

ANEXO 1

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL RAP

ESPECIFICACIONES Y RECOMENDACIONES A SEGUIR EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS CON RAP

MEDOTO AMERICANO (PG- GRADE)

En cuanto a la caracterización del RAP esté dependerá del porcentaje a incorporar a la mezcla, pero independiente del porcentaje que se utilice, se determina el contenido de asfalto del RAP y el análisis granulométrico y graduación a los agregados pétreos para todos los porcentajes de RAP. Para la utilización de porcentajes más altos de RAP, se debe determinar las propiedades físicas del ligante asfáltico recuperado del RAP, para así poder seleccionar un ligante asfáltico virgen adecuado. En el manual AASHTO M 323 en una de sus recomendaciones señala que la cantidad de RAP que se usará en la mezcla dictará las propiedades que deben ser conocidas con anterioridad, en la Tabla que se muestra a continuación ase resumen estos requerimientos.

Tabla. Exigencias propiedades RAP

Cantidad de RAP	Propiedades
Bajos niveles	% de asfalto en el RAP Granulometría del RAP
Altos niveles	% de asfalto en el RAP Granulometría del RAP Propiedades físicas del asfalto del RAP (Temperaturas criticas)

Fuente: AASHTO M 323

También la norma específica y recomienda seguir las indicaciones de la Tabla que se muestra a continuación al momento de escoger el PG adecuado del asfalto virgen, ya que combinado con el asfalto envejecido del RAP provocará algunos efectos en el PG del ligante resultante.

Tabla. Grado de desempeño asfalto virgen

Porcentaje de RAP	Grado PG recomendado del cemento asfáltico virgen
< 15%	Ningún cambio en el grado PG solicitado
15 - 25%	Cemento asfáltico virgen un grado más suave de lo normal (por ejemplo, seleccione PG 58- 28 si normalmente se usaría PG 64-22)
> 25%	Seguir las recomendaciones de cálculo de PG del cemento asfáltico de la mezcla

Fuente: AASHTO M 323

Para porcentajes de RAP superiores al 25 por ciento, los procedimientos para desarrollar una nueva mezcla se suministran en el apéndice de **AASHTO M 323**. El objetivo es determinar el grado PG del aglutinante asfáltico recuperado y saber la cantidad de ese reciclado que se puede adicionar a la nueva mezcla, respetando el grado PG especificado para la nueva mezcla.

El objetivo del proceso de evaluación es determinar las propiedades más importantes de los materiales para llegar a una combinación óptima que permita satisfacer los requisitos de la nueva mezcla. Los pasos específicos del proceso de evaluación de materiales y de diseño de mezclas son los siguientes:

- Obtener muestras de campo representativas de la mezcla reciclada.
- Realizar los ensayos de laboratorio:
- Calcular el grado PG del aglutinante asfáltico reciclado.

Cuando se incorpora a la nueva mezcla porcentajes de RAP mayores al 25% se debe realizar los siguientes ensayos al asfalto recuperado.

- Recuperación del aglutinante asfáltico de la mezcla reciclada
- Punto de llama o Viscosidad Dinámica (trabajabilidad)
- Ensayo reológico de corte dinámico (DSR) del aglutinante asfáltico virgen

- RTFOT – Envejecimiento a corto plazo
- Ensayo reológico de corte dinámico (DSR) del aglutinante asfáltico envejecido en RTFOT
- PAV – Envejecimiento a largo plazo
- Ensayo reológico de corte dinámico (DSR) del aglutinante asfáltico envejecido en PAV
- BBR – ensayo con reómetro de viga de flexión del aglutinante asfáltico envejecido en PAV

CARACTERIZACIÓN DEL RAP

Para poder realizar los ensayos al RAP primeramente se debe separar la fracción gruesa con la fina, donde el material retenido en el tamiz #4 (4,75 [mm]) pasaría a ser la fracción gruesa, y el material fino sería lo que pasa de dicho tamiz. A dicho material se determina en laboratorio lo siguiente:

a) Agregado grueso

- Caras fracturadas del agregado y partículas planas y/o alargadas.
- El porcentaje de desgaste de Los Ángeles de los agregados gruesos no será mayor que 40% a 500 revoluciones, al ser ensayado por el método AASHTO T-96.

b) Agregado fino

- El ensayo de equivalencia de arena no se realiza, debido a que el material ha sido recubierto con asfalto y el contenido de arcilla, si lo hubiera, habrá sido eliminado mediante el ensayo para determinar el contenido de asfalto del RAP.

Análisis Granulométrico del Agregado

El ensayo granulométrico del material RAP, se realiza según AASHTO T 3024.

Recomendaciones a seguir:

- Se debe conocer la fuente y mantener acumulaciones separadas de RAP de proyectos específicos o, al menos, mantener RAP de un tipo de proyecto (por ejemplo, carreteras) separadas del RAP de otro tipo (por ejemplo,

estacionamientos), estos dos pueden tener propiedades y contenido de asfalto diferentes, además de las propiedades y gradación de los agregados.

- En cuanto a la caracterización del RAP esté dependerá del porcentaje a incorporar a la mezcla, pero independiente del porcentaje que se utilice, se determina el contenido de asfalto del RAP y el análisis granulométrico y graduación a los agregados pétreos para todos los porcentajes de RAP. Para los porcentajes más altos de RAP, se debe determinar las propiedades físicas del ligante asfáltico recuperado del RAP, para así poder seleccionar un ligante asfáltico virgen adecuado.
- El RAP se manipula de igual manera que los demás áridos, salvo por la temperatura que debe ser calentado para el mezclado. Para el proceso de mezclado y compactación de la MAC con RAP, solo se debe tener en cuenta que el RAP no debe ser precalentado a una temperatura mayor de 110[°C] para el proceso de mezclado, ya que esté posee ligante asfáltico. Entonces, para poder compensar la introducción de un material de temperatura inferior, el agregado virgen debe calentarse en una cierta cantidad por encima de la temperatura de mezclado.
- Dosificar contenidos de RAP por debajo del 15% en el caso de asfaltos deteriorados y por tanto con altas rigideces, puesto que en tales porcentajes de utilización de RAP no se generan cambios significativos en la mezcla final.
- Mantener buenas prácticas en el manejo de los apilamientos de RAP con el objetivo de mantener una baja variabilidad. Sin embargo, adicionalmente se recomienda que los apilamientos sean almacenados de acuerdo a su fuente, manteniendo mayor homogeneidad. En caso de que se utilicen materiales de diferentes proyectos se debe garantizar un correcto mezclado lo cual implica un procesamiento mediante trituración o tamización que favorece la eliminación de sobre tamaños.

Se desarrollaron varias investigaciones y en conjunto con el NCDOT (North Carolina Department of Transportation) en las cuales se determinó que debe tomarse en cuenta al momento de aplicar la metodología RAP, tales como las limitaciones en las

especificaciones técnicas para su aplicación, que se debe procesar y analizar adecuadamente la granulometría de los agregados, también tomar en cuenta el material bituminoso que poseen los agregados para mezclarlos con los agregados vírgenes, así como un estricto control de calidad de estos materiales y del polvo y la humedad.

Para el diseño de la mezcla se debe realizar un análisis previo de laboratorio del material reciclado que debe incluir: Muestreo, extracción de asfalto, granulometría de los agregados, porcentaje de asfalto, abrasión, sanidad.

METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD)

En Alemania son muy exigentes a lo que se refiere en la construcción de carreteras y en lo que refiere a la utilización del RAP en porcentajes altos arriba del 30% los requisitos técnicos son mínimamente 15 años de funcionamiento de sus carreteras sin ningún tipo de mantenimiento así para garantizar que las nuevas mezclas producidas con RAP sean de buena calidad.

Las reglas y reglamentos en lo que se refiere a asfaltos están especificados en la norma de asfalto TL- ASPHALT – STB ARS.

Los granulos de asfalto pueden utilizarse para la producción de mezclas bituminosas siempre que se cumplan los requisitos para las mezclas de materiales de construcción y que se cumplan los requisitos de homogenización.

- Granulometría del agregado

FRACCION AGREGADO FINO

Fracción de granulado < 0.063 mm

FRACCION AGREGADO MEDIO

Fracción de granulado 0.063 – 2 mm

FRACCION AGREGADO GRUESO

Fracción de granulado >2 mm

- Contenido de ligante (contenido de asfalto en la muestra)

Características cualitativas del ligante

En lo que se refiere al estudio de tecnología de los materiales en Alemania se exige al menos 5 muestra de cada 200 toneladas de RAP de un lote iniciado

Cuando se utiliza grandes porcentajes de RAP en la producción de nuevas mezclas asfálticas es necesario al ligante RAP realizar y controlar lo siguiente en el laboratorio:

- Contenido de ligante asfáltico según norma EN 12697-1 o ASTM 8159.
- Punto de ablandamiento anillo y bola según norma DIN
- Penetración según norma DIN
- Determinación de la distribución del tamaño de los áridos

Fracción de granulado < 0.063 mm

Fracción de granulado 0.063 – 2 mm

Fracción de granulado >2 mm

EL punto de Ablandamiento es muy importante porque si una muestra presenta un punto de ablandamiento mayor > 77 °C o una penetración de aguja > de 15 mm esté RAP no puedo utilizar en grandes porcentajes según los estudios realizados.

Tabla. Exigencias del asfalto recuperado

Ensayos a asfalto reutilizados	Especificación
Punto Ablandamiento Anillo y Bola	> 77 °C
Penetración	>15mm

Fuente: TL- ASPHALT

Utilización de porcentajes de RAP según el tipo de capa normado en Alemania

- Capa de rodamiento: alrededor del 40% es lo máximo
- Capa binder o intermedia: alrededor del 50%
- Capa de base: alrededor del 70% - 100%
- Capa sub base: hasta 100%

CARACTERÍSTICAS GENERALES MATERIALES

Se deberá llevar un registro de la procedencia de todas las mezclas bituminosas por reciclar, identificando y acopiando por separado.

Se deberá proceder, también, a la eliminación de cualquier contaminante y, en especial, se usará un procedimiento adecuado para la detección y el retiro de elementos metálicos.

Dosificar contenidos de RAP por debajo del 15 % en el caso de asfaltos deteriorados.

El RAP a incorporar no debe exceder de un tamaño máximo de treinta milímetros (30 mm).

Procedencia

El RAP debe provenir de mezclas asfálticas elaboradas con asfalto convencional, ya sea del pavimento existente en la obra a rehabilitar o de un acopio de otro origen. De cualquier manera, el origen debe ser verificado. El RAP debe tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia del mismo.

Acopios de RAP

Los acopios de RAP se dispondrán preferiblemente sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la absorción de humedad y la contaminación con suelo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se utilizarán sus treinta centímetros (30 cm) inferiores. Los acopios no tendrán forma cónica ni una altura superior a tres metros (3 m) en tiempo caluroso.

