

# GESTION PROSPECTIVA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ASFALTOS MODIFICADOS CON POLIMEROS

**Expositor**

**ING. PABLO DEL AGUILA**

**Consultor Internacional en  
Infraestructura de Transportes**

**Agosto 05, 2024**

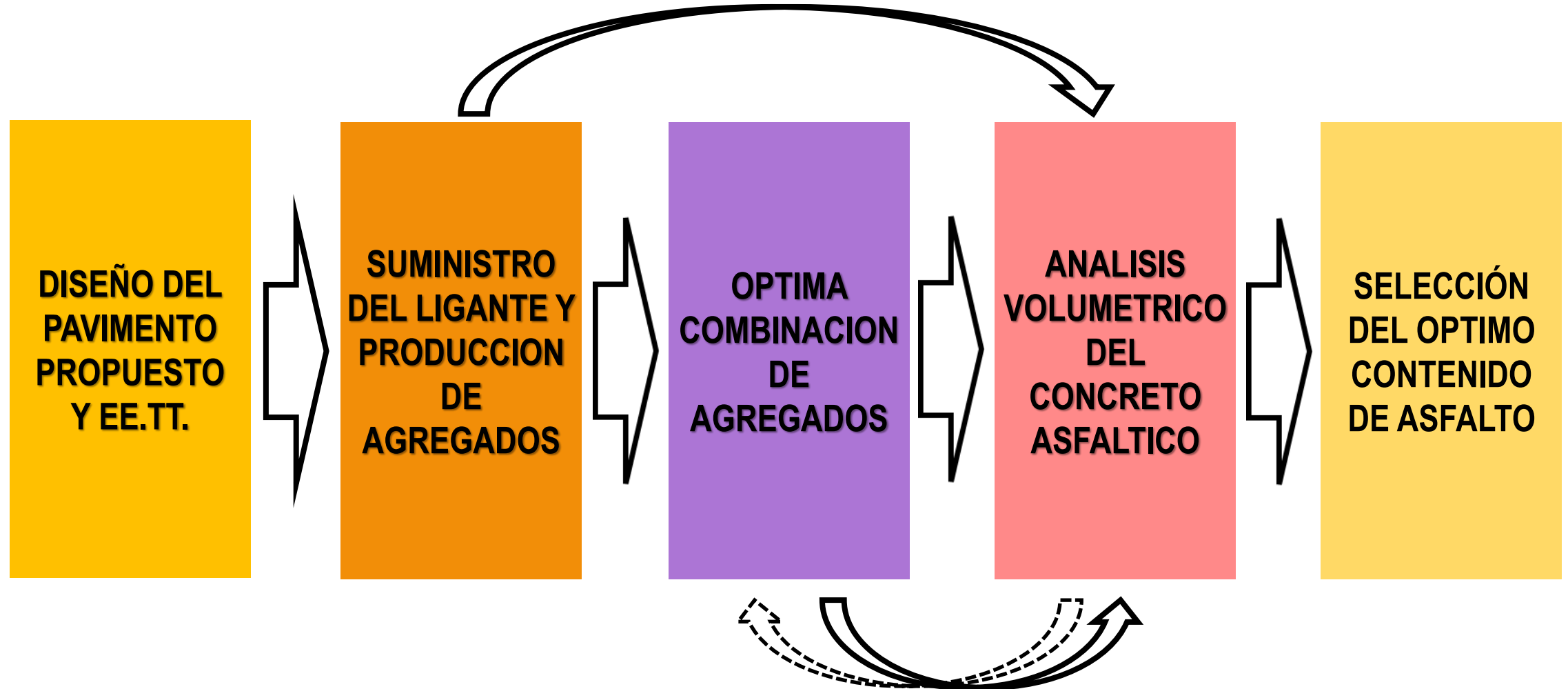


**ESCUELA DE  
CAMINEROS**  
**EDUCACIÓN CONTINUA**

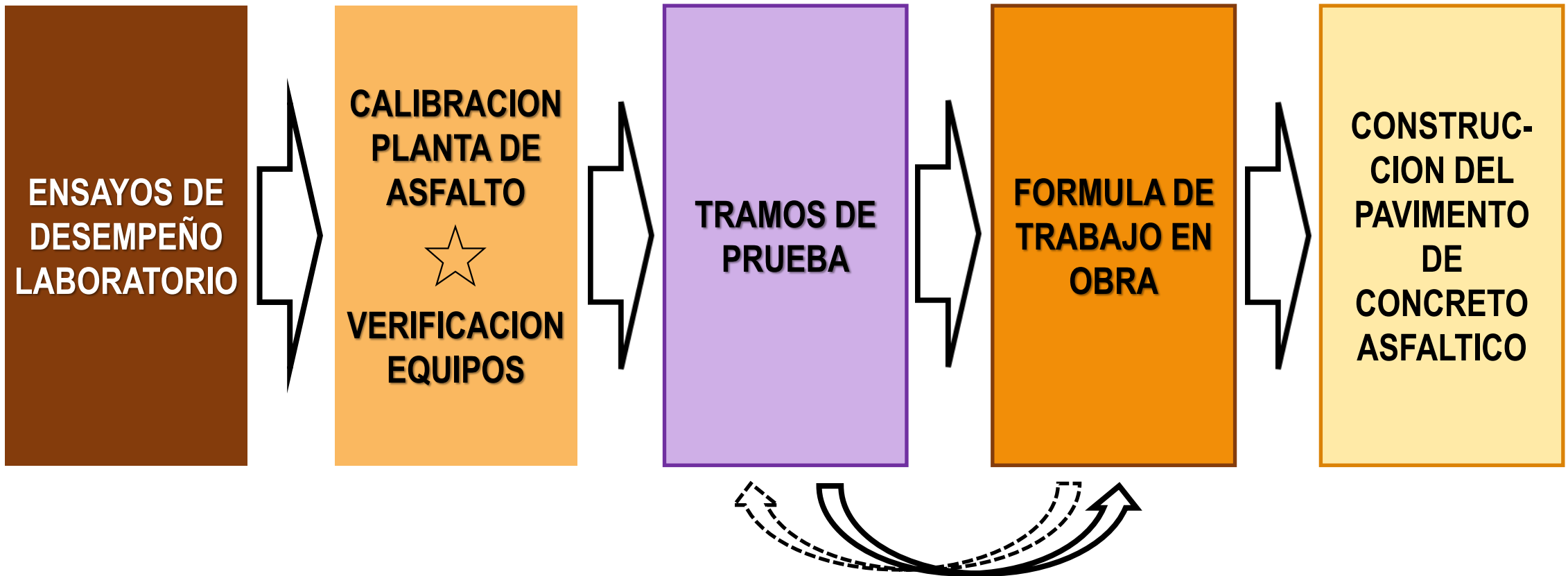
# INTRODUCCION

- LA GESTION PARA LA CONSTRUCCION DE UN PAVIMENTO ASFALTICO INCLUYE LAS SIGUIENTES FASES:
  - SUMINISTRO Y PRODUCCION DE MATERIALES
  - DISEÑO DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
  - PRODUCCION DE LA MEZCLA ASFALTICA
  - CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO
  - CONTROL DE CALIDAD
- EL DESARROLLO DE ESTAS ACTIVIDADES SE REALIZAN EN FORMA DESARTICULADA Y ORIENTADAS A CUMPLIR MERAMENTE LO ESTABLECIDO POR LOS METODOS Y LOS LIMITES ESPECIFICADOS.

# PROCESOS EN LA GESTION



# PROCESOS EN LA GESTION



# PROBLEMAS DE GESTION

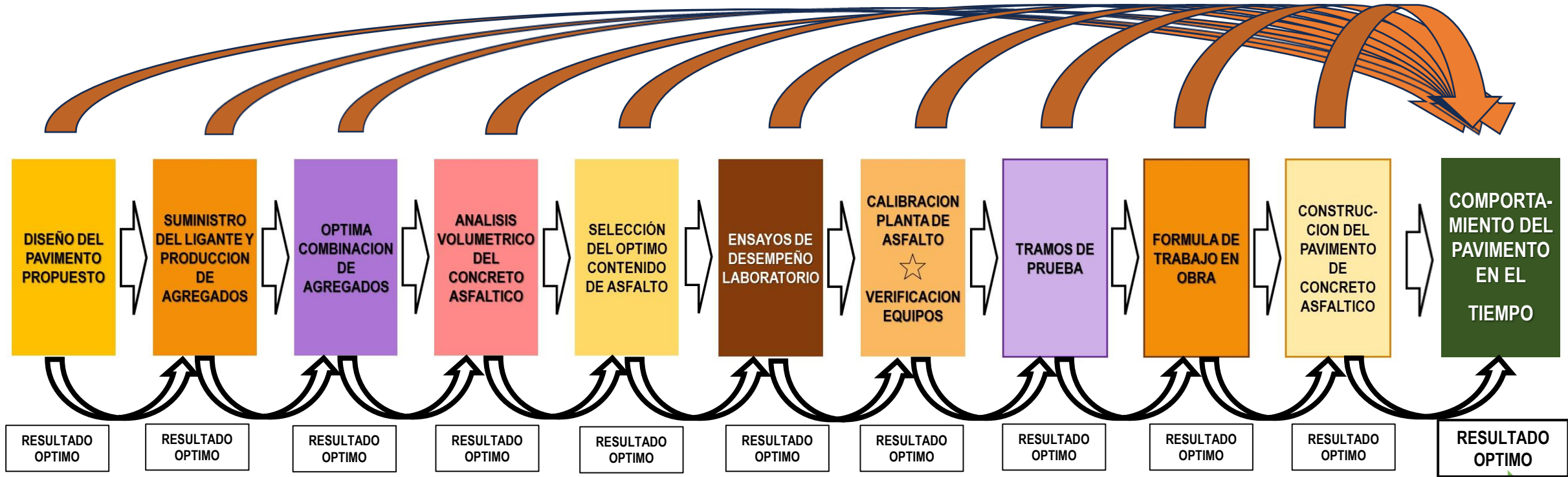




