



**DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA ASFALTICA DENSA EN CALIENTE TIPO
MDC-19 CON CEMENTO ASFALTICO 60/70 BARRANCABERMEJA +1% DE
MEJORADOR DE ADHERENCIA Y AGREGADO DE TAMAÑO MAXIMO
NOMINAL DE 3/4" DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES INVIAS 2013**



Murcia Construcciones S.A.S.

FECHA	ELABORÓ	ACTUALIZACIÓN No.
13/12/2021	Jorge Flórez Pérez / Laboratorista	01
FECHA	REVISÓ Y APROBÓ	ACTUALIZACIÓN No.
13/12/2021	Ing. Javier Gonzalez Castiblanco	01



INFORMACIÓN GENERAL

ELABORACIÓN DE LA FORMULA DE TRABAJO PARA LA PRODUCCIÓN DE MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO **MDC-19**, TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DE 3/4", CON **ASFALTO 60/70 BARRANCABERMEJA + 1% MA** Y PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA CON MATERIALES DE AGREGADOS PETREOS DEL RIO GUAYURIBA – MINA ARRECIFE - MURCIA CONSTRUCCIONES S.AS.



1. OBJETIVOS

Informar y presentar los resultados obtenidos de los diseños, entregando una dosificación inicial de agregados con un contenido óptimo de asfalto, para cumplir con los parámetros volumétricos y de resistencia especificados por la norma **INVIAS 2013**.

2. ALCANCE

Este documento contiene información técnica sobre los ensayos de laboratorio realizados a los agregados pétreos (**GRAVA DE ¾"**, **GRAVA MANUFACTURADA DE ½"**, **ARENA MANUFACTURADA**, **ARENA DE TRITURACION SECUNDARIA**), procedentes del río Guayuríba departamento del Meta y **cemento asfáltico 60/70 BARRANCABERMEJA + 1% MA**; utilizados en la producción de mezcla asfáltica densa en caliente tipo **MDC-19**.



3. CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES

FUENTES DE MATERIALES

Las actividades en la planta de trituración están definidas en la producción, trituración y clasificación del árido requerido para la producción de concretos asfálticos en caliente, en este caso **MDC-19** con tamaño máximo nominal de 3/4".

Esta mantiene la producción industrial de materiales pétreos generando diversidad de agregados para la producción de mezcla asfáltica. Los rendimientos de la planta trituradora se mantienen en un promedio aproximado de **60 m³/hora** específicamente para agregados involucrados en la producción de concretos asfálticos. Se obtienen básicamente tres clases de materiales: **(Grava triturada de ¾", Grava ½" y Arena)**. Todos procedentes del río Guayubira (Departamento del Meta).

Estos agregados no son susceptibles a ningún tipo de meteorización ya que todos provienen de trituración de roca, además por ser material extraído de río no es disgregable en presencia de humedad.

Los resultados de la caracterización de los materiales fueron realizados de acuerdo con las normas de ensayo establecidas en las especificaciones **INVIAS 2013**.



Tabla 1 TIPOS DE MATERIALES OBTENIDOS

TIPOS DE MATERIALES PRODUCIDOS	UTILIZACIÓN
GRAVA DE 3/4" Y 1/2" CUYA FUENTE DE EXPLOTACIÓN ES EL RIO GUAYUBIRA	MDC-19 INV-2013
ARENA MANUFACTURADA, CUYA FUENTE DE EXPLOTACION ES EL RIO GUAYUBIRA.	

DESCRIPCIÓN

Estos materiales se obtienen por separado ya que así se permite una mejor dosificación para los diferentes tipos de mezcla.

AGREGADO PETREO Y LLENANTE MINERAL.

Los agregados pétreos empleados para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente poseen una naturaleza tal, que, al aplicársele una capa del material asfáltico, éste no se desprende por la acción combinada del agua y del tránsito.

La calidad de estos se ve asegurada en los ensayos físicos, químicos y mecánicos que se muestran en este informe.



