

CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

TRABAJO PRÁCTICO Nº 8:
DISEÑO DE MEZCLAS – MÉTODO MARSHALL

ALCANCE DEL PRESENTE TRABAJO

El esquema que se presenta, considera la investigación de los materiales a utilizar, extraídos de los acopios de la empresa proveedora. Se trata del desarrollo de un caso real.

El primer paso de este estudio de laboratorio incluye la evaluación de los mismos y aprobación de los acopios demostrando que los componentes y valores de éstos solicitado por pliego cumplen con lo especificado.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA RIPIO ZARANDEADO

| TAMIZ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Promedio |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| ¾ | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| ½ | 67,8 | 68,4 | 67,1 | 68,9 | 68,5 | 64,8 | 69,9 | 70,5 | 68,2 |
| 3/8 | 48,4 | 46,9 | 43,3 | 40,1 | 44,6 | 42 | 44,5 | 47,3 | 44,6 |
| 4 | 2,8 | 5,3 | 4,8 | 4,1 | 3,9 | 4,7 | 3,5 | 4,8 | 4,2 |

Nota: Material extraído del acopio del proveedor ripiero Malentachi.

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA EXTRACCIÓN DE ACOPIO. RIPIERA

| TAMIZ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Promedio |
|-------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 3/8 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4 | 94,1 | 93,2 | 92,7 | 93,9 | 92,7 | 92,8 | 93,2 |
| 8 | 73,4 | 71,1 | 69,5 | 71,8 | 70,5 | 71,4 | 71,3 |
| 40 | 40,8 | 39,9 | 39,7 | 37,8 | 38,3 | 39,2 | 39,3 |
| 100 | 22,1 | 20,7 | 21,5 | 19,9 | 20,4 | 22,6 | 21,2 |
| 200 | 10,4 | 12,8 | 13 | 12,5 | 12,8 | 12,1 | 12,3 |

Ensayo granulométrico realizado por lavado.