# ESTRATEGIAS DE GESTION

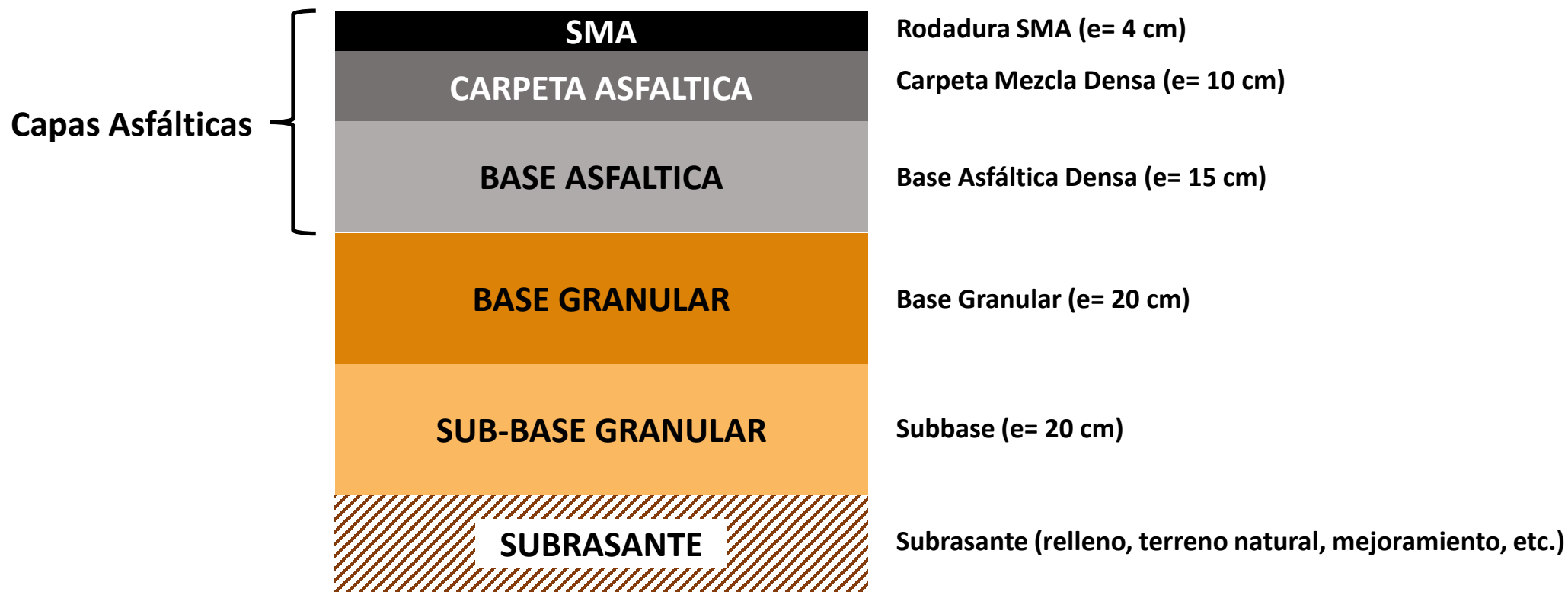
- **ESTRATEGIA TRADICIONAL O REGLAMENTARISTA**
  - Se basa en un simple cumplimiento de especificaciones para parámetros índices para condiciones constantes, en forma inconexa y sin un objetivo en conjunto de todos los procesos, en relación con el comportamiento del pavimento.
- **ESTRATEGIA PROACTIVA**
  - Se basa en el cumplimiento de especificaciones para el comportamiento de los materiales, para condiciones de servicio variables y modelación empírica del comportamiento del pavimento.
- **ESTRATEGIA PROSPECTIVA**
  - Se basa en el cumplimiento de especificaciones para las propiedades de los materiales y análisis de cada uno de los procesos, y todos en conjunto, en perspectiva con el comportamiento futuro del pavimento, incluyendo análisis de riesgos y un plan de contingencias para la fase de operación y mantenimiento.

