASE	12+025	SJ - AL	15	2342,3	2226,50	1012,3	2,199	2,196	7,90%	100
SUBRASANTE	12+025	SJ - AL	-	994,1	664,50	608,8	1,091	1,232	40,50%	89
BASE	14+500	SJ - AL	20	2210,6	2057,60	966,3	2,129	2,196	7,90%	97
SUBRASANTE	14+500	SJ - AL	-	1465,8	964,10	785,8	1,227	1,212	44,60%	101
BASE	10+150	AL - SJ	20	2765,7	2566,90	1076,0	2,386	2,196	7,90%	109
SUBRASANTE	10+150	AL - SJ	-	949,6	688,20	623,0	1,073	1,215	41,50%	88
BASE	6+150	SJ - AL	18	2224	2135,60	1022,9	2,088	2,196	7,90%	95
SUBRASANTE	6+150	SJ - AL	-	1135,7	806,90	587,6	1,373	1,29	36,20%	106

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

EXTRACCION DE MUESTRAS DE CARRETERAS

FECHA 4 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

ESTACION : 6+150  
LOCALIZACION: SAN JOSE - ALAJUELA  
CARACTERIZACION DE MUESTRA:  
MUESTRA No:

1
2
3
4

CAPA	ESPESOR ( cm )	MATERIAL
1	6	CARPETA
2	18,0	BASE
3	36,0	SUBBASE LASTRE
4	-	SUBRASANTE

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

EXTRACCION DE MUESTRAS DE CARRETERAS

FECHA 4 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

ESTACION : 9+750  
LOCALIZACION: SAN JOSE - ALAJUELA  
CARACT. DE MUESTRA: CARP. AGRIETADA, BASE BIEN COMPACTADA  
MUESTRA No:

1
2
3
4

CAPA	ESPESOR ( cm )	MATERIAL
1	7,0	CARPETA
2	17,0	BASE
3	12,0	SUBBASE LASTRE
4	-	SUBRASANTE

NOTA : EL MATERIAL DE SUBRASANTE NO FALLO



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

EXTRACCION DE MUESTRAS DE CARRETERAS

FECHA 4 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

ESTACION: 10+150  
LOCALIZACION: ALAJUELA - SAN JOSE  
CARACT. DE MUESTRA:  
MUESTRA No:

1
2
3
4

CAPA	ESPESOR ( cm )	MATERIAL
1	9,5	CARPETA
2	20,0	BASE
3	20,0	SUBBASE
4	.	SUBBRASANTE

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

EXTRACCION DE MUESTRAS DE CARRETERAS

FECHA 4 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

ESTACION : 12+025  
LOCALIZACION: SAN JOSE - ALAJUELA  
CARACT. DE MUESTRA:  
MUESTRA No:

1
2
3
4

CAPA	ESPESOR ( cm )	MATERIAL
1	8,5	CARPETA
2	15,0	BASE
3	19,0	SUBBASE
4	-	SUBRASANTE

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

EXTRACCION DE MUESTRAS DE CARRETERAS

FECHA 4 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

ESTACION : 14+500  
LOCALIZACION: SAN JOSE - ALAJUELA  
CARACT. DE MUESTRA:  
MUESTRA No:

1
2
3
4

CAPA	ESPESOR ( cm )	MATERIAL
1	3,5	CARPETA
2	20,0	BASE
3	23,0	SUBBASE LASTRE
4	-	SUBRASANTE



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA PROYECTO: 6 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

MUESTRA : SUB RASANTE  
 LOCALIZACION:

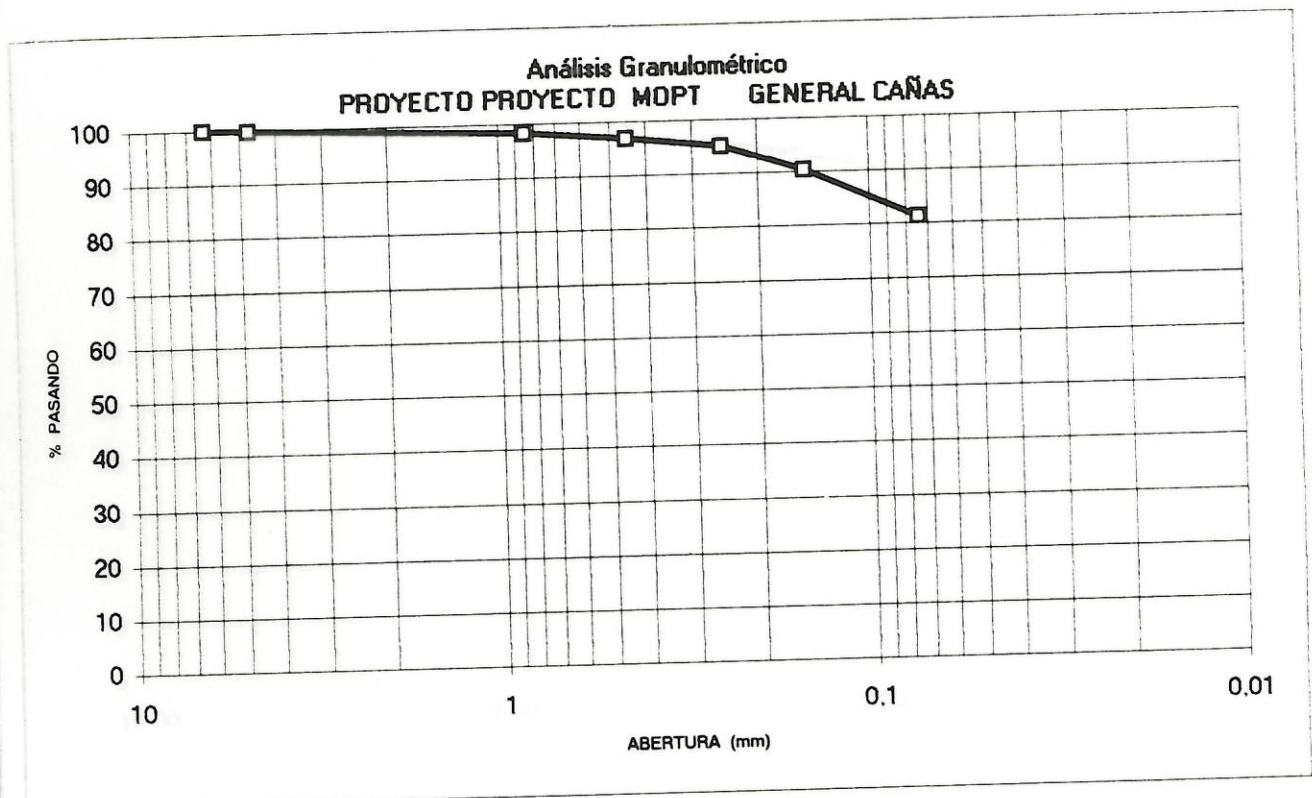
ESTACION : 6+150

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 401,5 g.

