

# **“RP” MÉTODO EXPERIMENTAL PARA DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ABIERTAS**

**\* Héctor Rioja V**

## **RESUMEN**

Este trabajo describe el ensayo "RP", creado en Chile, que en forma resumida consiste en la medición del esfuerzo a la penetración a temperatura y velocidad controlada que presentan probetas de mezcla asfáltica abierta fabricadas con distintos contenidos de ligante, considerando que la mezcla óptima, es aquella que presenta el valor máximo de esfuerzo a la penetración. La influencia de la temperatura, características de los áridos y tipo de ligante escapan al alcance de este estudio. El método "RP" es de tipo paramétrico y de carácter empírico, encontrándose actualmente en una etapa exploratoria.

## **SUMMARY**

This study describes the test "RP", created in Chile, that in resumed form consists in the measurement of strength of the penetration to temperature and controlled velocity that present samples of the open graded asphalt mixture with a distinct percentage of asphalt, considering that the best mixture, is that which presents the greatest amount of force of penetration. The influence of the temperature, characteristics of the stone and type of asphalt were not examined in this study. The method "RP" is of the parameter type and of the empirical character, finding itself actually in the exploratory stage.

## **INTRODUCCIÓN**

De acuerdo a las especificaciones chilenas, las mezclas asfálticas abiertas son aquellas cuyo porcentaje de aire ( $V_a$ ), es mayor a un 15 [%]. Comúnmente, son usadas como capa de alivio de fisuras, ya que este tipo de mezclas impide o atenúa la inducción de grietas desde un pavimento antiguo a otro nuevo. La estructura típica para este tipo de aplicación es: pavimento agrietado, mezcla abierta, capa de rodado. El procedimiento habitual para diseñar este tipo de mezclas es comúnmente conocido como “Método del Espesor de Película Asfáltica”, que en Chile se encuentra reglamentado según la Especificación LNV 17, que es una adaptación de un antiguo método de diseño Norteamericano (R. W. Smith et al, 1978). El procedimiento de diseño usado en Chile tiene algunas deficiencias, como por ejemplo: extrema sensibilidad en el cálculo del contenido de asfalto mínimo necesario para cumplir con el espesor de película mínimo y que habitualmente es de 25(micrones); originalmente el valor era de 30(micrones). Cambios de tan sólo un

punto porcentual en el tamiz N°200, pueden hacer variar el contenido de asfalto desde un 4,5[%] a un 6,2[%] (Rioja, 2000). Además, este método no determina propiedades mecánicas de la mezcla que permitan estimar cuales serían sus verdaderas capacidades frente a cargas de tránsito. Respecto de esta última apreciación, estudios españoles generaron el ya conocido Método Cantabro que permite medir propiedades mecánicas de mezclas abiertas mediante un método científico. Bajo esta perspectiva la actual metodología de diseño usado en Chile es más bien una receta con recomendaciones y tanteos empíricos. Por esta razón, se procedió a idear una experiencia de laboratorio con la finalidad de crear un ensaye basado en consideraciones impuestas, tales como: simplicidad, bajo costo y rapidez, que pudiese determinar la cantidad óptima de ligante para la fabricación de una mezcla asfáltica Open-Graded con las mejores características de funcionamiento. Considerando el conocimiento, la experiencia y pruebas previas, se creó el ensaye que ha sido denominado "RP" para el diseño de mezclas asfálticas abiertas. Es importante destacar que a pesar de que el método RP ha mostrado excelente correlación con una obra en particular, no se ha probado en forma más general, por tanto aún es prematuro juzgar cuál es su verdadero alcance y utilidad para el diseño de mezclas del tipo Open-Graded. También, no es menos cierto que los resultados obtenidos hasta ahora revelan que este método no está limitado sólo a mezclas abiertas de base, pues también puede usarse para el diseño de mezclas abiertas de superficie.

## **MEZCLAS ABIERTAS COMO CAPA DE ALIVIO DE FISURAS.**

La experiencia chilena respecto del comportamiento de las mezclas abiertas como capa de alivio de fisuras, ha sido exitosa existiendo casos de pavimentos con tránsito pesado en una de las principales rutas de acceso a la capital, en los cuales un IRI inicial de 1,4 al cabo de 14 años de uso sólo ha aumentado a 1,6. Una experiencia mas reciente es la repavimentación de la ruta 60 Ch en el sector Juncal - Portillo Túnel Cristo Redentor con un TMDA cercano a 1300. Este camino es el acceso al paso fronterizo Los Libertadores y es el principal corredor de integración entre Chile y Argentina. Otras obras que han hecho uso de esta técnica de repavimentación son la rutas concesionadas "Santiago - Los Vilos", "Santiago - Talca" y "Los Vilos La Serena", solo por mencionar algunas. Muchas veces por desconocimiento de la técnica de diseño de este tipo de mezclas, las empresas constructoras se ven enfrentadas a problemas de trabajabilidad y colocación en terreno. Con frecuencia también, y en forma errada reducen los contenidos de ligante con objeto de evitar problemas de segregación y puesta en obra.

## **EL ORIGEN DEL MÉTODO "RP"**

En Enero de 1998 se inicia la colocación de una mezcla abierta que actuaría como capa para alivio de fisuras en la obra "Juncal - Portillo - Túnel Cristo Redentor". El método inicialmente utilizado para el diseño de esta mezcla fue el de espesor de película. De acuerdo a este método, el contenido de asfalto óptimo fue 2,7[%] de asfalto referido al agregado seco determinado según LNV-17. Por otro lado, debido al bajo valor de área superficial de los áridos ( 4,92 [ft<sup>2</sup>/lb] ) el contenido de asfalto mínimo para cumplir con la especificación de esta obra (25 [micrones]) fue sólo 2,5 [%] de asfalto ref.a.s. Las pruebas de terreno preliminares de esta mezcla fabricadas con un contenido de asfalto de 2,7 [%], mostraron problemas de cohesión de la mezcla (Rioja, 2000). Por esta razón la empresa constructora procedió a incrementar el contenido de ligante determinando empíricamente que con un porcentaje de bitumen de 3,3 [%] r.a.s., la