# RESULTADO DE LA GESTION PROSPECTIVA



**OBJETIVO: Optimo comportamiento del pavimento en el tiempo**

# DISEÑO DEL PAVIMENTO Y REVISION DE ESPECIFICACIONES TECNICAS





# DISEÑO DEL PAVIMENTO Y REVISIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

---

## **ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO Y EE.TT.**

- (1) Número y posición de capas
- (2) Espesor de capas
- (3) Tamaño máximo de agregados
- (4) Especificaciones para agregados
- (5) Especificaciones para ligantes
- (6) Especificaciones para las mezclas asfálticas
- (7) Especificaciones para el concreto asfáltico
- (8) Granulometrías de agregados y gradación del ligante

# ESPECIFICACIONES PARA EL LIGANTE

---

## DETERMINACION DEL PG ESPECIFICADO

- (1) Clima del proyecto (Temperaturas ambiente)
- (2) Tráfico del proyecto
- (3) Geometría del proyecto
- (4) Velocidad media
- (5) Ahuellamiento permisible
- (6) Programa LTPPBind
- (7) Cálculo de las temperaturas del pavimento
- (8) Cálculo del PG del proyecto

# ESPECIFICACIONES PARA EL LIGANTE

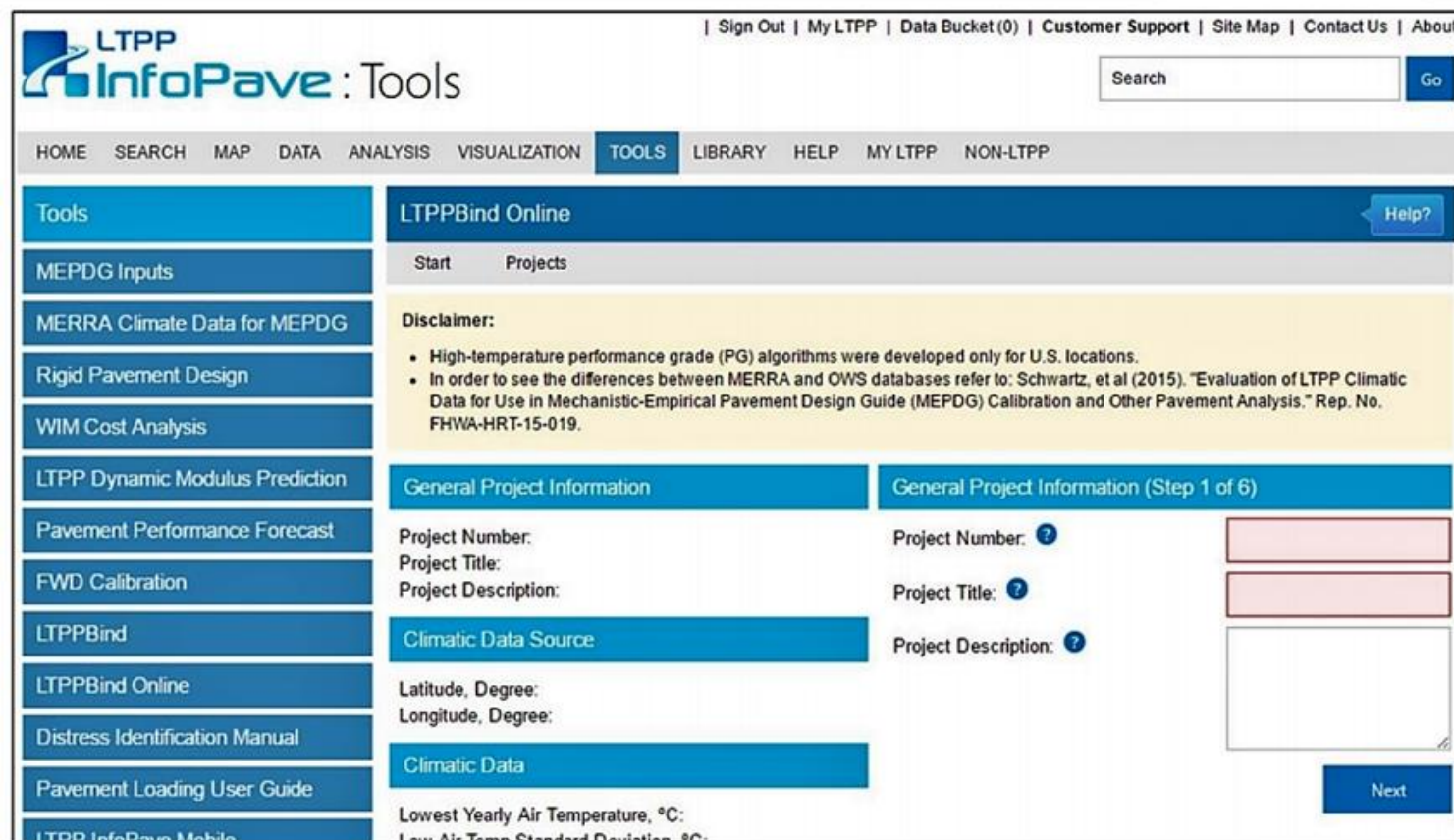
## PROGRAMA LTPPBind

El programa de cómputo LTPPBind Online es una herramienta que se opera desde la web y que ha sido desarrollado para ayudar a las agencias de transportes y a los especialistas a seleccionar el Grado de Performance del asfalto (PG) más adecuado para la construcción del pavimento en un sitio en particular, basado en las normas de la Asociación Americana de los Oficiales de Carreteras y Transporte (AASHTO) M320-10 y AASHTO M332-14.

