



***Seguimos un rato mas,
con los ensayos que
completan estos estudios***



Angularidad y Caras de Fractura (IRAM 1851)

ANGULARIDAD: se define como el porcentaje de elementos triturados (conciérne solo a los materiales de origen aluvional). Es el porcentaje en peso de agregados que presentan dos o más caras de fractura por trituración.

CARA DE FRACTURA: plano de fractura cuya dimensión lineal sea al menos un tercio de la máxima de la partícula considerada

El procedimiento consiste en separar manualmente las partículas que presentan dos o más caras de fractura y calcular el porcentaje ponderado.



Ensayo de Abrasión de Los Angeles

NORMAS de APLICACION

IRAM 1532

ASTM C 131

AASHTO T 96

Determina el % de desgaste por la abrasión ocasionada por **rodamiento** dentro del tambor, y por **impacto** de la carga abrasiva. Se considera desgastado el material con tamaño menor a 1,6 mm (que pasa tamiz N°12)



Resistencia a la fragmentación

Desgaste Los Ángeles (IRAM 1532)

- Se utiliza la granulometría más cercana a la que se aplicará en obra, según clases indicadas en la norma de ensayo.
- 5kg de agregado, esferas de acero de 47mm de diámetro (2.5 – 5 Kg), de 500 vueltas
- El valor LA es el porcentaje que pasa el tamiz 1,6 mm sobre el total de la muestra.

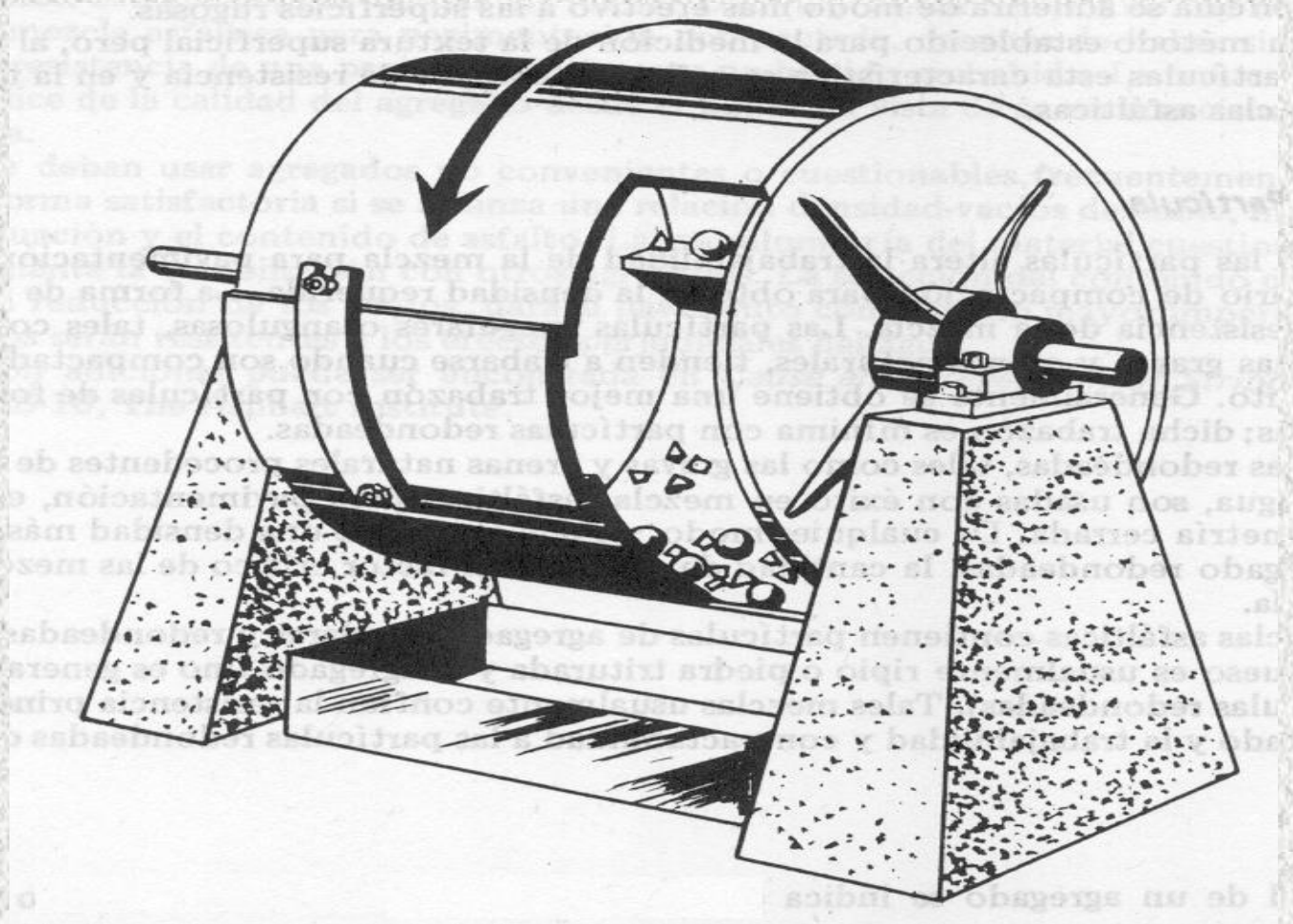


Cribas o Tamices (Abertura Cuadrada)		Granulometría y Peso de la muestra a ensayar gr.			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250	-	-	-
1"	3/4"	1250	-	-	-
3/4"	1/2"	1250	2500	-	-
1/2"	3/8"	1250	2500	-	-
3/8"	N° 3	-	-	2500	-
N° 3	N° 4	-	-	2500	-
N° 4	N° 8	-	-	-	5000

Granulometría	N° de Esferas	Peso Total
A	12	5000 ⁺ ₋ 25
B	11	4584 ⁺ ₋ 25
C	8	3330 ⁺ ₋ 20
D	6	2500 ⁺ ₋ 15



Máquina de Los Angeles

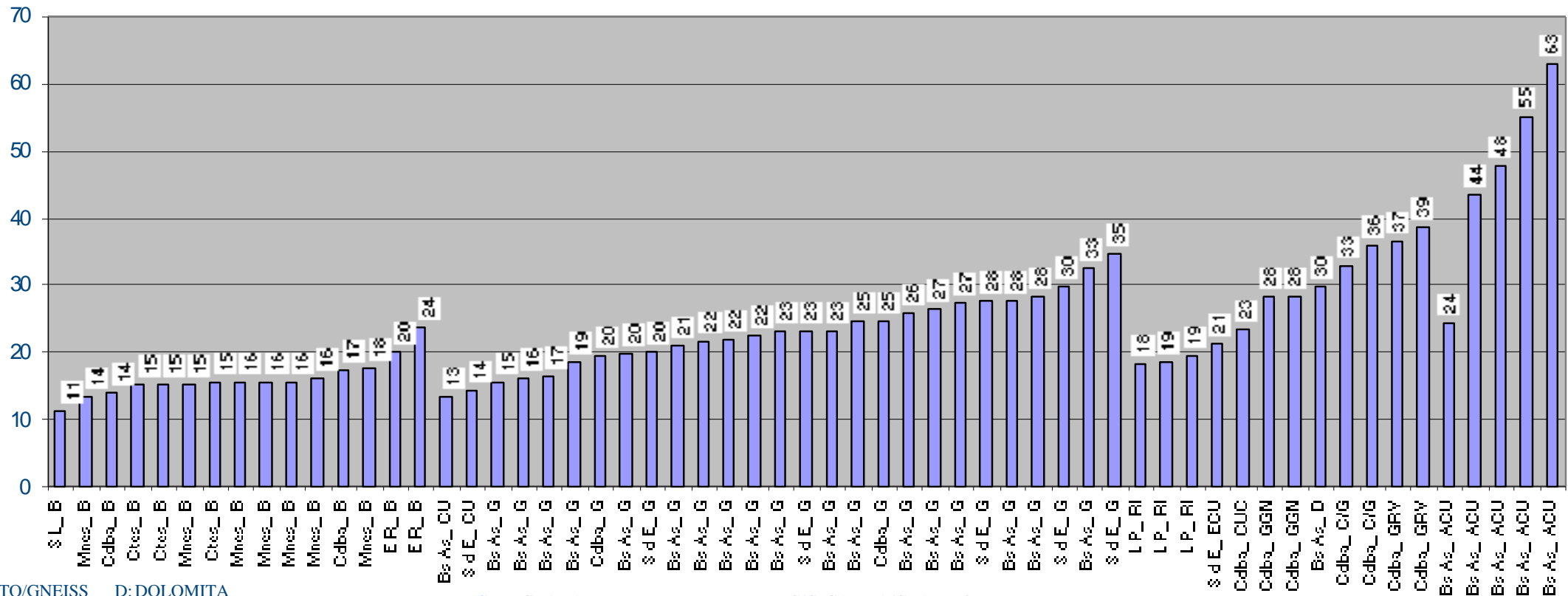


$$\%D = \frac{\text{Peso Pasa \# N}^{\circ}12}{\text{Peso Total}} \times 100$$



Ensayo Los Ángeles “B” ordenado por tipo de agregado

Los Angeles "B"



GGN: GRANITO/GNEISS D: DOLOMITA

GRV: GRAVA

C/G: CALIZA/GRANITO

CUC: CUARCITA/CALCAREO

G: GRANITO RI: RIOLITA

B: BASALTO CU: CUARCITA

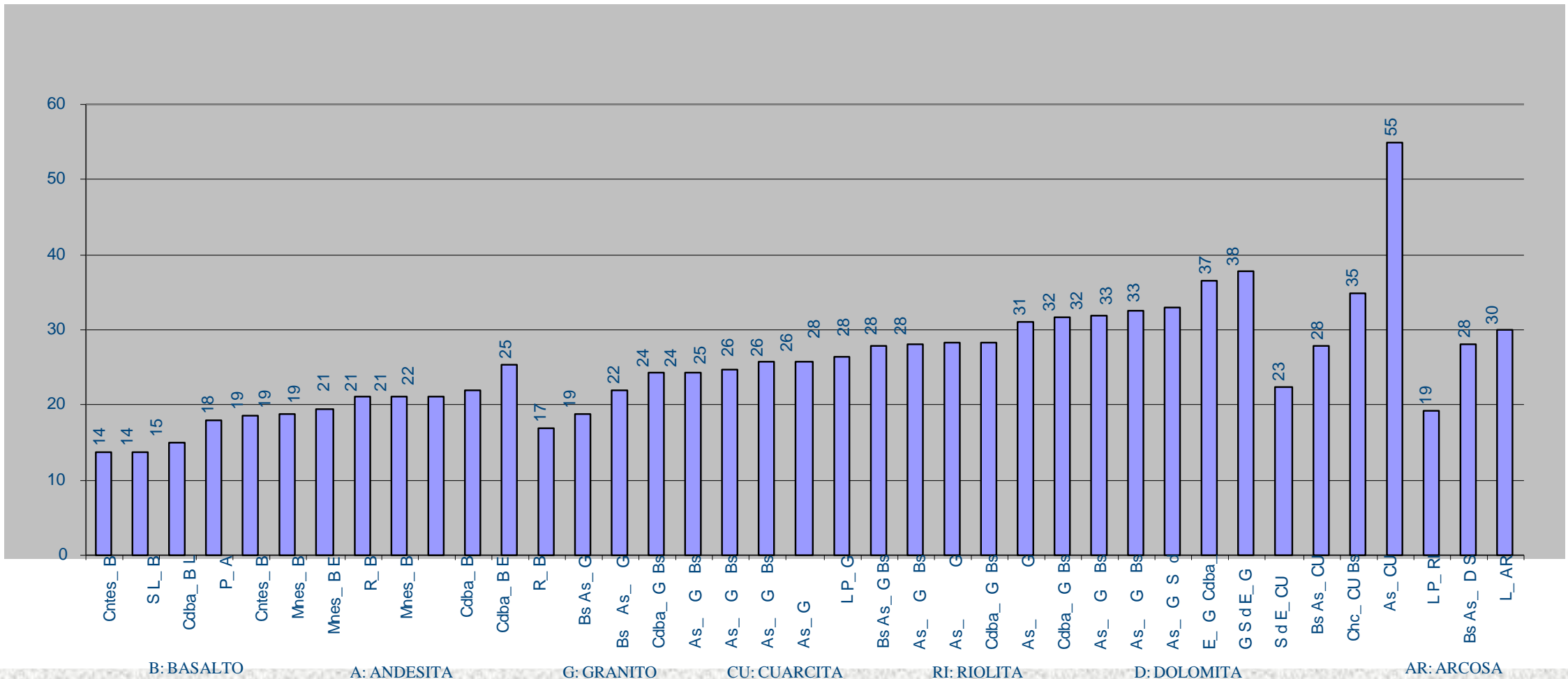
ECU: ESQUISTO/CUARCITA

ACU: ARENISCA/CUARCITA



Ensayo Los Ángeles "C" ordenado por tipo de agregado

Los Angeles "C"