mezcla mostraba mejor comportamiento de fabricación colocación y particularmente de cohesión frente al tránsito. Las mezclas asfálticas abiertas, eran ya en esa época motivo de investigaciones realizadas por el Laboratorio Nacional de Vialidad de Chile y la oportunidad ofrecida por el proyecto "Portillo" fue aprovechada tomando grandes cantidades de muestras de ligante y de los distintos agregados usados en su construcción. Paralelamente, se recopiló gran cantidad de información referente a la calidad de la mezcla utilizada. Una vez finalizada y puesta en servicio la obra "Portillo", se realizaron distintos pruebas de laboratorio con la finalidad de encontrar algún procedimiento que pudiese medir propiedades mecánicas del aglomerado asfáltico. Después de realizados gran cantidad de estudios, se encontró un método de ensayo que aplicado a los materiales provenientes del proyecto "Portillo", arrojaban como resultado un contenido óptimo de asfalto igual a 3,4 [%] referido al agregado seco, valor coincidente con el contenido de ligante usado en faena y que había mostrado mejor comportamiento mecánico. A esta forma de ensayo se denominó "RP" que en forma resumida consiste en la medición del esfuerzo a la penetración a temperatura y velocidad controlada que presentan probetas de mezcla asfáltica abierta, fabricadas de acuerdo al método Marshall con 45 golpes por cara y distintos contenidos de ligante, considerando que la mezcla óptima es aquella que presenta el valor máximo de esfuerzo a la penetración. Debe destacarse que este procedimiento de diseño es paramétrico empírico. Esta metodología de ensayo fue utilizada posteriormente para un diseño de mezcla drenante usada en la zona de Sur del país, que previamente se había dosificado según el método Cantabro. El resultado obtenido con los dos métodos fue el mismo. El método "RP" debe su nombre a las iniciales de los apellidos de los creadores del método Héctor Rioja V. y su colaborador Gabriel Palma P., ambos Ingenieros especialistas en control de calidad de obras viales.

## DESARROLLO DEL MÉTODO

Para estudiar el comportamiento mecánico de las mezclas abiertas y desarrollar un nuevo método de diseño, se usaron los materiales provenientes de la obra "Juncal - Portillo - Túnel Cristo Redentor". Los agregados pétreos fueron muestreados de los acopios de terreno. A su vez, el ligante asfáltico fue muestreado directamente de los estanques de la planta asfáltica usada para la fabricación de la mezcla. Los áridos usados en la ruta 60 Ch fueron extraídos del pozo Juncal. Las características físicas e hídricas de los agregados determinados por el área de asfalto del Laboratorio Nacional de Vialidad se resumen en la tabla I.

**TABLA I.**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS ÁRIDOS DEL POZO JUNCAL**

| Característica Física | Unidad            | Material N° 1 | Material N° 2 | Mezcla de Áridos: 60 %Mat 1 - 40 % Mat 2 | Especif. LNV |
|-----------------------|-------------------|---------------|---------------|--|--------------|
| Densidad Real Seca    | Kg/m <sup>3</sup> | 2711          | 2702          | 2707                                     | 68 y 69      |
| Densidad Neta         | Kg/m <sup>3</sup> | 2771          | 2772          | 2766                                     | 68 y 69      |
| Densidad Aparente     | Kg/m <sup>3</sup> | 1382          | 1364          | -  | 67           |
| Densidad Efectiva     | Kg/m <sup>3</sup> | -             | -             | 2716                                     | 12           |
| Absorción de Agua     | %                 | 0.8           | 0.9           | -  | 68 y 69      |
| Partíc. Chancadas     | %                 | 97            | 97            | 97                                       | 3            |
| Partículas Lajeadas   | %                 | 4             | 3             | 5  | 3            |
| Índice de Plasticidad |                   | NP            | NP            | NP                                       | 90           |

|                      |   |   |   |       |    |
|----------------------|---|---|---|-------|----|
| Desg. De los Ángeles | % | - | - | 20    | 75 |
| Desint. por Sulfato  | % | - | - | 5.4   | 74 |
| Sales Sol. Totales   | % | - | - | 0.046 | 8  |
| Equival. de Arena    | % | - | - | 64.8  | 71 |

El ligante usado en la obra "Portillo" fue un asfalto modificado elastomérico, cuyas características fueron informadas por el proveedor y se resumen en la tabla II.

**TABLA II.  
CARACTERÍSTICAS DEL LIGANTE**

| Ensayo                  | Unidad  | Valor | Especificación |
|-------------------------|---------|-------|----------------|
| Penetración (25 °C)     | 0.1[mm] | 66    | LNV 34         |
| Punto de Inflamación    | °C      | 235   | LNV 36         |
| Pto. de ablandamiento   | °C      | 68    | LNV 48         |
| Ductilidad a 25 °C      | [cm]    | 138   | LNV 35         |
| Ductilidad a 5 °C       | [cm]    | 52    | LNV 35         |
| Recup. Elástica a 13 °C | %       | 85    | DIN 52013      |
| Indice de Penetración   |         | 4.1   |                |
| Indice de Frass         | °C      | -19   | NLT 182        |

La banda especificada en el proyecto fue la IX-20 (modificada) y las granulometrías de los materiales 1 y 2 se muestran en la tabla III.

**TABLA III.  
CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA DE MATERIALES**

| Abertura US | Tamiz [mm] | Material 1 | Material 2 | Mezcla | Banda Especificada |
|-------------|------------|------------|------------|--------|--------------------|
| 1"          | 25         |            |            |        |                    |
| 3/4"        | 20         | 100        |            | 100    | 100                |
| 1/2"        | 12.5       | 44         | 100        | 66     | 60 - 80            |
| 3/8"        | 10         | 13         | 63         | 33     | -                  |
| N°4         | 5          | 2          | 3          | 2      | 2 - 35             |
| N°8         | 2.5        | 2          | 2          | 2      | -                  |
| N°10        | 2          | 2          | 2          | 2      | 0 - 6              |
| N°16        | 1.25       | 2          | 1          | 2      | -                  |
| N°30        | 0.63       | 1          | 1          | 1      | -                  |
| N°50        | 0.315      | 1          | 1          | 1      | -                  |
| N°100       | 0.16       | 1          | 1          | 1      | -                  |
| N°200       | 0.08       | 1          | 1          | 1      | 0 - 2              |

**Proporción de la Mezcla de Materiales:**

Material 1 = 60 [%]

Material 2 = 40 [%]

El contenido de asfalto determinado según la especificación LNV 17 fue un 2,7[%] r.a.s., valor que cumple con las exigencias del proyecto.