PESO FINAL: 74,3 g.

Identificac. Malla	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
1/4	6,3	0	0	0	100
#4	4,75	0,63	0,16	0,16	99,84
#20	0,85	6,19	1,54	1,70	98,30
#40	0,45	5,64	1,40	3,10	96,90
#60	0,25	7,10	1,77	4,87	95,13
#100	0,15	18,97	4,72	9,60	90,40
#200	0,07	36,39	9,06	18,66	81,34



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: 14 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO: PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

MUESTRA: SUB RASANTE  
 LOCALIZACION:

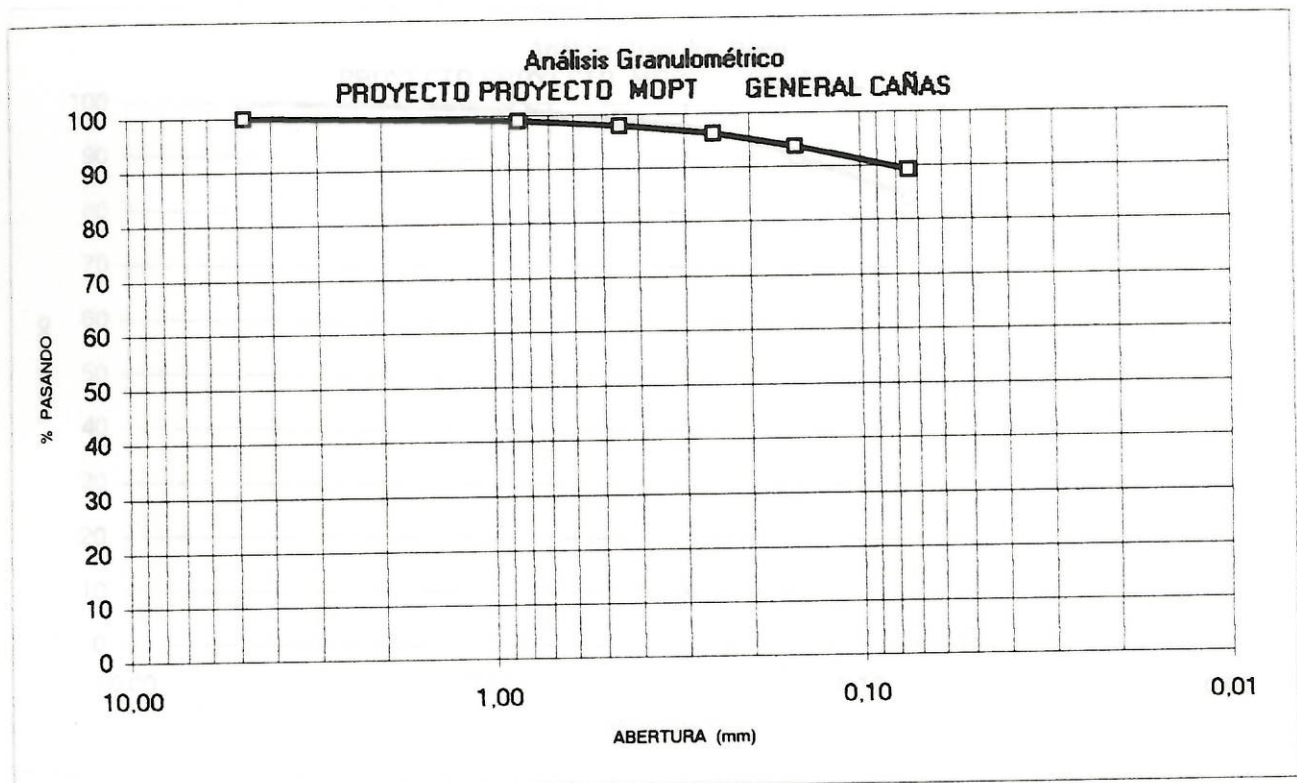
ESTACION: 9 +750

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 404,3 g.

PESO FINAL: 43,6 g.

Identificac. Malla	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
#4	4,75	0	0,00	0,00	100
#20	0,85	4,08	1,01	1,01	98,99
#40	0,45	4,22	1,04	2,05	97,95
#60	0,25	6,35	1,57	3,62	96,38
#100	0,15	10,40	2,57	6,20	93,80
#200	0,07	18,56	4,59	10,79	89,21



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: 6 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO: PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

MUESTRA: SUB RASANTE  
 LOCALIZACION:

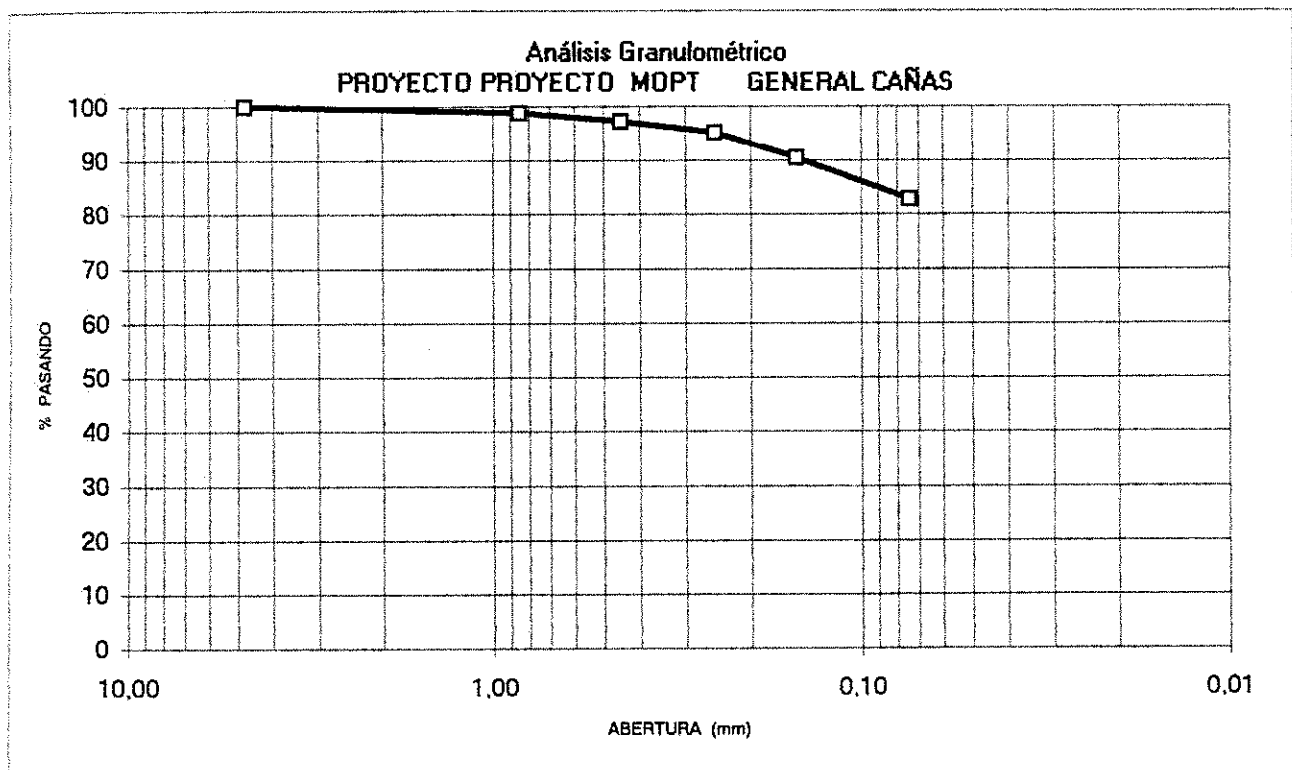
ESTACION: 10+150

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 400,7 g.