AGREGADO GRUESO

En este caso la grava de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " son materiales que en su totalidad se retienen en el tamiz de 4.75 mm (No.4). Dicho agregado procede de la trituración de grava extraída del río Guayuriba Departamento del Meta, lo que garantiza obtener fragmentos sanos, limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estos materiales están libres de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto o afecten adversamente la durabilidad de la mezcla compactada.

AGREGADO FINO.

Las dos arenas utilizadas provienen de la trituración de la grava extraída del río Guayuriba departamento del Meta, estas arenas son pasantes en su totalidad de la malla de $\frac{3}{8}$ ", se caracterizan por tener granos duros, limpios, de superficie rugosa y angular.

El material se encuentra libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto y cumple satisfactoriamente las especificaciones de la norma.

LLENANTE MINERAL.

Es la porción de la mezcla de las arenas que pasa el tamiz No. 200. La cual proviene de procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos y satisface los requerimientos de la norma **INVIAS 2013**, recuperado por el filtro de mangas de la planta e integrado de nuevo por sinfines y básculas de pesaje.





DISEÑO MEZCLA DENSA MDC-19 - 13

Tabla 2 CARACTERISTICAS DE LA GRAVA 3/4"

GRAVA DE 3/4" FUENTE MINA ARRECIFE - RIO GUAYURIBA			
ENSAYO	NORMA DE ENSAYO	TOLERANCIA	OBTENIDO
DUREZA			
DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES - 500 Rev - 100 Rev	E-218	MAX. 25% MAX. 5%	27% 5,7%
DEGRADACION POR ABRASION - MICRODEVAL	E-238	MAX. 20%	7,4%
RESISTENCIA MECANICA - 10% DE FINOS - VALOR EN SECO - RELACION HUMEDO/SECO	E-224	MIN. 110kN MIN. 75%	263kN 82%
COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO	E-232	MIN.0,45	0,47
DURABILIDAD			
PERDIDA EN ENSAYO DE SOLIDEZ - SULFATO (Magnesio)	E-220	MAX. 18%	3,7%
LIMPIEZA, AGREGADO GRUESO			
IMPUREZAS EN AGREGADO GRUESO	E-237	MAX. 0.5%	0,49%
GEOMETRIA DE LAS PARTICULAS, AGREGADO GRUESO			
PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS	E-240	MAX. 10%	0,2%
PARTICULAS FRACTURADAS MECANICAMENTE	E-227	MIN. 85% / 70%	99% / 99%
INDICES DE FORMA	E-230	MAX. 30%	AP: 5 - AL:26%



DISEÑO MEZCLA DENSA MDC-19 - 13

Tabla 3 CARACTERISTICAS DE LA GRAVA DE 1/2"

GRAVA DE 1/2" FUENTE MINA ARRECIFE - RIO GUAYURIBA			
DUREZA			
DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES - 500 Rev - 100 Rev	E-218	MAX. 25% MAX. 5%	27% 5,7%
DEGRADACION POR ABRASION - MICRODEVAL	E-238	MAX. 20%	7,4%
RESISTENCIA MECANICA - 10% DE FINOS - VALOR EN SECO - RELACION HUMEDO/SECO	E-224	MIN. 110kN MIN. 75%	263kN 82%
COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO	E-232	MIN.0,45	0,47
DURABILIDAD			
PERDIDA EN ENSAYO DE SOLIDEZ - SULFATO (Magnesio)	E-220	MAX. 18%	5,0%
LIMPIEZA, AGREGADO GRUESO			
IMPUREZAS EN AGREGADO GRUESO	E-237	MAX. 0.5%	0,47%
GEOMETRIA DE LAS PARTICULAS, AGREGADO GRUESO			
PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS	E-240	MAX. 10%	0,0%
PARTICULAS FRACTURADAS MECANICAMENTE	E-227	MIN. 85% / 70%	99% / 97%
INDICES DE FORMA	E-230	MAX. 30%	AP: 9,5 - AL:24%
ADHESIVIDAD			
AGREGADO GRUESO (MEZCLA): AGUA HIRVIENDO	E-757	REPORTAR %	90%