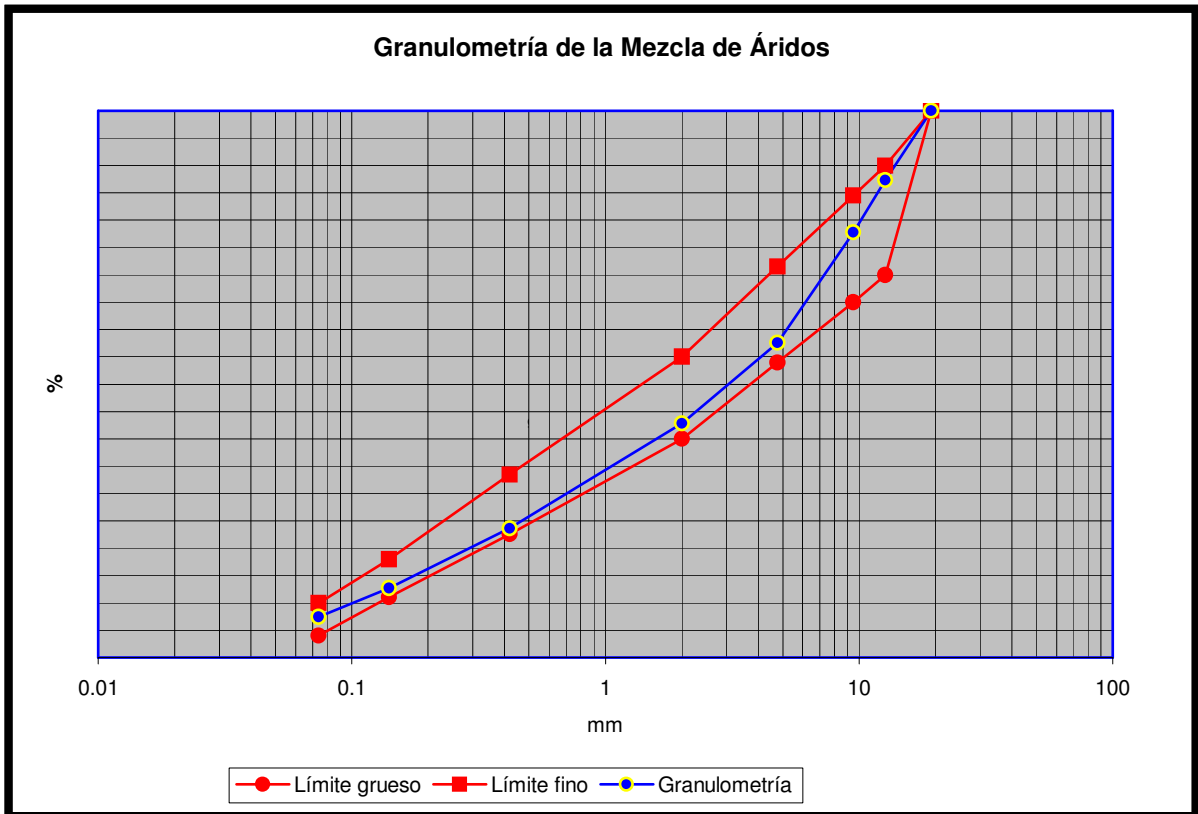
MEZCLA DE ÁRIDOS, RIPIO ZARANDEADOS Y ARENA ZARANDEADA

| TAMIZ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|------|------|------|------|------|-------|
| ¾ | 100 | 100 | 40 | 60 | 100 | 100 |
| ½ | 68,2 | 100 | 27,3 | 60 | 87,3 | 70-90 |
| 3/8 | 44,6 | 100 | 17,8 | 60 | 77,8 | |
| 4 | 4,2 | 93,2 | 1,7 | 55,9 | 57,6 | |
| 8 | | 71,3 | | 42,8 | 42,8 | 40-55 |
| 40 | | 39,3 | | 23,6 | 23,6 | |
| 100 | | 21,2 | | 12,7 | 12,7 | |
| 200 | | 12,3 | | 7,4 | 7,4 | 4-10 |

Referencias

- 1) % granulometría ripio
- 2) % ripio en mezcla
- 3) % granulometría arena
- 4) % arena en mezcla
- 5) Mezcla lograda
- 6) Límites del Pliego

GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA CON MATERIALES DE RIPIERA Y CURVA LÍMITES



CÁLCULO DE CALIBRACIÓN DE PLANTA ASFÁLTICA CON MATERIALES ZARANDEADOS
RIPIO DE RIPIERA KM 61
ARENA DE RIPIERA KM 51
CALCULADO EN Kg/Tn

40% de ripio = 37,88% = 378,8 kg/tn
60% de arena = 56,82% = 568,2 kg/tn

Cálculo de silo a pastonera

Silo 1 3/4" a 1/2" _____ 94,7 kg/tn
Silo 2 1/2" a N° 4" _____ 284,1 kg/tn
Silo 3 Pasante N° 4 _____ 568,2 kg/tn
Asfalto _____ 53 kg/tn
TOTAL _____ 1000 kg

Nota: los kg de material ingresante al hormo están calculados sin humedad. Por lo tanto se debe corregir con el porcentaje de humedad de acopio.

ARENA ZARANDEADA
PESO ESPECÍFICO
MÉTODO RICE

Ensayo N° 1

Peso del frasco + agua _____ 3167,7 gr
Peso del material seco _____ 990,3 gr

Teórico

Peso del frasco + material + agua _____ 4158 gr

Práctico

Peso del frasco + material + agua _____ 3787,3 gr
Volumen del material _____ 370,7 gr

Peso específico = 2,671

Ensayo N° 2

Peso del frasco + agua _____ 3166,3 gr
Peso del material seco _____ 1000 gr

Teórico

Peso del frasco + material + agua _____ 4166 gr

Práctico

Peso del frasco + material + agua _____ 3793,9 gr
Volumen del material _____ 372,4 gr

Peso específico = 2,685

PESO ESPECÍFICO
MÉTODO RICE
MATERIAL ARENA
MATERIAL EXTRAIDO DE ACOPIO DEL PREVEEDOR

Promedio de Ensayo

$$\frac{2,671 + 2,685}{2}$$

Peso específico del promedio = 2,678

**PESO ESPECÍFICO
MÉTODO RICE
RIPIO ZARANDEADO**

Ensayo N° 1

Peso del frasco + agua _____ 3167,9 gr
Peso del material seco _____ 997,5 gr

Teórico

Peso del frasco + material + agua _____ 4166,6 gr

Práctico

Peso del frasco + material + agua _____ 3792,6 gr
Volumen del material _____ 375 gr