PESO FINAL: 67,5 g.

Identificac. Malla	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
#4	4,75	0	0,00	0,00	100
#20	0,85	4,70	1,17	1,17	98,83
#40	0,45	6,35	1,58	2,76	97,24
#60	0,25	8,58	2,14	4,90	95,10
#100	0,15	18,53	4,62	9,52	90,48
#200	0,07	30,33	7,57	17,09	82,91



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: 6 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO: PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

MUESTRA: SUB RASANTE  
 LOCALIZACION:

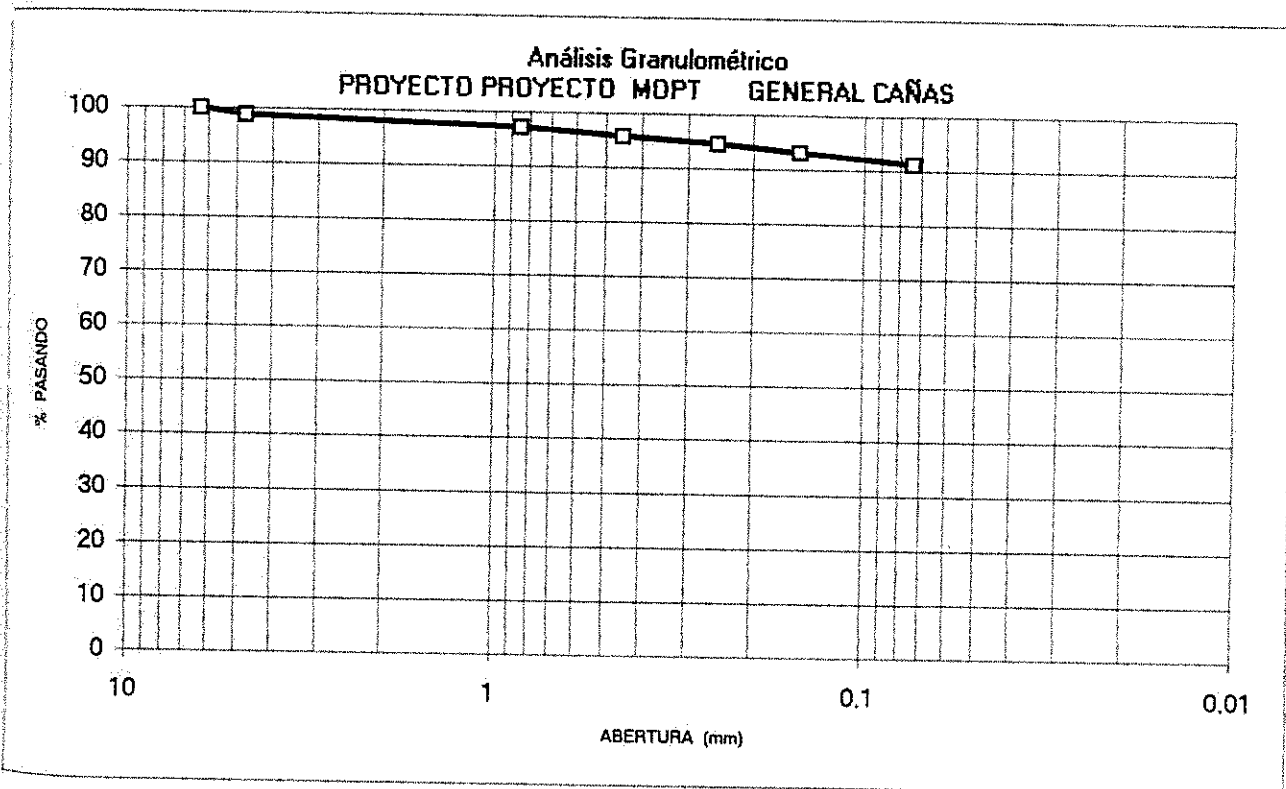
ESTACION: 12+025

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 692,2 g.

PESO FINAL: 60,5 g.

Identificac. Malla	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
1/4	6,3	0	0	0	100
#4	4,75	7,91	1,14	1,14	98,86
#20	0,85	11,02	1,59	2,73	97,27
#40	0,45	10,13	1,46	4,20	95,80
#60	0,25	7,84	1,13	5,33	94,67
#100	0,15	10,56	1,53	6,86	93,14
#200	0,07	13,51	1,95	8,81	91,19





UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: 6 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO: PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

MUESTRA: SUB RASANTE  
 LOCALIZACION:

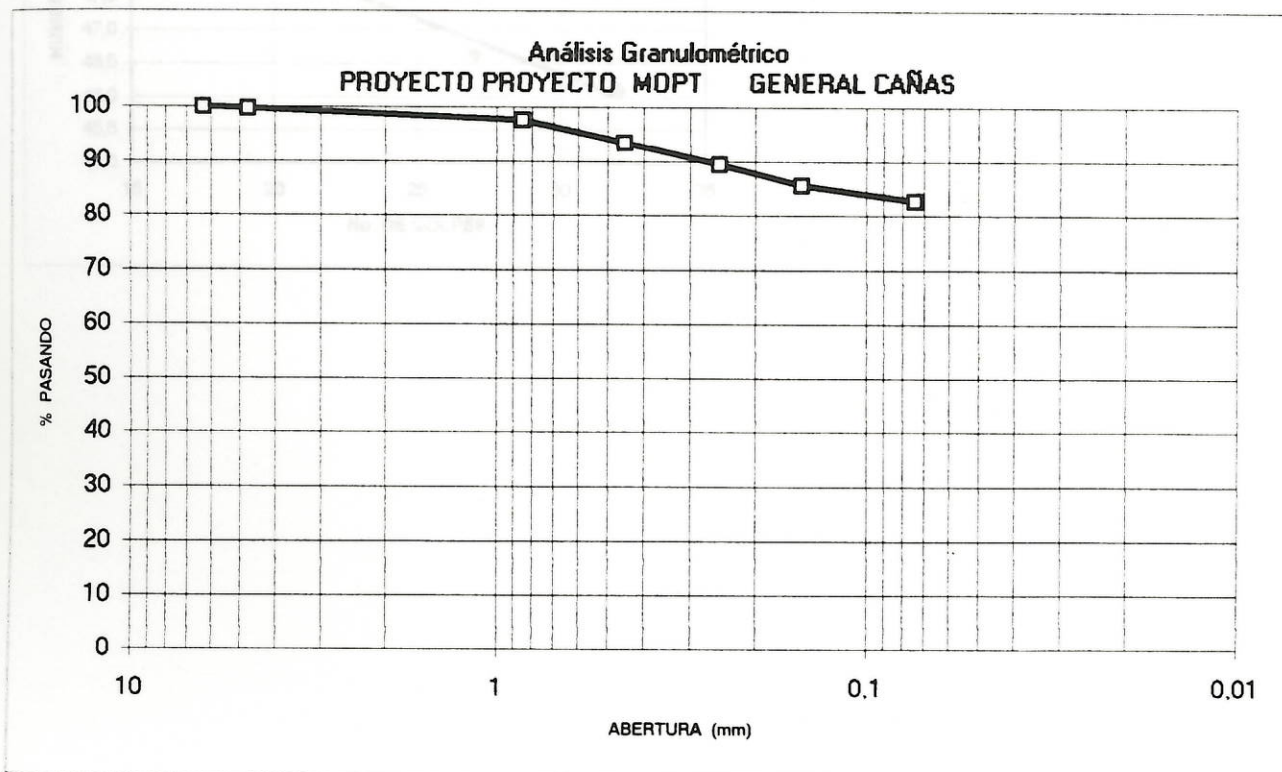
ESTACION: 14+500

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 383,2 g.

PESO FINAL: 65,4 g.

Identificac. Malla	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
1/4	6,3	0	0	0	100
#4	4,75	1,10	0,29	0,29	99,71
#20	0,85	7,87	2,05	2,34	97,66
#40	0,45	16,14	4,21	6,55	93,45
#60	0,25	15,06	3,93	10,48	89,52
#100	0,15	14,71	3,84	14,32	85,68
#200	0,07	11,24	2,93	17,26	82,74



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
PARAMETROS DE SUELOS

**LIMITES DE ATTERBERG**

FECHA 6 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

DESCRIPCION DE MATERIAL: SUBRASANTE

MUESTRA No:

LOCALIZACION: ESPALDON

CARACTERIZACION DE MUESTRA: ARCILLA CAFE CLARO

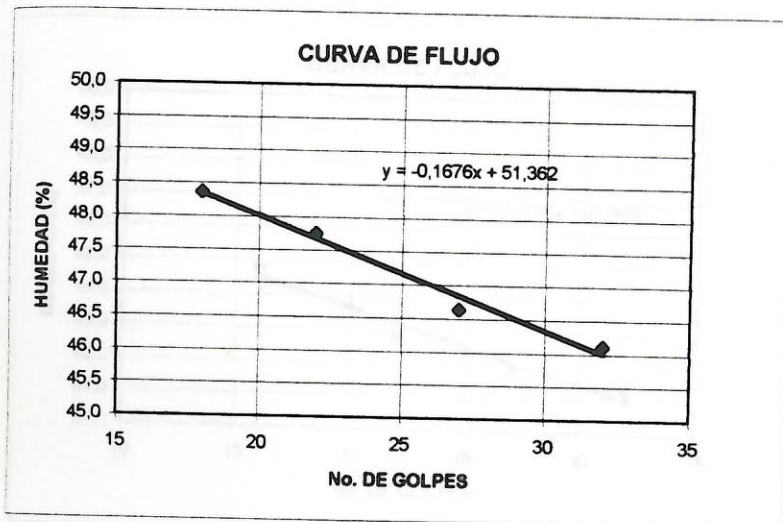
ESTACION: 6+150

**LIMITE LIQUIDO**

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	32	27	22	18	
Wc + Ww (gr.)	31,734	34,385	32,157	32,284	
Wc + Ws (gr.)	27,582	30,892	27,909	27,867	
Ww	4,152	3,493	4,248	4,417	
Wc	18,577	23,402	19,013	18,734	
Ws	9,005	7,490	8,896	9,133	
% W	46,1	46,6	47,8	48,4	

**LIMITE PLASTICO**

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	4	53	57
Wc + Ww (gr.)	13,319	13,571	13,287
Wc + Ws (gr.)	12,870	13,073	12,827
Ww	0,449	0,498	0,460
Wc	11,154	11,196	11,066
Ws	1,716	1,877	1,761
% W	26,2	26,5	26,1
PROMEDIO			26,3



**RESUMEN**

LIMITE LIQUIDO	47,2
LIMITE PLASTICO	26,3
INDICE DE PLASTICIDAD	20,9

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
PARAMETROS DE SUELOS

**LIMITES DE ATTERBERG**

FECHA: 6 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO: PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

DESCRIPCION DE MATERIAL: SUBRASANTE  
MUESTRA No:  
LOCALIZACION: ESPALDON  
CARACTERIZACION DE MUESTRA: ARCILLA CAFE OSCURO

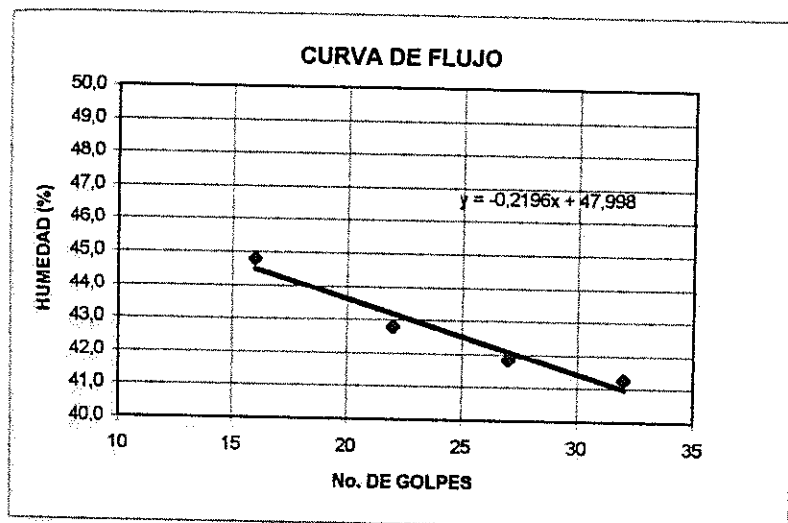
ESTACION: 9+750

**LIMITE LIQUIDO**

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	32	27	22	16	
Wc + Ww (gr.)	33,503	34,202	35,359	36,427	
Wc + Ws (gr.)	29,226	29,638	30,351	32,361	
Ww	4,277	4,564	5,008	4,066	
Wc	18,862	18,730	18,648	23,283	
Ws	10,364	10,908	11,703	9,078	
% W	41,3	41,8	42,8	44,8	