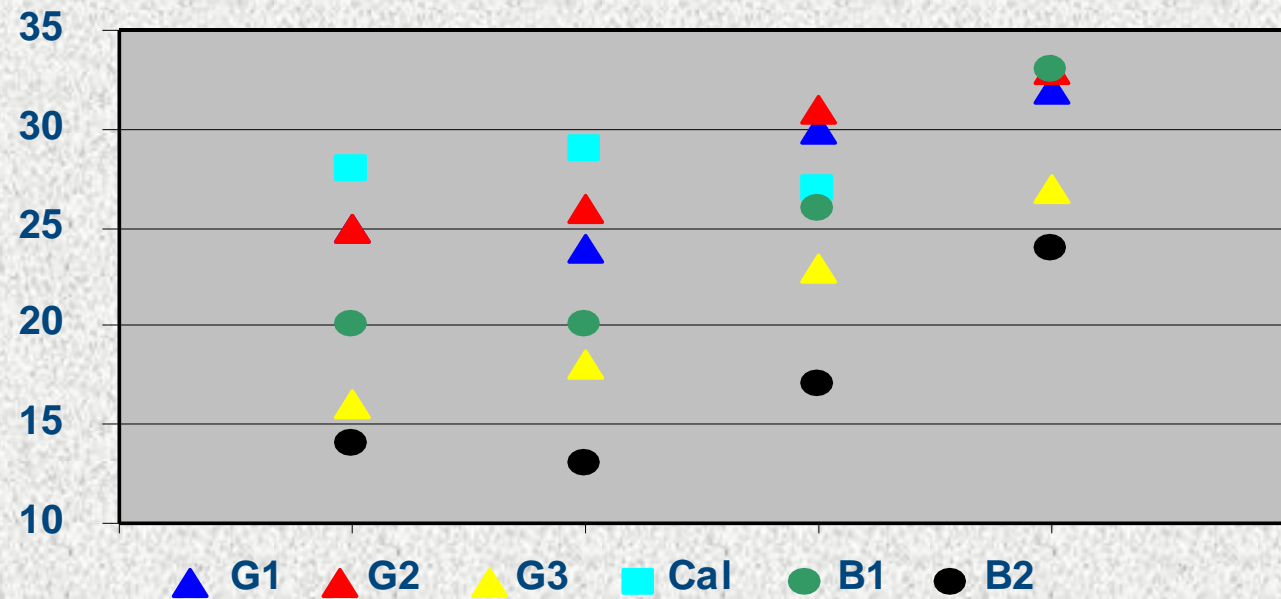


Resistencia a la fragmentación

Desgaste Los Ángeles (IRAM 1532)

Los factores que influyen en el desgaste Los Ángeles son:

- Roca de origen
- Gradación
- Forma de las partículas
- Homogeneidad



Influencia de la granulometría (A, B, C, D)



TIPO DE CAPA

**Desgaste
LOS ANGELES**

CUBICIDAD

**Equivalente
De Arena**

**Concr. Asfálticos de
Carpeta y Base Conv**

< 50% a 25 %

> 0,50

> 50

**Tratam. Bituminosos
Superficiales**

< 40% a 25 %

> 0,4 a 0,6

> 45 a 60

**Hormigones para
Pavimento y base**

< 50% a 35 %

> 0,35

> 70 a 80

**Tratam. Especiales y
Lechadas Bitumin.**

< 30% a 15 %

> 0,70

> 35 a 70

**Estabilizados de grava
con cemento o asfalto**

< 40% a 30 %

> 0,35

> 25 a 45



Fragmentación Dinámica (IRAM 1556)

- El resultado se correlaciona con el Desgaste Los Ángeles
- Sencillez de instalación y ejecución
- Poca cantidad de muestra
- Fácilmente transportable
- Se realiza en pocos minutos.



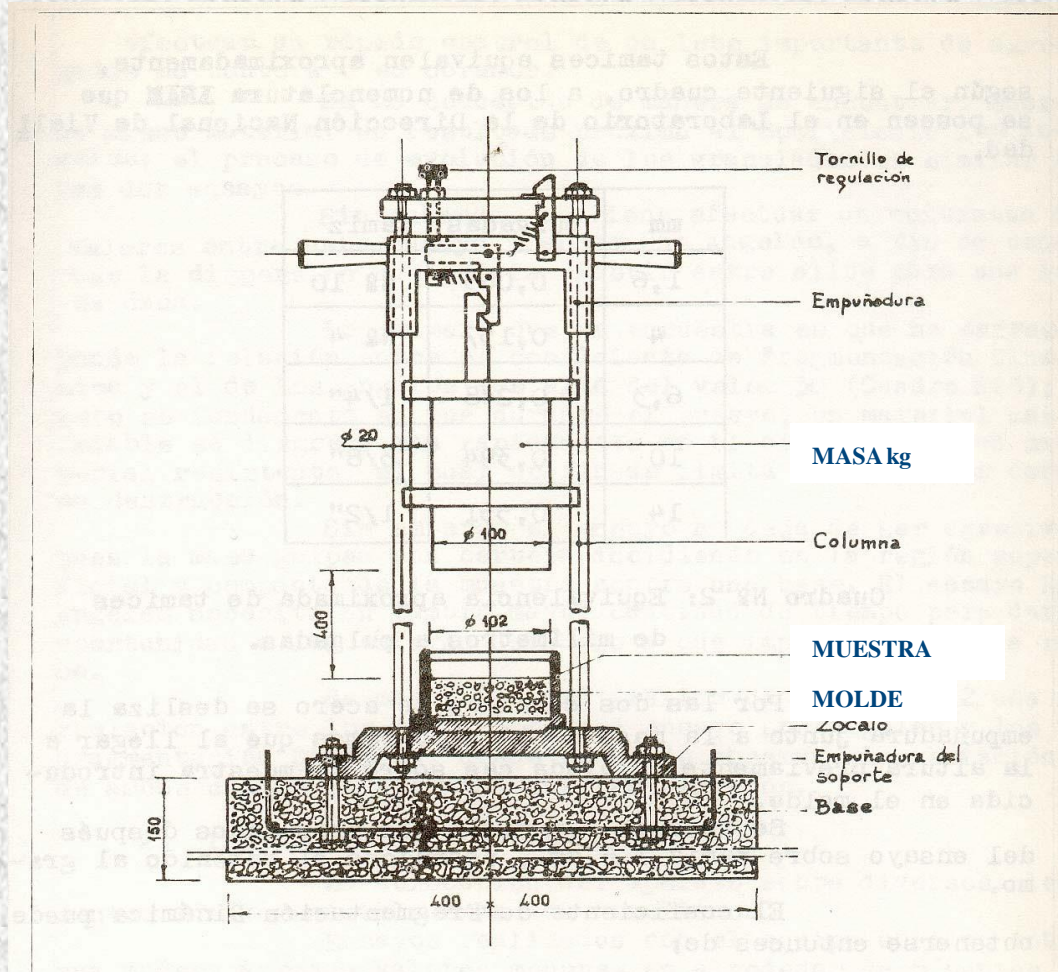
Fragmentación Dinámica (IRAM 1556)

Mide la resistencia de los agregados a la fragmentación (por impacto).

- Consta de una masa de 14 kg que cae desde 40 cm sobre un molde cilíndrico.
- 350 g en una fracción 10-14 mm (principal)
- Se valora el % que pasa por tamiz 1.6 mm