<https://infopave.fhwa.dot.gov/Tools/LTPPBindOnline>

# ESPECIFICACIONES PARA EL LIGANTE

## PROCESO DE CÁLCULO DEL PG



The screenshot displays the LTPP InfoPave Tools website interface. At the top, there is a navigation bar with links for Sign Out, My LTPP, Data Bucket (0), Customer Support, Site Map, Contact Us, and About. A search bar is located on the right side of the header. Below the header, a main navigation menu includes HOME, SEARCH, MAP, DATA, ANALYSIS, VISUALIZATION, TOOLS (highlighted), LIBRARY, HELP, MY LTPP, and NON-LTPP. The main content area is divided into a left sidebar with tool categories and a main workspace. The sidebar lists tools such as Tools, MEPDG Inputs, MERRA Climate Data for MEPDG, Rigid Pavement Design, WIM Cost Analysis, LTPP Dynamic Modulus Prediction, Pavement Performance Forecast, FWD Calibration, LTPPBind, LTPPBind Online, Distress Identification Manual, Pavement Loading User Guide, and LTPP InfoPave Mobile. The main workspace shows the 'LTPPBind Online' tool selected, with a 'Help?' button. Below this, there are sections for 'Start' and 'Projects'. A prominent yellow disclaimer box states that high-temperature performance grade (PG) algorithms were developed only for U.S. locations and refers to a 2015 report by Schwartz et al. The main workspace is currently displaying the 'General Project Information' form, which is the first step of a 6-step process. The form includes fields for Project Number, Project Title, and Project Description, each with a help icon. A 'Next' button is visible at the bottom right of the form area.

Sign Out | My LTPP | Data Bucket (0) | Customer Support | Site Map | Contact Us | About

Search

HOME SEARCH MAP DATA ANALYSIS VISUALIZATION **TOOLS** LIBRARY HELP MY LTPP NON-LTPP

**Tools** LTPPBind Online 

MEPDG Inputs Start Projects

MERRA Climate Data for MEPDG

Rigid Pavement Design

WIM Cost Analysis

LTPP Dynamic Modulus Prediction

Pavement Performance Forecast

FWD Calibration

LTPPBind

LTPPBind Online

Distress Identification Manual

Pavement Loading User Guide

LTPP InfoPave Mobile

**Disclaimer:**

- High-temperature performance grade (PG) algorithms were developed only for U.S. locations.
- In order to see the differences between MERRA and OWS databases refer to: Schwartz, et al (2015). "Evaluation of LTPP Climatic Data for Use in Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) Calibration and Other Pavement Analysis." Rep. No. FHWA-HRT-15-019.

**General Project Information** **General Project Information (Step 1 of 6)**

Project Number:  Project Number:

Project Title:  Project Title:

Project Description:  Project Description:

**Climatic Data Source**

Latitude, Degree:

Longitude, Degree:

**Climatic Data**

Lowest Yearly Air Temperature, °C:

Low Air Temp Standard Deviation, °C:

# ESPECIFICACIONES PARA EL LIGANTE

## PROCESO DE CÁLCULO

### Reporte del PG

El PG del ligante se calcula en base a la norma AASHTO M320-10 y también a la norma AASHTO M332-14.

El ajuste del tráfico de acuerdo con AASHTO M320-10 se ejecuta cambiando el Grado directamente.

El PG del ligante según la norma AASHTO M332-14 incluye un parámetro adicional que depende del tráfico, además de los grados HT y de baja temperatura.

Los símbolos "S", "H", "V" y "E" significan carga de tráfico "Standard" (Estándar), "High" (Alta), "Very High" (Muy alta) y "Extremely High" (Extremadamente alta), respectivamente.

# ESPECIFICACIONES PARA EL LIGANTE

## Reporte del PG

Performance Grade		
<b>AASHTO M320-10 Performance-Graded Asphalt Binder</b>		
<b>PG Temperature</b>	<b>High</b>	<b>Low</b>
Performance Grade Temperature at 50% Reliability	64.2	-12.7
Performance Grade Temperature at 98% Reliability	66.2	-20.6
Adjustment for Traffic (AASHTO M323-13)	7.8	
Adjustment for Depth	0.0	0.0
Adjusted Performance Grade Temperature	74.0	-20.6
<b>Selected PG Grade</b>	<b>76</b>	<b>-22</b>
<b>PG Grade</b>	<b>M320, PG 76-22</b>	
<b>AASHTO M 332-14 Performance-Grade Asphalt Binder using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test</b>		
<b>PG Temperature</b>	<b>High</b>	<b>Low</b>
Performance Grade Temperature at 50% Reliability	64.2	-12.7
Performance Grade Temperature at 98% Reliability	66.2	-20.6
Designation for traffic loading	S	
<b>Selected PG Grade</b>	<b>70</b>	<b>-22</b>
<b>PG Grade</b>	<b>M332, PG 70S-22</b>	

Print



# PRODUCCION DE LOS AGREGADOS PETREOS

## CALIBRACION DE LA PLANTA DE TRITURACION



# PRODUCCION DE LOS AGREGADOS PETREOS

---

## **CALIBRACION DE LA PLANTA DE TRITURACION**

- (1) Layout de la planta de trituración y zarandeo
- (2) Selección de equipos de trituración
- (3) Selección de abertura de tamices
- (4) Combinación de tamices
- (5) Inclinación de zarandas