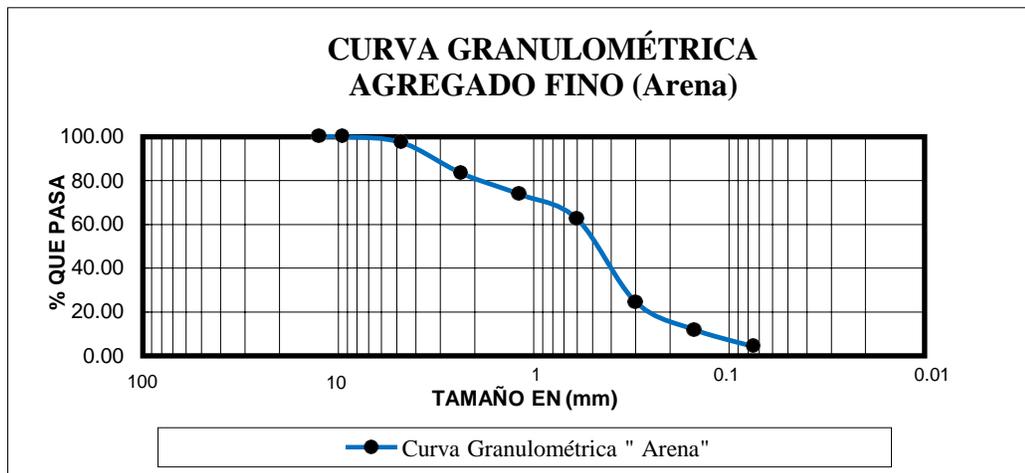
Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro del RAP, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia del RAP, lo cual obliga al estudio de una nueva fórmula de obra.

ANEXO 2

CARACTERIZACION DE LOS AGREGADOS PETREOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES	
GRANULOMETRIA – AGREGADO FINO (ARENA)	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

Peso Total (gr.)		3000			
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total
1/2	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.75	76.50	76.50	2.55	97.45
Nº8	2.36	420.10	496.60	16.55	83.45
Nº16	1.18	292.30	788.90	26.30	73.70
Nº30	0.60	335.10	1124.00	37.47	62.53
Nº50	0.30	1143.30	2267.30	75.58	24.42
Nº100	0.15	378.40	2645.70	88.19	11.81
Nº200	0.075	231.20	2876.90	95.90	4.10
BASE	-	123.10	3000.00	100.00	0.00
SUMA		3000.0			
PÉRDIDAS		0.0			

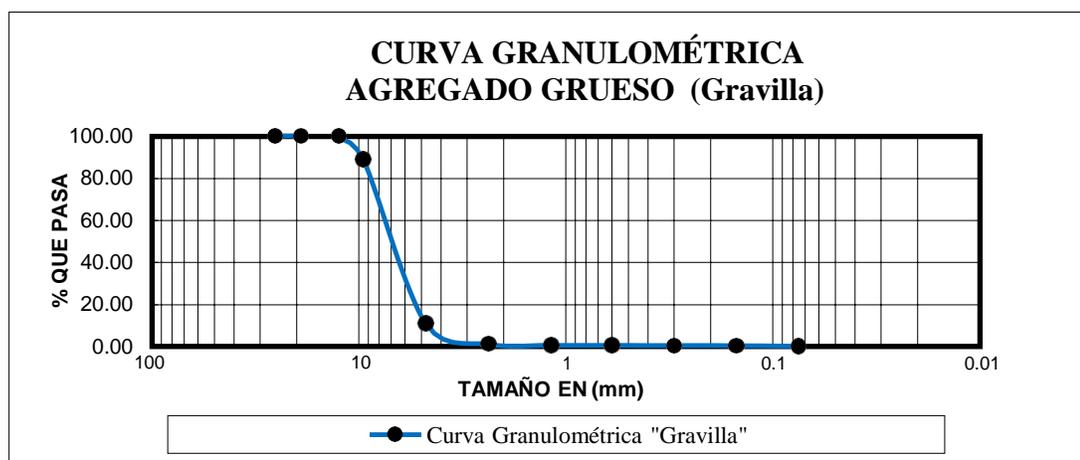


Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGÓNES	
GRANULOMETRIA – AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

Peso Total (gr.)		5000			
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	9.30	9.30	0.19	99.81
3/8"	9.50	550.80	560.10	11.20	88.80
Nº4	4.75	3894.80	4454.90	89.10	10.90
Nº8	2.36	494.70	4949.60	98.99	1.01
Nº16	1.18	22.30	4971.90	99.44	0.56
Nº30	0.60	2.76	4974.66	99.49	0.51
Nº50	0.30	2.20	4976.86	99.54	0.46
Nº100	0.15	3.50	4980.36	99.61	0.39
Nº200	0.075	12.90	4993.26	99.87	0.13
BASE	-	6.60	4999.86	100.00	0.00
SUMA		4999.9			
PÉRDIDAS		0.1			

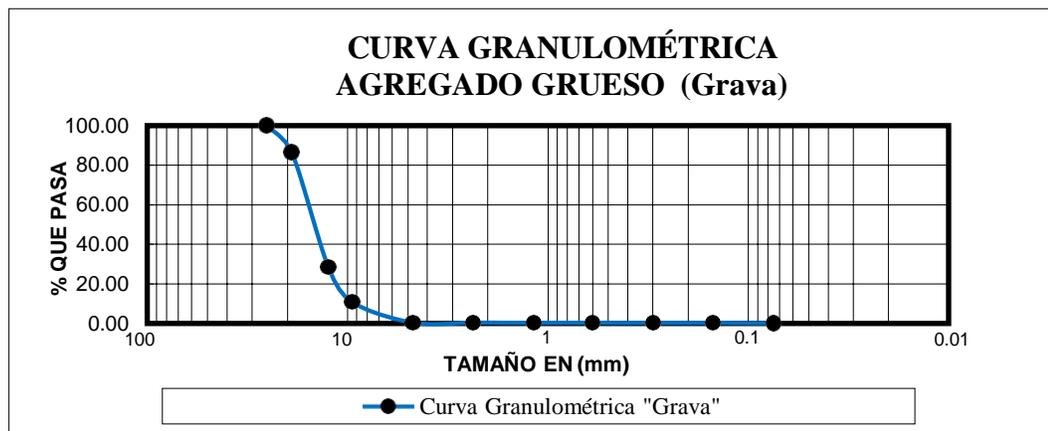


Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES	
GRANULOMETRIA – AGREGADO GRUESO (GRAVA)	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

Peso Total (gr.)		5000			
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret. (g)	Ret. Acum (g)	% Retenido	% que pasa del total
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	687.20	687.20	13.74	86.26
1/2"	12.5	2886.70	3573.90	71.48	28.52
3/8"	9.50	882.90	4456.80	89.14	10.86
Nº4	4.75	522.20	4979.00	99.58	0.42
Nº8	2.36	1.00	4980.00	99.60	0.40
Nº16	1.18	1.90	4981.90	99.64	0.36
Nº30	0.60	2.30	4984.20	99.68	0.32
Nº50	0.30	0.90	4985.10	99.70	0.30
Nº100	0.15	0.70	4985.80	99.72	0.28
Nº200	0.075	10.29	4996.09	99.92	0.08
BASE	-	3.70	4999.79	100.00	0.00
SUMA		4999.8			
PÉRDIDAS		0.2			



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGÓNES	
PESO UNITARIO – AGREGADO GRUESO (GRAVA)	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5840.00	9920.00	20050.00	14210.00	1.432
2	5840.00	9920.00	20010.00	14170.00	1.428
3	5840.00	9920.00	19860.00	14020.00	1.413
PROMEDIO					1.425

PESO UNITARIO COMPACTADO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5840.00	9920.00	21485.00	15645.00	1.577
2	5840.00	9920.00	21585.00	15745.00	1.587
3	5840.00	9920.00	21715.00	15875.00	1.600
PROMEDIO					1.588

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGÓNES	
PESO UNITARIO – AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5840.00	9920.00	19800.00	13960.00	1.407
2	5840.00	9920.00	19685.00	13845.00	1.396
3	5840.00	9920.00	19705.00	13865.00	1.398
PROMEDIO					1.400

PESO UNITARIO COMPACTADO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5840.00	9920.00	20910.00	15070.00	1.519
2	5840.00	9920.00	21010.00	15170.00	1.529
3	5840.00	9920.00	21270.00	15430.00	1.555
PROMEDIO					1.535

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGÓNES	
PESO UNITARIO – AGREGADO FINO (ARENA)	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	2610.00	2990.00	7436.50	4826.50	1.614
2	2610.00	2990.00	7398.10	4788.10	1.601
3	2610.00	2990.00	7390.40	4780.40	1.599
PROMEDIO					1.605

PESO UNITARIO COMPACTADO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	2610.00	2990.00	7897.50	5287.50	1.768
2	2610.00	2990.00	7912.20	5302.20	1.773
3	2610.00	2990.00	7850.60	5240.60	1.753
PROMEDIO					1.765

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

PESO ESPECIFICO – AGREGADO FINO (ARENA)

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG-GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

MUESTRA N°	PESO MUESTRA (gr)	PESO DE MATRÁZ (gr)	MUESTRA + MATRAZ + AGUA (gr)	PESO DEL AGUA AGREGADO AL MATRÁZ "W" (ml) ó (gr)	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	VOLUMEN DEL MATRÁZ "V" (ml)	P. E. A GRANEL (gr/cm ³)	P. E. SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm ³)	P. E. APARENTE (gr/cm ³)	% DE ABSORCIÓN
1	500	237.00	989.00	252.00	493.30	500.00	1.99	2.02	2.04	1.34
2	500	221.60	941.70	220.10	490.40	500.00	1.75	1.79	1.81	1.92
3	500	198.00	998.30	300.30	492.50	500.00	2.47	2.5	2.56	1.50
PROMEDIO							2.07	2.10	2.14	1.59

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

PESO ESPECIFICO – AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG-GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

MUESTRA N°	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA CON SUP. SECA "B" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA "C" (gr)	PESO ESPECÍFICO A GRANEL (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm3)	% DE ABSORCIÓN
1	2937.00	3000.00	1850.00	2.55	2.61	2.70	2.15
2	2932.80	3000.00	1844.00	2.54	2.60	2.69	2.29
3	2933.90	3000.00	1847.00	2.54	2.60	2.70	2.25
			PROMEDIO	2.55	2.60	2.70	2.23

(B-C) = Esté término es la pérdida de peso de la muestra sumergida y significa por lo tanto el volumen de agua desplazado o sea el volumen de la muestra.

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE MATERIALES Y
HORMIGONES**



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

PESO ESPECIFICO – AGREGADO GRUESO (GRAVA)

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG-GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

MUESTRA N°	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA CON SUP. SECA "B" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA "C" (gr)	PESO ESPECÍFICO A GRANEL (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm3)	% DE ABSORCIÓN
1	4428.20	4500.00	2755.00	2.54	2.58	2.65	1.62
2	4436.00	4500.00	2778.00	2.58	2.61	2.68	1.44
3	3931.20	4000.00	2460.00	2.55	2.60	2.67	1.75
PROMEDIO				2.56	2.60	2.66	1.60

(B-C) = Esté término es la pérdida de peso de la muestra sumergida y significa por lo tanto el volumen de agua desplazado o sea el volumen de la muestra.