Peso específico = 2,660

Ensayo N° 2

Peso del frasco + agua _____ 3167,9 gr
Peso del material seco _____ 998,7 gr

Teórico

Peso del frasco + material + agua _____ 4166,6 gr

Práctico

Peso del frasco + material + agua _____ 3792,6 gr
Volumen del material _____ 374 gr

Peso específico = 2,670

**PESO ESPECÍFICO
MÉTODO RICE
MATERIAL RIPIO ZARANDEADO
MATERIAL EXTRAIDO DE ACOPIO DEL PREVEEDOR**

Promedio de Ensayo

$$\frac{2,660 + 2,670}{2} =$$

Peso específico del promedio = 2,665

PESO ESPECÍFICO APARENTE
V.N.E. 15-67

Peso Específico Aparente

$$P.E.A. = \frac{P_s}{P_s - P_i} = \frac{981}{981 - 612} = 2658$$

Peso Específico del Agregado Seco

$$P.E.A.S. = \frac{P_s}{P_H - P_i} = \frac{981}{990 - 612} = 2595$$

Peso Específico Saturado

$$P.E.A.Sat. = \frac{P_H}{P_H - P_i} = \frac{990}{990 - 612} = 2619$$

Absorción

$$A\% = \frac{P_H - P_s}{P_s} = \frac{990 - 981}{981} \times 100 = 0,9\%$$

ENSAYO EQUIVALENTE ARENA
ARENA ZARANDEADA

Ensayo Nº 1

$$\begin{array}{l} \text{Lectura inferior} \\ \text{Lectura superior} \end{array} \quad | = \frac{35}{69} = 51$$

Ensayo Nº 2

$$\begin{array}{l} \text{Lectura inferior} \\ \text{Lectura superior} \end{array} = \frac{37}{67} = 55$$

Ensayo Nº 3

$$\begin{array}{l} \text{Lectura inferior} \\ \text{Lectura superior} \end{array} = \frac{35}{70} = 50$$

$$\text{PROMEDIO} \quad \frac{51 + 55 + 50}{3} = 52$$

EXIGENCIA MÍNIMA: 50

PESO ESPECÍFICO APARENTE
V.N.E. 15-67
FILLER

Volumen inicial $M^L = 11$
Volumen final $M^L = 18,6$
Peso muestra 20gr

$$PE/A = \frac{20}{18,6-11} = \frac{20}{7^6} = 2,631$$

Volumen inicial $M^L = 5$
Volumen final $M^L = 14,5$
Peso muestra 25gr

$$PE/A = \frac{25}{14,5-5} = \frac{25}{9^5} = 2,631$$

CONCENTRACIÓN CRÍTICA
V.N.E. 11-67

Peso muestra = 12 gr
Volumen sedimentado = 9

$$C_s = \frac{12}{2,631 \times 10} = \frac{12}{26,31} = 0,456$$

Valor de "C"

$$\text{Pasa 200\% en peso} \quad \frac{93,3 \times 6,7}{100} = 6,251$$

$$\text{Pasa 200\% en volumen} \quad \frac{6,251}{2,631} = 2,376$$

$$"C" = \frac{2,376}{2,376 + 5^5} = \frac{2,376}{7,876} = 0,3017$$

$$C/C_s = \frac{0,3017}{0,456} = 0,66 \leq 1$$

**ENSAYO DESGASTE “LOS ÁNGELES”
GRADUACIÓN “B”**

$$\frac{5000 - 4083}{5000} = \frac{917}{5000} = 18,34\%$$

**FACTOR DE CUBICIDAD
GRADUACIÓN “D”**

| | | | |
|-----|----|---|-----|
| 1/2 | I | = | 650 |
| 1/2 | II | = | 235 |
| 3/8 | I | = | 845 |
| 3/8 | II | = | 80 |

$$F_c = \frac{65 + \frac{23,5}{2} + 84,5 + \frac{8}{2}}{100 \times 2} = 0,83$$

Índice de plasticidad de los materiales con resultado = no plásticos

ENSAYO MARSHALL CON 4⁵% DE ASFALTO

| Nº | Peso Seco | Peso Sumerg. | Peso SSS | Volumen | Densidad Marshall |
|-----------------|-------------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 1172 ⁵ | 663 | 1173 ² | 510 ² | 2298 |
| 2 | 1169 ³ | 663 | 1170 ¹ | 507 ¹ | 2306 |
| 3 | 1170 ⁸ | 660 | 1171 ⁵ | 511 ⁵ | 2289 |
| Promedio | | | | | 2298 |