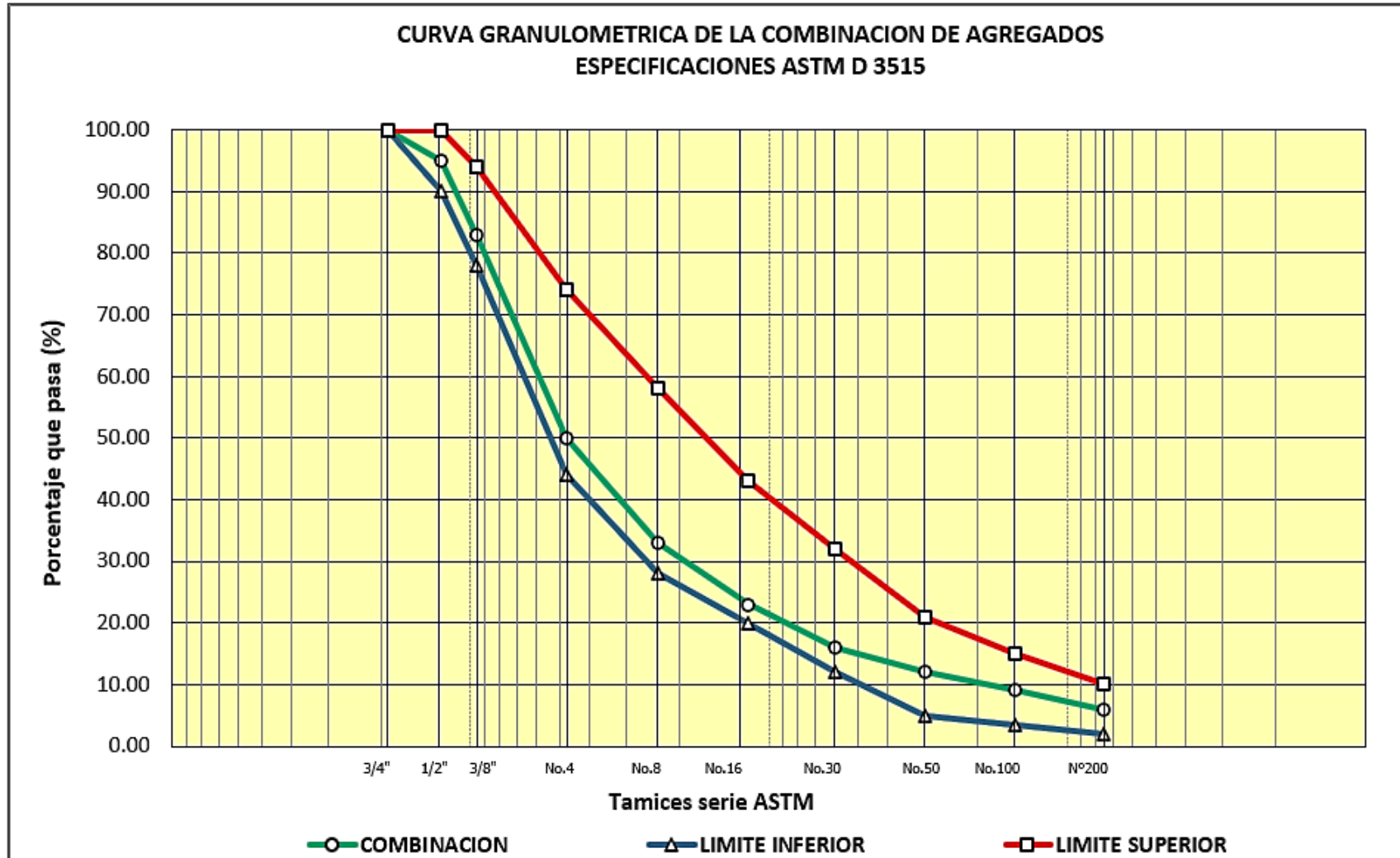
# PRODUCCION DE LOS AGREGADOS PETREOS

---

## PRODUCCION DE MATERIALES

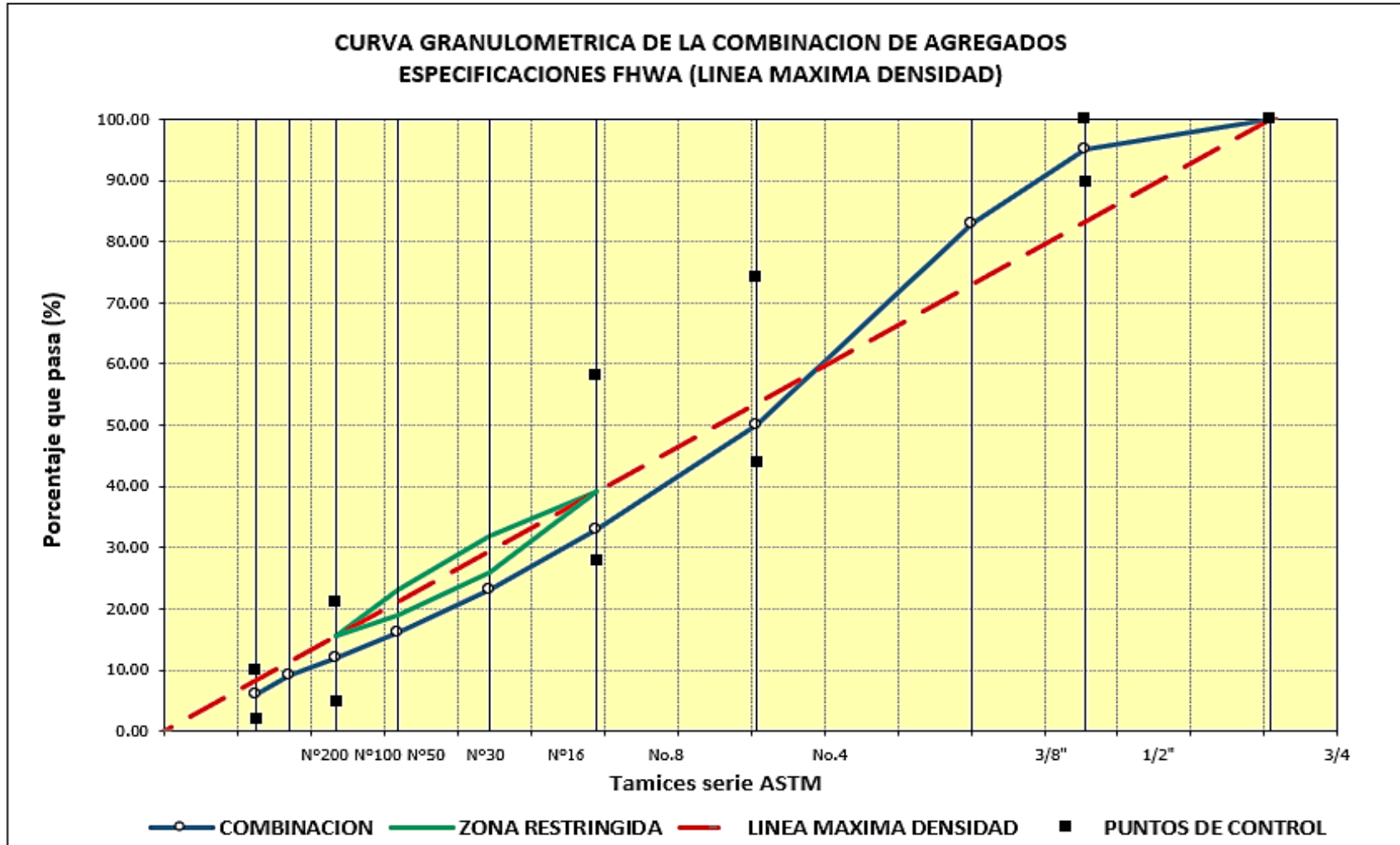
- (1) Producción de Agregados
- (2) Ajustes de la Producción de Agregados
- (3) Verificación de la Calidad de Agregados
- (4) Aprobación de Materiales
  - 4.1. Aprobación del Ligante Asfáltico
  - 4.2. Aprobación de los Agregados Pétreos
- (5) Acopio de los materiales