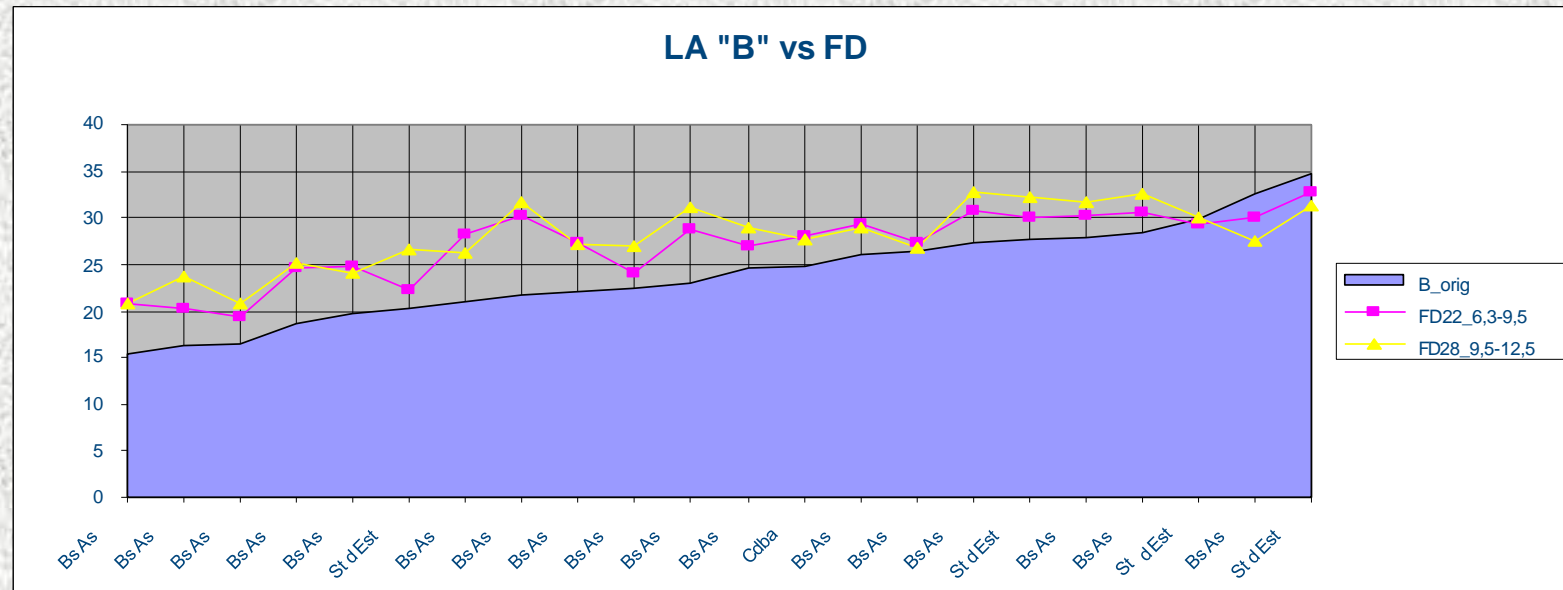
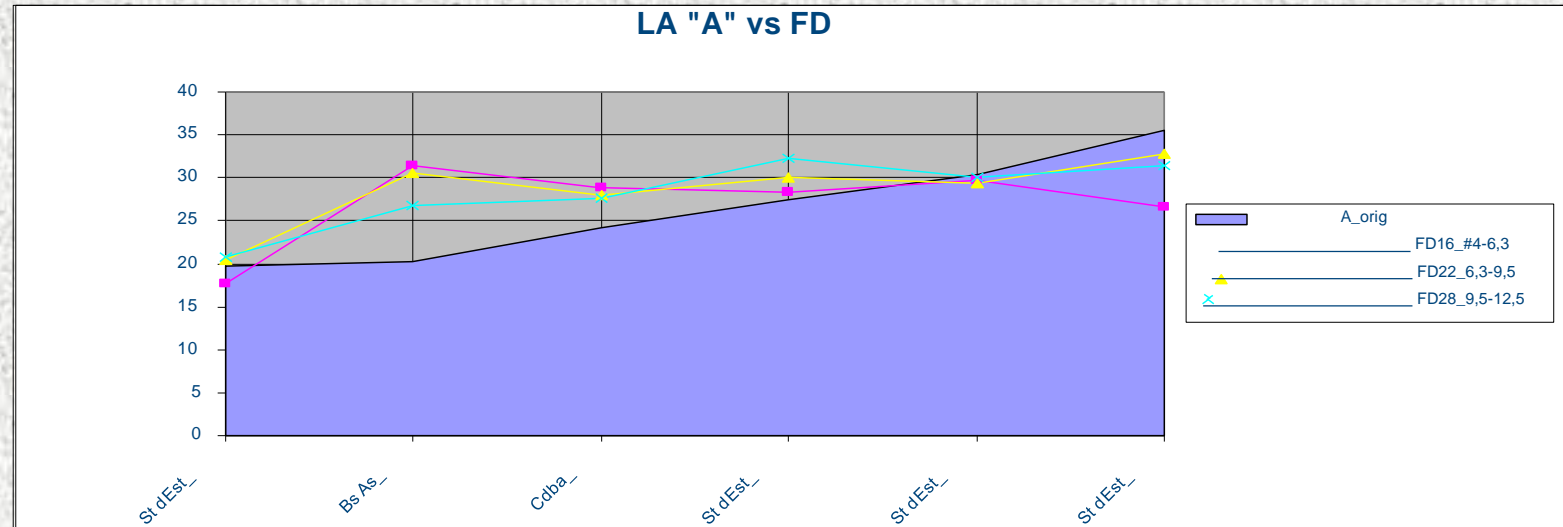


Aparato de Fragmentación Dinámica



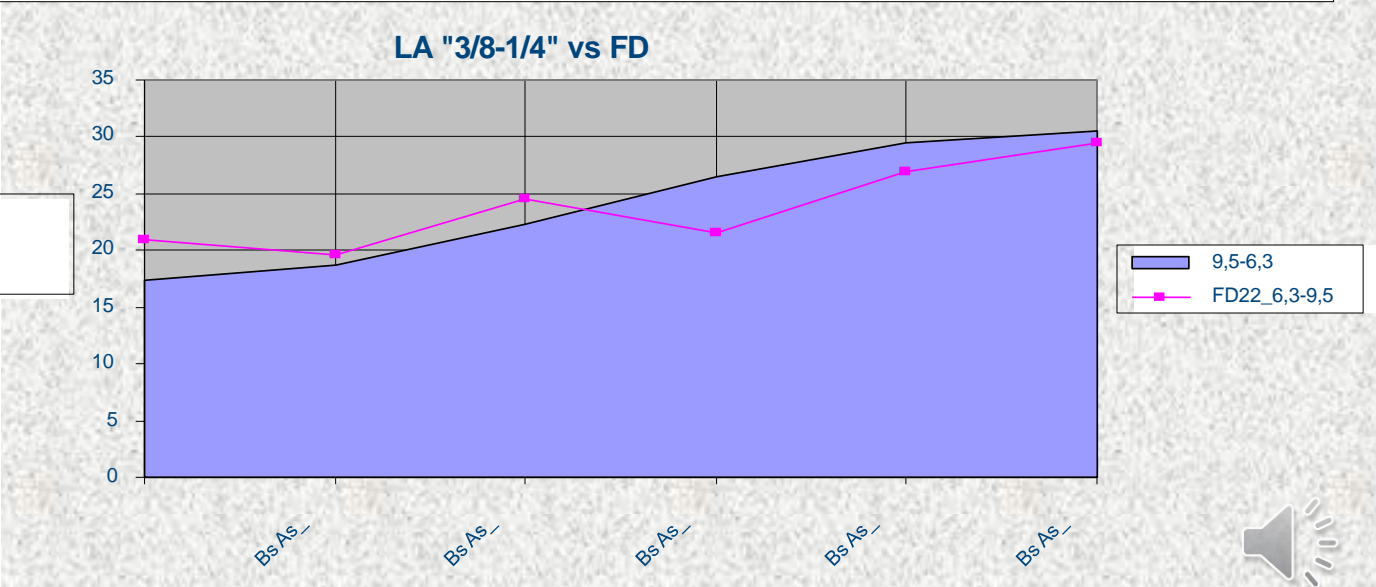
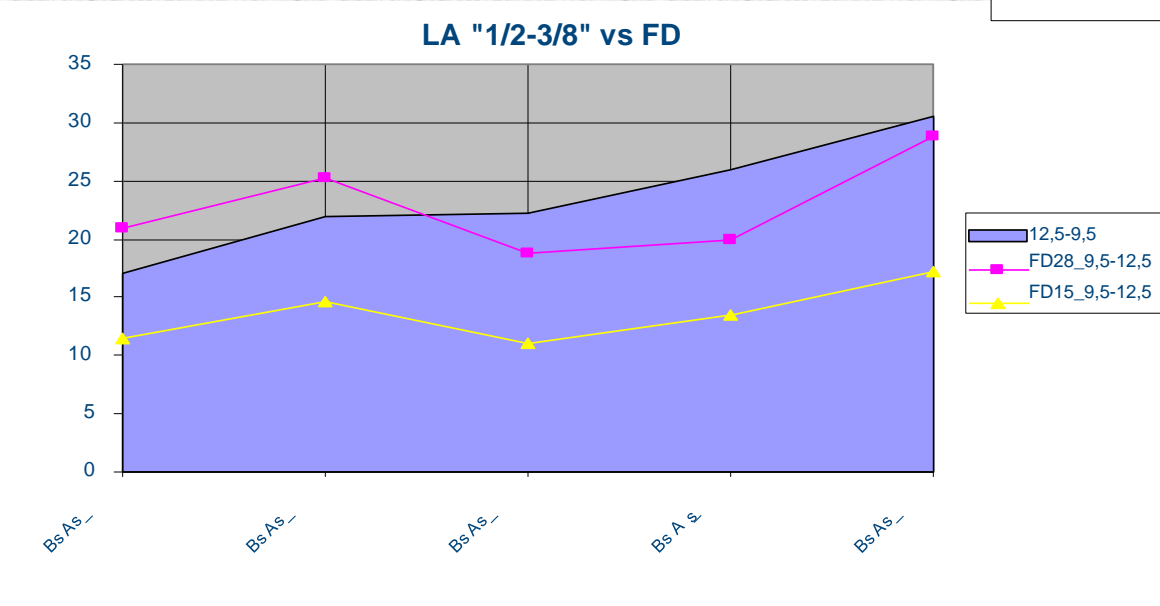
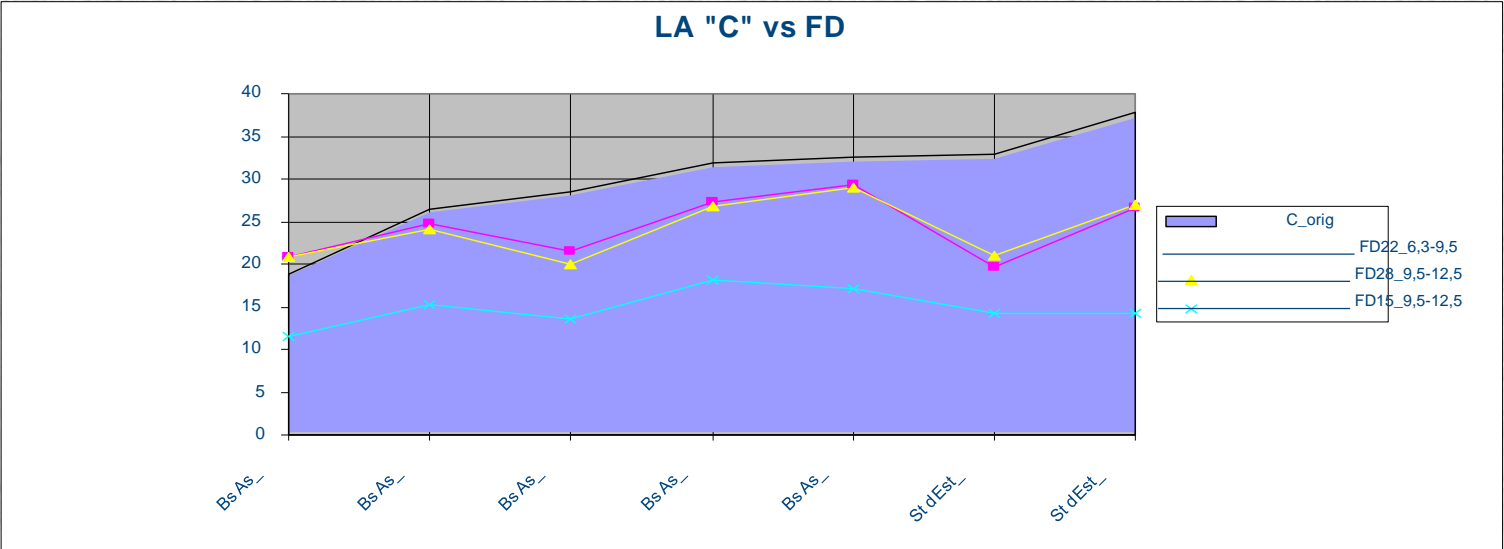
Comparaciones entre Desgaste Los Ángeles “A” y “B” y Fragmentación Dinámica

