| PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas | **ENSAYO DE LABORATORIO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**<br>**INV-22** | **Código:** CC F- 13.1<br>**Revisión:** 07<br>**Vigencia:** Septiembre de 2024 |
|---|---|---|

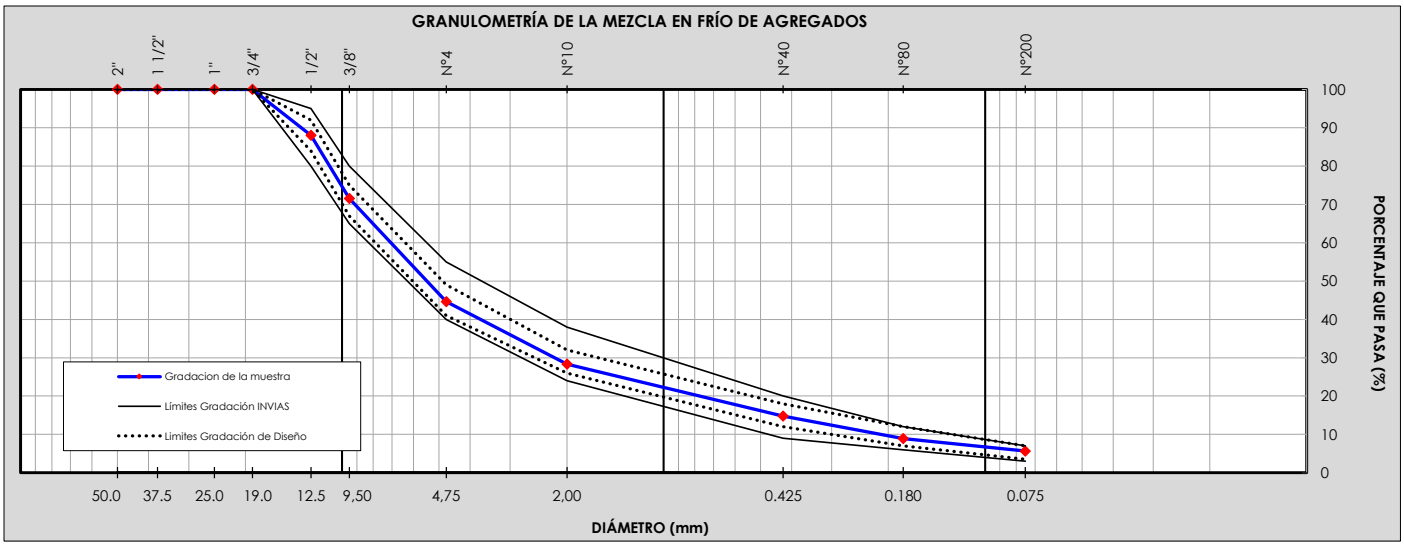
**DESCRIPCIÓN:** COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO — **FECHA:** 9-feb-26

**TIPO DE MEZCLA:** MSC-19 con RAP TIBIA — **PLANTA:** PLANTA ASTEC

**PROCEDENCIA:** PROCOPAL S.A — **MUESTRA:** 6

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, INV E - 213**

| **Masa Inicial:** | | 1559,3 | | | **ESPECIFICACIONES GRANULOMÉTRICAS** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **TAMIZ ("/No)** | **Abertura (mm)** | **Masa Retenida, g** | **Retenidos, %** | **Pasa, %** | **BANDA INVIAS 2022** | | **SUBBANDA DISEÑO** | | |
| | | | | | **Inf INV** | **Sup INV** | **Inf DIS** | **Sup DIS** | **Media** |
| 2" | 50,0 | | | | | | | | |
| 11/2" | 37,5 | | | | 100 | 100 | | | |
| 1" | 25,0 | | | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| ¾" | 19,0 | | | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| ½" | 12,5 | 186,0 | 11,9 | 88,1 | 80 | 95 | 84 | 92 | 88 |
| 3/8" | 9,5 | 256,9 | 16,5 | 71,6 | 65 | 80 | 67 | 75 | 71 |
| No 4 | 4,75 | 420,3 | 27,0 | 44,6 | 40 | 55 | 41 | 49 | 45 |
| No 10 | 2,00 | 255,1 | 16,4 | 28,3 | 24 | 38 | 26 | 32 | 29 |
| No 40 | 0,425 | 210,3 | 13,5 | 14,8 | 9 | 20 | 12 | 18 | 15 |
| No 80 | 0,180 | 92,3 | 5,9 | 8,9 | 6,0 | 12,0 | 7,0 | 12,0 | 9,5 |
| No 200 | 0,075 | 50,3 | 3,2 | 5,6 | 3,0 | 7,0 | 3,5 | 7,0 | 5,3 |
| Fondo | | 8,9 | 0,6 | 5,1 | | | | | |