PROMEDIO DE VALORES

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Volumen asfalto probeta | 52,69 |
| % asfalto en volumen | 10,34 |
| % de vacío | 6 ⁸ |
| Relación betún vacíos | 60,32 |
| Vacíos del agregado mineral | 17,14 |

PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA MÉTODO RICE: 2466

ENSAYO MARSHALL CON 4.5 % DE ASFALTO

| Nº | 1ra | 2da | 3ra | 4ta | Promedio | Factor corrección |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 61 ⁸ | 62 ³ | 62 ⁰ | 61 ⁵ | 61 ⁹ | 1,04 |
| 2 | 61 ² | 61 ⁸ | 61 ⁵ | 61 ⁰ | 61 ⁴ | 1,05 |
| 3 | 62 ⁰ | 61 ⁴ | 61 ⁸ | 62 | 61 ⁸ | 1,04 |

ESTABILIDAD Y FLUENCIA

| Nº | Lectura | Factor Aro | Corrección | Estabilidad | Fluencia |
|--------------------------|---------|------------|------------|-------------|----------------|
| 1 | 90 | 6,98 | 1,04 | 653 | 1 ⁷ |
| 2 | 86 | 6,98 | 1,05 | 630 | 1 ⁶ |
| 3 | 88 | 6,98 | 1,04 | 638 | 1 ⁶ |
| Promedios | | | | 640 | 1,63 |
| ESTABILIDAD = 640 | | | | | |
| FLUENCIA = 1,63 | | | | | |

ENSAYO MARSHALL CON 5 % DE ASFALTO

| Nº | Peso Seco | Peso Sumerg. | Peso SSS | Volumen | Densidad Marshall |
|-----------------|-------------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 1173 ³ | 668 | 1174 ⁶ | 506 ⁶ | 2316 |
| 2 | 1168 ⁴ | 665 | 1168 ⁹ | 503 ⁹ | 2319 |
| 3 | 1169 ⁷ | 664 | 1170 ¹ | 506 ¹ | 2311 |
| Promedio | | | | | 2314 |

PROMEDIO DE VALORES

| | |
|-----------------------------|-------|
| Volumen asfalto probeta | 58,52 |
| % asfalto en volumen | 11,57 |
| % de vacío | 4,47 |
| Relación betún vacíos | 67,90 |
| Vacíos del agregado mineral | 17,04 |

PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA MÉTODO RICE: 2448

ENSAYO MARSHALL CON 5% DE ASFALTO
INFORME DE MEDIDAS Y CORRECCIONES

| Nº | 1ra | 2da | 3ra | 4ta | Promedio | Factor corrección |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 61 ⁰ | 60 ⁸ | 61 ² | 60 ⁵ | 60 ⁹ | 1,07 |
| 2 | 61 ³ | 61 ⁰ | 60 ⁷ | 61 ⁸ | 60 ⁹ | 1,07 |
| 3 | 61 ⁴ | 60 ⁵ | 61 ³ | 61 ⁰ | 61 ⁰ | 1,07 |

ESTABILIDAD Y FLUENCIA

| Nº | Lectura | Factor Aro | Corrección | Estabilidad | Fluencia |
|--------------------------|---------|------------|------------|-------------|----------------|
| 1 | 98 | 6,98 | 1,07 | 732 | 2 ¹ |
| 2 | 96 | 6,98 | 1,07 | 717 | 2 ⁰ |
| 3 | 97 | 6,98 | 1,07 | 724 | 2 ² |
| Promedios | | | | 724 | 2,10 |
| ESTABILIDAD = 724 | | | | | |
| FLUENCIA = 2,10 | | | | | |

ENSAYO MARSHALL CON 5⁵% DE ASFALTO

| Nº | Peso Seco | Peso Sumerg. | Peso SSS | Volumen | Densidad Marshall |
|-----------------|-------------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 1170 ⁸ | 671 | 1171 ³ | 500 ³ | 2340 |
| 2 | 1172 ⁴ | 671 | 1173 ¹ | 502 ¹ | 2335 |
| 3 | 1170 ¹ | 669 | 1170 ⁵ | 501 ⁵ | 2333 |
| Promedio | | | | | 2336 |