Granito



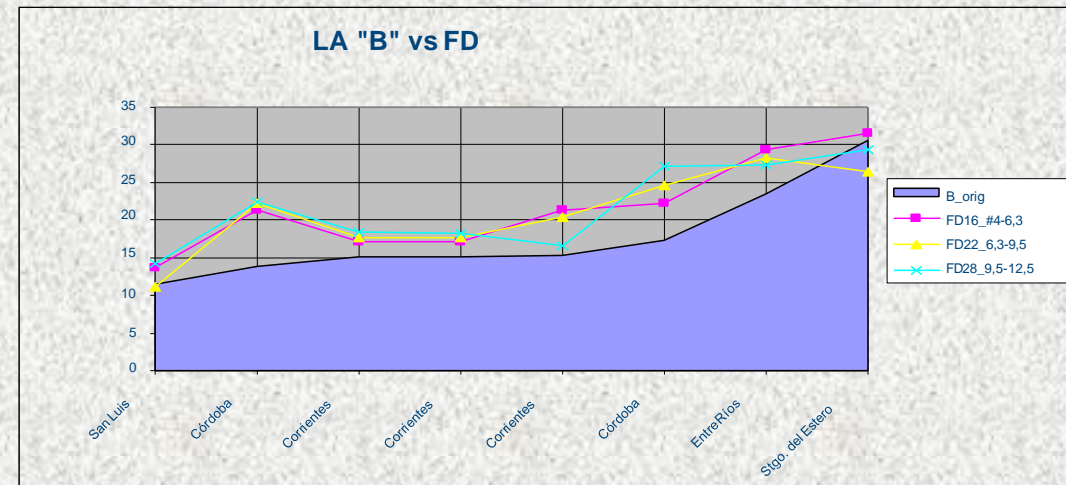
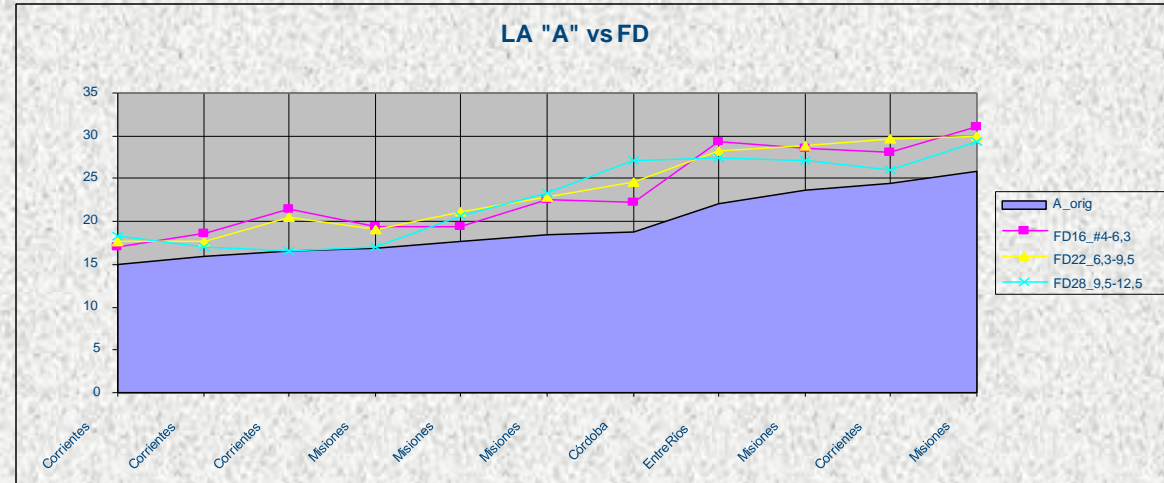
Comparaciones entre Desgaste Los Ángeles "C" y Especiales, y Fragmentación Dinámica

Granito



Comparaciones entre Desgaste Los Ángeles “A” y “B” y Fragmentación Dinámica

Basalto



Desgaste Micro-Deval (IRAM 1762)

El ensayo consiste en medir el desgaste producido por frotamiento entre los agregados con una carga abrasiva, dentro de un cilindro en rotación.

- 500 g de agregado 10-14 mm, Carga abrasiva 5000 g, Agua 2,5 lts.
12.000 vueltas en el cilindro, a 100 vueltas/min.

- El valor MDE es el porcentaje que pasa el tamiz 1,6 mm sobre el total de la muestra.

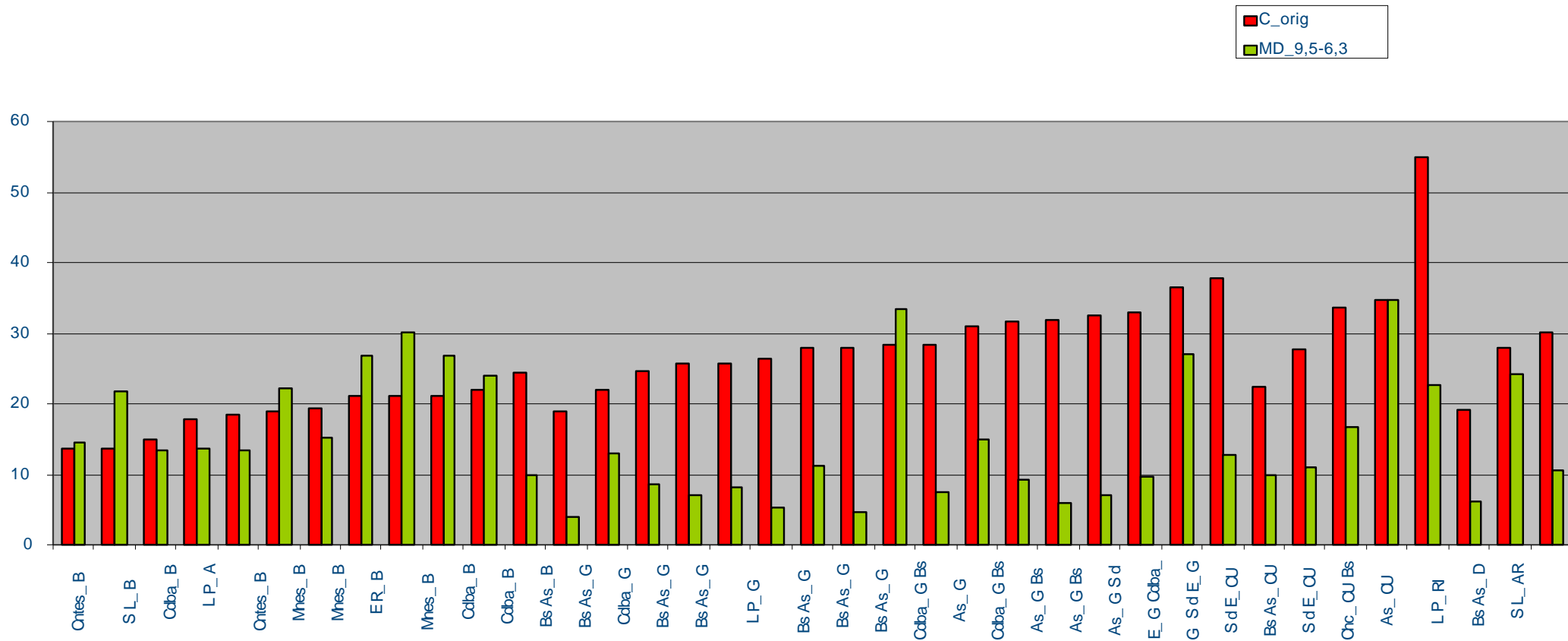


Detalles del Ensayo Micro-Deval



Gráfico comparativo entre Los Ángeles “C” y Micro-Deval 3/8-1/4

LA "C" - MD 9,5-6,3



Ensayo de Abrasión por **PULIMENTO ACELERADO**

NORMAS de APLICACION

IRAM 1543

ASTM D 3319

AASHTO T 279

Determina la **pérdida de macrotextura**, en particular de la capacidad friccionante, mediante el desgaste ocasionado por el rodamiento de una rueda de caucho en presencia de distintas instancias de material abrasivo.



Coeficiente de Pulimento Acelerado (IRAM 1543)

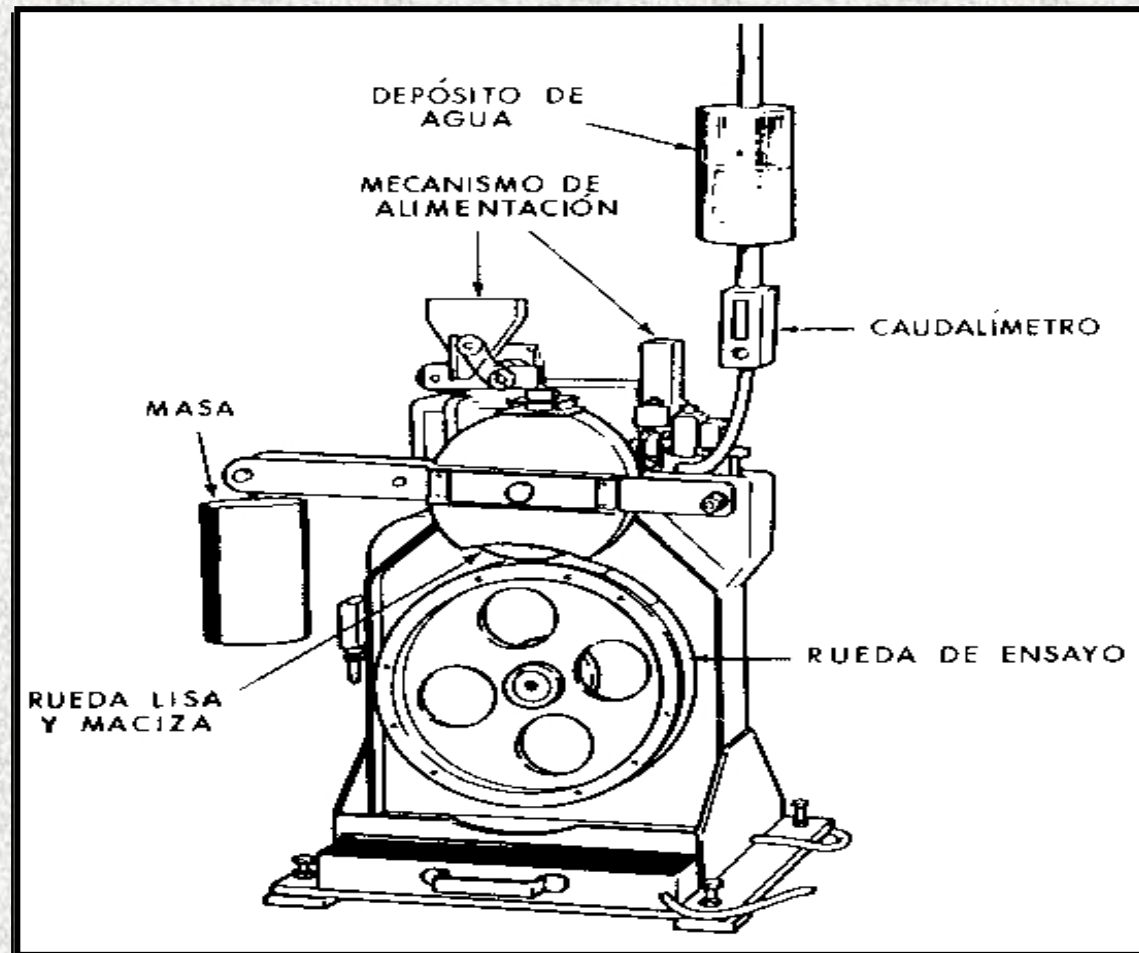
Este ensayo reproduce, de una forma acelerada, el pulimento que experimenta el árido de un pavimento bajo la acción del tránsito.

- Partículas de agregado entre 10 y 7,1mm
 - Se colocan en una base de resina (probeta).
 - Hasta 7 agregados diferentes por ensayo.
 - Las probetas se desgastan con una llanta de caucho y polvos abrasivos.
-
- El Coeficiente de Pulimento Acelerado se determina con el Péndulo de Fricción.