| **CALIDAD DE LOS AGREGADOS PÉTREOS Y DEL LLENANTE MINERAL INV Art. 450** | | **Unidad** | **Valor** | **Límite Mínimo** | **Límite Máximo** | **Concepto** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Partículas Fracturadas mecánicamente (1 Cara ) | **INV E-227** | % | 96 | **85** | **-** | CUMPLE |
| Partículas Fracturadas mecánicamente (2 Caras ) | **INV E-227** | % | 93 | **70** | **-** | CUMPLE |
| Limpieza Superficial | **INV E-237** | % | 0,05 | **-** | **0,5** | CUMPLE |
| Equivalente de Arena | **INV E-133** | % | 67 | **50** | **-** | CUMPLE |
| Índice de Plasticidad (NP = 0) | **INV E-125 y 127** | % | 0 | **-** | **0,0** | CUMPLE |
| Densidad Bulk del Llenante Mineral | **INV E-225** | g/cm$^3$ | 0,7 | **0,5** | **0,8** | CUMPLE |
| Angularidad del Agregado Fino | **INV E-239** | % | 46,6 | **45** | **-** | CUMPLE |
| Partículas Planas y alargadas | **INV E-240** | % | 1,7 | **-** | **10** | CUMPLE |

| **EQUIPOS UTILIZADOS** | **FECHA DE CALIBRACIÓN** |
|---|---|
| Balanza digital 3100 g | 4-jul-25 |
| Serie Mallas o Tamices 3" a No 200 | 22-mar-24 |

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

| PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas | **ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS, LIMPIEZA SUPERFICIAL, EQUIVALENTE DE ARENA, ANGULARIDAD Y DENSIDAD BULK DEL LLENANTE MINERAL**<br>**INV-22** | **Código:** CC F-13.2<br>**Revisión:** 07<br>**Vigencia:** Septiembre de 2024 |
|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| **DESCRIPCIÓN:** | COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO | **FECHA:** | 9-feb-26 |
| **TIPO DE MEZCLA:** | MSC-19 con RAP TIBIA | **PLANTA** | PLANTA ASTEC |
| **PROCEDENCIA:** | PROCOPAL S.A | **MUESTRA:** | 6 |

**PARTÍCULAS CON UNA CARA FRACTURADA, INV E - 227**

| TAMIZ | | Peso de la muestra (g) | Partículas con una cara fracturada | | Partículas cuestionables o dudosas | | Partículas que no cumplen criterio | | Partículas con una cara fracturada | (%) Gradación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PASA | RETIENE | | (F) (g) | % | (Q) (g) | % | (N) (g) | % | P (%) | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 186,0 | 179,3 | 96 | | 0 | 7 | 4 | 96 | 11,9 |
| 1/2" | 3/8" | 256,9 | 242,3 | 94 | | 0 | 15 | 6 | 94 | 16,5 |
| 3/8" | N° 4 | 200,0 | 192,6 | 96 | | 0 | 7 | 4 | 96 | 27,0 |
| **PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON UNA CARA FRACTURADA (%)** | | | | | | | | | **95,7** | |

**PARTÍCULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS, INV E - 227**

| TAMIZ | | Peso de la muestra (g) | Partículas con dos caras fracturadas | | Partículas cuestionables o dudosas | | Partículas que no cumplen criterio | | Partículas con dos caras fracturadas | (%) Gradación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PASA | RETIENE | | (F) (g) | % | (Q) (g) | % | (N) (g) | % | P (%) | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 186,0 | 169,3 | 91 | | 0 | 17 | 9 | 91 | 11,9 |
| 1/2" | 3/8" | 256,9 | 236,9 | 92 | | 0 | 20 | 8 | 92 | 16,5 |
| 3/8" | N° 4 | 200,0 | 189,3 | 95 | | 0 | 11 | 5 | 95 | 27,0 |
| **PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS (%)** | | | | | | | | | **93,1** | |

**LIMPIEZA SUPERFICIAL DEL AGREGADO GRUESO, INV E-237**

| | |
|---|---|
| M: Peso total de la muestra, (gr) | 2133 |
| M1h: Peso de la muestra para proporción masa seca, (gr) | 2132 |
| **Coeficiente de Limpieza Superficial (Ms-m)/Ms*100** | **0,05** |

**ÍNDICE DE PLASTICIDAD, INV E - 125 y E - 126**

| DESCRIPCIÓN | RESULTADO | I.P. (ÍNDICE DE PLASTICIDAD) |
|---|---|---|
| **LÍMITE LÍQUIDO - LL** | **0,0** | **NP** |
| **LÍMITE PLÁSTICO - LP** | **0,0** | |

**DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA, INV E - 133**

| PRUEBA N° | LECTURA DE ARCILLA | LECTURA DE ARENA | EQUIVALENTE ARENA % | PROMEDIO |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 13,2 | 8,8 | 66,7 | **67,0** |
| 2 | 13,3 | 8,8 | 66,2 | |

| DETERMINACIÓN DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO, INV E - 239 | | Lectura N° 1 | Lectura N° 2 | DENSIDAD BULK DEL LLENANTE MINERAL, INV E - 225 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **V =** | Volumen del medidor cilíndrico (ml) | 102,1 | 102,1 | P = Peso de la muestra de llenante empleada | 10 | 10 |
| **Mb =** | Masa bruta de la muestra (g) | 381,2 | 381,6 | | | |
| **Mcv =** | Masa del medidor vacio (g) | 234,8 | 234,8 | V = Volumen aparente del llenante en kerosene ($gr/cm^3$) | 15,0 | 15,2 |
| **F =** | Masa neta del agregado fino en el medidor (g) | 146,4 | 146,8 | | | |
| **G =** | Gravedad específica del agregado fino seco | 2,689 | 2,689 | PESO UNITARIO DEL LLENANTE EN KEROSENE | **0,67** | **0,66** |
| **%U =** | Vacíos en el agregado fino sin compactar (%) | 46,7 | 46,5 | | | |
| **Us =** | **Promedio de las muestras (%)** | **46,6** | | **PESO UNITARIO PROMEDIO DEL LLENANTE** | **0,662** | |

| EQUIPOS UTILIZADOS | FECHA DE CALIBRACIÓN |
|---|---|
| Balanza digital 3100 g | 4-jul-25 |
| Serie Mallas o Tamices 3" a No 200 | 22-mar-24 |
| | |

Aprobó:

Jefe de Laboratorio

| PROCOPAL S.A. Ingenieros Contratistas | **MÉTODO PARA DETERMINAR PARTÍCULAS PLANAS, ALARGADAS EN AGREGADOS GRUESOS**<br>**INV-22** | **Código:** CC F-13.3<br>**Revisión:** 07<br>**Vigencia:** Septiembre de 2024 |
|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| **DESCRIPCIÓN:** | COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLAS EN FRÍO | **FECHA:** | 9-feb-26 |
| **TIPO DE MEZCLA:** | MSC-19 con RAP TIBIA | **PLANTA:** | PLANTA ASTEC |
| **PROCEDENCIA:** | PROCOPAL S.A | **MUESTRA:** | 6 |

**PARTÍCULAS PLANAS RELACIÓN 5:1, INV E - 240 - (Numeral 7.3.1.1)**

| TAMIZ | | Peso Muestra (g) | Partículas planas (g) | Partículas no planas (g) | Partículas planas por fraccion (%) | Retenido Gradación (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pasa | Retiene | | | | | |
| 2 1/2" | 2" | | | | | 0,0 |
| 2" | 1 1/2" | | | | | 0,0 |
| 1 1/2" | 1" | | | | | 0,0 |
| 1" | 3/4" | | 0,0 | | | 0,0 |
| 3/4" | 1/2" | 186,0 | 0,0 | 186,0 | 0,0 | 11,9 |
| 1/2" | 3/8" | 256,9 | 0,0 | 256,9 | 0,0 | 16,5 |
| 3/8" | N°4 | 420,3 | 0,0 | 420,3 | 0,0 | 27,0 |
| **PARTÍCULAS PLANAS (%)** | | | | | **0,0** | |

**PARTÍCULAS ALARGADAS RELACIÓN 5:1, INV E - 240 - (Numeral 7.3.1.2)**

| TAMIZ | | Peso Muestra (g) | Partículas Alargadas (g) | Partículas no Alargadas, (g) | (%) Partículas planas por fraccion | Retenido Gradación (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pasa | Retiene | | | | | |
| 2 1/2" | 2" | | | | | 0,0 |
| 2" | 1 1/2" | | | | | 0,0 |
| 1 1/2" | 1" | | | | | 0,0 |
| 1" | 3/4" | | 0,0 | | | 0,0 |
| 3/4" | 1/2" | 186,0 | 0,0 | 186,0 | 0,0 | 11,9 |
| 1/2" | 3/8" | 256,9 | 0,0 | 256,9 | 0,0 | 16,5 |
| 3/8" | N°4 | 420,3 | 0,0 | 420,3 | 0,0 | 27,0 |
| **PARTÍCULAS ALARGADAS (%)** | | | | | **0,0** | |

**PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS RELACIÓN 5:1, INV E - 240 - (Numeral 7.4.2.2)**

| TAMIZ | | Peso Muestra (g) | Partículas planas y alargadas (g) | Partículas no planas y Alargadas, (g) | (%) Partículas planas por fraccion | Retenido Gradación (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pasa | Retiene | | | | | |
| 2 1/2" | 2" | | | | | 0,0 |
| 2" | 1 1/2" | | | | | 0,0 |
| 1 1/2" | 1" | | | | | 0,0 |
| 1" | 3/4" | | | | | 0,0 |
| 3/4" | 1/2" | 186,0 | 7,3 | 178,7 | 3,9 | 11,9 |
| 1/2" | 3/8" | 256,9 | 5,9 | 251,0 | 2,3 | 16,5 |
| 3/8" | N°4 | 420,3 | 1,3 | 419,0 | 0,3 | 27,0 |
| **PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS (%)** | | | | | **1,7** | |

| EQUIPOS UTILIZADOS | FECHA DE CALIBRACIÓN |
|---|---|
| Balanza digital 3100 g | 4-jul-25 |
| Serie Mallas o Tamices 3" a No 200 | 22-mar-24 |
| | |

Aprobó:

Jefe de Laboratorio