# OPTIMA COMBINACION DE AGREGADOS

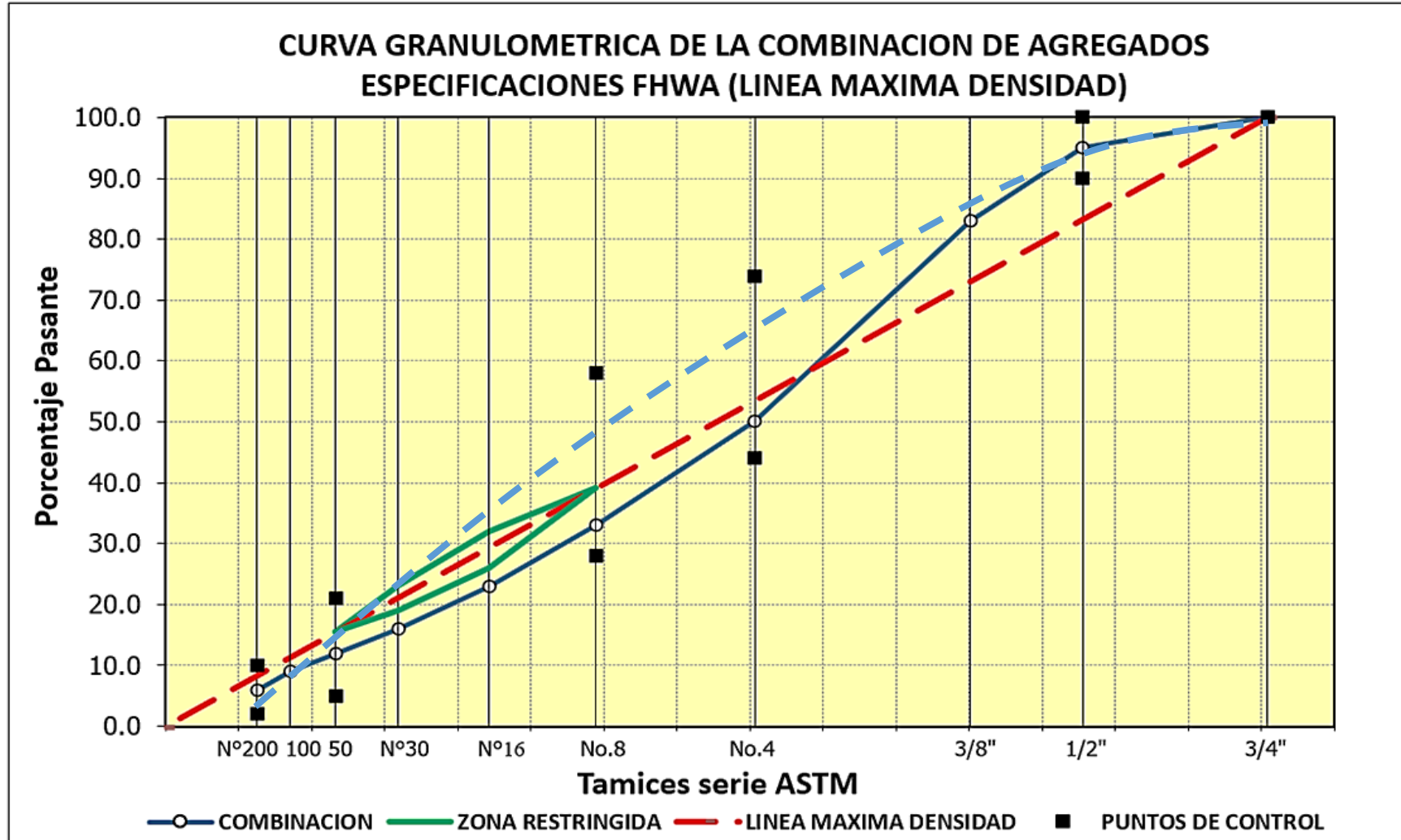




# OPTIMA COMBINACION DE AGREGADOS



# OPTIMA COMBINACION DE AGREGADOS





## OPTIMA COMBINACION DE AGREGADOS

---

### **METODO BAILEY**

Desarrollado por Robert Bailey del Departamento de Transporte de Illinois a principios de la década de los años 80's del siglo pasado.

Es un método volumétrico de dosificación de áridos basado en el concepto de que las partículas de agregado de mayor tamaño producen o proporcionan vacíos que son ocupados por las partículas de agregado de menor tamaño, el asfalto y el aire. Para ello utiliza los pesos unitarios de las fracciones de los agregados sin compactar y compactados, los que tienen en cuenta la forma y la textura de las partículas.