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE MATERIALES Y
HORMIGONES

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES	
ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ANGELES ASTM C-131	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

AGREGADO GRUESO: GRAVA

TABLA ASTM C-131 DE REQUERIMIENTO SEGÚN EL TAMAÑO DE MATERIAL QUE SE TENGA

GRADACIÓN		A	B	C	D
DIAMETRO		CANTIDAD DE MATERIAL AEMPLEAR (gr)			
PASA	RETENIDO				
1 1/2"	1"	1250±25			
1"	3/4"	1250±25			
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10		
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10		
3/8"	1/4"			2500±10	
1/4"	Nº4			2500±10	
Nº4	Nº8				5000±10
PESO TOTAL		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
NUMERO DE ESFERAS		12	11	8	6
Nº DE REVOLUCIONES		500	500	500	500
TIEMPO DE ROTACION		15	15	15	15

DATOS DE LABORATORIO			
GRADACIÓN B			
PASA	TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	PESO RETENIDO
	1½ "	1"	-
	1"	3/4"	-
	3/4"	1/2"	2500.4
	1/2"	3/8"	2502.3

$$\% \text{ DESGASTE} = \frac{P_{INICIAL} - P_{FINAL}}{P_{INICIAL}} * 100$$

GRADACIÓN	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DE DESGASTE	ESPECIFICACION ASTM
C	5002.7	3661	26.82	35% MAX

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES	
ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ANGELES ASTM C-131	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

AGREGADO GRUESO: GRAVILLA

TABLA ASTM C-131 DE REQUERIMIENTO SEGÚN EL TAMAÑO DE MATERIAL QUE SE TENGA

GRADACIÓN		A	B	C	D
DIAMETRO		CANTIDAD DE MATERIAL AEMPLEAR (gr)			
PASA	RETENIDO				
1 1/2"	1"	1250±25			
1"	3/4"	1250±25			
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10		
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10		
3/8"	1/4"			2500±10	
1/4"	Nº4			2500±10	
Nº4	Nº8				5000±10
PESO TOTAL		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
NUMERO DE ESFERAS		12	11	8	6
NºDE REVOLUCIONES		500	500	500	500
TIEMPO DE ROTACION		15	15	15	15

DATOS DE LABORATORIO		
GRADACIÓN C		
PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	PESO RETENIDO
3/8"	1/4"	2503
1/4"	Nº4	2500.7

$$\% \text{ DESGASTE} = \frac{P_{INICIAL} - P_{FINAL}}{P_{INICIAL}} * 100$$

GRADACIÓN	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DE DESGASTE	ESPECIFICACION ASTM
C	5003.7	3630.8	27.44	35% MAX

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGÓNES	
ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

AGREGADO: ARENA

N° de Muestra	H ₁	H ₂	Equivalente de Arena (%)
	(cm)	(cm)	
1	9.15	11.00	83.18
2	9.85	11.4	86.40
3	9.8	11.45	85.59
	Promedio		85.06

$$E. A. = \frac{H_1}{H_2} * 100$$

Equivalente de Arena (%)	NORMA
85.06	> 50%

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

TABLA GRANULOMETRICA FORMADA – DISEÑO MARSHALL

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: FEBRERO DEL 2021

Tamices	tamaño (mm)	Grava	Gravilla	Arena	Grava	Gravilla	Arena	TOTAL				Especificaciones	
		Peso Ret. a 3000 gr	Peso Ret. a 3000 gr	Peso Ret. a 3000 gr	al 0.28	al 0.22	al 0.50	Peso Ret. 1.00	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total	Mínimo	Máximo
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.0	412.32	0.00	0.00	115.45	0.00	0.00	115.45	115.45	3.85	96.15	90	100
1/2"	12.5	1732.02	5.58	0.00	484.97	1.23	0.00	486.19	601.64	20.06	79.94	-	-
3/8"	9.50	529.74	330.48	0.00	148.33	72.71	0.00	221.03	822.68	27.42	72.58	56	80
Nº4	4.75	313.32	2336.88	76.50	87.73	514.11	38.25	640.09	1462.77	48.76	51.24	0.26	65
Nº8	2.36	0.60	296.82	420.10	0.17	65.30	210.05	275.52	1738.29	57.94	42.06	23	49
Nº16	1.18	1.14	13.38	292.30	0.32	2.94	146.15	149.41	1887.70	62.92	37.08	-	-
Nº30	0.60	1.38	1.66	335.10	0.39	0.36	167.55	168.30	2056.00	68.53	31.47	-	-
Nº50	0.30	0.54	1.32	1143.30	0.15	0.29	571.65	572.09	2628.09	87.60	12.40	5	19
Nº100	0.15	0.42	2.10	378.40	0.12	0.46	189.20	189.78	2817.87	93.93	6.07	-	-
Nº200	0.075	6.17	7.74	231.20	1.73	1.70	115.60	119.03	2936.90	97.90	2.10	2	8
BASE	-	2.22	3.96	123.10	0.62	0.87	61.55	63.04	2999.95	100.00	0.00	-	-
SUMA		2999.9	2999.9	3000.0	839.96	659.98	1500.00	2999.9					
PÉRDIDAS		0.1	0.1	0.0									

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGÓNES

TABLA GRANULOMETRICA FORMADA – DISEÑO MARSHALL

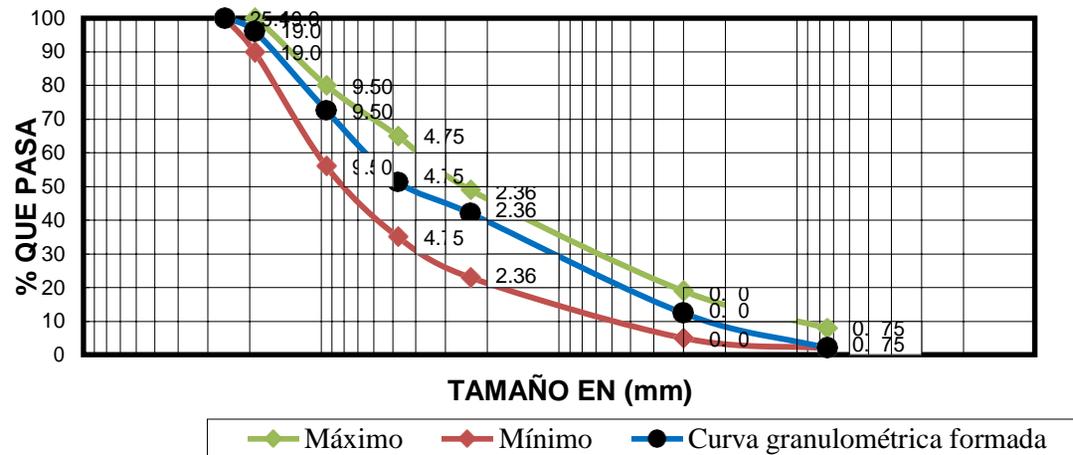
PROYECTO:

INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: FEBRERO DEL 2021

**CURVA GRANULOMÉTRICA FORMADA
DISEÑO MARSHALL**



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS

ANEXO 3

CARACTERIZACION DEL CEMENTO ASFÁLTICO

	UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN CARRERA DE INGENIERIA CIVIL(TARIJA-BOLIVIA) ENSAYOS PARA EL CEMENTO ASFÁLTICO 85/100	
	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG-GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS	
	CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL	85/100

PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO							
Ensayo	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	Especificaciones	
						Mínimo	Máximo
Peso Picnómetro	grs.	32.20	33.73	33.98			
Peso Picnómetro + Agua (25°C)	grs.	77.53	81.49	81.06			
Peso Picnómetro + Muestra	grs.	61.38	64.79	61.29			
Peso Picnómetro + Agua + Muestra	grs.	77.69	81.72	81.25			
Peso Específico	grs./cm ³	1.003	1.005	1.004	1.004	1	1.05

PENETRACION	Muestra	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio	Especificaciones	
						Mínimo	Máximo
Penetración a 25°C, 100 g 5 seg. (0.1mm) AASHTO T-49	1	88	90	88	89		
	2	96	92	90	93		
	3	91	86	93	90		
				Promedio (mm)	90	85	100

DUCTILIDAD	Muestra	Lectura (cm)	Especificaciones	
			Mínimo	Máximo
Ductilidad a 25 °C AASHTO T - 51	1	125		
	2	135		
	3	140		
	Promedio	133	>100	-

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS

	UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN CARRERA DE INGENIERIA CIVIL(TARIJA-BOLIVIA) ENSAYOS PARA EL CEMENTO ASFÁLTICO 85/100	
	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG-GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS	
	CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL	85/100

PUNTO DE INFLAMACION	Muestra	Lectura (°C)	Especificaciones	
AASHTO T - 48	1	298	Mínimo	Máximo
	2	295		
	3	296		
	Promedio	296	>232	-

PUNTO DE ABLANDAMIENTO	Muestra	Lectura (°C)	Especificaciones	
AASHTO T53 – 96	1	50	Mínimo	Máximo
	2	48		
	Promedio	49	42	53

VISCOSIDAD CINEMATICA	Muestra	Lectura (mm ² /s)	Especificaciones	
Viscosidad Cinematica 135 °C mm ² /s	1	318	Mínimo	Máximo
	2	307		
	Promedio	313	>250	-

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS

	UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN CARRERA DE INGENIERIA CIVIL(TARIJA-BOLIVIA)	
	ENSAYOS PARA EL CEMENTO ASFÁLTICO 85/100	
	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG-GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS	
CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL	85/100	FECHA: DICIEMBRE 2020

ENSAYO	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	ESPECIFICACIONES	
						Mínimo	Máximo
Peso Picnómetro	grs.	32.20	33.73	33.98			
Peso Picnómetro + Agua (25°C)	grs.	77.53	81.49	81.06			
Peso Picnómetro + Muestra	grs.	61.38	64.79	61.29			
Peso Picnómetro + Agua + Muestra	grs.	77.69	81.72	81.25			
Peso Específico	grs./cm ³	1.003	1.005	1.004	1.004	1	1.05
Punto de Inflamación AASHTO T-48	°C	>298	>296	>295	>296	>232	-
Ductilidad a 25°C AASHTO T-51	cm.	115	105	107	109	>100	-
Penetración a 25°C, 100s, 5seg.(0.1mm) AASHTO T-49	Lectura N°1	88	96	91			
	Lectura N°2	90	92	86			
	Lectura N°3	88	90	93			
	Promedio	mm.	89	93	90	90	85
Viscosidad Cinemática 135 °C	mm ² /s	318	307		313	250	-
Ensayo de la mancha					No se realizo	NEGATIVO	
Solvente gasolina standart					No se realizo	NEGATIVO	
Solvente gasolina-xilol, % xilol					No se realizo	NEGATIVO	
Solvente heptano-xilol, % xilol					No se realizo	NEGATIVO	
Ensayo de película delgada en horno, 32 mm, 163°C, 5 hrs.					No se realizo		
* Pérdida en masa	%				No se realizo		
* Penetración del residuo, penetración original	%				No se realizo	47	
Indice de susceptibilidad térmica					No se realizo	-1	1
Punto de ablandamiento	°C	50.0	48.0		49	42	53

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS

ANEXO 4

CONTENIDO OPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO, INVESTIGACION SOBRE EL EFECTO DE RAP EN MEZCLAS ASFALTICAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

TABLAS DE CONTENIDO DE LIGANTE SEGÚN LA GRANULOMETRIA

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

MEZCLAS EN CALIENTE
TEMPERATURA DE MEZCLADO 140°C

Peso Total de Briqueta (gr)	1200
Ponderación de Grava	0.28
Ponderación de Gravilla	0.22
Ponderación de Arena	0.5

Porcentaje Total de Briqueta	100%
Porcentaje Total de Cemento Asfáltico	X %
Porcentaje Total del Agregado	100 - X %