PROMEDIO DE VALORES

| | |
|-----------------------------|-------|
| Volumen asfalto probeta | 64,41 |
| % asfalto en volumen | 12,85 |
| % de vacío | 3,82 |
| Relación betún vacíos | 77,08 |
| Vacíos del agregado mineral | 16,67 |

PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA MÉTODO RICE: 2429

ENSAYO MARSHALL CON 5.5% DE ASFALTO
INFORME DE MEDIDAS Y CORRECCIONES

| Nº | 1ra | 2da | 3ra | 4ta | Promedio | Factor Corrección |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 60 ⁷ | 60 ⁹ | 61 ⁴ | 61 ⁰ | 61 ⁰ | 1,07 |
| 2 | 61 ³ | 61 ⁰ | 60 ⁵ | 61 ³ | 61 ³ | 1,06 |
| 3 | 60 ⁴ | 60 ⁶ | 61 ⁰ | 61 ⁰ | 61 ⁷ | 1,08 |

ESTABILIDAD Y FLUENCIA

| Nº | Lectura | Factor aro | Corrección | Estabilidad | Fluencia |
|-----------------|---------|------------|------------|-------------|----------------|
| 1 | 106 | 6,98 | 1,07 | 792 | 2 ³ |
| 2 | 109 | 6,98 | 1,06 | 806 | 2 ² |
| 3 | 107 | 6,98 | 1,09 | 814 | 2 ³ |
| Promedio | | | | 804 | 2,27 |

ESTABILIDAD = 804
FLUENCIA = 2,27

ENSAYO MARSHALL CON 6% DE ASFALTO

| Nº | Peso Seco | Peso Sumerg. | Peso SSS | Volumen | Densidad Marshall |
|-----------------|-------------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 1184 ² | 676 | 1184 ⁶ | 508 ⁶ | 2328 |
| 2 | 1172 ³ | 670 | 1172 ⁹ | 502 ⁹ | 2331 |
| 3 | 1173 ³ | 671 | 1174 ³ | 503 ³ | 2331 |
| Promedio | | | | 2330 | |

PROMEDIO DE VALORES

Volumen asfalto probeta 70,59
% asfalto en volumen 13,98
% de vacío 3,35
Relación betún vacíos 80,66
Vacíos del agregado mineral 17,33

PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA MÉTODO RICE: 2411

ENSAYO MARSHALL CON 6% DE ASFALTO
 INFORME DE MEDIDAS Y CORRECCIONES

| Nº | 1ra | 2da | 3ra | 4ta | Promedio | Factor Corrección |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 61 ³ | 61 ⁶ | 61 ⁴ | 61 ³ | 61 ⁴ | 1,05 |
| 2 | 60 ¹ | 60 ⁴ | 60 ⁶ | 60 ² | 60 ³ | 1,09 |
| 3 | 60 ⁷ | 60 ⁶ | 60 ⁸ | 60 ⁸ | 60 ⁹ | 1,07 |

ESTABILIDAD Y FLUENCIA

| Nº | Lectura | Factor aro | Corrección | Estabilidad | Fluencia |
|-----------------|---------|------------|------------|-------------|----------------|
| 1 | 105 | 6,98 | 1,05 | 769 | 2 ⁴ |
| 2 | 103 | 6,98 | 1,09 | 784 | 2 ⁵ |
| 3 | 105 | 6,98 | 1,07 | 792 | 2 ⁴ |
| Promedio | | | | 781 | 2,43 |

ESTABILIDAD = 817
 FLUENCIA = 2,43

**ENSAYO MARSHALL
PORCENTAJE ÓPTIMO CON 5.3 % DE ASFALTO
15 GOLPES**

| Nº | Peso Seco | Peso Sumerg. | Peso SSS | Volumen | Densidad Marshall |
|----|-------------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 1175 ⁶ | 650 | 1177 ⁶ | 527 ⁶ | 2228 |
| 2 | 1170 ⁴ | 650 | 1173 ⁹ | 527 ⁹ | 2234 |
| 3 | 1170 ⁸ | 648 | 1173 ⁰ | 525 ⁰ | 2230 |
| | | | | Promedio | 2230 |