## OPTIMA COMBINACION DE AGREGADOS

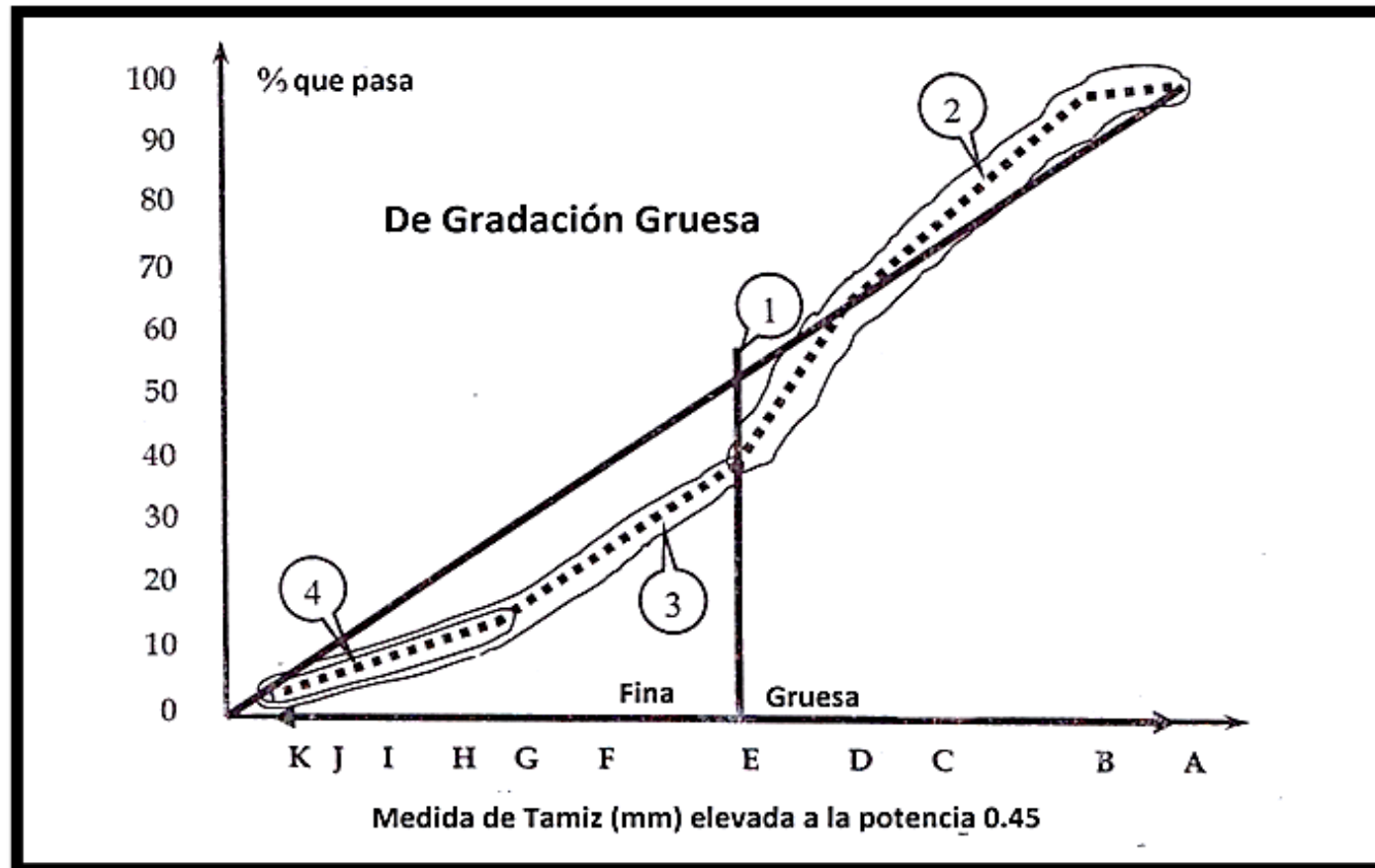
### **METODO BAILEY**

Permite seleccionar a priori la granulometría más adecuada de la combinación de agregados, variando el empaquetamiento de los agregados gruesos y agregados finos para obtener un contenido de Vacíos en el Agregado Mineral (VMA), que proporcione una buena resistencia mecánica de la mezcla asfáltica y asegure la durabilidad del pavimento.

Una vez conocidos los parámetros volumétricos de una mezcla asfáltica, permite estimar los valores de vacíos en el agregado mineral y vacíos en la mezcla asfáltica, cuando se cambia la curva granulométrica, lo que evita la ejecución de numerosos ensayos de laboratorio.