	Porcentaje de cemento asfáltico en la mezcla					
	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Porcentaje de Total Agregado (%)	96.0%	95.5%	95.0%	94.5%	94.0%	93.5%
Peso del Cemento asfáltico (gr)	48.00	54.00	60.00	66.00	72.00	78.00
Peso de Grava (gr)	322.56	320.88	319.20	317.52	315.84	314.16
Peso de Gravilla (gr)	253.44	252.12	250.80	249.48	248.16	246.84
Peso de Arena (gr)	576.00	573.00	570.00	567.00	564.00	561.00
Peso total de la briqueta (gr)	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
LABORATORIO DE ASFALTOS

TIPO DE LIGANTE: CEMENTO ASFÁLTICO 85/100

PROCEDENCIA :BRASIL

PROCEDENCIA DEL AGREGADO: ALCALDIA MUNICIPAL TARIJA

FECHA: ABRIL / 2021

PLANILLA MÉTODO MARSHALL
PARA EL CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

Granulometría Formada		P. Especifico	% agregado		TIPO DE CEMENTO ASFÁLTICO: CONVENCIONAL		85/100		Agregado		P.E.	%									
Mat. Retenido Tamiz N° 4		2.56	48.76		NÚMERO DE GOLPES POR CARA		75		Grava		2.56	28									
Mat. Pasa Tamiz N° 4		2.47	51.24		TEMPERATURA DE MEZCLADO (°C)		160		Gravilla		2.55	22									
Peso Especifico Total		2.51	100		PESO ESPECIFICO DEL LIGANTE AASHTO T-228 (gr/cm3)		1.0040		Arena		2.47	50									
N° de probeta	% de Asfalto		Peso Briqueta			Volumen	Densidad Briqueta			% de Vacios			Estabilidad Marshall				Fluencia				
	base Mezcla	base Agregados	seco	sat. Sup. Secca	sumergida en agua	probeta	densidad real	Densidad promedio	densidad maxima teorica	% de vacios mezcla total	V.A.M.(vacios agregado mineral)	R.B.V. (relacion betumen vacios)	lectura del dial	carga	factor de correccion de altura de probeta	Estabilidad real corregida	Estabilidad promedio	lectura dial del flujo	Fluencia promedio		
	%	%	grs.	grs.	grs.	cm3	grs/cm3	grs/cm3	grs/cm3	%	%	%	mm	libras	-	libras	libras	0,01 pulg	0,01 pulg		
1			6.68	1201.0	1220.1	671	549.1	2.19					784	2092.9339	0.93	1941.20		8			
2	4.00	4.17	6.72	1173.8	1180.2	650	530.2	2.21	2.21	2.36	6.55	15.35	57.32	800	2136.0187	0.92	1959.80	1960.7577	9	8.00	
3			6.62	1186.8	1191.6	658	533.6	2.22					790	2109.0907	0.94	1981.28		7			
4			6.52	1170.2	1175.9	647	528.9	2.21					900	2405.2987	0.96	2304.52		9			
5	4.50	4.71	6.63	1184.4	1184.5	660	524.5	2.26	2.22	2.35	5.48	15.42	64.43	1000	2674.5787	0.94	2507.69	2444.6963	8	8.33	
6			6.55	1176.6	1180.0	640	540.0	2.18					990	2647.6507	0.95	2521.89		8			
7			6.56	1177.7	1181.5	658	523.5	2.25					1010	2701.5067	0.95	2568.32		9			
8	5.00	5.26	6.56	1186.5	1190.3	643	547.3	2.17	2.22	2.33	4.41	15.49	71.51	1100	2943.8587	0.95	2798.73	2634.5877	10	9.00	
9			6.52	1183.8	1188.8	664	524.8	2.26					990	2647.6507	0.96	2536.71		8			
10			6.54	1186.1	1200.2	668	532.2	2.23					1100	2943.8587	0.95	2809.62		10			
11	5.50	5.82	6.48	1179.6	1184.2	644	540.2	2.18	2.23	2.31	3.41	15.63	78.18	1100	2943.8587	0.97	2848.18	2741.7992	9	9.67	
12			6.51	1176.8	1181.3	665	516.3	2.28					1000	2674.5787	0.96	2567.60		10			
13			6.50	1196.6	1198.9	670	528.9	2.26					1061	2838.8395	0.96	2732.38		10			
14	6.00	6.38	6.50	1190.5	1193.7	656	537.7	2.21	2.23	2.29	2.62	15.96	83.57	1041	2784.9835	0.96	2680.55	2680.2344	11	10.67	
15			6.42	1176.5	1180.5	650	530.5	2.22					1000	2674.5787	0.98	2627.77		11			
16			6.47	1183.7	1194.2	674	520.2	2.28					800	2136.0187	0.97	2071.94		11			
17	6.50	6.95	6.42	1180.0	1188.9	646	542.9	2.17	2.22	2.27	2.19	16.59	86.77	900	2405.2987	0.98	2363.21	2152.0855	13	11.67	
18			6.38	1182.4	1187.0	655	532.0	2.22					763	2036.3851	0.99	2021.11		11			
ESPECIFICACIONES			minimo									3	13	75					1800	8	
			maximo									5	-	82					-	16	

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

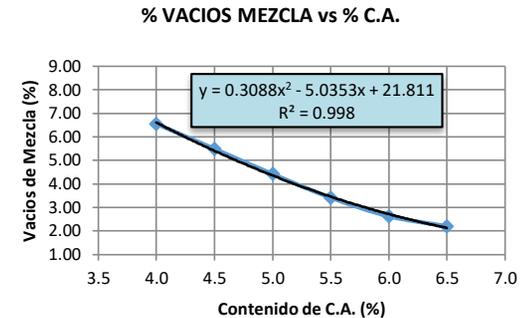
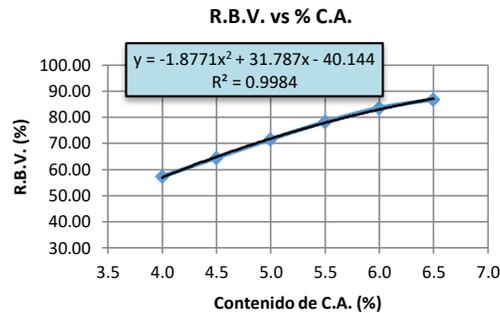
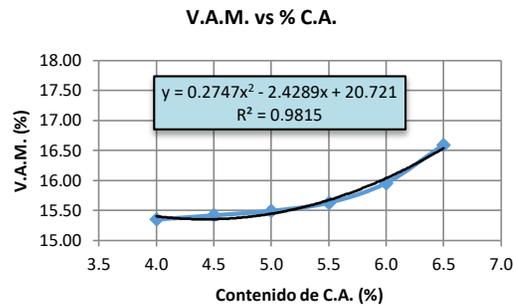
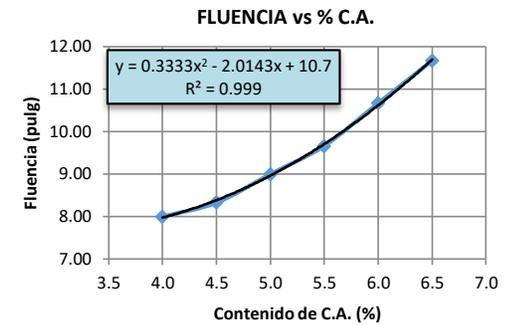
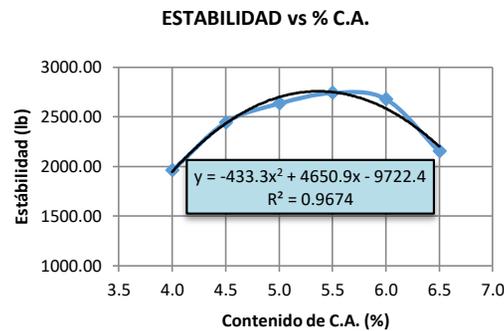
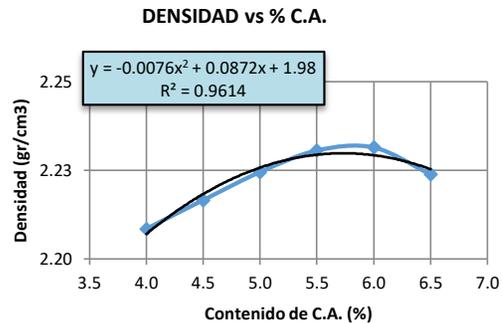
CURVAS METODO MARSHALL PARA EL CONTENIDO OPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

PROYECTO:

INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: ABRIL DEL 2021



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS MARSHALL CONTENIDO OPTIMO

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MARZO DEL 2021

PORCENTAJES DE CEMENTO ASFÁLTICO	DENSIDAD PROMEDIO (gr/cm³)	ESTABILIDAD (libra)	FLUENCIA (pulg)	% DE VACIOS DE MEZCLA TOTAL (%)	R.B.V. (RELACIÓN BETÓN VACIOS) (%)	V.A.M. (VACIOS DE AGREGADO MINERAL) (%)
4.0	2.21	1960.76	8.00	6.55	57.32	15.35
4.5	2.22	2444.70	8.33	5.48	64.43	15.42
5.0	2.22	2634.59	9.00	4.41	71.51	15.49
5.5	2.23	2741.80	9.67	3.41	78.18	15.63
6.0	2.23	2680.23	10.67	2.62	83.57	15.96
6.5	2.22	2152.09	11.67	2.19	86.77	16.59
X	5.74	5.38		5.17	5.9	4.9
Ymax	2.23	2757.91		4	78	15.5

Promedio = 5.42 % Porcentaje óptimo de C.A.