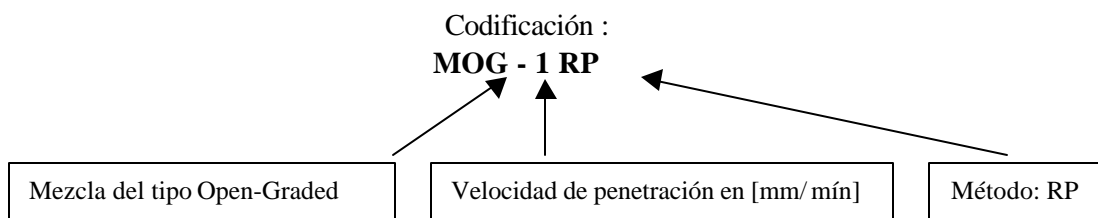
### Exigencias del Proyecto y Resultados

| Parámetro               | Resultado | Especificación |
|-------------------------|-----------|----------------|
| Espesor de película [ì] | 27        | > 25 [ì]       |
| Exceso de asfalto [%]   | 0         | < 0.2 [%]      |
| Cubrimiento [%]         | 100       | 90-100         |
| Espesor de Cubrimiento  | Medio     | Medio a Grueso |

Sin embargo, en la práctica este contenido de bitumen resultó insuficiente. Por otra parte, tal como están establecidas las actuales especificaciones, el rango de soluciones es amplio pues el contenido de ligante se controla considerando una tolerancia de  $[-0.3 +1.0]$ . Además, no se establecen parámetros de cohesión o resistencia, que son los que gobiernan el comportamiento de las mezclas abiertas bajo tránsito; por lo tanto, la elección del contenido de ligante que finalmente se usará en terreno, se hace bajo criterios no uniformados.

### NUEVOS CRITERIOS DE DISEÑO

Basados en antiguas especificaciones Sudafricanas (National Institute of South Africa) y utilizando la mezcla de materiales de la Tabla III, se fabricaron probetas del tipo Marshall aplicando 45 golpes por cara con mezcla asfáltica abierta, considerando que la temperatura de mezclado debía ser la necesaria para obtener una viscosidad en el ligante de aproximadamente 500 [cst] y en la compactación suficiente para producir una viscosidad de 1500 [cst]. Se confeccionaron 3 probetas por cada contenido de bitumen usando los siguientes valores: 2.5 - 3.0 - 3.5 - 4.0 [%] referido al agregado seco. El criterio para la elección de este rango de valores fue el valor de terreno, es decir, 3.3 [%]. Las probetas fueron dejadas a una temperatura de 20 [°C] para que se enfriaran y posteriormente se colocaron en forma vertical en una prensa Marshall especial donde a una velocidad de 1[mm/mín] fueron penetradas por un pistón de acero de 50 [mm] de diámetro y un largo de 105 [mm] que previamente se había adaptado al anillo de la prensa. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla IV donde se incluye la codificación utilizada durante la investigación y que se explica a continuación:



Por definición del método, el cálculo de esfuerzo se realiza considerando el valor medio entre el área del pistón y el área de la base de la probeta. El análisis de los resultados de esfuerzos de penetración de las mezclas del tipo MOG - 1 RP se muestra en el Gráfico N°1. En él podemos apreciar que los valores de esfuerzo muestran una resistencia máxima que luego disminuye en forma gradual.

**TABLA IV**  
**ESFUERZOS DE PENETRACIÓN PARA MEZCLAS MOG-1RP**

| Código de Mezcla  | Pb [%] | N° de Probeta | Densidad [Kg/m <sup>3</sup> ] | Carga Máx. [N] | Esf. Máx. [Mpa] |
|-------------------|--------|---------------|-------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>MOG - 1 RP</b> | 2.5    | 1             | 1737                          | 1459.3         | 0.2898          |
|                   |        | 2             | 1730                          | 1135.3         | 0.2255          |
|                   |        | 3             | 1715                          | 677.8          | 0.1346          |
|                   | 3.0    | 1             | 1737                          | 1688.0         | 0.3352          |
|                   |        | 2             | 1735                          | 1535.5         | 0.3050          |
|                   |        | 3             | 1733                          | 1649.9         | 0.3277          |
|                   | 3.5    | 1             | 1746                          | 1840.5         | 0.3655          |
|                   |        | 2             | 1706                          | 1668.9         | 0.3314          |
|                   |        | 3             | 1773                          | 1668.9         | 0.3314          |
|                   | 4.0    | 1             | 1735                          | 1611.7         | 0.3201          |
|                   |        | 2             | 1755                          | 1135.2         | 0.2179          |
|                   |        | 3             | 1737                          | 1116.2         | 0.2217          |

La curva de esfuerzos máximos para las mezclas MOG- 1RP, presentan máxima resistencia a la penetración para un contenido de asfalto de 3.4 [%]. Este valor se asemeja al valor usado en obra, que como ya se dijo fue de un 3,3 [%]. Por tal motivo, y considerando que estos resultados podrían ser solo una coincidencia se procedió a repetir el ensayo cambiando la velocidad de penetración. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla V y Gráfico N°2.