CPA depende de la naturaleza mineralógica



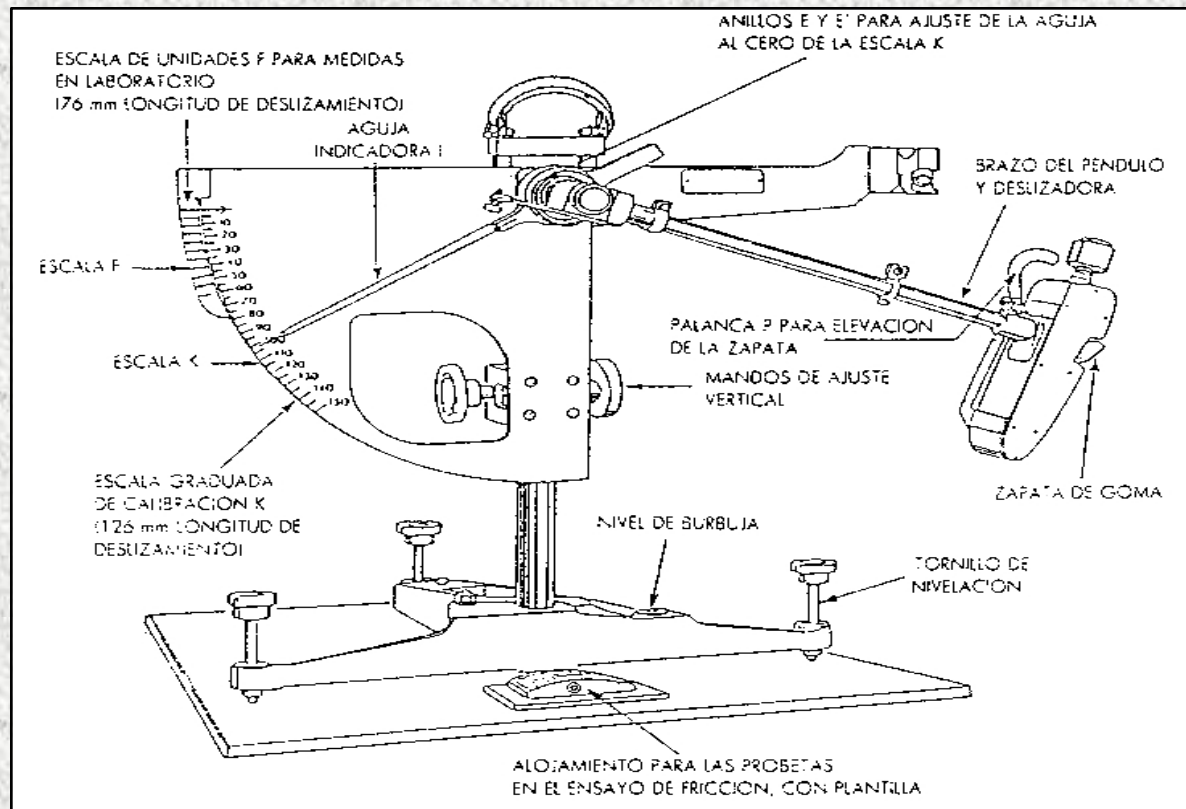
Esquema del Equipo CPA



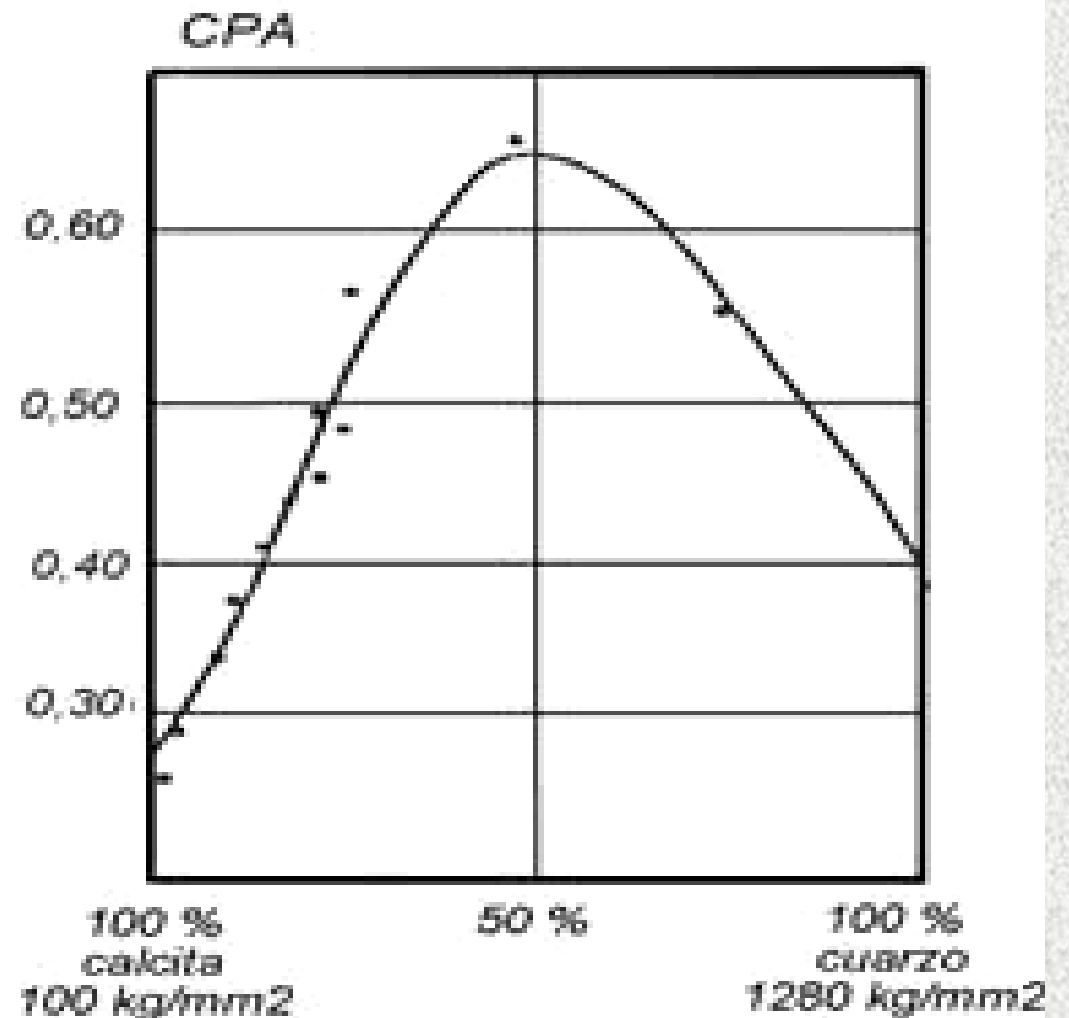
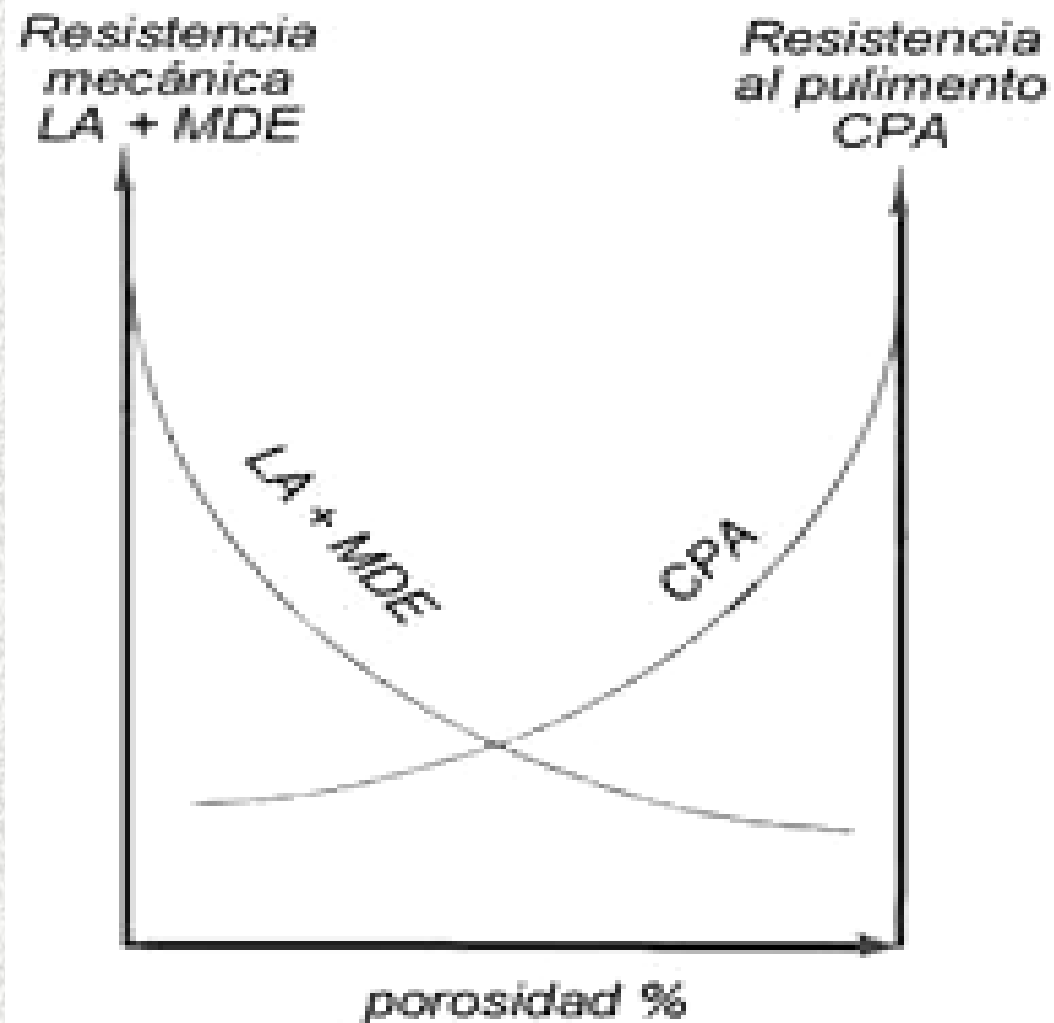
PULIMENTO ACELERADO



Péndulo de Fricción



Relación Resistencia - Porosidad



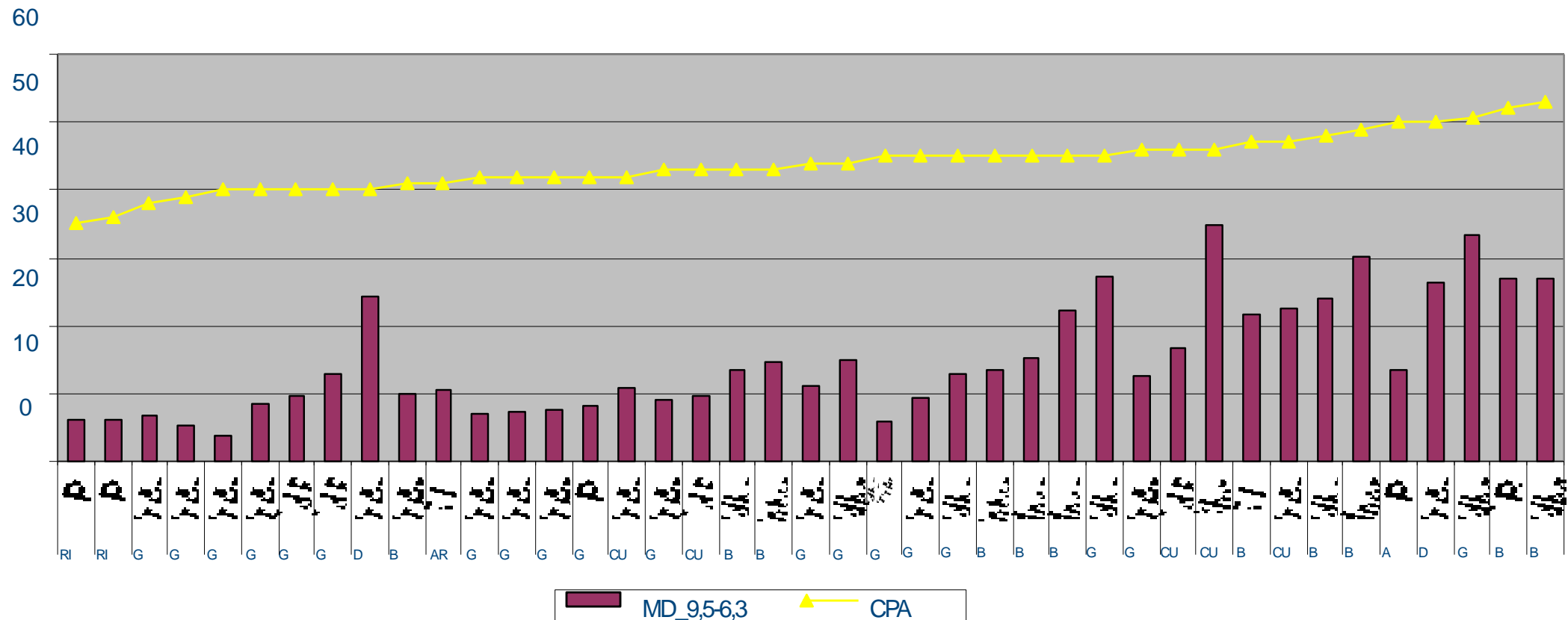
Valores minimos del Coeficiente de Pulimento Acelerado