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

TABLAS DE CONTENIDO DE RAP

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMÁN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MARZO DEL 2021

PORCENTAJE DE CEMENTO ASFÁLTICO EN LA MEZCLA

Contenido optimo C.A.(%)	5.42%	5.42%	5.42%	5.42%	5.42%	5.42%	5.42%
Porcentaje de RAP (%)	0.00%	2.00%	4.00%	8.00%	15.00%	18.00%	23.00%
Porcentaje de total agregado (%)	94.58%	92.58%	90.58%	86.58%	79.58%	76.58%	71.58%
Peso del Cemento asfáltico (gr)	65.04	65.04	65.04	65.04	65.04	65.04	65.04
Peso RAP (gr)	0.00	24.00	48.00	96.00	180.00	216.00	276.00
Peso de grava (gr)	317.79	311.07	304.35	290.91	267.39	257.31	240.51
Peso de gravilla (gr)	249.69	244.41	239.13	228.57	210.09	202.17	188.97
Peso de arena (gr)	567.48	555.48	543.48	519.48	477.48	459.48	429.48
Peso total de la briqueta (gr)	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

PLANILLA DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA CON RAP

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI **FECHA:** MAYO DEL 2021

RAP	Lectura dial estabilidad	Carga	Estabilidad real corregida	Estabilidad promedio	Lectura dial flujo	Fluencia promedio
%	mm	libras	libras	libras	0,01 pulg	0.01 pulg
0	1100	2943.86	2936.50	2810.28	12	10.00
	1140	3051.57	2855.35		10	
	1050	2809.22	2638.98		8	
2	1140	3051.57	2872.44	2886.80	9	10.67
	1200	3213.14	3000.43		12	
	1100	2943.86	2787.54		11	
4	1190	3186.21	3082.66	3028.61	10	11.00
	1110	2970.79	3154.98		13	
	1100	2943.86	2848.18		10	
8	1320	3536.27	3335.41	3211.46	13	11.67
	1460	3913.27	3776.30		12	
	1000	2674.58	2522.66		10	
15	1663	4459.91	4531.26	3389.37	12	12.67
	1069	2860.38	2796.02		11	
	1100	2943.86	2840.82		15	
18	1220	3266.99	3283.33	3397.74	12	13.33
	1302	3487.80	3409.33		12	
	1310	3509.35	3500.57		16	
23	1190	3186.21	3202.14	3218.87	15	15.00
	1180	3159.28	3088.20		16	
	1260	3374.71	3366.27		14	

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

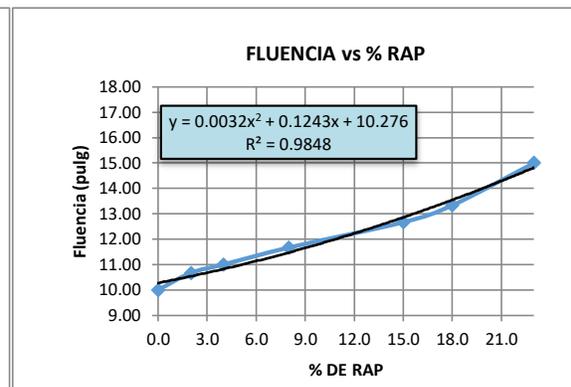
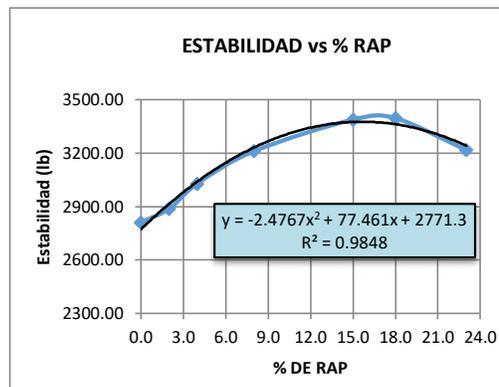
GRAFICAS DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA CON RAP

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MAYO DEL 2021

RAP	ESTABILIDAD	FLUENCIA
%	(libras)	(pulg)
0.0	2810.28	10.00
2.0	2886.80	10.67
4.0	3028.61	11.00
8.0	3211.46	11.67
15.0	3389.37	12.67
18.0	3397.74	13.33
23.0	3218.87	15.00



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

PLANILLA DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA CON RAP PG (60 °C)

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMÁN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MAYO DEL 2021

RAP	Lectura dial estabilidad	Carga	Estabilidad real corregida	Estabilidad promedio	Lectura dial flujo	Fluencia promedio
%	mm	libras	libras	libras	0.01 pulg	0.01 pulg
0	1100	2943.86	2649.47	2453.02	12	11.33
	950	2539.94	2405.07		12	
	900	2405.30	2304.52		10	
2	1268	3396.25	3116.06	2631.76	12	12.00
	830	2216.80	2144.76		13	
	1000	2674.58	2634.46		11	
4	1180	3159.28	2991.52	2763.30	10	12.33
	1100	2943.86	2743.38		16	
	990	2647.65	2554.98		11	
8	1250	3347.78	3163.65	2861.73	14	13.00
	1180	3159.28	2944.14		12	
	990	2647.65	2477.41		13	
15	1200	3213.14	3054.73	3003.31	16	14.00
	992	2653.04	2573.45		11	
	1320	3536.27	3381.74		15	
18	1200	3213.14	3048.63	2959.07	14	14.33
	1120	2997.71	2866.71		13	
	1115	2984.25	2961.87		16	
23	1100	2943.86	2884.98	2880.66	15	15.33
	990	2647.65	2732.38		16	
	1150	3078.50	3024.62		15	

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

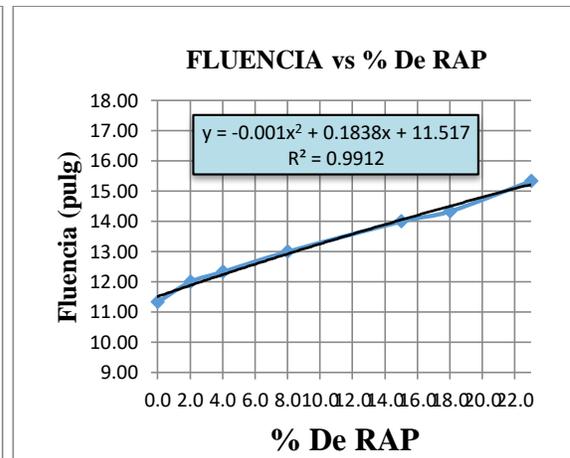
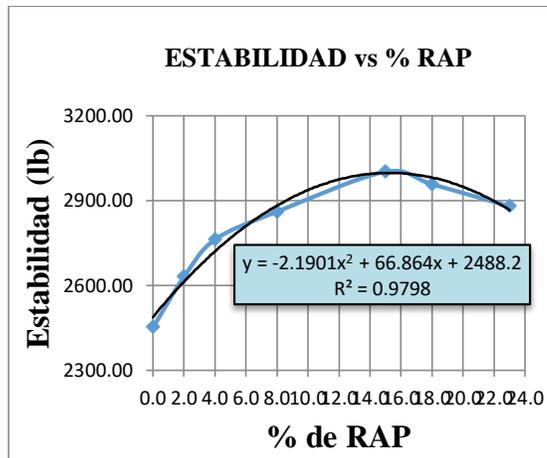
GRAFICAS DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA CON RAP PG (60 °C)

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MAYO DEL 2021

RAP	ESTABILIDAD	FLUENCIA
%	libra	pulgada
0.0	2453.02	11.33
2.0	2631.76	12.00
4.0	2763.30	12.33
8.0	2861.73	13.00
15.0	3003.31	14.00
18.0	2959.07	14.33
23.0	2880.66	15.33



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ASFALTOS

PLANILLA DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA CON RAP PG 25°C

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MAYO DEL 2021

RAP	Lectura dial estabilidad	Carga	Estabilidad real corregida	Estabilidad promedio	Lectura dial flujo	Fluencia promedio
%	mm	libras	libras	libras	0.01 pulg	0.01 pulg
0	1050	2809.22	2528.30	2746.52	13	10.67
	1100	2943.86	2787.54		9	
	1140	3051.57	2923.71		10	
2	1200	3213.14	2948.05	2933.38	9	11.00
	1140	3051.57	2952.39		13	
	1100	2943.86	2899.70		11	
4	1190	3186.21	3082.66	3026.15	10	11.33
	1110	2970.79	3154.98		13	
	1100	2943.86	2840.82		11	
8	1000	2674.58	2527.48	3161.05	13	12.00
	1460	3913.27	3646.77		12	
	1320	3536.27	3308.89		11	
15	1663	4459.91	4240.03	3276.60	12	13.33
	1069	2860.38	2774.57		13	
	1100	2943.86	2815.21		15	
18	1220	3266.99	3099.72	3306.05	12	14.00
	1302	3487.80	3335.39		14	
	1310	3509.35	3483.03		16	
23	1260	3374.71	3307.21	3233.13	15	15.00
	1190	3186.21	3288.17		16	
	1180	3159.28	3104.00		14	

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

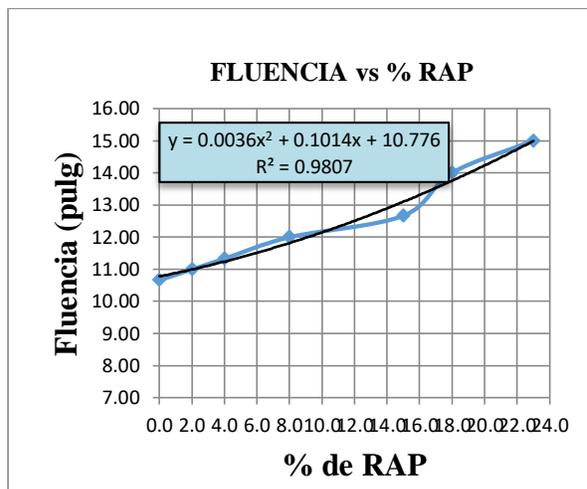
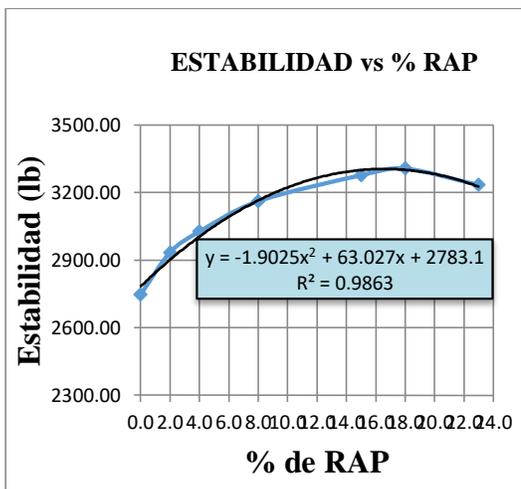
GRAFICAS DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA CON RAP PG 25°C

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MAYO DEL 2021

RAP	ESTABILIDAD	FLUENCIA
%	libras	pulg
0.0	2746.52	10.67
2.0	2933.38	11.00
4.0	3026.15	11.33
8.0	3161.05	12.00
15.0	3276.60	13.33
18.0	3306.05	14.00
23.0	3233.13	15.00





UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

PLANILLA DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA CON RAP PG -4°C

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI **FECHA:** MAYO DEL 2021

RAP	Lectura dial estabilidad	Carga	Estabilidad real corregida	Estabilidad promedio	Lectura dial flujo	Fluencia promedio
%	mm	libras	libras	libras	0.01pulg.	0.01pulg.
0	3700	9945.14	8950.62	10372.66	12	10.67
	4402	11835.48	11207.02		10	
	4255	11439.64	10960.32		10	
2	4300	11560.82	10607.05	10581.43	9	11.00
	3800	10214.42	9882.45		13	
	4250	11426.18	11254.79		11	
4	4000	10752.98	10182.00	10669.26	10	11.33
	4300	11560.82	10773.53		13	
	4260	11453.11	11052.25		11	
8	4150	11156.90	10543.27	10753.07	14	12.00
	4400	11830.10	11024.47		12	
	4250	11426.18	10691.48		10	
15	4200	11291.54	10734.87	10872.12	13	13.00
	4250	11426.18	11083.39		11	
	4200	11291.54	10798.10		15	
18	4250	11426.18	10841.16	10898.50	13	13.33
	4100	11022.26	10540.59		11	
	4240	11399.25	11313.76		16	
23	4200	11291.54	11065.71	10953.29	15	15.00
	4000	10752.98	11097.07		16	
	4050	10887.62	10697.09		14	