GRÁFICO N°1

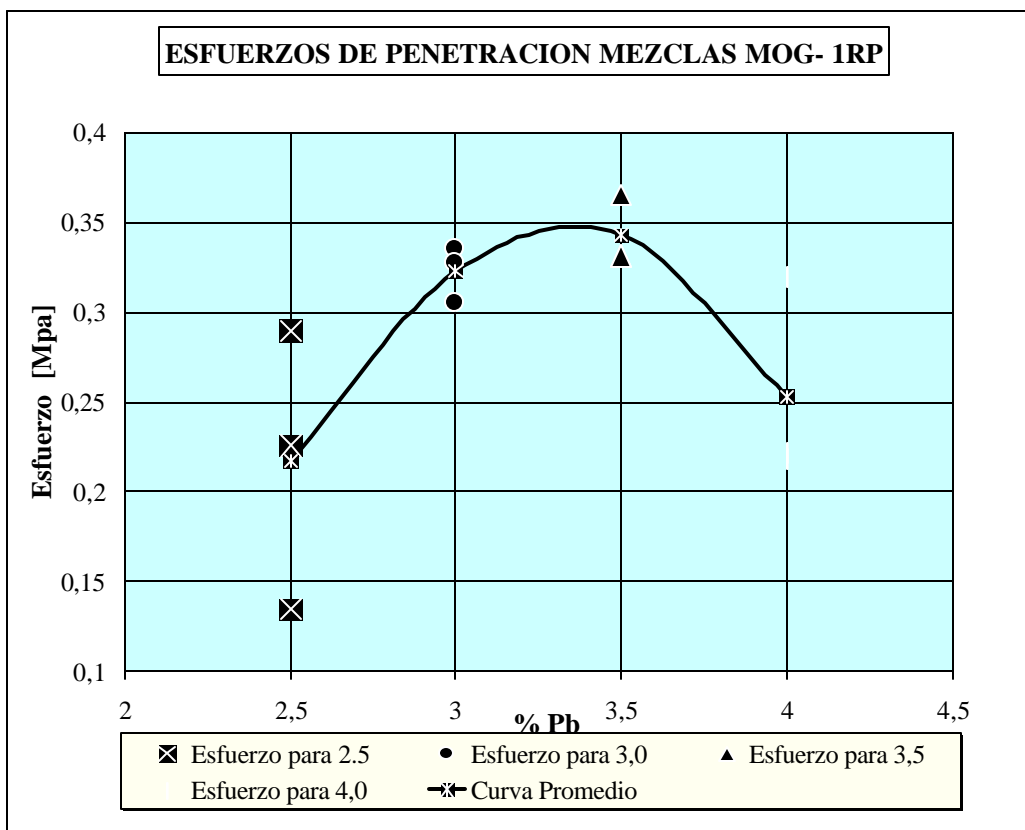


TABLA V.  
 ESFUERZOS A LA PENETRACIÓN MEZCLAS MOG - 2 RP

| Codigo de Mezcla | Pb. [%] | Nº de Probeta | Densidad [Kg/m <sup>3</sup> ] | Carga Máx.[N] | Esf. Máx. [Mpa] |
|------------------|---------|---------------|-------------------------------|---------------|-----------------|
| MOG - 2 RP       | 2.5     | 1             | 1752                          | 1259          | 0.2501          |
|                  |         | 2             | 1742                          | 1545          | 0.3069          |
|                  |         | 3             | 1753                          | 1221          | 0.2425          |
|                  |         | 4             | 1732                          | 1107          | 0.2198          |
|                  |         | 5             | 1739                          | 2251          | 0.4471          |
|                  | 3.0     | 1             | 1745                          | 1469          | 0.2918          |
|                  |         | 2             | 1728                          | 1431          | 0.2842          |
|                  |         | 3             | 1717                          | 1755          | 0.3486          |
|                  |         | 4             | 1706                          | 1698          | 0.3372          |
|                  |         | 5             | 1740                          | 2423          | 0.4812          |
|                  | 3.5     | 1             | 1725                          | 1736          | 0.3448          |
|                  |         | 2             | 1723                          | 1698          | 0.3372          |
|                  |         | 3             | 1749                          | 1946          | 0.3865          |
|                  |         | 4             | 1749                          | 1832          | 0.3638          |
|                  |         | 5             | 1705                          | 1927          | 0.3827          |
| 4.0              | 1       | 1728          | 1221                          | 0.2425        |                 |

\* Ingeniero Civil (Q) Visitador Especialista en Asfalto Unidad Laboratorio

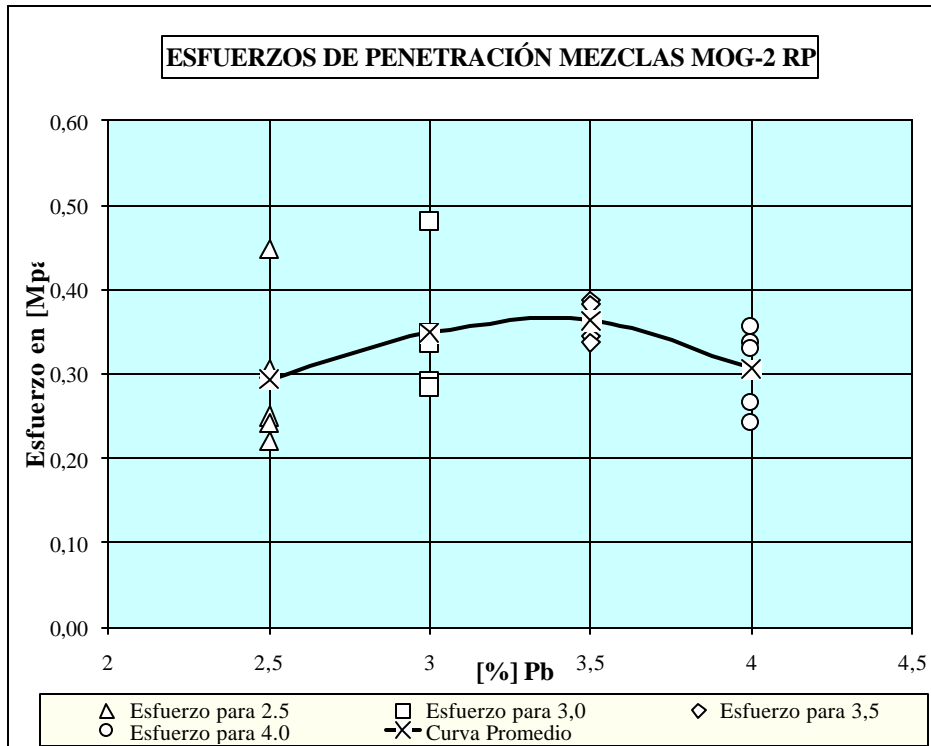
|  |   |      |      |        |
|--|---|------|------|--------|
|  | 2 | 1718 | 1698 | 0.3372 |
|  | 3 | 1703 | 1336 | 0.2652 |
|  | 4 | 1698 | 1794 | 0.3562 |
|  | 5 | 1769 | 1660 | 0.3297 |

La forma de la curva promedio de la gráfica esfuerzo v/s contenido de ligante para las mezclas MOG-2 RP, muestra una similitud con la curva promedio de las mezclas MOG-1 RP pero con una disminución de la convexidad. El esfuerzo máximo de las mezclas MOG-2 RP se alcanza cuando las probetas ensayadas tienen un contenido de asfalto de 3,4[%] valor idéntico al obtenido ensayando las mezclas MOG-1 RP. Los resultados obtenidos aplicando el método "RP" a los materiales usados en la obra "Portillo", alentaron la posibilidad de aplicar esta metodología a materiales distintos a los ya usados. Para este objetivo, se recurrió al empleo de áridos provenientes de la zona central del país. El propósito de esta nueva experiencia fue estudiar las siguientes relaciones:

- Influencia de la granulometría en la determinación del contenido de ligante óptimo obtenido mediante el método "RP"
- Relación del esfuerzo "RP" v/s porcentaje de vacíos de aire.
- Relación del esfuerzo "RP" v/s porcentaje de ligante óptimo.