Tabla 4 CARACTERISTICAS DE LA ARENA

ARENA FUENTE MINA ARRECIFE - RIO GUAYURIBA			
ENSAYO	NORMA DE ENSAYO	TOLERANCIA	OBTENIDO
DURABILIDAD			
PERDIDA EN ENSAYO DE SOLIDEZ - SULFATO (Magnesio)	E-220	MAX. 18%	11,4%
LIMPIEZA, GRADACION COMBINADA			
INDICE DE PLASTICIDAD	E-125 - E-126	MAX. NP	NP
EQUIVALENTE DE ARENA	E-133	MIN. 50%	59%
GEOMETRIA DE LAS PARTICULAS, AGREGADO FINO			
ANGULARIDAD, METODO A	E-239	MIN $\geq$ 45%	46,50%
ADHESIVIDAD			
AGREGADO FINO: RIEDEL-WEBER	E-774	MIN 4	5 - 7



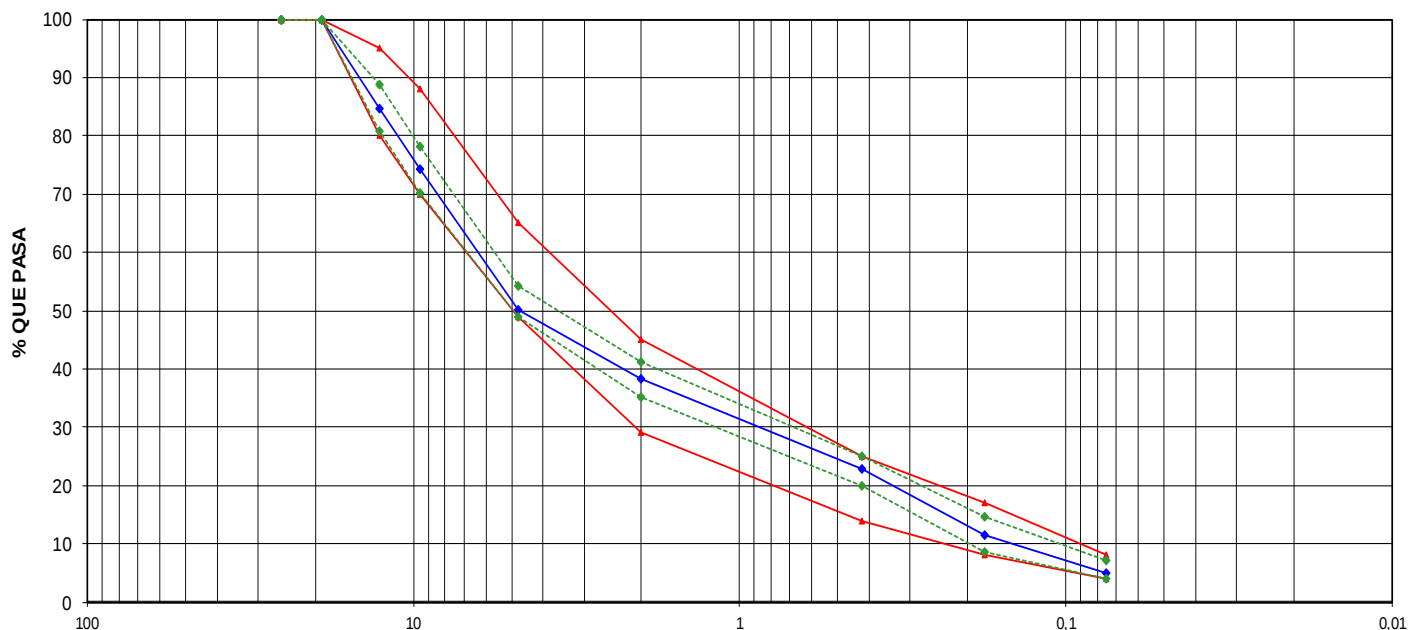
4. DOSIFICACION GRANULOMETRICA

Tabla 5 AGREGADOS COMBINADOS

Tamiz	Gradaciones Promedio			Proporción de agregados y curva resultante								
	Porcentaje que pasa				Grava de 3/4"	Grava de 1/2"	Arena	Total	Norma (%)		FORMULA DE TRABAJO (%)	
	GUAYURIBA			MINA ARRECIFE - RIO GUAYURIBA					MIN.	MAX.	BAJA	ALTA
	M -2	M-3	M-4	0%	17%	40%	43%	100%				
1"	100,0	100,0	100,0	0,0	17,0	40,0	43,0	100,0	100	100	100,0	100,0
3/4"	100,0	100,0	100,0	0,0	17,0	40,0	43,0	100,0	100	100	100,0	100,0
1/2"	14,6	98,1	100,0	0,0	2,5	39,2	43,0	84,7	80	95	80,7	88,7