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

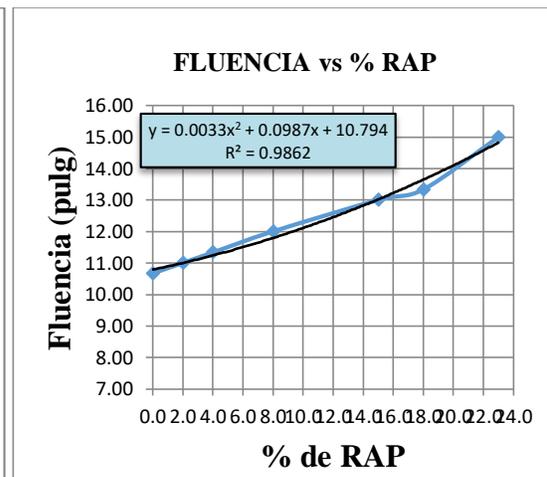
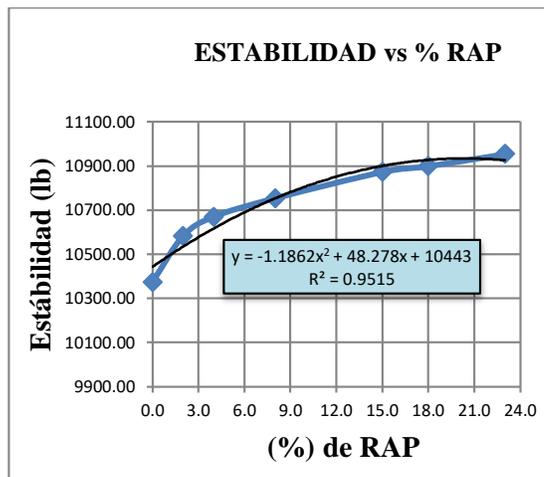
GRAFICA DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA CON RAP PG -4°C

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MAYO DEL 2021

RAP	Estabilidad	Fluencia
%	libras	Pulg.
0.0	10372.66	10.67
2.0	10581.43	11.00
4.0	10669.26	11.33
8.0	10753.07	12.00
15.0	10872.12	13.00
18.0	10898.50	13.33
23.0	10953.29	15.00



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

METODO ALEMAN HOMOGENEIDAD

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MAYO DEL 2021

	Contenido de cemento asfáltico	Fracción de granulado <0.074 mm[M-%]	Fracción de granulado entre 0.074 mm y 2 mm[M-%]	Fracción de granulado > 2 mm[M-%]	%
Muestra 1	5.32	3.31	32.39	64.30	100
Muestra 2	6.34	4.68	39.02	56.30	100
Muestra 3	6.35	3.15	31.98	64.87	100
Muestra 4	5.77	2.36	24.11	73.53	100
Muestra 5	5.21	4.67	39.02	56.31	100
Media	5.80	3.63	33.30	63.06	100
Intervalo	1.14	2.32	14.91	17.23	

$$Z_i = \frac{const.*Tzul,i}{a_i} * 100$$

PARA CAPAS RODAMIENTO (REVESTIMIENTO)

Contenido de ligante	23.00	%
Fracción de granulo fino	85.00	%
Fracción de granulo medio	35.00	%
Fracción de granulo grueso	31.00	%
Cantidad máxima de adición RAP	23.00	%

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ASFALTOS

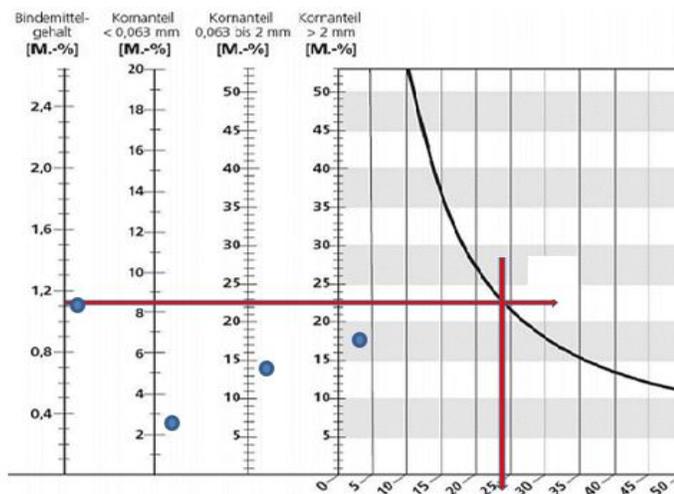
METODO ALEMAN HOMOGENEIDAD GRÁFICO

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MAYO DEL 2021

	Contenido de cemento asfáltico	Fracción de granulado <0.074 mm[M-%]	Fracción de granulado entre 0.074 mm y 2 mm[M-%]	Fracción de granulado > 2 mm[M-%]	%
Muestra 1	5.32	3.31	32.39	64.30	100
Muestra 2	6.34	4.68	39.02	56.30	100
Muestra 3	6.35	3.15	31.98	64.87	100
Muestra 4	5.77	2.36	24.11	73.53	100
Muestra 5	5.21	4.67	39.02	56.31	100
Media	5.80	3.63	33.30	63.06	100
Intervalo	1.14	2.32	14.91	17.23	



Cantidad máxima de adición RAP 23%

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Seila Claudia Ávila Sandoval
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ASFALTOS

ANEXO 5

CARACTERIZACION DEL MATERIAL RECICLADO



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

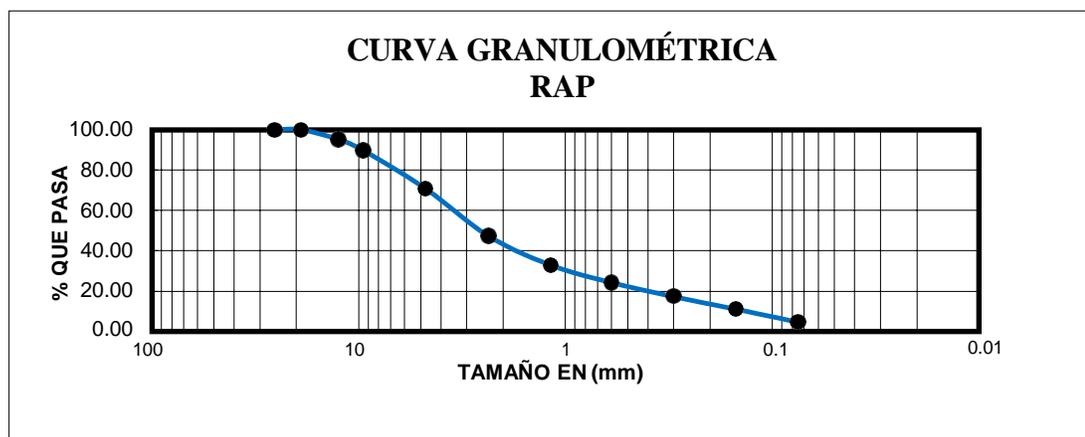
GRANULOMETRIA RAP

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MAYO DEL 2021

Peso Total (gr.)		1600			
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	76.70	76.70	4.79	95.21
3/8"	9.50	87.20	163.90	10.24	89.76
Nº4	4.75	303.30	467.20	29.20	70.80
Nº8	2.36	375.20	842.40	52.65	47.35
Nº10	1.18	231.00	1073.40	67.09	32.91
Nº30	0.60	138.00	1211.40	75.71	24.29
Nº50	0.30	111.90	1323.30	82.71	17.29
Nº100	0.15	99.40	1422.70	88.92	11.08
Nº200	0.075	102.60	1525.30	95.33	4.67
BASE	-	74.50	1599.80	99.99	0.01
SUMA		1599.8			
PÉRDIDAS		0.2			



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
 MATERIALES Y HORMIGONES**



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

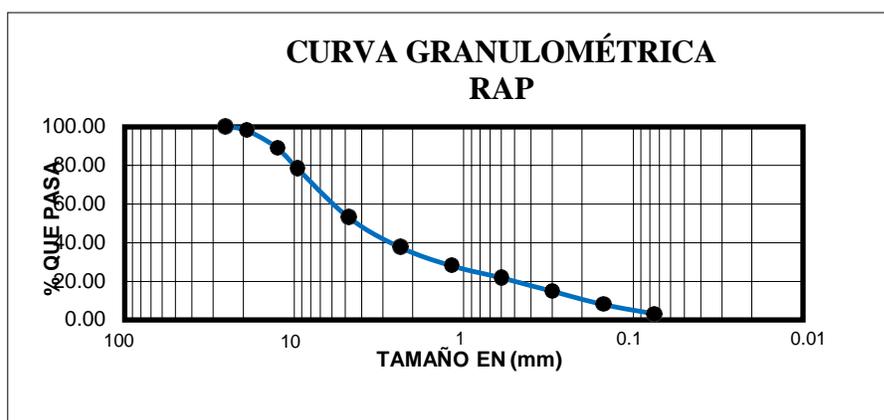
GRANULOMETRIA RAP

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MARZO DEL 2021

Peso Total (gr.)		1176			
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	23.10	23.10	1.96	98.04
1/2"	12.5	107.00	130.10	11.06	88.94
3/8"	9.50	126.80	256.90	21.85	78.15
N°4	4.75	296.20	553.10	47.03	52.97
N°8	2.36	182.00	735.10	62.51	37.49
N°10	1.18	111.20	846.30	71.96	28.04
N°30	0.60	73.60	919.90	78.22	21.78
N°50	0.30	81.80	1001.70	85.18	14.82
N°100	0.15	80.30	1082.00	92.01	7.99
N°200	0.075	57.00	1139.00	96.85	3.15
BASE	-	36.80	1175.80	99.98	0.02
SUMA		1175.8			
PÉRDIDAS		0.2			



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
 MATERIALES Y HORMIGONES**



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

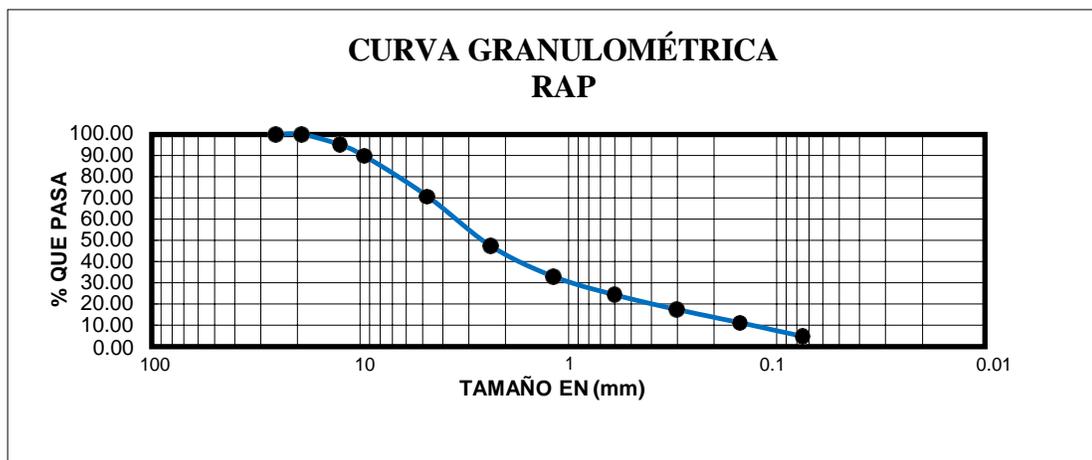
GRANULOMETRIA RAP

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MARZO DEL 2021

Peso Total (gr.)		1381.1			
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	66.20	66.20	4.79	95.21
3/8"	9.50	75.30	141.50	10.25	89.75
N°4	4.75	261.80	403.30	29.20	70.80
N°8	2.36	323.70	727.00	52.64	47.36
N°10	1.18	199.40	926.40	67.08	32.92
N°30	0.60	119.10	1045.50	75.70	24.30
N°50	0.30	96.60	1142.10	82.69	17.31
N°100	0.15	85.80	1227.90	88.91	11.09
N°200	0.075	88.60	1316.50	95.32	4.68
BASE	-	64.40	1380.90	99.99	0.01
SUMA		1380.9			
PÉRDIDAS		0.2			