TIPO DE CAPA	Tránsito PESADO	Tránsito MEDIO	Tránsito LIVIANO
Concr. asfáltico Para Carpeta de Rodamiento	> 0,50	> 0,45	> 0,40
Tratamientos Bituminosos Superficiales	> 0,50 y > 0,45	> 0,45	> 0,40
Lechadas Bituminosas	> 0,50	> 0,50	> 0,45
Concreto asfáltico De Mezcla Drenante	> 0,45	> 0,40	> 0,40



Gráfico comparativo CPA y MDE

CPA - MD



LÍMITES DE ENSAYOS DE CONTROL	NIVEL DE TRÁNSITO				
	T0	T1	T2	T3	T4
	> 2000	800 - 2000	200 - 800	50 - 200	< 50
Los Ángeles (%)	< 25				
Caras de Fractura (%)	100		> 90	> 75	
Pulimento CPA	> 50		> 45	> 40	
Indice de Lajas (%)	< 30			< 35	



ÁRIDOS CAPAS DE RODAMIENTO

CATEG.	100 CPA - (LA + MDE)		100 CPA	LA + MDE			MDE
A	> 30	Y	> 50	< 30	Y	< 20	< 15
B	>15		> 45	< 40		<25	< 20
C	> 5		>45	< 50		<30	< 25

ÁRIDOS PA CAPAS DE BASE

CATEG.	LA + MDE		LA	MDE
A	< 25	Y	< 20	< 15
B	< 35		< 25	< 20
C	< 45		< 30	< 25
D	< 55		< 35	< 30
E	< 80		< 45	< 45
F	> 80		> 45	> 45



Ensayos de Durabilidad Congelamiento Y Deshielo

Solución de Sulfato de Sodio o Magnesio

NORMAS de APLICACIÓN

IRAM 1525 / 1526

ASTM

AASHTO T 103 /T 104

D.N.V

Determina el **% de pérdida por fraccionamiento** de las partículas, producido por el aumento de volumen del agua al congelarse o la sal al cristalizarse. Se considera desgastado el material con tamaño menor al tamiz fijado para cada fracción.



Durabilidad por ataque con Sulfato de Sodio o Magnesio (IRAM 1525)

Refleja la acción desintegradora de los agentes atmosféricos sobre los agregados empleados en pavimentos.

- Las muestras se someten a 5 ciclos de inmersión y secado.
- El producto final se somete a los tamices especificados, según la granulometría inicial utilizada.



Resistencia al Congelamiento y Deshielo

Ensayo de degradación, normal en zona frías. Tres Procedimientos

2 ½ a 1 ½	—————	3000	±300 gr.
		2000	±200 gr.
1 ½ a ¾	—————	1000	± 50 gr.
		500	± 30 gr.
¾ a 3/8	—————	670	± 10 gr.
		330	± 5 gr.
3/8 a N°4	—————	300	± 5 gr.

24 hs en Saturación Total (A) o Parcial (B o C) a 21 / 24°C

4 a 20 hs en Congelamiento a - 26°C

Número de ciclos: usualmente 16 ciclos. Pueden ser más 25, 40, 50.



Resistencia a la acción de SO_4Na_2 o SO_4Mg

Ensayo de degradación, más severo que el de congelamiento y deshielo.

2 ½ a 1 ½	_____	3000	±300 gr.
		2000	±200 gr.
1 ½ a ¾	_____	1000	± 50 gr.
		500	± 30 gr.
¾ a 3/8	_____	670	± 10 gr.
		330	± 5 gr.
3/8 a N°4	_____	300	± 5 gr.

16 a 18 hs en Saturación a 20 / 22°C

4 a 6 hs en estufa a 110° +/- 5°C

Número de ciclos: usualmente 16 ciclos. Pueden ser más 25, 40, 50.



Determinación del % de Pérdida

**Concluido el N° de ciclos previsto se seca a en estufa a 110° +/- 5°C
Hasta peso constante, tamizando cada fracción**

2 ½" a 1 ½"

Pasa Tamiz de 1 ¼"

1 ½" a ¾"

Pasa Tamiz de 5/8"

¾" a 3/8"

Pasa Tamiz de 5/16"

3/8" a N° 4

Pasa Tamiz N° 5 (4 mm)

**La pérdida es la sumatoria de los porcentajes determinado relacionando:
la masa inicial en estudio y la masa que pasa el tamiz fijado para cada fracción.**



Inmersión en Etilen-glicol Basaltos (IRAM 1519)

30 días de inmersión en etilen-glicol

El etilen-glicol se combina con las arcillas expansivas, produciéndose:

- Aumento de volumen de las arcillas
- Posible disgregación del agregado
- Se separa por el tamiz 10 mm.



Adherencia asfalto - agregado

- **Adherencia:** el proceso de formación de unión química entre la película de asfalto y la superficie del agregado.
- **Adherencia Activa:** Recubrimiento y Formación de unión química en presencia de agua.



Adherencia asfalto - agregado

Es un fenómeno complejo en el cual intervienen factores físicos y químicos:

- Físicos:**

Limpieza, textura y porosidad del árido;
Viscosidad, tensión superficial y espesor
de la película de ligante, presencia de agua, etc.

- Químicos:**

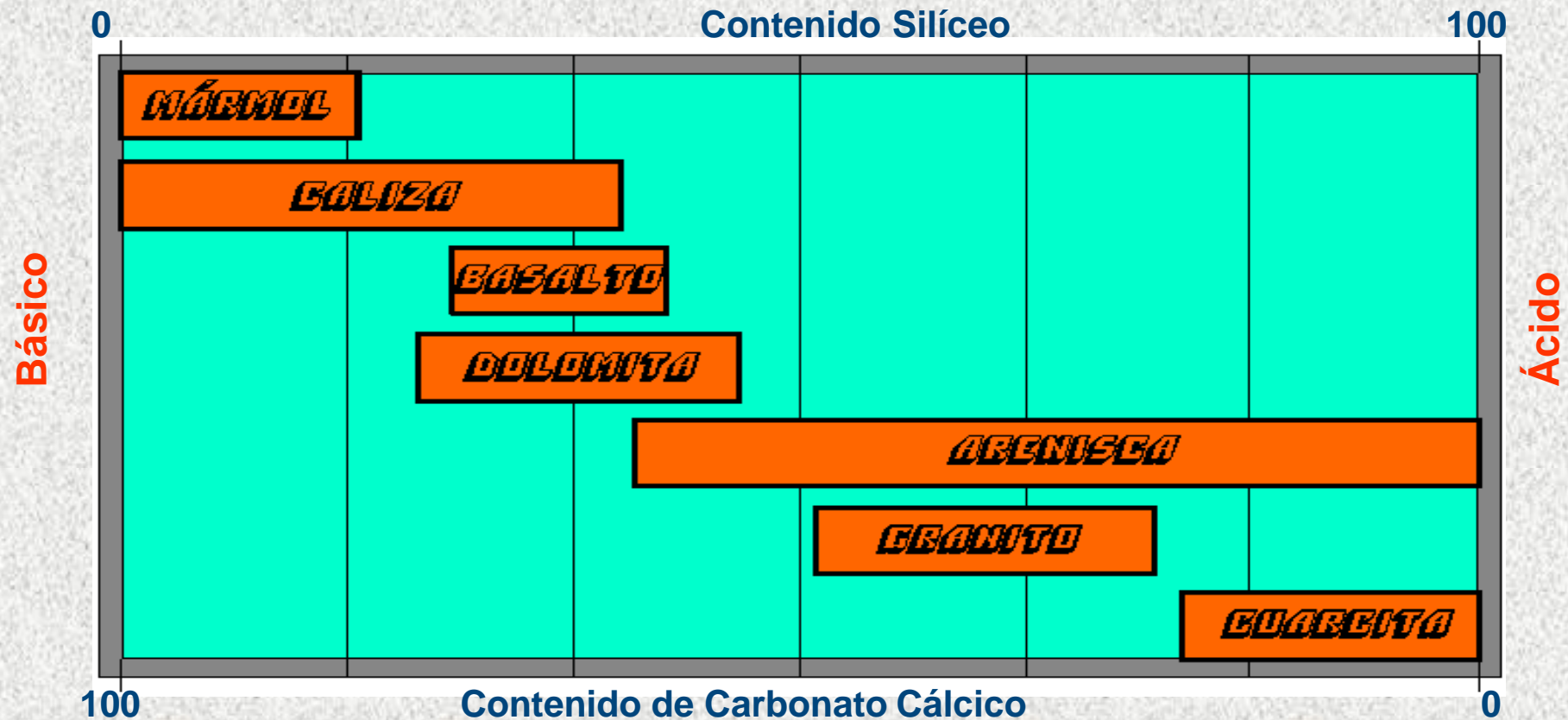
Áridos Hidrófobos

Áridos Hidrófilos (mayor afinidad con el agua)



Adherencia asfalto - agregado

Acidez: Relacionada con un alto contenido en sílice; implica gran afinidad o avidez por el agua.



Adherencia asfalto - agregado

- La **adherencia** entre los **áridos silíceos o ácidos** y los ligantes asfálticos es mala, puesto que sus superficies se repelen (ambos tienen cargas negativas) **HIDROFILOS**

Ejemplo: Granito

- **Mejoradores de adherencia:** disminuyen la tensión superficial y polarizan al ligante, creando la adhesividad química.



Adherencia asfalto - agregado

Los áridos básicos con altos contenidos en óxidos alcalinos y bajos contenidos en sílice:

Ejemplo: Basalto

- son menos hidrófilos que los silíceos
- se cargan positivamente en presencia de agua
- Pueden presentar cierta atracción por los iones negativos libres que existen en los asfaltos
- Así mejoran adhesividad entre ambos materiales.