3/8"	3,2	76,7	100,0	0,0	0,5	30,7	43,0	74,2	70	88	70,2	78,2
No. 4	0,3	23,8	94,3	0,0	0,1	9,5	40,6	50,2	49	65	49,0	54,2
No. 10	0,3	17,0	72,9	0,0	0,1	6,8	31,3	38,2	29	45	35,2	41,2
No. 40	0,3	12,9	41,3	0,0	0,0	5,1	17,7	22,9	14	25	19,9	25,0
No. 80	0,2	8,1	19,2	0,0	0,0	3,3	8,3	11,5	8	17	8,5	14,5
No. 200	0,1	3,5	8,4	0,0	0,0	1,4	3,6	5,0	4	8	4,0	7,0
Fondo				0,0	0,0	0,0		0,0				

Ilustración 1 CURVA GRANULOMETRICA MDC-19

TAMICES





DISEÑO MEZCLA DENSA MDC-19 - 13

5. APLICACIÓN DEL DISEÑO MARSHALL Y TOLERANCIA

DISEÑO MARSHALL MEZCLA ASFÁLTICA MDC-19 HOJA DE DATOS Y CÁLCULOS

Agregados en la mezcla	% Agregados	Peso específico Bulk (Aparente) (Gsb)	Peso específico Aparente (Nominal) (Gsa)	Peso específico efectivo (Gse) estimado		Peso específico Bulk (Aparente) (Gsb)	Peso específico Aparente (Nominal) (Gsa)	Peso específico efectivo (Gse) estimado
Grava	49,84	2,591	2,66	2,627	Peso específicos mezcla de agregados	2,605	2,67	2,64
Arena	45,12	2,610	2,679	2,644				
Llenante	5,03	2,687	2,687	2,687				
Porcentaje de Llenante Pasa 0,075 mm	5,03							