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES**



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

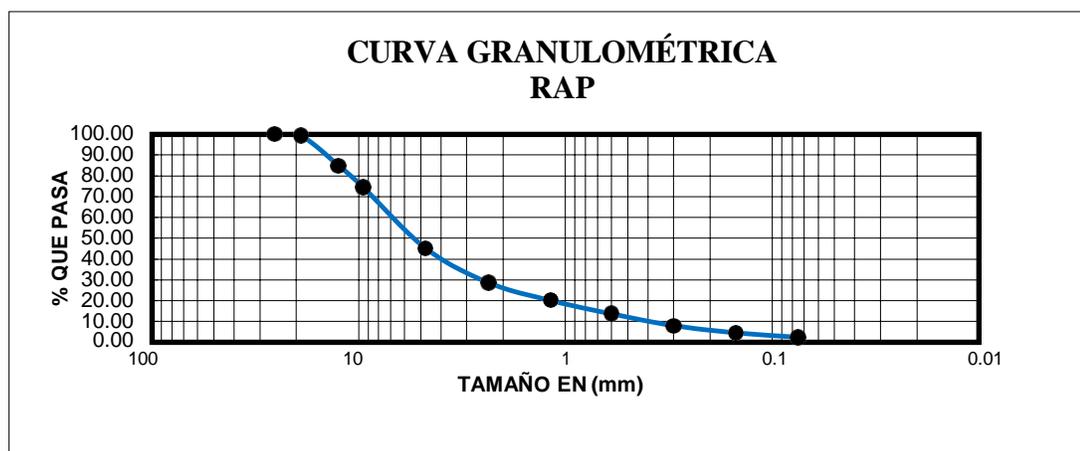
GRANULOMETRIA RAP

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MARZO DEL 2021

Peso Total (gr.)		2046			
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	12.60	12.60	0.62	99.38
1/2"	12.5	295.10	307.70	15.04	84.96
3/8"	9.50	213.50	521.20	25.47	74.53
N°4	4.75	600.20	1121.40	54.81	45.19
N°8	2.36	339.10	1460.50	71.38	28.62
N°16	1.18	175.50	1636.00	79.96	20.04
N°30	0.60	131.10	1767.10	86.37	13.63
N°50	0.30	116.00	1883.10	92.04	7.96
N°100	0.15	71.10	1954.20	95.51	4.49
N°200	0.075	43.50	1997.70	97.64	2.36
BASE	-	48.20	2045.90	100.00	0.00
SUMA		2045.9			
PÉRDIDAS		0.1			



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

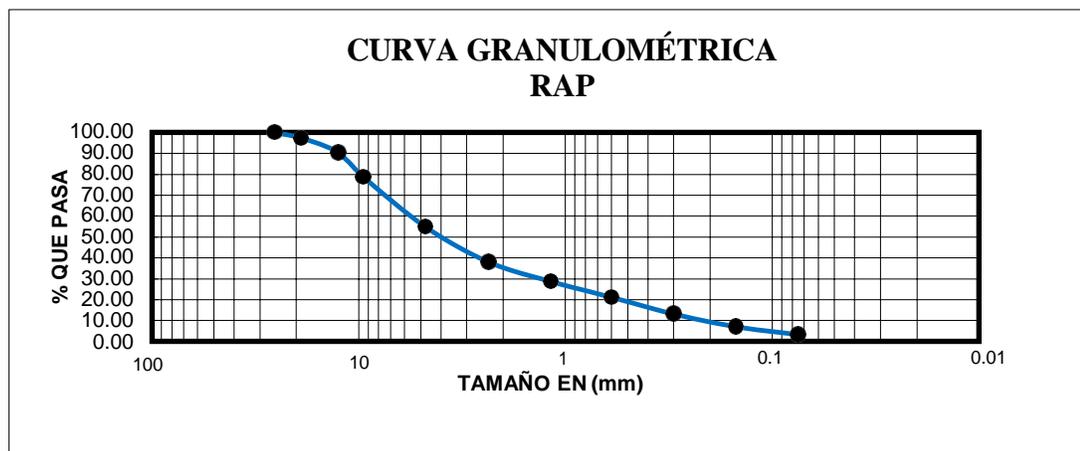
GRANULOMETRIA RAP

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: MARZO DEL 2021

Peso Total (gr.)		1779.2			
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% que pasa del total
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	45.90	45.90	2.58	97.42
1/2"	12.5	123.50	169.40	9.52	90.48
3/8"	9.50	207.30	376.70	21.17	78.83
N°4	4.75	426.00	802.70	45.12	54.88
N°8	2.36	298.10	1100.80	61.87	38.13
N°16	1.18	166.00	1266.80	71.20	28.80
N°30	0.60	134.88	1401.68	78.78	21.22
N°50	0.30	142.60	1544.28	86.80	13.20
N°100	0.15	108.30	1652.58	92.88	7.12
N°200	0.075	67.75	1720.33	96.69	3.31
BASE	-	58.68	1779.01	99.99	0.01
SUMA		1779.0			
PÉRDIDAS		0.2			



Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
 MATERIALES Y HORMIGONES**

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES	
CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: OCTUBRE DEL 2021

Tamices	Peso Retenido (gr)	% Retenido	Peso de partículas fracturadas (gr)	Porcentaje de partículas fracturadas (P)
1 1/2" – 1"	0.00	0.00	100.00	0.00
1" - 3/4"	423.20	19.16	100.00	81.45
3/4" - 1/2"	960.60	43.48	95.21	84.07
1/2" - 3/8"	510.40	23.10	89.76	78.04
3/8" - 1/4"	315.10	14.26	70.80	66.11
Peso total	2209.30	100	1758.90	

Porcentaje de partículas fracturadas (P)	79.61 %
---	----------------

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES**

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES	
PARTICULAS ALARGADAS EN LOS AGREGADOS	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: OCTUBRE DEL 2021

Tamiz	Peso Retenido (gr) (Ri)	% retenido	Peso de partículas retenidas (gr)	Índice de alargamiento % (IAi)
1 1/2" - 1"	0.00	0.00	0.00	
1" - 3/4"	83.90	4.20	0.00	0.00
3/4" - 1/2"	250.00	12.50	67.70	27.08
1/2" - 3/8"	265.80	13.29	69.60	26.19
3/8" - 1/4"	309.60	15.48	58.80	18.99
	1090.00	54.50	-	-
Peso total	1999.30	99.97	196.10	-

Índice de alargamiento global % (IA) =	9.81	%
--	-------------	---

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
MATERIALES Y HORMIGONES**

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES	
PARTICULAS APLANADAS EN LOS AGREGADOS	
PROYECTO:	INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS
ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI	FECHA: OCTUBRE DEL 2021

Tamiz	Peso Retenido (gr) (Ri)	% retenido	Peso de partículas que pasa (gr) (mi)	Índice de aplanamiento % (ILi)
1 1/2" - 1"	0.00	0.00	0.00	
1" - 3/4"	83.90	4.20	31.70	37.78
3/4" - 1/2"	250.00	12.50	66.90	26.76
1/2" - 3/8"	265.80	13.29	90.20	33.94
3/8" - 1/4"	309.60	15.49	64.30	20.77
Base	1090.00	54.52	-	-
Peso total	1999.30	100.00	253.10	-

índice de aplanamiento global % (IL) =	12.66	%
--	--------------	---

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ANGELES ASTM C-131

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG- GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

AGREGADO GRUESO

TABLA ASTM C-131 DE REQUERIMIENTO SEGÚN EL TAMAÑO DE MATERIAL QUE SE TENGA

GRADACIÓN		A	B	C	D
DIAMETRO		CANTIDAD DE MATERIAL AEMPLEAR (gr)			
PASA	RETENIDO				
1 1/2"	1"	1250±25			
1"	3/4"	1250±25			
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10		
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10		
3/8"	1/4"			2500±10	
1/4"	Nº4			2500±10	
Nº4	Nº8				5000±10
PESO TOTAL		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
NUMERO DE ESFERAS		12	11	8	6
Nº DE REVOLUCIONES		500	500	500	500
TIEMPO DE ROTACION		15	15	15	15

DATOS DE LABORATORIO			
GRADACIÓN B			
PASA	TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	PESO RETENIDO
	1 1/2 "	1"	-
	1"	3/4"	-
	3/4"	1/2"	2500.20
	1/2"	3/8"	2500.00

$$\% \text{ DESGASTE} = \frac{P_{INICIAL} - P_{FINAL}}{P_{INICIAL}} * 100$$

GRADACIÓN	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DE DESGASTE	ESPECIFICACION ASTM
B	5000.2	3655.80	26.89	35% MAX

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
**ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE
 MATERIALES Y HORMIGONES**



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGÓNES

PESO ESPECIFICO – AGREGADO GRUESO

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG-GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: OCTUBRE DEL 2021

MUESTRA N°	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA CON SUP. SECA "B" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA "C" (gr)	PESO ESPECÍFICO A GRANEL (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm3)	% DE ABSORCIÓN
1	2942.20	3000.00	1835.70	2.53	2.58	2.66	1.96
2	2943.10	3000.00	1826.10	2.51	2.56	2.63	1.93
3	2933.90	3000.00	1857.00	2.57	2.62	2.72	2.25
			PROMEDIO	2.53	2.59	2.67	2.05

(B-C) = Esté término es la pérdida de peso de la muestra sumergida y significa por lo tanto el volumen de agua desplazado o sea el volumen de la muestra.