**LIMITE PLASTICO**

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	3	36	37
Wc + Ww (gr.)	13,363	11,771	11,807
Wc + Ws (gr.)	12,811	11,227	11,192
Ww	0,552	0,544	0,615
Wc	10,885	9,354	9,094
Ws	1,926	1,873	2,098
% W	28,7	29,0	29,3
PROMEDIO			29,0



**RESUMEN**

LIMITE LIQUIDO	42,5
LIMITE PLASTICO	29,0
INDICE DE PLASTICIDAD	13,5

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
PARAMETROS DE SUELOS

**LIMITES DE ATTERBERG**

FECHA 6 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

DESCRIPCION DE MATERIAL: SUBRASANTE

MUESTRA No:

LOCALIZACION: ESPALDON

ESTACION: 10+150

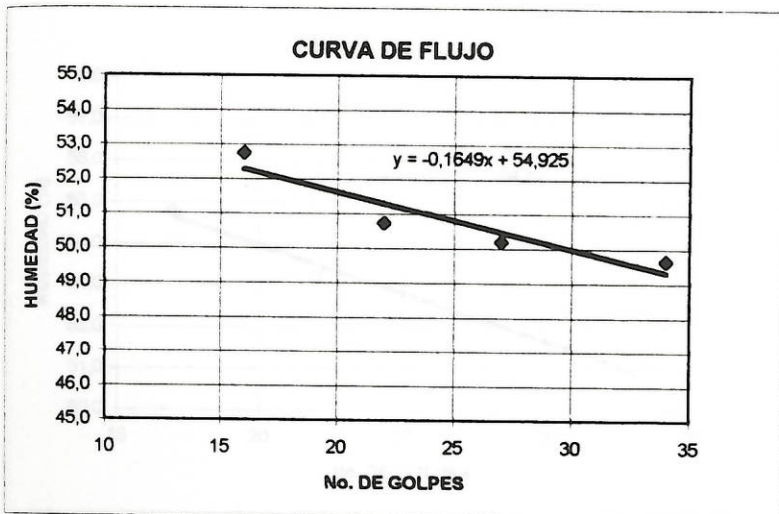
CARACTERIZACION DE MUESTRA: ARCILLA CAFE OSCURO

**LIMITE LIQUIDO**

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	34	27	22	16	
Wc + Ww (gr.)	46,648	43,369	41,408	43,334	
Wc + Ws (gr.)	40,487	38,197	36,997	38,225	
Ww	6,161	5,172	4,411	5,109	
Wc	28,082	27,895	28,305	28,541	
Ws	12,405	10,302	8,692	9,684	
% W	49,7	50,2	50,7	52,8	

**LIMITE PLASTICO**

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	21	18	24
Wc + Ww (gr.)	9,076	8,416	8,908
Wc + Ws (gr.)	8,605	7,949	8,409
Ww	0,471	0,467	0,499
Wc	7,037	6,417	6,819
Ws	1,568	1,532	1,590
% W	30,0	30,5	31,4
PROMEDIO			30,6



**RESUMEN**

LIMITE LIQUIDO	50,8
LIMITE PLASTICO	30,6
INDICE DE PLASTICIDAD	20,2



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
PARAMETROS DE SUELOS

**LIMITES DE ATTERBERG**

FECHA 6 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

DESCRIPCION DE MATERIAL: SUBRASANTE

MUESTRA No:

LOCALIZACION: ESPALDON

ESTACION: 12+025

CARACTERIZACION DE MUESTRA: ARCILLA CAFE OSCURO

**LIMITE LIQUIDO**

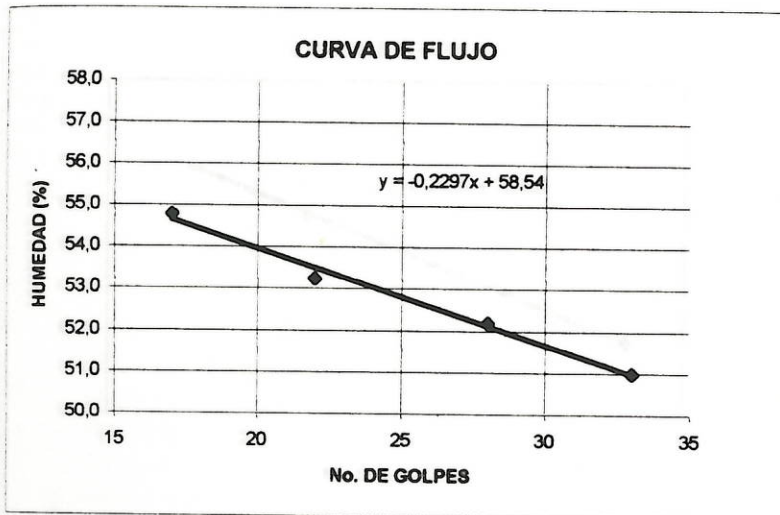
DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	33	28	22	17	
Wc + Ww (gr.)	31,879	33,264	32,940	31,986	
Wc + Ws (gr.)	27,353	28,229	27,985	27,340	
Ww	4,526	5,035	4,955	4,646	
Wc	18,476	18,580	18,678	18,859	
Ws	8,877	9,649	9,307	8,481	
% W	51,0	52,2	53,2	54,8	

**LIMITE PLASTICO**

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	13	26	22
Wc + Ww (gr.)	8,517	8,296	9,155
Wc + Ws (gr.)	8,091	7,891	8,670
Ww	0,426	0,405	0,485
Wc	6,774	6,581	7,129
Ws	1,317	1,310	1,541
% W	32,3	30,9	31,5

PROMEDIO

31,6



**RESUMEN**

LIMITE LIQUIDO	52,8
LIMITE PLASTICO	31,6
INDICE DE PLASTICIDAD	21,2

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
PARAMETROS DE SUELOS

**LIMITES DE ATTERBERG**

FECHA: 6 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO: PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

INFORME N°:

DESCRIPCION DE MATERIAL: SUBRASANTE

MUESTRA No:

LOCALIZACION: ESPALDON

ESTACION: 14+500

CARACTERIZACION DE MUESTRA: ARCILLA CAFE OSCURO

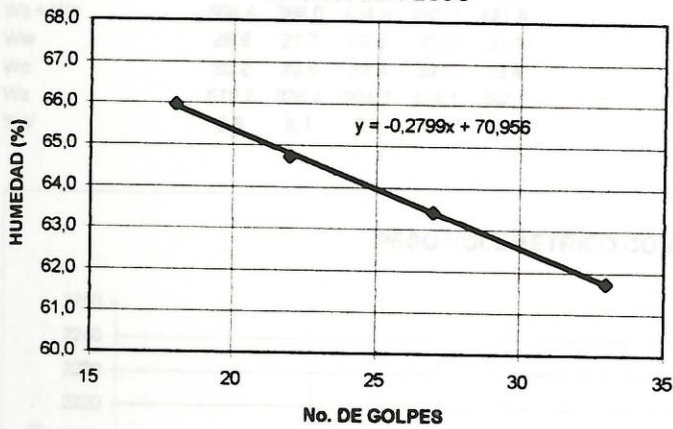
**LIMITE LIQUIDO**

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	33	27	22	18	
Wc + Ww (gr.)	32,090	34,940	31,492	32,382	
Wc + Ws (gr.)	26,984	30,455	25,579	27,018	
Ww	5,106	4,485	5,913	5,364	
Wc	18,713	23,382	16,443	18,887	
Ws	8,271	7,073	9,136	8,131	
% W	61,7	63,4	64,7	66,0	