Gravedad específica del asfalto (Gb) 1,014 g/cm3 ASFALTO: 60/70 APIAY

Briquetas	Agregados+ Asfalto	Peso de agregados	Contenido de Asfalto (Pb) %	Altura (cm)	Peso al aire (g)	Peso+Parafina al aire (g)	Peso+Parafina en agua (g)	Volumen (g)	Peso específico Bulk (Gmb)	Peso específico Máximo Teórico (Calculado)	Peso específico Máximo medido Rice (Gmm)	Peso específico efectivo real (Gse)	Absorción de asfalto (Pba)	Contenido de asfalto efectivo (Pba)	% VACIOS TOTALES (Rice)	% VACIOS TEORICO	VMA	VFA	LECTURA DE ESTABILIDAD (KN)	ESTABILIDAD	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	FLUJO (mm)	Relación LL/LG	Estabilidad /Flujo
1	1200	1152	4,00	6,3	1184,2	1185,5	663,0	523	2,266	2,479	2,487	2,648	0,630	3,395	8,879	8,578	16,467	46,081	11,60	1183	1198	2,390	1,423	4,854
2	1200	1152	4,00	6,3	1208,1	1210,1	677,4	533	2,268	2,479	2,487	2,648	0,630	3,395	8,820	8,518	16,412	46,263	12,52	1277	1293	2,610	1,423	4,797
3	1200	1152	4,00	6,30	1198,0	1200,1	673,6	527	2,275	2,479	2,487	2,648	0,630	3,395	8,517	8,215	16,135	47,214	12,62	1287	1304	2,290	1,423	5,511
4	1200	1146	4,50	6,30	1201,3	1202,4	679,8	523	2,299	2,461	2,466	2,644	0,583	3,943	6,779	6,577	15,718	56,872	14,43	1471	1491	2,470	1,219	5,842
5	1200	1146	4,50	6,3	1207,8	1208,9	682,6	526	2,295	2,461	2,466	2,644	0,583	3,943	6,933	6,732	15,857	56,277	14,09	1437	1455	2,400	1,219	5,871
6	1200	1146	4,50	6,3	1200,6	1203,8	682,0	522	2,301	2,461	2,466	2,644	0,583	3,943	6,690	6,489	15,638	57,217	14,48	1477	1496	2,650	1,219	5,464
7	1200	1140	5,00	6,40	1211,2	1212,0	689,0	523	2,316	2,442	2,442	2,638	0,486	4,538	5,168	5,177	15,533	66,725	14,83	1512	1494	2,960	1,054	5,010
8	1200	1140	5,00	6,40	1216,0	1218,4	694,1	524	2,319	2,442	2,442	2,638	0,486	4,538	5,029	5,037	15,408	67,363	15,79	1610	1591	2,820	1,054	5,599
9	1200	1140	5,00	6,5	1220,1	1222,9	695,8	527	2,315	2,442	2,442	2,638	0,486	4,538	5,215	5,223	15,574	66,516	14,89	1518	1462	2,790	1,054	5,337
10	1200	1134	5,50	6,40	1214,5	1215,2	695,8	519	2,338	2,424	2,425	2,639	0,510	5,018	3,593	3,549	15,164	76,307	16,14	1646	1626	2,840	0,948	5,683
11	1200	1134	5,50	6,50	1223,8	1224,3	700,5	524	2,336	2,424	2,425	2,639	0,510	5,018	3,671	3,627	15,233	75,903	18,68	1905	1834	2,980	0,948	6,268
12	1200	1134	5,50	6,40	1214,4	1215,8	694,5	521	2,330	2,424	2,425	2,639	0,510	5,018	3,952	3,909	15,481	74,470	15,85	1616	1597	3,070	0,948	5,163
13	1200	1128	6,00	6,3	1215,2	1215,3	698,2	517	2,350	2,407	2,405	2,635	0,455	5,572	2,275	2,351	15,189	85,024	16,40	1672	1694	2,800	0,849	5,857
14	1200	1128	6,00	6,4	1221,6	1222,5	702,0	521	2,347	2,407	2,405	2,635	0,455	5,572	2,402	2,478	15,299	84,301	15,85	1616	1597	3,320	0,849	4,774
15	1200	1128	6,00	6,30	1216,8	1217,2	696,9	520	2,339	2,407	2,405	2,635	0,455	5,572	2,748	2,824	15,600	82,385	15,72	1603	1624	2,970	0,849	5,293
16	1200	1122	6,50	6,4	1227,0	1227,1	706,9	520	2,359	2,389	2,386	2,634	0,436	6,093	1,156	1,275	15,329	92,457	13,22	1348	1332	3,740	0,773	3,535
17	1200	1122	6,50	6,4	1226,0	1226,1	706,4	520	2,359	2,389	2,386	2,634	0,436	6,093	1,142	1,260	15,316	92,545	13,17	1343	1327	3,460	0,773	3,806
18	1200	1122	6,50	6,4	1230,6	1230,7	710,0	521	2,363	2,389	2,386	2,634	0,436	6,093	0,961	1,080	15,162	93,659	12,56	1281	1265	3,110	0,773	4,039