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE MATERIALES Y
HORMIGONES



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y HORMIGONES

PESO ESPECIFICO – AGREGADO FINO (ARENA)

PROYECTO: INVESTIGACION DE PROYECTO DE GRADO PARA LA "COMPARACION DEL METODO ALEMAN (HOMOGENEIDAD) Y AMERICANO (PG-GRADE) DE LA REUSABILIDAD DEL RAP EN NUEVAS MEZCLAS ASFALTICAS

ELABORADO POR: UNIV. ORTEGA JURADO YASMANI

FECHA: NOVIEMBRE DEL 2020

MUESTRA N°	PESO MUESTRA (gr)	PESO DE MATRÁZ (gr)	MUESTRA + MATRAZ + AGUA (gr)	PESO DEL AGUA AGREGADO AL MATRÁZ "W" (ml) ó (gr)	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	VOLUMEN DEL MATRÁZ "V" (ml)	P. E. A GRANEL (gr/cm ³)	P. E. SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm ³)	P. E. APARENTE (gr/cm ³)	% DE ABSORCIÓN
1	500	177.8	979.2	301.40	490.00	500.00	2.47	2.52	2.60	2.00
2	500	237	1022	285.00	490.50	500.00	2.28	2.33	2.39	1.90
3	500	196	973.1	277.10	492.60	500.00	2.21	2.24	2.39	1.48
PROMEDIO							2.32	2.36	2.47	1.79

Univ. Ortega Jurado Yasmani
LABORATORISTA

Ing. Moisés Díaz Ayarde
ENCARGADO DE LAB. RESISTENCIA DE MATERIALES Y
HORMIGONES

ANEXO 6

ESTACIONES METEOROLOGICAS UTILIZADAS

CALCULOS DE LAS TEMPERATURAS DEL AIRE

Temperaturas máximas de siete días consecutivos y mínimas de cada año y sus desviaciones estándares para la estación meteorológica de Trancas

Estación: TRANCAS			
N°	AÑO	Tmed max	Tmed min
1	1998	34.30	0
2	1999	33.50	-5
1	2000	34.36	-9
2	2001	36.00	-5
3	2002	36.64	-2
4	2003	36.43	-3.5
5	2004	36.93	-3.5
6	2005	35.43	-5.5
7	2006	35.14	-2.5
8	2007	35.07	-7
9	2008	35.64	-2
10	2009	35.29	-4
11	2010	35.50	-8.5
12	2011	33.93	-6
13	2012	35.29	-3
14	2013	36.00	-7
15	2014	36.50	-4
16	2015	36.14	-3
17	2016	37.50	-2
18	2017	34.57	-5
19	2018	34.14	-3
20	2019	36.00	-5
Temperatura Media		35.47	-4.34
Desviación Estándar		1.04	2.23

CALCULO DE LAS TEMPERATURAS DEL AIRE

El cálculo de la temperatura máxima y mínima del aire depende de la confiabilidad requerida (z) y de la desviación estándar de los datos (σ):

$$T_{MAX\ ar} = T_{media} + z \times \sigma$$

$$T_{MIN\ ar} = T_{media} - z \times \sigma$$

Donde:

$T_{MAX\ ar}$ = Promedio de las temperaturas máximas del aire de 7 días consecutivos (°C)

$T_{MIN\ ar}$ = Temperatura mínima del aire (°C)

Calculo de las temperaturas máximas del aire (Tmax)

Tmedia =	35.47
Z =	2.05
σ =	1.04
Tmax ar =	37.60
Lat =	21.31
H =	2
δ =	2.1

Calculo de las temperaturas mínimas del aire (Tmin)

Tmedia =	-4.34
Z =	2.05
σ =	2.23
Tmin ar =	-8.92
Lat =	21.31
H =	2.00
δ =	2.10

CALCULO DE LAS TEMPERATURAS MAXIMAS DEL PAVIMENTO

Modelo SHRP Original (McGennis et al.,1994)

$$T_{max} = 0.9545 \cdot (T_{max} - 0.00618 \cdot Lat^2 + 0.2289 \cdot Lat + 42.2) - 17.78$$

$$T_{max} = 60.37 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Modelo LTPP Bind (Mohseni,1996) Basado en 30 pistas experimentales

$$T_{max} = 54.32 + (0.77585 * T_{max \text{ ar}}) - (0.002468 * Lat^2) - (15.137 * \log_{10}(H+25))$$

$$T_{max} = 60.70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Modelo LTPP Bind (Mohseni e Carpenter, 2004) – ICM

ICM basado en datos de aproximacion 8000 estaciones meteorologicas

$$T_{max} = 32.7 + 0.837 * T_{max \text{ ar}} - 0.0029 * Lat^2 + z (\sigma^2 + (\delta_{\text{modelo}})^2)^{0.5}$$

$$T_{max} = 67.66 \text{ } ^\circ\text{C}$$

CALCULO DE LAS TEMPERATURAS MINIMAS DEL PAVIMENTO

Modelo SHRP Original (McGennis et al.,1994)

$$T_{min} = T_{min \text{ ar}}$$

$$T_{min} = - 8.92 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Modelo C-SHRP (Canadá)

$$T_{min} = 0.859 * T_{min \text{ ar}} + 1.7$$

$$T_{min} = - 5.96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Modelo LTPP Bind (Mohseni,1996) Basado en 30 pistas experimentales

$$T_{min} = -1.56 + (0.71819 * T_{min \text{ ar}}) - (0.003966 * Lat^2) + (6.264 * \log_{10}(H+25))$$

$$T_{min} = -0.80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Modelo LTPP Bind (LTPP-FHWA,1998 e Bosscher, 2000)

$$T_{min} = -1.56 + (0.72 * T_{min \text{ ar}}) - (0.004 * Lat^2) + (6.26 * \log(H+25)) - z * (4.4 + 0.52 * \sigma^2)^{0.5}$$

$$T_{min} = -6.26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

CALCULOS DE LAS TEMPERATURAS DEL AIRE

Temperaturas máximas de siete días consecutivos y mínimas de cada año y sus desviaciones estándares para la estación meteorológica de Sella Quebradas.

Estación: SELLA QUEBRADAS			
N°	AÑO	Tmed max	Tmed min
1	1994	34.23	-5.6
2	1995	34.17	-2.5
3	1996	33.86	-9.5
4	1999	33.00	-5
5	2000	34.50	-9.5
6	2001	33.86	-7
7	2002	35.29	-4.5
8	2003	35.86	-3.5
9	2004	34.57	-3.5
10	2005	34.93	-3.5
11	2007	34.71	-4
12	2008	33.29	-3
13	2009	34.71	-5.5
14	2010	34.86	-9
15	2011	34.29	-4
16	2012	34.21	-5.5
17	2013	36.43	-10
18	2014	35.00	-7
19	2015	35.93	-2.5
20	2016	35.86	-3
Temperatura Media		34.68	-5.38
Desviación Estándar		0.89	2.48

Calculo de las temperaturas máximas del aire (Tmax)

Tmedia =	34.68
Z =	2.05
σ =	0.89
Tmax =	36.50
Lat =	21.38
H =	2
δ =	2.1

Calculo de las temperaturas mínimas del aire (Tmin)

Tmedia =	-5.38
Z =	2.05
σ =	2.48
Tmin =	-10.47
Lat =	21.38
H =	2
δ =	2.1

CALCULO DE LAS TEMPERATURAS MAXIMAS DEL PAVIMENTO

Modelo SHRP Original (McGennis et al.,1994)

$$T_{max} = 0.9545 \cdot (T_{max} - 0.00618 \cdot Lat^2 + 0.2289 \cdot Lat + 42.2) - 17.78$$

$$T_{max} = 59.31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Modelo LTPP Bind (Mohseni,1996) Basado en 30 pistas experimentales

$$T_{max} = 54.32 + (0.77585 \cdot T_{max} \text{ ar}) - (0.002468 \cdot Lat^2) - (15.137 \cdot \log_{10}(H+25))$$

$$T_{max} = 59.84 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Modelo LTPP Bind (Mohseni e Carpenter, 2004) – ICM

ICM basado en datos de aproximacion 8000 estaciones meteorológicas

$$T_{max} = 32.7 + 0.837 \cdot T_{max} \text{ ar} - 0.0029 \cdot Lat^2 + z (\sigma^2 + (\delta_{\text{modelo}})^2)^{0.5}$$

$$T_{max} = 66.59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

CALCULO DE LAS TEMPERATURAS MINIMAS DEL PAVIMENTO
Modelo SHRP Original (McGennis et al.,1994)

$$T_{min} = T_{min \text{ ar}}$$
$$T_{min} = -10.47 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Modelo C-SHRP (Canadá)

$$T_{min} = 0.859 * T_{min \text{ ar}} + 1.7$$
$$T_{min} = -7.29 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Modelo LTPP Bind (Mohseni,1996) Basado en 30 pistas experimentales

$$T_{min} = -1.56 + (0.71819 * T_{min \text{ ar}}) - (0.003966 * \text{Lat}^2) + (6.264 * \log_{10}(H+25))$$

Modelo LTPP Bind (LTPP-FHWA,1998 e Bosscher, 2000)

$$T_{min} = -1.56 + (0.72 * T_{min \text{ ar}}) - (0.004 * \text{Lat}^2) + (6.26 * \log(H+25)) - z * (4.4 + 0.52 * \sigma^2)^{0.5}$$
$$T_{min} = -7.62 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

CALCULOS DE LAS TEMPERATURAS DEL AIRE

Temperaturas máximas de siete días consecutivos y mínimas de cada año y sus desviaciones estándares para la estación meteorológica de Tucumillas.

Estación: Tucumillas			
N°	AÑO	Tmed max	Tmed min
1	2001	30.14	-5
2	2002	29.17	-5
3	2003	28.71	-6
4	2004	29.07	-3
5	2005	29.00	-6.5
6	2006	27.86	-6
7	2007	29.14	-5
8	2008	28.86	-5
9	2009	29.57	-6
10	2010	31.71	-10
11	2011	30.50	-5.5
12	2012	30.29	-3
13	2013	29.57	-8
14	2014	31.25	-5
15	2015	29.71	-2
16	2016	31.00	-4
17	2017	30.00	-6
18	2018	31.14	-3
19	2019	30.67	-4
Temperatura Media		29.86	-5.16
Desviacion Estándar		1.01	1.87

Calculo de las temperaturas máximas del aire (Tmax)

Tmedia =	29.86
Z =	2.05
σ =	1.01
Tmax =	31.94
Lat =	21.38
H =	2
δ =	2.1

Calculo de las temperaturas mínimas del aire (Tmin)

Tmedia =	-5.16
Z =	2.05
σ =	1.87
Tmin =	-8.99
Lat =	21.38
H =	2
δ =	2.1

CALCULO DE LAS TEMPERATURAS MAXIMAS DEL PAVIMENTO

Modelo SHRP Original (McGennis et al.,1994)

$$T_{max} = 0.9545 * (T_{max} - 0.00618 * Lat^2 + 0.2289 * Lat + 42.2) - 17.78$$

$$T_{max} = 54.96^{\circ}C$$

Modelo LTPP Bind (Mohseni,1996) Basado en 30 pistas experimentales

$$T_{max} = 54.32 + (0.77585 * T_{max} ar) - (0.002468 * Lat^2) - (15.137 * \log_{10}(H+25))$$

$$T_{max} = 56.31^{\circ}C$$

Modelo LTPP Bind (Mohseni e Carpenter, 2004) – ICM

ICM basado en datos de aproximacion 8000 estaciones meteorologicas

$$T_{max} = 32.7 + 0.837 * T_{max} ar - 0.0029 * Lat^2 + z (\sigma^2 + (\delta_{modelo})^2)^{0.5}$$

$$T_{max} = 62.89^{\circ}C$$

CALCULO DE LAS TEMPERATURAS MINIMAS DEL PAVIMENTO
Modelo SHRP Original (McGennis et al.,1994)

$$T_{min} = T_{min\ ar}$$
$$T_{min} = - 8.99\ ^\circ C$$

Modelo C-SHRP (Canadá)

$$T_{min} = 0.859 * T_{min\ ar} + 1.7$$
$$T_{min} = -6.03\ ^\circ C$$

Modelo LTPP Bind (Mohseni,1996) Basado en 30 pistas experimentales

$$T_{min} = -1.56 + (0.71819 * T_{min\ ar}) - (0.003966 * Lat^2) + (6.264 * \log_{10}(H+25))$$
$$T_{min} = -0.87\ ^\circ C$$

Modelo LTPP Bind (LTPP-FHWA,1998 e Bosscher, 2000)

$$T_{min} = -1.56 + (0.72 * T_{min\ ar}) - (0.004 * Lat^2) + (6.26 * \log(H+25)) - z * (4.4 + 0.52 * \sigma^2)^{0.5}$$
$$T_{min} = -6.02\ ^\circ C$$