**ENSAYO MARSHALL
PORCENTAJE ÓPTIMO CON 5.3 % DE ASFALTO
33 GOLPES**

| Nº | Peso Seco | Peso Sumerg. | Peso SSS | Volumen | Densidad Marshall |
|----|-------------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 1170 ⁸ | 663 | 1172 ⁰ | 509 | 2300 |
| 2 | 1170 ² | 664 | 1173 ⁴ | 509 ⁴ | 2297 |
| 3 | 1169 ² | 664 | 1171 ⁷ | 507 ⁷ | 2303 |
| 4 | 1171 ³ | 664 | 1173 ³ | 509 ³ | 2300 |
| 5 | 1170 ⁸ | 665 | 1172 ³ | 507 ³ | 2308 |
| 6 | 1169 ² | 665 | 1170 ⁷ | 507 ⁷ | 2312 |

30 MINUTOS EN AGUA

| Nº | Altura | Factor Corrección | Factor Aro | Lectura | Estabilidad | Fluencia |
|----|-----------------|-------------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1 | 62 ³ | 1,03 | ---- | 93 | 668 | 2 ⁵ |
| 3 | 62 ⁸ | 1,03 | 6,98 | 90 | 647 | 2 ³ |
| 5 | 61 ⁵ | 1,05 | 11 | 92 | 674 | 2 ⁸ |

24 HORAS EN AGUA

| Nº | Altura | Factor Corrección | Factor Aro | Lectura | Estabilidad | Fluencia |
|----|-----------------|-------------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 2 | 62 ⁷ | 1,02 | 6,98 | 82 | 583 | 2 ⁸ |
| 4 | 61 ⁸ | 1,04 | 6,98 | 76 | 551 | 2 ⁶ |
| 6 | 61 ² | 1,06 | 6,98 | 78 | 577 | 2 ⁵ |

**ENSAYO MARSHALL
PORCENTAJE ÓPTIMO CON 5.3% DE ASFALTO
75 GOLPES**

INFORME DE MEDIDAS Y CORRECCIONES

| Nº | 1ra | 2da | 3ra | 4ta | Promedio | Factor corrección |
|----|------|------|------|------|----------|-------------------|
| 1 | 63,1 | 63,2 | 63,3 | 62,3 | 62,9 | 1,040 |
| 2 | 62,1 | 62,2 | 62,2 | 62,2 | 62,2 | 1,035 |
| 3 | 61,2 | 61,2 | 61,2 | 61,2 | 61,2 | 1,065 |

ESTABILIDAD Y FLUENCIA

| Nº | Lectura | Factor Aro | Corrección | Estabilidad | Fluencia |
|--------------------------|---------|------------|------------|-------------|-----------------|
| 1 | 112 | 6,98 | 1,040 | 812 | 2 ³⁵ |
| 2 | 114 | 6,98 | 1,035 | 750 | 2 ²⁰ |
| 3 | 108 | 6,98 | 1,065 | 801 | 2 ³⁰ |
| Promedios | | | | 787 | 2,28 |
| ESTABILIDAD = 787 | | | | | |
| FLUENCIA = 2,28 | | | | | |

**ENSAYO MARSHALL
PORCENTAJE ÓPTIMO CON 5³% DE ASFALTO
75 GOLPES**

| Nº | Peso Seco | Peso Sumerg. | Peso SSS | Volumen | Densidad Marshall |
|----|-------------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 1171 ⁸ | 672 | 1172 ³ | 500 ³ | 2342 |
| 2 | 1170 ⁶ | 671 | 1171 ⁵ | 500 ⁵ | 2339 |
| 3 | 1171 ³ | 671 | 1171 ⁶ | 500 ⁶ | 2340 |
| | | | | Promedio | 2340 |

PROMEDIO DE VALORES

| | |
|-----------------------------|-------|
| Volumen asfalto probeta | 62,06 |
| % asfalto en volumen | 14,40 |
| % de vacío | 3,98 |
| Relación betún vacíos | 75,70 |
| Vacíos del agregado mineral | 16,68 |

PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA MÉTODO RICE: 2437

**ENSAYO ÍNDICE DE ESTABILIDAD RESIDUAL PÉRDIDA DE ESTABILIDAD
MARSHALL POR EFECTO AGUA**

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Probetas 24 horas en agua | 663 |
| Probetas 30 minutos en agua | 571 |

$$\frac{571}{663} = 86\%$$

Nota: se moldearon seis probetas con 33 golpes por cara, las impares se dejaron 30 minutos en agua y las pares 24 horas.

ENSAYO MARSHALL (DIAGRAMAS)