**LIMITE PLASTICO**

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	55	43	54
Wc + Ww (gr.)	13,205	13,051	11,625
Wc + Ws (gr.)	12,641	12,535	11,057
Ww	0,564	0,516	0,568
Wc	11,054	11,103	9,443
Ws	1,587	1,432	1,614
% W	35,5	36,0	35,2
PROMEDIO			35,6

**CURVA DE FLUJO**



**RESUMEN**

LIMITE LIQUIDO	64,0
LIMITE PLASTICO	35,6
INDICE DE PLASTICIDAD	28,4

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
PARAMETROS DE SUELOS

PRUEBA DE COMPACTACION

FECHA 4 DE MARZO DE 1997  
PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

DESCRIPCION DE MATERIAL: MATERIAL GRANULAR  
LOCALIZACION:  
CARACTERIZACION DE MUESTRA:  
MUESTRA No: 1 BASE

PRUEBA: PROCTOR MODIFICADO  
MOLDE 15cm  
5 capas 56 golpes

COMPACTACION

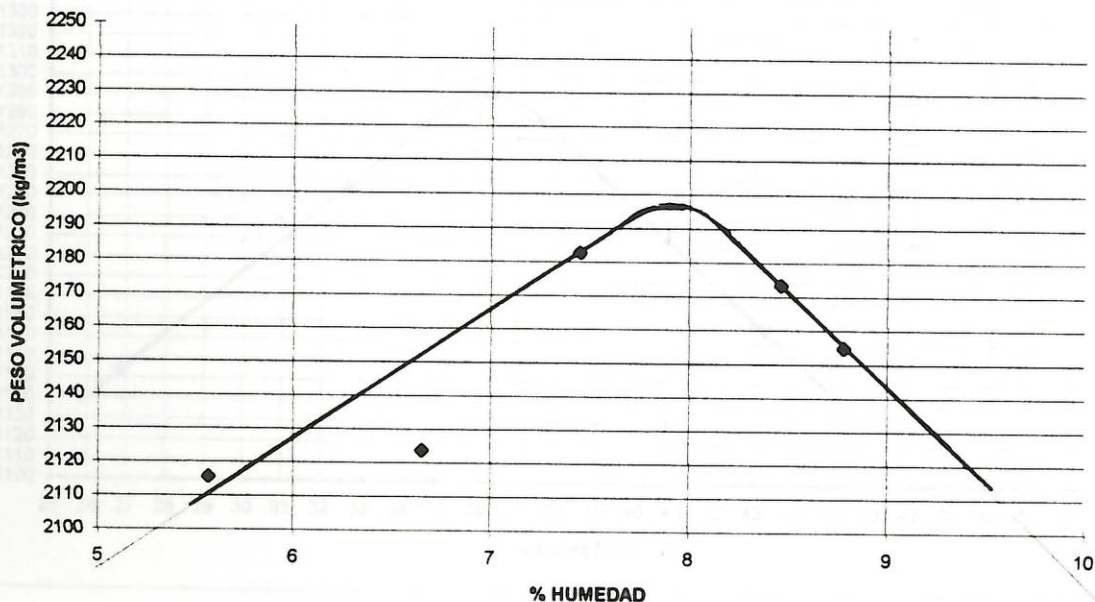
DETERMINACION	1	2	3	4	5	6	7
Ww + Pmolde	11515	11582	11750	11775	11747		
P molde	6826	6826	6826	6826	6826		
Ww	4689	4756	4924	4949	4921		
δ w	2233	2265	2345	2357	2344		
δ s	2116	2124	2183	2173	2155		

CONTENIDO DE HUMEDAD

No. CAPSULA	47	51	64	11	50
Ww + Wc	585,3	387,7	464,0	499,6	452,4
Ws + Wc	556,4	366,0	434,6	463,7	421,5
Ww	28,9	21,7	29,4	35,9	30,9
Wc	38,2	39,6	39,9	39,6	39,4
Ws	518,2	326,4	394,7	424,1	382,1
%W	5,6	6,7	7,4	8,5	8,8

$\gamma_{max} = 2196 \text{ Kg/m}^3$   
 $w_{op} = 7.9\%$

PESO VOLUMETRICO CONTRA HUMEDAD





UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 PARAMETROS DE SUELOS

PRUEBA DE COMPACTACION

FECHA 6 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

DESCRIPCION DE MATERIAL:  
 LOCALIZACION: 6+150 ESPALDON  
 CARACTERIZACION DE MUESTRA SUB RASANTE  
 MUESTRA No: 1

PRUEBA: PROCTOR

COMPACTACION

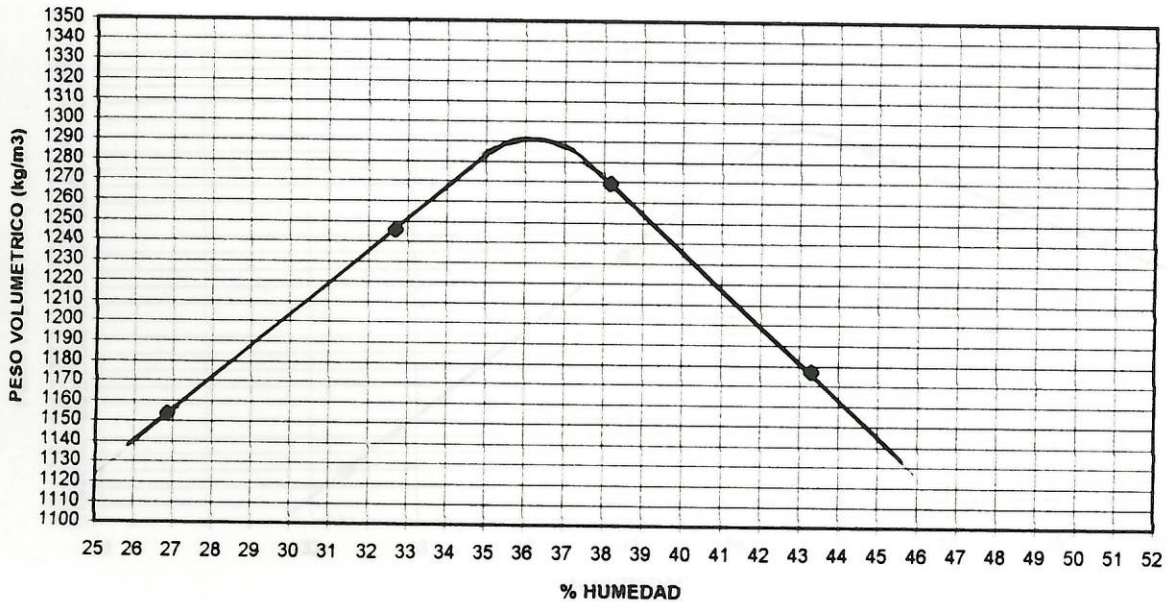
DETERMINACION	1	2	3	4	5	6
Ww + Pmolde	5865	5770	5591	5802		
P molde	4209	4209	4209	4209		
Ww	1656	1561	1382	1593		
δ w	1754	1653	1464	1687		
δ s	1269	1246	1154	1177		