Áridos basálticos (sin aditivo)



Áridos silíceos (sin aditivo)



Adherencia asfalto - agregado

Inmersión estática

- 100g agregado seco, fracción 9,5-6,3mm se mezclan con 5,5g de asfalto caliente (135° - 149°C) hasta cubrimiento de partículas. Dejar enfriar hasta temperatura ambiente
- Transferir a un vaso de vidrio y se cubre con 400ml de agua a la temperatura de punto de ablandamiento más 5°C . Dejar inmerso de 16 a 18 hs.
- Luego se estima visualmente la superficie del agregado que está cubierta con asfalto.
- **Valor admisible: superficie cubierta $> 95\%$**



Adherencia asfalto - agregado

Ensayo Vialit

- Se incrustan 100 partículas de agregado seco sobre una película de asfalto de 2 mm de espesor, extendida sobre una placa metálica.
 - Se invierte la placa y se deja caer una bola de acero desde una altura determinada.
 - Se calcula un índice a partir del número de piedras desprendidas.
-
- **Valor admisible:**
Partículas adheridas > 90%



Adherencia asfalto - agregado

Inmersión dinámica – Estabilidad Remanente Norma VN-E 32

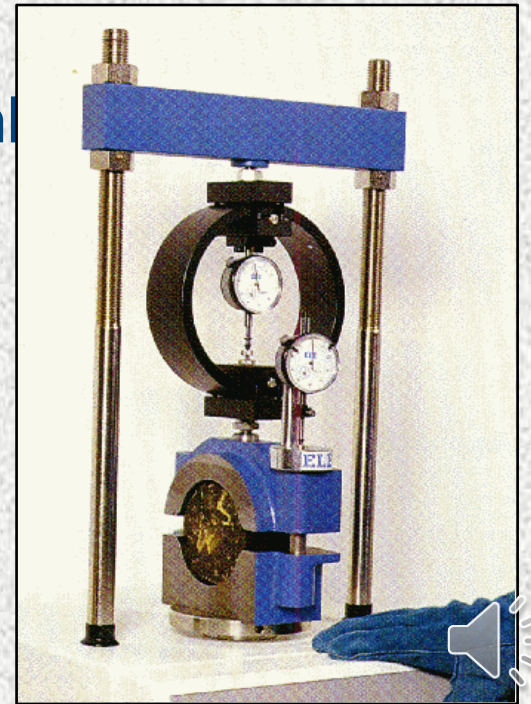
- Se moldean dos juegos de probetas Marshall.
- Un juego se deja al aire 24 hs. El otro se deja sumergido en agua durante 24 hs a 60 °C.

• Se realiza el ensayo Marshall y se valora la Estabilidad en ambas de probetas.

• Se analiza la comparación entre ambas estabilidades.

La relación es la Estabilidad Remanente.

Valor admisible > 80%

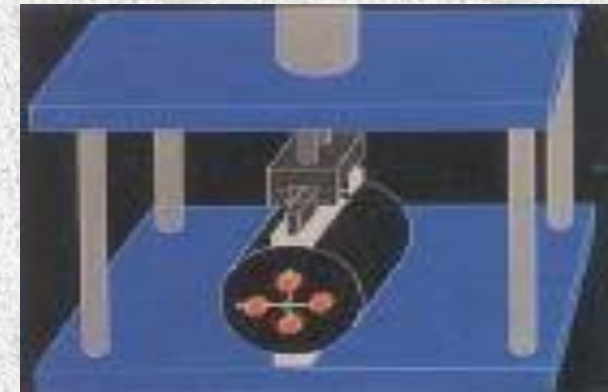


Adherencia asfalto - agregado

Test de Lottman – AASHTO T 283

- Se moldean dos juegos de probetas Marshall.
- Un juego se deja al aire 24 hs.
- El otro se deja saturar con agua, se congelan durante 16 hs, luego 24 hs a 60 °C.
- Se realiza el ensayo de tracción indirecta a 25 °C. en ambos juegos de probetas.
- Se analiza la comparación entre ambas resistencias.

Valor admisible > 80%



Adherencia asfalto - agregado

Aditivos mejoradores de adherencia

Estos productos (tensoactivos), son agentes de superficie, que incorporados al ligante mejoran la adherencia orientando las moléculas más polares del ligante hacia el árido para neutralizar las cargas electrostáticas de la superficie mineral, de manera que modifican su superficie y las vuelven “más mojables” por los ligantes que por el agua. En % < 1 %.

Entre los productos se encuentran:

- microaminas grasas
- diaminas
- amido - aminas



Filler

DEFINICIÓN

Material que pasa el tamiz nº 200 (74 micrones).

Debido a su finura y a su actividad superficial respecto al ligante debe ser considerado en forma especial

Es posible su clasificación en:

RELLENO MINERAL NATURAL

Se refiere al material fino, no perjudicial, que posee el árido a utilizar.

RELLENO MINERAL DE APORTE

Se refiere al material fino de origen comercial, que se incorpora adicionalmente a la mezcla. Se utiliza **POLVO MINERAL CALCÁREO, CALES HIDRATADAS O CEMENTOS PÓRTLAND.**



Filler

Los ensayos más comúnmente utilizados en la caracterización del filler son:

- Concentración crítica de rellenos minerales. Norma VN-E-11
- Peso específico aparente de rellenos minerales. Norma VN-E 15
- Análisis mecánico del relleno mineral. Norma VN-E 39
- Análisis químico del relleno mineral. Norma VN-E 40

Su presencia en la mezcla asfáltica colabora a la adherencia asfalto agregado. Su uso es fundamental en las carpetas de rodamiento, por ser estas las expuestas a la acción del agua.



Filler

Concentración crítica de rellenos minerales.

Norma VN-E-11

Se toma una muestra de 100 gramos de material

- se somete a calentamiento en un tubo de ensayo junto con 20 ml de kerosene anhidro, durante una hora, con agitación suave
- se deja en reposo 24 horas
- se lee el volumen ocupado por el filler y se calcula la siguiente relación de Concentración Crítica:

$$Cs = \text{Peso material} / (\text{Vol} * \text{peso específico})$$

Luego, en el diseño de la mezcla asfáltica se controla que el % de filler en la mezcla sea menor que Cs.

$$Cv/Cs < 1$$



Ensayo de Hidrometría (Sedimentometría o Análisis Mecánico)

NORMAS de APLICACION

IRAM E 39

ASTM D 422

AASHTO T 88

Determina el tamaño y distribución de las partículas componentes del suelo mas fino. Con sus resultados se completa la curva granulométrica por debajo del tamiz N° 200. Es importante cuando se trabaja con agentes estabilizadores.



Los **HIDRÓMETROS** están calibrados para medir:

Densidad de la suspensión

$$\delta = W / V = [W_s . (\gamma - \gamma_a) / (V . \gamma)] + \gamma_a$$

o

Concentración de la suspensión

$$C = W_s / V = [(\delta - \gamma_a) . \gamma] / (\gamma - \gamma_a)$$

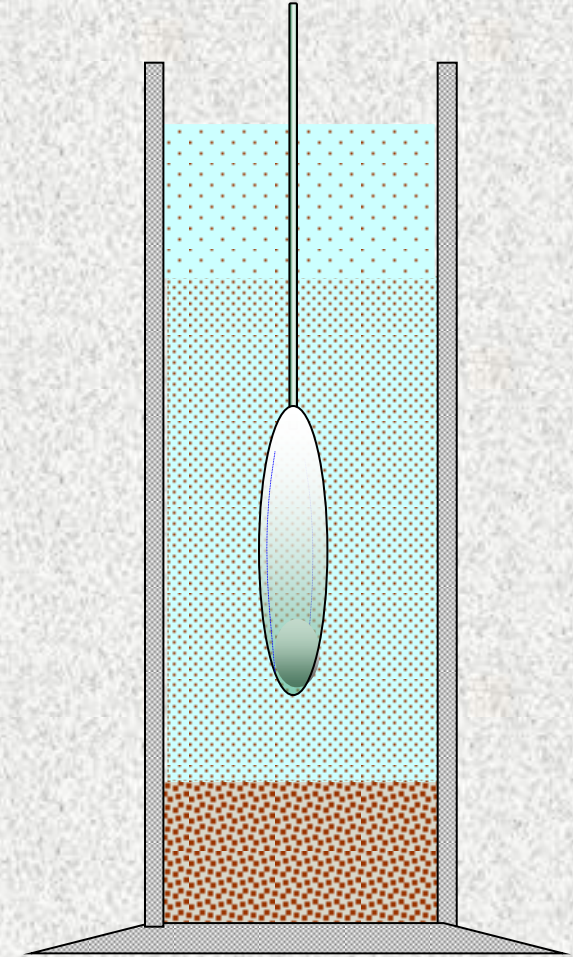
Pongamos una en función de la otra

$$\delta = [C . (\gamma - \gamma_a) / \gamma] + \gamma_a$$

Que para las condiciones de calibración C_o quedaría:

$$\delta = [C_o . (\gamma_{s_o} - \gamma_o) / \gamma_{s_o}] + \gamma_{a_o}$$

Y lo mismo podríamos hacer para la concentración



$$C = a [C_0 + s]$$

Para calcular los porcentajes hacemos $C_0 = L$ la lectura del hidrómetro siendo W_s la cantidad de suelo seco usado en el ensayo, resulta:

$$P = (L + s) . a . 100 / W_s$$

$$D \text{ (mm)} = 30 . n . l / \delta . (\gamma - \gamma_a) . T = D_0 . (\eta / 0,01) . 1,6518 (\gamma - \gamma_a) . (l / l_0)$$

- ❖ **Corrección por Menisco (Lectura)**
- ❖ **Corrección por Temperatura**
- ❖ **Corección por Densidad**

Modificación para suelos de:

- Baja Plasticidad
- Plasticidad Media
- Alta Plasticidad



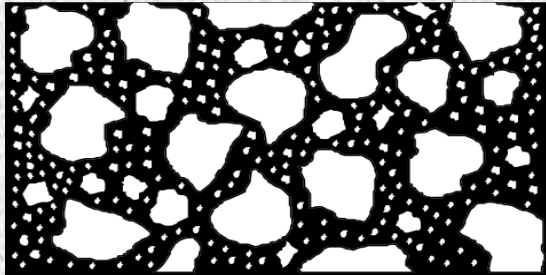
TIEMPOS DE LECTURA

DIAMETROS EN Calibración Do

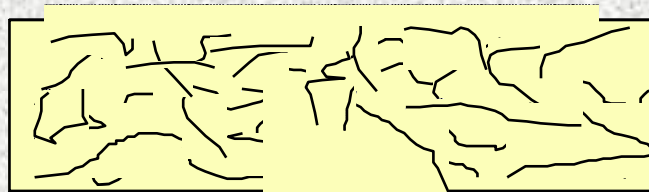
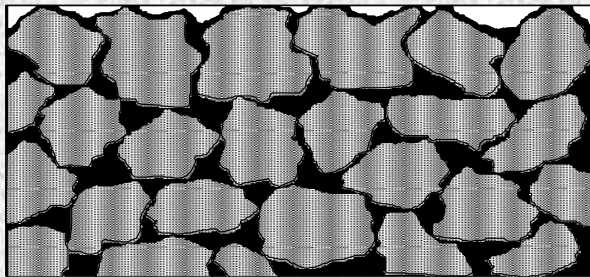
1 minuto	78 μ
2 minutos	55 μ
5 minutos	35 μ
15 minutos	20 μ
30 minutos	14 μ
60 minutos	10 μ
250 minutos	5 μ
1440 minutos	1 μ