La primera etapa de este estudio consistió en la confección de cuatro mezclas abiertas con distintos porcentajes de vacíos. Para este efecto, se trabajó con tres materiales cuyas granulometrías se muestran en la Tabla VI y Tabla VII.

**GRÁFICO N°2**





El ligante utilizado fue un cemento asfáltico 60/80 tradicional; las características de este asfalto se muestran en la Tabla VIII.

Los materiales fueron mezclados de acuerdo a las proporciones indicadas en la tabla N°IX, donde es posible ver el porcentaje de huecos esperados en la mezcla.

**TABLA VI  
CARACTERÍSTICAS DE ÁRIDOS**

| Abertura US | Tamiz [mm] | Gravilla 3/4" | Integral 1/2" |
|-------------|------------|---------------|---------------|
| 1"          | 25         |               |               |
| 3/4"        | 20         | 100           |               |
| 1/2"        | 12.5       | 73            |               |
| 3/8"        | 10         | 33            | 100           |
| N°4         | 5          | 3             | 94            |
| N°8         | 2.5        | 2             | 61            |
| N°10        | 2          | 0             | 45            |
| N°16        | 1.25       | 0             | 34            |
| N°30        | 0.63       | 0             | 25            |
| N°50        | 0.315      | 0             | 17            |
| N°100       | 0.16       | 0             | 12            |
| N°200       | 0.08       | 0             | 9             |

**TABLA VII  
GRANULOMETRÍAS DE POLVO DE ROCA**

| Abertura US | Tamiz [mm] | Material 1 | Material 2 | Material 3 |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
| 1"          | 25         |            |            |            |
| 3/4"        | 20         |            |            |            |
| 1/2"        | 12.5       | 100        | 100        | 100        |
| 3/8"        | 10         | 94         | 81         | 57         |
| N°4         | 5          | 52         | 26         | 13         |
| N°8         | 2.5        | 33         | 18         | 8          |
| N°16        | 1.25       | 21         | --         | --         |
| N°30        | 0.63       | 15         | 8          | 4          |
| N°50        | 0.315      | 11         | --         | --         |
| N°100       | 0.16       | 7          | --         | --         |
| N°200       | 0.08       | 5          | 3          | 1          |

**TABLA VIII**

### CARACTERÍSTICAS DEL LIGANTE

| Ensayo                                | Unidad  | Valor | Especificación |
|---------------------------------------|---------|-------|----------------|
| Penetración (25 °C)                   | 0.1[mm] | 66    | LNV 34         |
| Punto de Inflamación                  | °C      | 250   | LNV 36         |
| Pto. de ablandamiento                 | °C      | 68    | LNV 48         |
| Ductilidad a 25 °C                    | [cm]    | 150   | LNV 35         |
| Solubilidad en tricloroetileno        | [%]     | 99    |                |
| Ensayo de la mancha                   | [%]     | -20   |                |
| Índice de Pfeiffer (IP)               |         | 0.00  |                |
| DESPUES DE PELÍCULA DELGADA ROTATORIA |         |       |                |
| Pérdida por calentamiento             | [%]     | 0.17  |                |
| % de Penetración original             | [%]     | 68    |                |
| Ductilidad a 25 °C                    | [cm]    | 150   |                |
| Índice de durabilidad (ID)            | --      | 2.7   |                |

**TABLA IX**  
**MEZCLA DE MATERIALES Y ESTIMACIÓN DE VACÍOS DE AIRE**

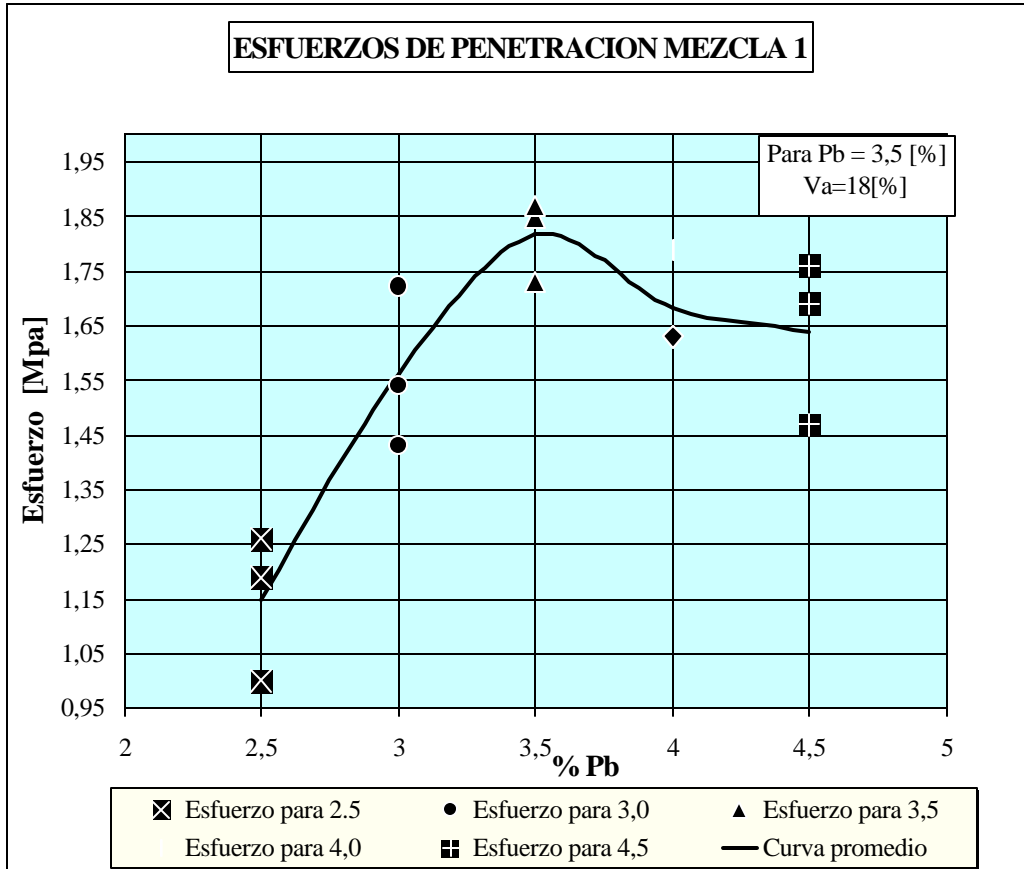
| Mezcla<br>N° | Grav. 3/4"<br>[%] | Int. 1/2"<br>[%] | Polv. de Roca |    | Va Esperado<br>[%] |
|--------------|-------------------|------------------|---------------|----|--------------------|
|              |                   |                  | [%]           | N° |                    |
| 1            | 48                | 52               | 0             | -- | 17-22              |
| 2            | 50                | 0                | 50            | 1  | 22-25              |
| 3            | 50                |                  | 50            | 2  | 28-31              |
| 4            | 50                |                  | 50            | 3  | 31-34              |