JORGE FLOREZ PEREZ
LABORATORISTA


JAVIER GONZALEZ/NIDIA BELTRAN
INGENIERO



Tabla 6 CRITERIOS DE APLICACIÓN DEL DISEÑO MARSHALL MDC-19

TABLA DE RESUMEN DISEÑO MARSHALL MDC-19 ASFALTO 60/70		
PARAMETRO	ESPECIFICACION INVIAS	DATO OBTENIDO DEL DISEÑO
% DE ASFALTO OBTENIDO MARSHALL	N/A	5,2
% DE ASFALTO ABSORBIDO	N/A	0,53
% DE ASFALTO EFECTIVO	N/A	4,67
GRAVEDAD ESPECIFICA TEORICA Gmm	N/A	2,323
% VACIOS DE LA MEZCLA TOTAL	4% A 6%	4,58
% VACIOS DEL LLENANTE MINERAL	≥ 15%	15,41
% DE VACIOS LLENOS DE ASFALTO	65% A 75%	70,19
ESTABILIDAD	≥ 900 kg	1635,7
FLUJO**	2 A 3,5 mm	2,82
RELACION ESTABILIDAD / FLUJO	300 A 600	579,15
RELACION LLENANTE / LIGANTE	0,8 A 1,2	0,94

** Para mezclas elaboradas con polimeros, se podrá aceptar un valor de flujo mayor (hasta 5.0mm).



6. PLANTA DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

Murcia Construcciones S.A.S, cuenta con una planta de producción de mezcla asfáltica ubicada en el kilometro 106 vía Puerto López – Puerto Gaitan, Departamento del Meta.

Murcia Construcciones S.A.S, cuenta con el equipo e infraestructura necesaria para la demanda en producción de mezclas asfálticas y cumple con lo indicado en la normativa INVIAS 2013 en el artículo 400.4.7.4.

Dicho equipo se describe de la siguiente manera:

Marca Intrame UM 120 discontinua, con producción de 120 Ton/hora.

Unidad compacta provista de bastidor donde van montados los siguientes elementos:

- Alimentador de áridos en frio.
- Tambor secador.
- Quemador
- Elevador de áridos en caliente.

Unidad dosificadora y mezcladora incluyendo:

- Criba.
- Tolvas en caliente.
- Tolda de pesado de áridos.
- Sistema de aportación de asfalto.
- Sistema de inyección de asfalto a presión.
- Sistema de aportación de Filler.
- Mezclador.



Equipo de control: Permite el funcionamiento de la planta tanto en automático total como en semiautomático y manual. Supervisión y control mediante su PC. De uso general.

- Filtro de mangas.
- Silo doble de polvo recuperado y filler de aportación.
- Cabina de control.
- Tolvas predosificadoras.

ALMACENAJE Y CALENTAMIENTO DE ASFALTO.

- 3 Tanques para almacenamiento de asfalto de 12000 galones de capacidad máxima Aprox.
- 1 Tanque para almacenamiento de Fuel Oil de capacidad de 12700 galones Aprox. (Actualmente este tanque trabaja con ACPM)
- Actualmente la planta y la caldera trabaja con Gas natural.



7. LIGANTE ASFALTICO.

Teniendo en cuenta lo establecido en el artículo **400-13** norma INVIAS el cemento asfáltico a utilizar es **60/70 BARRANCABERMEJA + 1% MA**. Este cumple acertadamente con lo requerido por la norma (ver certificado del proveedor).

Las temperaturas maximas y minimas al salir del mezclador dependeran del tipo de mezcla y de la planta en la cual esta se elabore. La temperatura maxima de la mezcla al salir del mezclador no sera mayor de ciento ochenta grados Celsius (180°C) en las plantas discontinuas.

Tabla 7 TEMPERATURAS RECOMENDADAS POR EL PROVEEDOR

RANGO DE VISCOSIDAD (POISES)		MINIMO	MAXIMO
TEMPERATURA DE MEZCLADO, °C	ASTM D - 1559	140,5	145,9
TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN, °C	ASTM D - 1559	131,8	135,8



9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Todos los resultados obtenidos en el trabajo de laboratorio deben ser confirmados a escala industrial con las primeras fabricaciones en la planta RM-120 INTRAME. Es necesario ajustar la instalación a cada sistema de cribado y captación de polvo mineral, comprobando y ajustando los porcentajes teóricos con las propiedades y resultados de los controles de calidad.

En la planta de fabricación debe ajustarse la temperatura y tiempo de mezclado para optimizar el correcto funcionamiento y producción de la mezcla.

NIDIA BELTRAN CORTES
INGENIERA DE LABORATORIO
MURCIA CONSTRUCCIONES S.A.S