CONTENIDO DE HUMEDAD

No. CAPSULA	48	53	46	52
Ww + Wc	480,8	390,7	358,6	394,3
Ws + Wc	359,0	303,7	290,7	286,7
Ww	121,8	87,0	67,9	107,6
Wc	39,7	37,5	37,7	38,2
Ws	319,3	266,2	253,0	248,5
%W	38,1	32,7	26,8	43,3

$\rho_{max} : 1290 \text{ Kg/m}^3$   
 $w_{op} = 36.2\%$

PESO VOLUMETRICO CONTRA HUMEDAD





UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 PARAMETROS DE SUELOS

PRUEBA DE COMPACTACION

FECHA: 4 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO: PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS  
 DESCRIPCION DE MATERIAL: SUELO COLOR CAFE  
 LOCALIZACION: 09+750 ESPALDON  
 CARACTERIZACION DE MUESTRA: SUB RASANTE  
 MUESTRA No: 1

PRUEBA: PROCTOR

COMPACTACION

DETERMINACION	1	2	3	4	5	6
Ww + Pmolde	5853	5558	5747	5804		
P molde	4209	4209	4209	4209		
Ww	1644	1349	1538	1595		
δ w	1741	1429	1629	1689		
δ s	1268	1080	1207	1211		

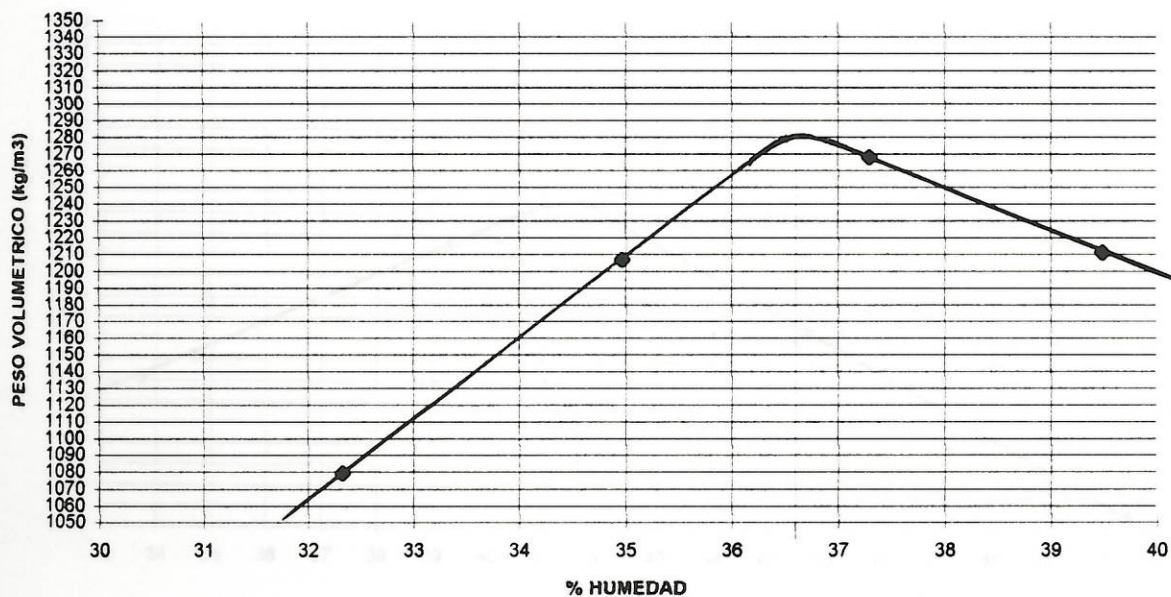
CONTENIDO DE HUMEDAD

No. CAPSULA	71	74	24	77
Ww + Wc	492,8	374,8	397,9	355,8
Ws + Wc	389,2	308,8	320,8	284,7
Ww	103,6	66,0	77,1	71,1
Wc	111,4	104,6	106,3	104,6
Ws	277,8	204,2	214,5	180,1
%W	37,3	32,3	35,0	39,5

$\gamma_{max} = 1280 \text{ Kg/m}^3$

$w_{op} = 36.6\%$

PESO VOLUMETRICO CONTRA HUMEDAD



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 PARAMETROS DE SUELOS

PRUEBA DE COMPACTACION

FECHA 6 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS  
 DESCRIPCION DE MATERIAL:  
 LOCALIZACION: 10+150 ESPALDON  
 CARACTERIZACION DE MUESTRA SUB RASANTE  
 MUESTRA No: 1

PRUEBA: PROCTOR

COMPACTACION

DETERMINACION	1	2	3	4	5	6
Ww + Pmolde	5638	5781	5797	5737		
P molde	4209	4209	4209	4209		
Ww	1429	1572	1588	1528		
$\delta w$	1513	1665	1682	1618		
$\delta s$	1132	1195	1155	1069		