Usando el método "RP" para determinar el porcentaje de asfalto óptimo para cada una de estas mezclas de materiales se obtienen los resultados mostrados en los gráficos N°3, 4, 5 y 6.

La relación entre el esfuerzo máximo a la penetración mostrado por estas mezclas es directamente proporcional al contenido de ligante óptimo determinado de acuerdo al ensayo "RP". Esta correspondencia se muestra en el gráfico N°8, donde además se puede apreciar la rápida disminución del esfuerzo cuando disminuye la cantidad de ligante óptimo de la mezcla.

El gráfico N°9, relaciona el esfuerzo máximo a la penetración alcanzado por las mezclas con el porcentaje de aire de las mismas, de acuerdo a lo esperado la resistencia a la penetración disminuye a medida que aumentan los huecos de las mismas

### GRÁFICO N°3



**GRÁFICO N°4**

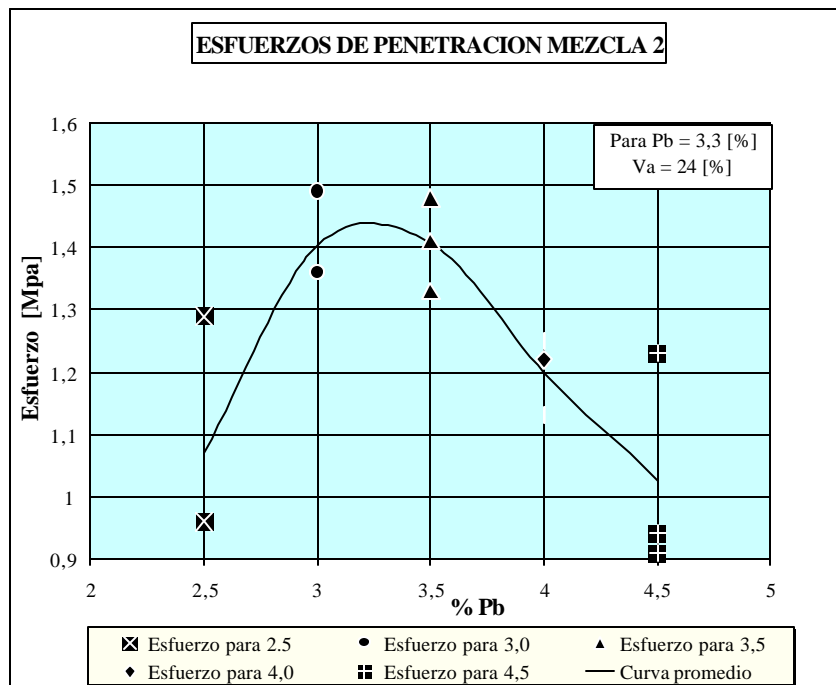


GRÁFICO N°5

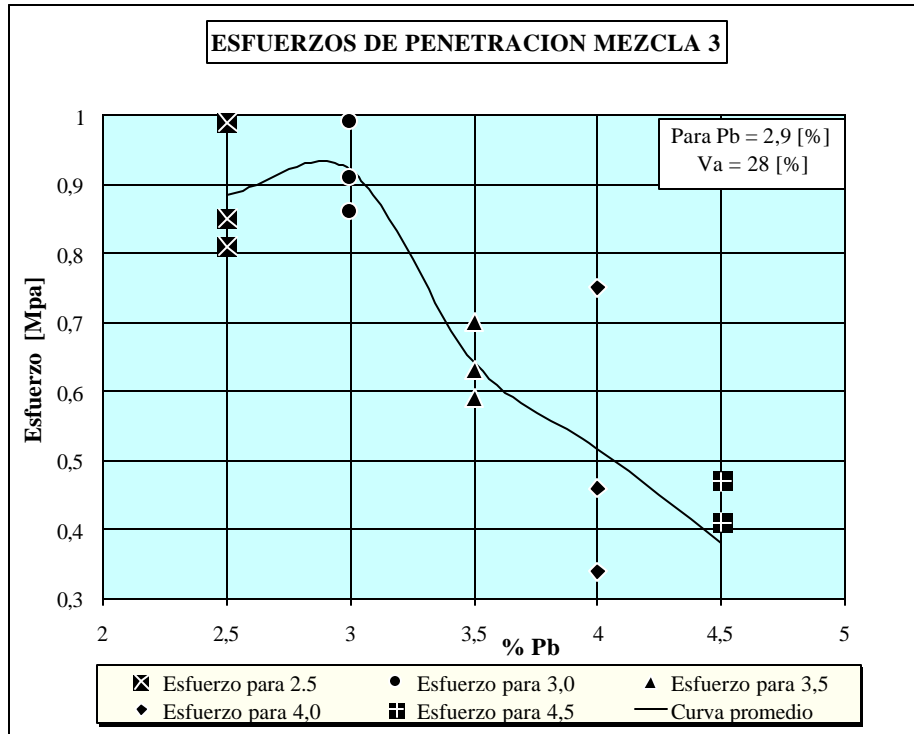


GRÁFICO N°6

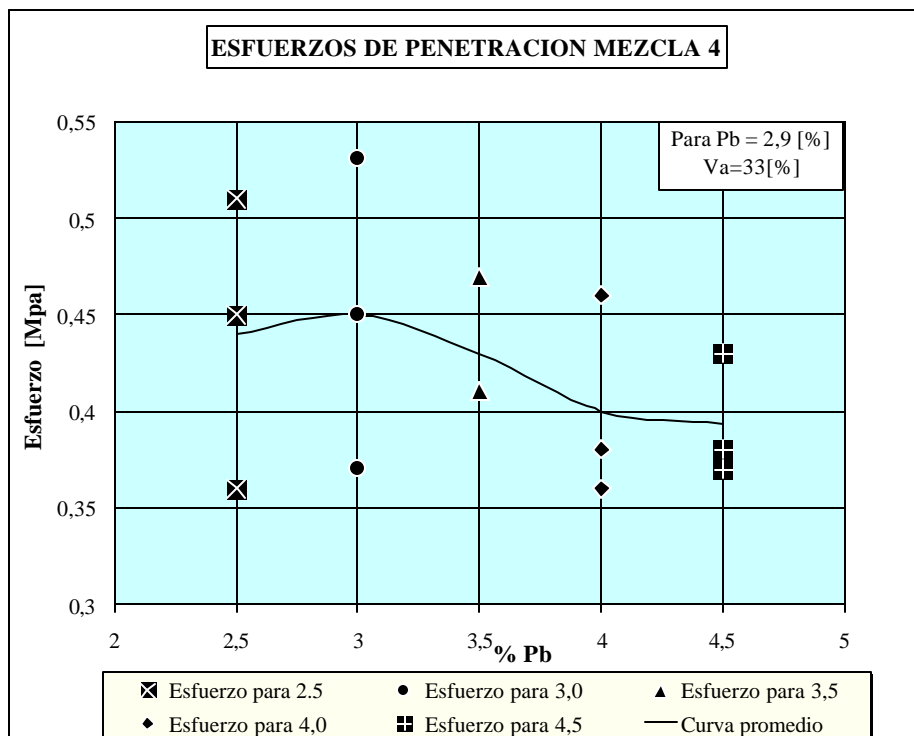


GRÁFICO N°7

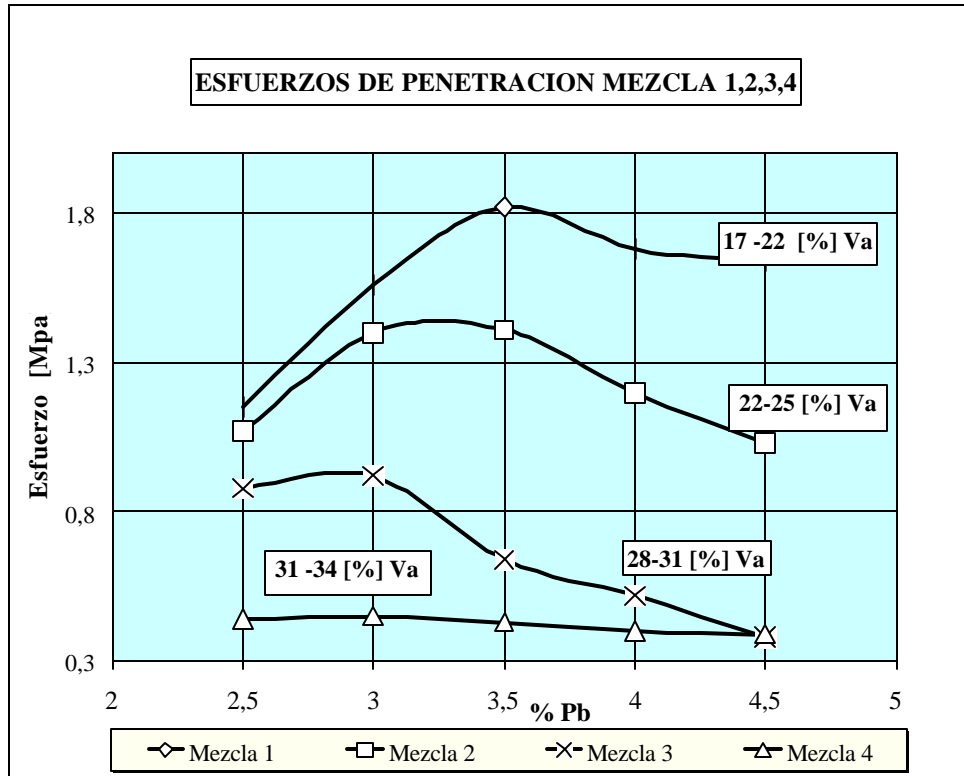
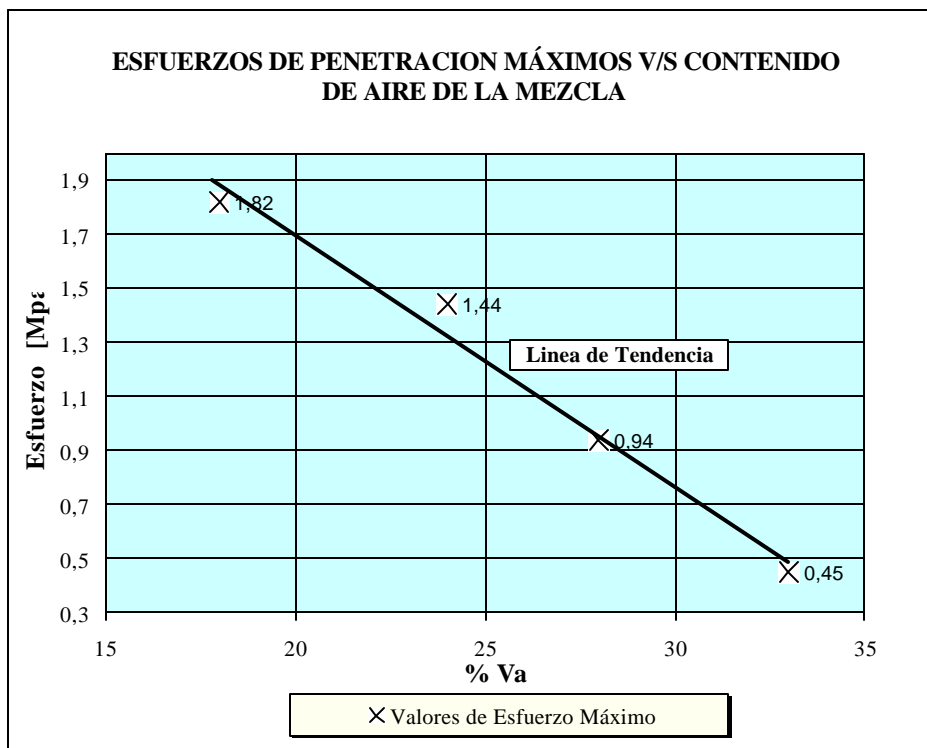
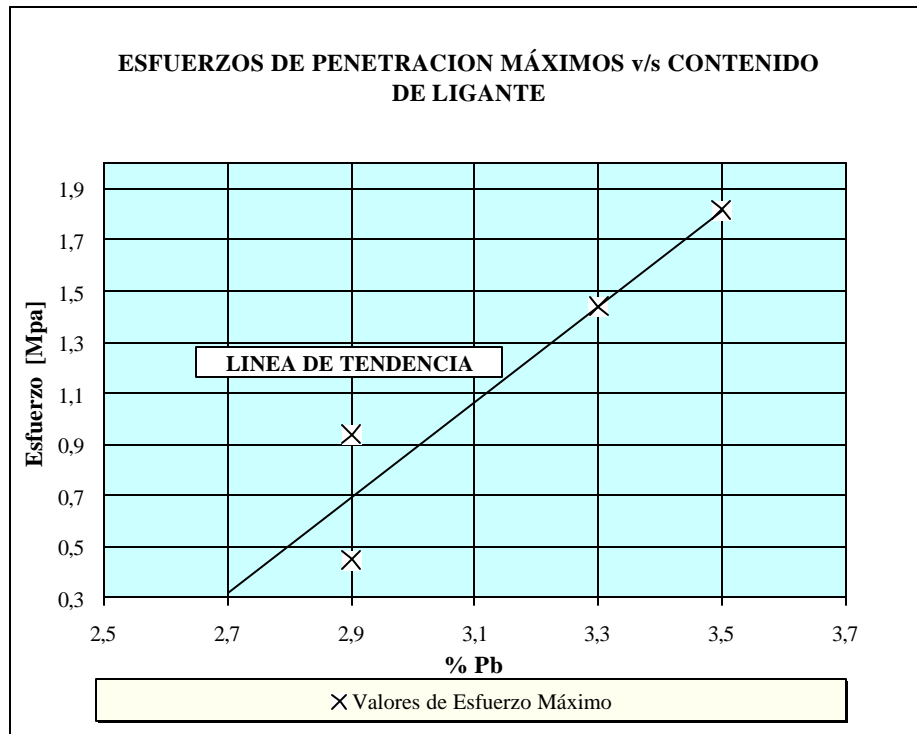