Fibras



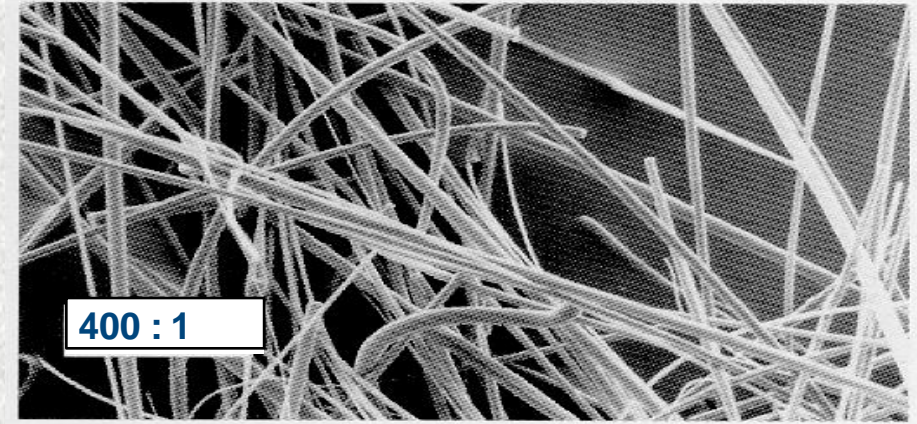
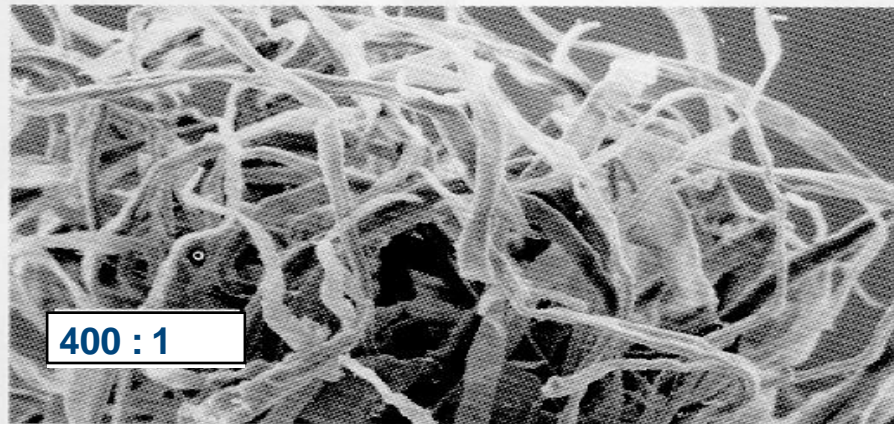
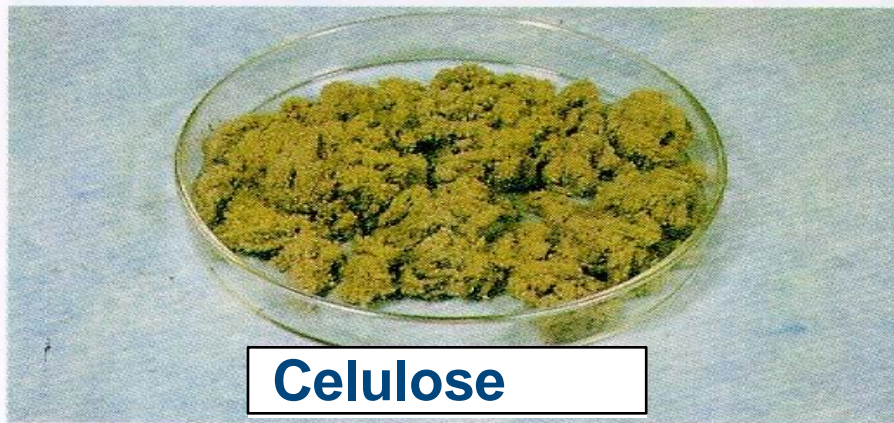
FIBRAS



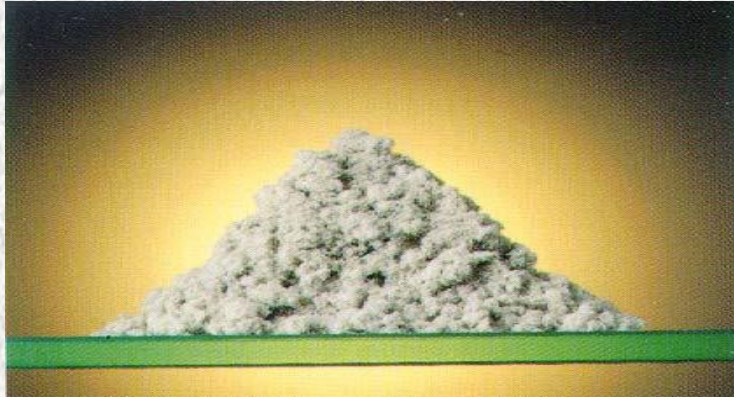
SMA



Fibras

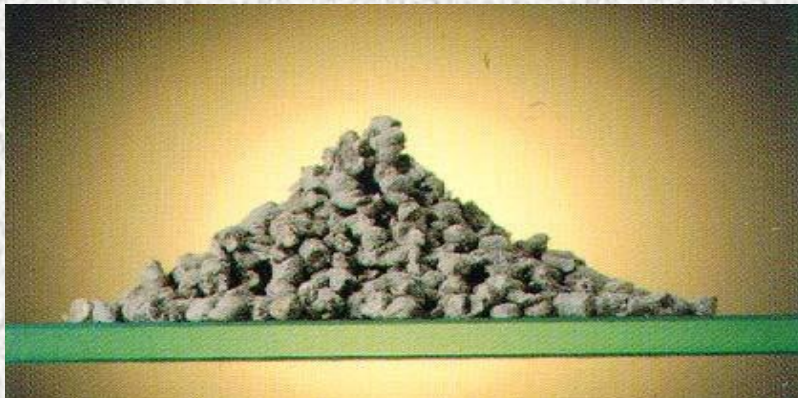


Fibras

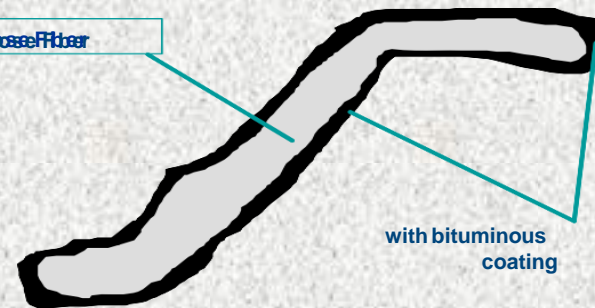


Fibras de celulosa

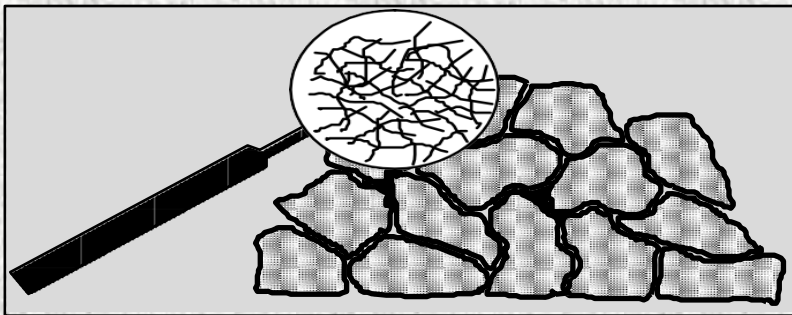
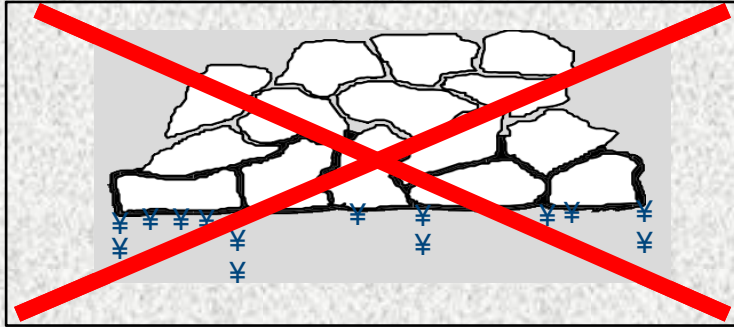
VIATOP



Cellulose Fiber



Fibras

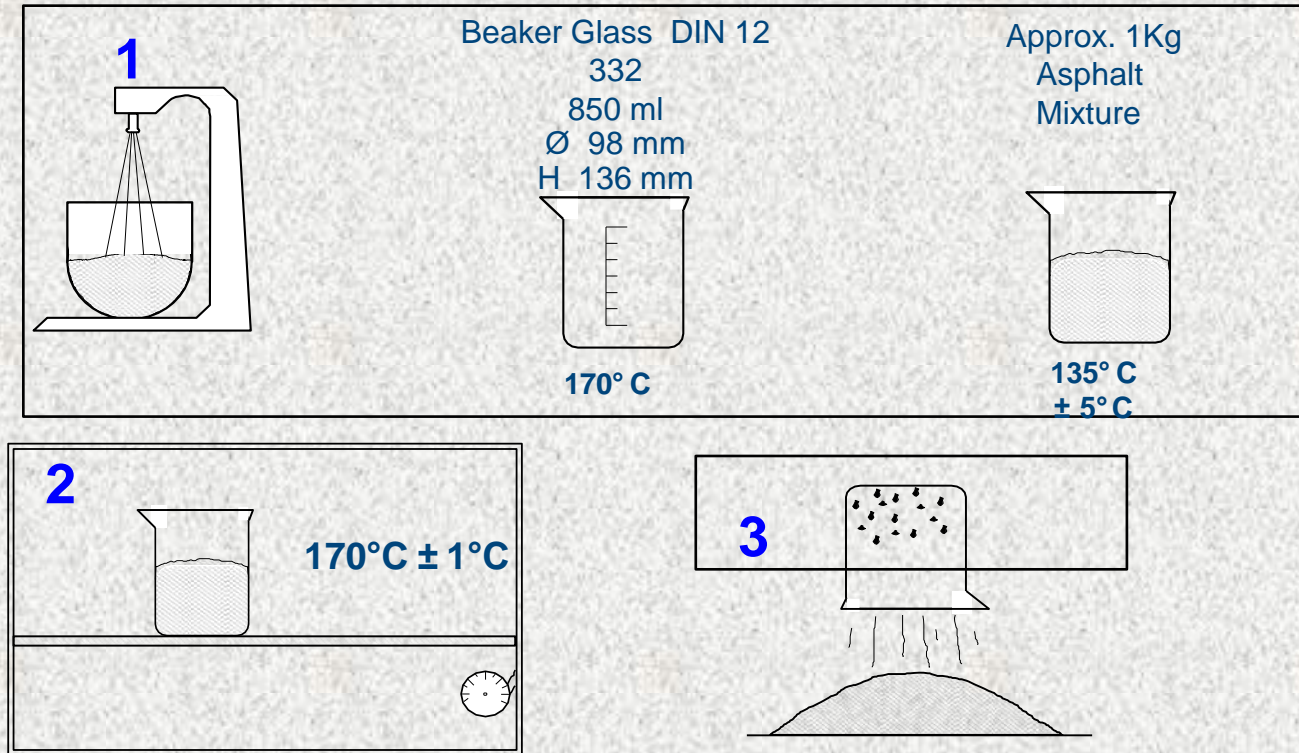


FUNCIÓN DE LAS FIBRAS

Evitar el escurrimiento del
cemento asfáltico y el filler



Fibras



Test de escurrimiento

Se valora el % en peso de cemento asfáltico que escurre al fondo del recipiente luego de 1 hora en estufa.

Aceptable entre:

0.2 y 0.3 %



Gracias por su atención!



Ing. Norberto J. CERUTTI

Sub Comité Técnico de la CPA



njc1737@fibertel.com.ar



Asociación Argentina de Carreteras
Av. Paseo Colón 823-Piso 6
C 1063-CABA

Comisión Permanente del Asfalto
Av. Paseo Colón 823-Piso 10
C 1063-CABA