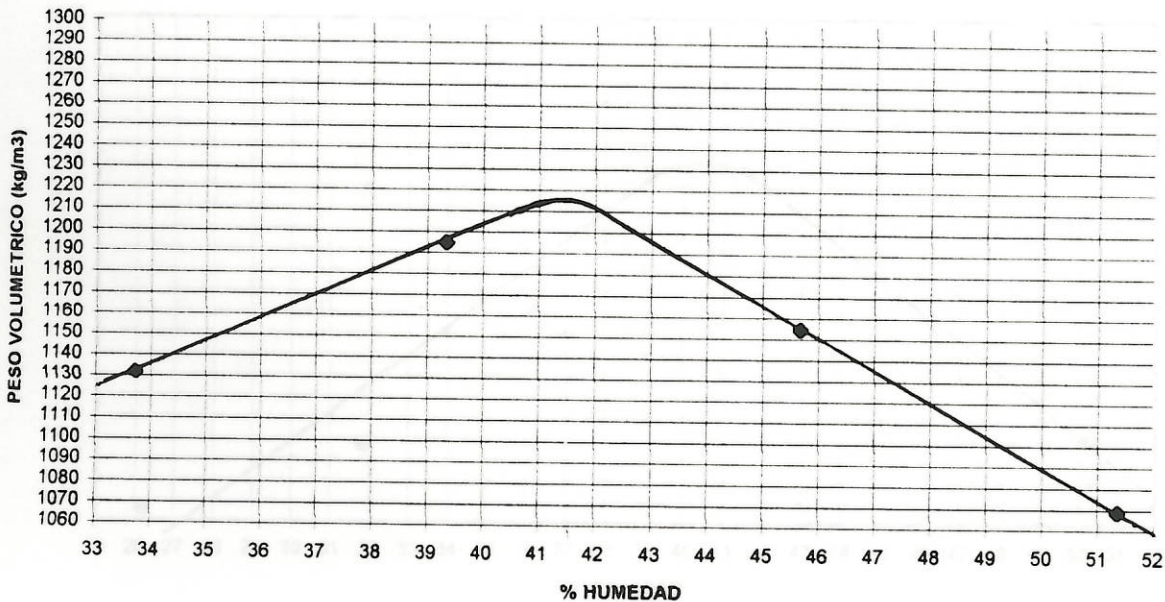
CONTENIDO DE HUMEDAD

No. CAPSULA	73	22	65	37
Ww + Wc	442,9	514,9	499,3	469,3
Ws + Wc	357,3	399,6	375,6	350,2
Ww	85,6	115,3	123,7	119,1
Wc	103,4	106,4	104,7	118,3
Ws	253,9	293,2	270,9	231,9
%W	33,7	39,3	45,7	51,4

$$\gamma_{max} = 1215 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_{op} = 45.5\%$$

PESO VOLUMETRICO CONTRA HUMEDAD





UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 PARAMETROS DE SUELOS

PRUEBA DE COMPACTACION

FECHA 6 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS

DESCRIPCION DE MATERIAL:  
 LOCALIZACION: 12+025 ESPALDON  
 CARACTERIZACION DE MUESTRA SUB RASANTE  
 MUESTRA No: 1

PRUEBA: PROCTOR

COMPACTACION

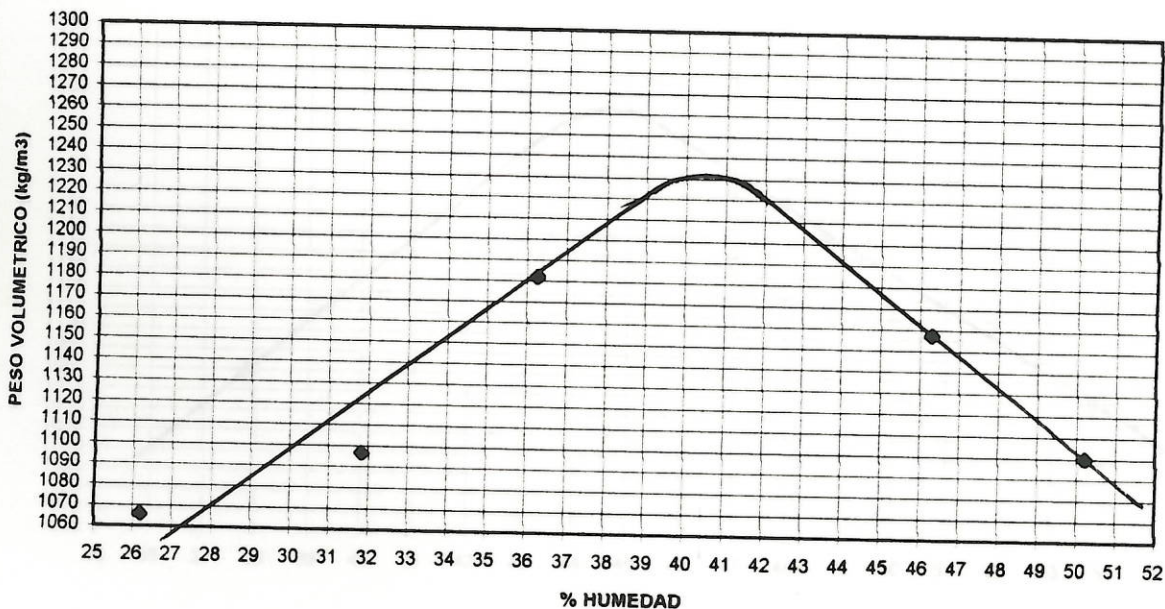
DETERMINACION	1	2	3	4	5	6
Ww + Pmolde	5479	5574	5730	5769	5808	
P molde	4209	4209	4209	4209	4209	
Ww	1270	1365	1521	1560	1599	
δ w	1345	1446	1611	1652	1693	
δ s	1066	1097	1182	1100	1158	

CONTENIDO DE HUMEDAD

No. CAPSULA	26	18	27	9	43
Ww + Wc	442,4	522,7	465,3	621,0	547,0
Ws + Wc	377,0	426,9	373,1	450,2	414,4
Ww	65,4	95,8	92,2	170,8	132,6
Wc	127,1	125,8	118,8	110,0	127,9
Ws	249,9	301,1	254,3	340,2	286,5
%W	26,2	31,8	36,3	50,2	46,3

$\rho_{max} = 1232 \text{ Kg/m}^3$   
 $w_{op} = 40.5\%$

PESO VOLUMETRICO CONTRA HUMEDAD



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 PARAMETROS DE SUELOS

PRUEBA DE COMPACTACION

FECHA 4 DE MARZO DE 1997  
 PROYECTO PROYECTO MOPT GENERAL CAÑAS  
 DESCRIPCION DE MATERIAL: SUELO COLOR CAFE  
 LOCALIZACION: 14+500 ESPALDON  
 CARACTERIZACION DE MUESTRA SUB RASANTE  
 MUESTRA No: 1

PRUEBA: PROCTOR

COMPACTACION

DETERMINACION	1	2	3	4	5	6
Ww + Pmolde	5763	5823	5614	5838	5760	
P molde	4209	4209	4209	4209	4209	
Ww	1554	1614	1405	1629	1551	
δ w	1646	1709	1488	1725	1643	
δ s	1162	1150	1080	1166	1068	

CONTENIDO DE HUMEDAD

No. CAPSULA	82	70	69	66	81
Ww + Wc	330,9	332,8	353,7	456,2	495,1
Ws + Wc	264,5	255,9	284,4	339,0	362,9
Ww	66,4	76,9	69,3	117,2	132,2
Wc	105,2	97,8	101,1	94,3	117,0
Ws	159,3	158,1	183,3	244,7	245,9
%W	41,7	48,7	37,8	47,9	53,8

$\rho_{max} = 1212 \text{ Kg/m}^3$   
 $w_{op} = 44.6\%$

PESO VOLUMETRICO CONTRA HUMEDAD