GRÁFICO N°8



\* Ingeniero Civil (Q) Visitador Especialista en Asfalto Unidad Laboratorio

**GRÁFICO N°9**



### COMENTARIOS GENERALES

El método "RP" permite determinar en forma práctica algunas propiedades mecánicas de una mezcla abierta. Futuras especificaciones basadas en este método de ensayo deberían fijar valores mínimos de esfuerzo y rango de vacíos de aire óptimos, para tener el mejor desempeño de este tipo de aglomerado asfáltico. El método "RP" se considera experimental, porque las pruebas realizadas con esta metodología sólo han tenido como meta explorar las fortalezas y posibles limitaciones o incoherencias de este procedimiento de ensayo. De acuerdo a esta última apreciación el uso de técnicas estadísticas a través de la aplicación de "Diseño de experimentos" permitiría dar respaldo matemático a esta reciente metodología y de esta forma descartar o incorporar el método "RP" como un procedimiento de diseño válido. Por otra parte, los resultados obtenidos al aplicar esta técnica de diseño a una mezcla abierta de superficie (mezcla drenante colocada en la zona sur de Chile), mostraron ser idénticos a los arrojados por el método Cantabro con la ventaja de simplicidad y rapidez que ofrece el método "RP".

### CONCLUSIONES

1. El uso de una prensa de tipo Marshall o semejante capaz de alcanzar una velocidad de 1[mm/mín], permite realizar un tipo de ensayo especial que se ha denominado "RP".
2. En los materiales analizados, los resultados indican que la variable velocidad de penetración es un parámetro relevante en la convexidad de la curva de esfuerzo máximo versus contenido de ligante.
3. El aumento de la velocidad de penetración desde 1[mm/mín] a 2[mm/mín] genera una disminución de la convexidad de la curva de esfuerzo de penetración. Sin embargo, el máximo esfuerzo se obtiene con un contenido de ligante idéntico en ambos casos.
4. La resistencia a la penetración que presenta una mezcla abierta es inversamente proporcional al porcentaje de aire de la misma.
5. Para una misma calidad de agregados, el porcentaje de ligante óptimo determinado según el método "RP", es inversamente proporcional al porcentaje de huecos de la mezcla. Esta conclusión concuerda con lo esperado teóricamente.
6. Para una misma calidad de agregados el contenido de ligante óptimo determinado según el método "RP", es directamente proporcional al esfuerzo máximo alcanzado por la mezcla.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Sr. Pedro Herrera P
- Sr. Rodrigo Fortunate Z.
- Sra. Viviana Morales L
- Laboratoristas del Área de Asfalto del Laboratorio Nacional de Vialidad de Chile

## **REFERENCIAS**

National Institute of South Africa, Technical Recommendations for Highways, February 1978, South Africa.

Rioja, H., "Mezclas Asfálticas Open-Graded en Chile", Revista Obras Públicas, año 2000, Enero-Febrero-Marzo, N°25, p.p. 10-17.

Smith, R, "Design of Open-Graded Asphalt Friction Courses", año 1978 Report N° FHWA-RD-74-2