# OPTIMA COMBINACION DE AGREGADOS

## CRITERIO DE LA LINEA DE MAXIMA DENSIDAD Y EL METODO BAILEY



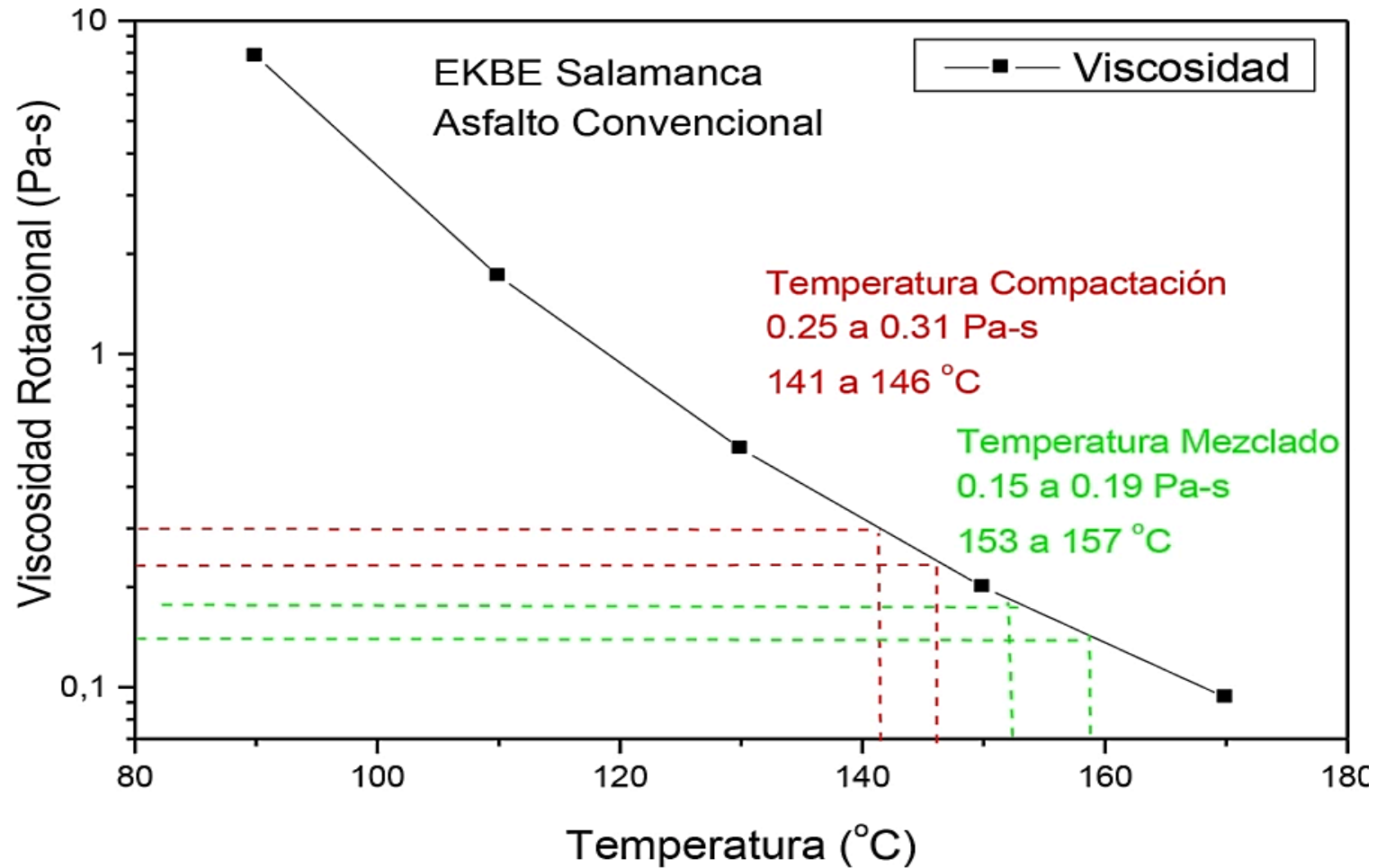
## OPTIMA COMBINACION DE AGREGADOS

### CRITERIO DE LA LINEA DE MAXIMA DENSIDAD Y EL METODO BAILEY

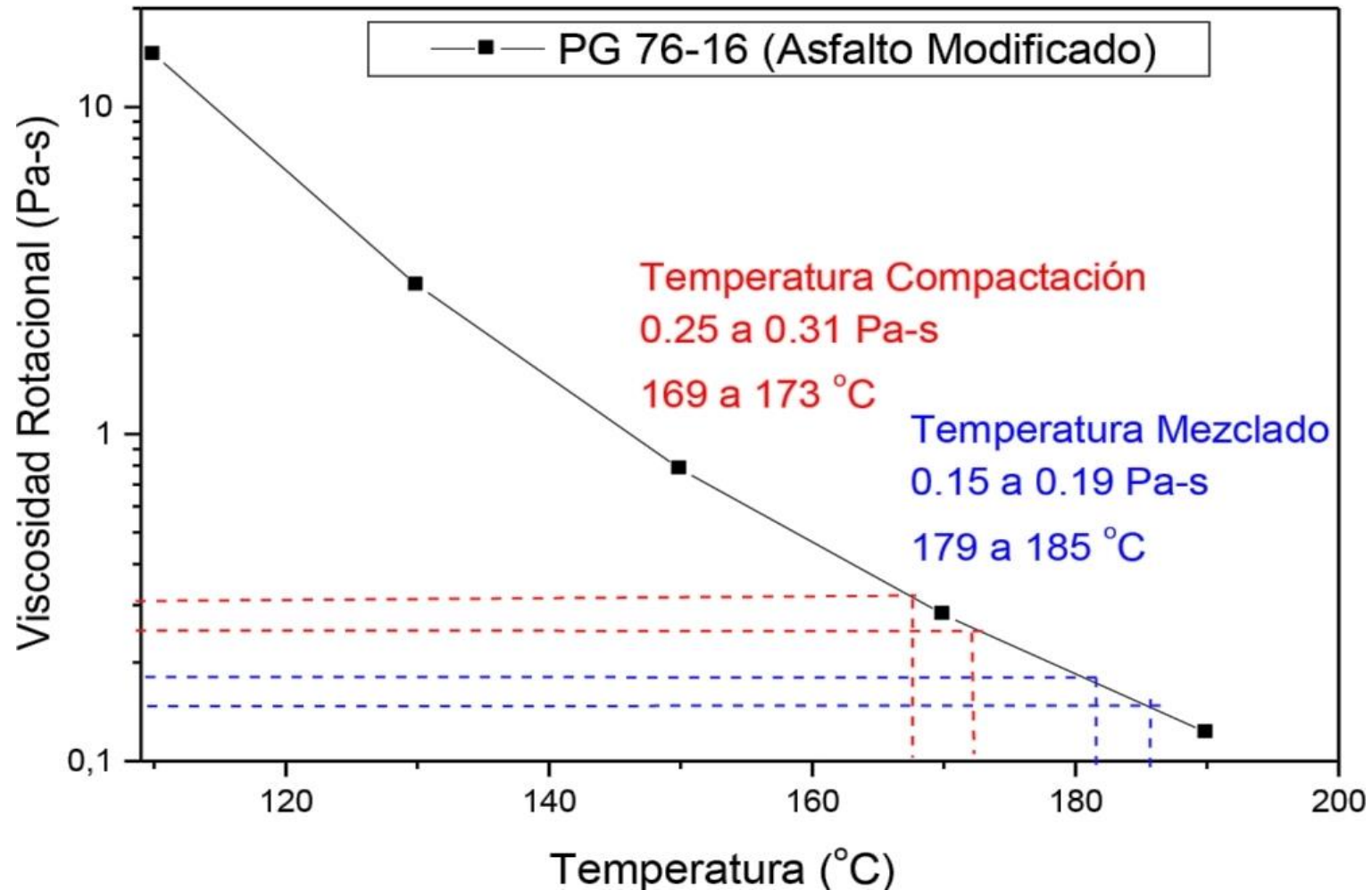
Existen cuatro principios clave a tener en cuenta en el método Bailey:

- (1) Determinar ¿cuál es el agregado grueso y cuál el fino?, ¿cuál es el que crea vacíos y cuál el que los llena?, y ¿cuál de ellos tiene el control de la estructura de los agregados, es decir, ¿el agregado grueso o el fino?).
- (2) El empaquetamiento de la fracción del agregado grueso tiene influencia en el empaquetamiento de la fracción del agregado fino.
- (3) La fracción gruesa del agregado fino guarda relación con el empaquetamiento de la fracción de finos total en la mezcla combinada.
- 4) La fracción fina del agregado fino guarda relación con el empaquetamiento de la porción de finos de la gradación en la mezcla.

# VISCOSIDAD VS TEMPERATURA



# VISCOSIDAD VS TEMPERATURA





# ANÁLISIS VOLUMÉTRICO

Cuando se diseña una mezcla asfáltica en laboratorio, se efectúa un análisis para determinar su probable comportamiento como parte de una estructura de pavimento.

Indistintamente del método de diseño que se emplee, se realiza un análisis volumétrico, el cual se enfoca al cálculo de 5 características fundamentales y la influencia que dichas características pueden tener en el comportamiento en servicio de la mezcla.

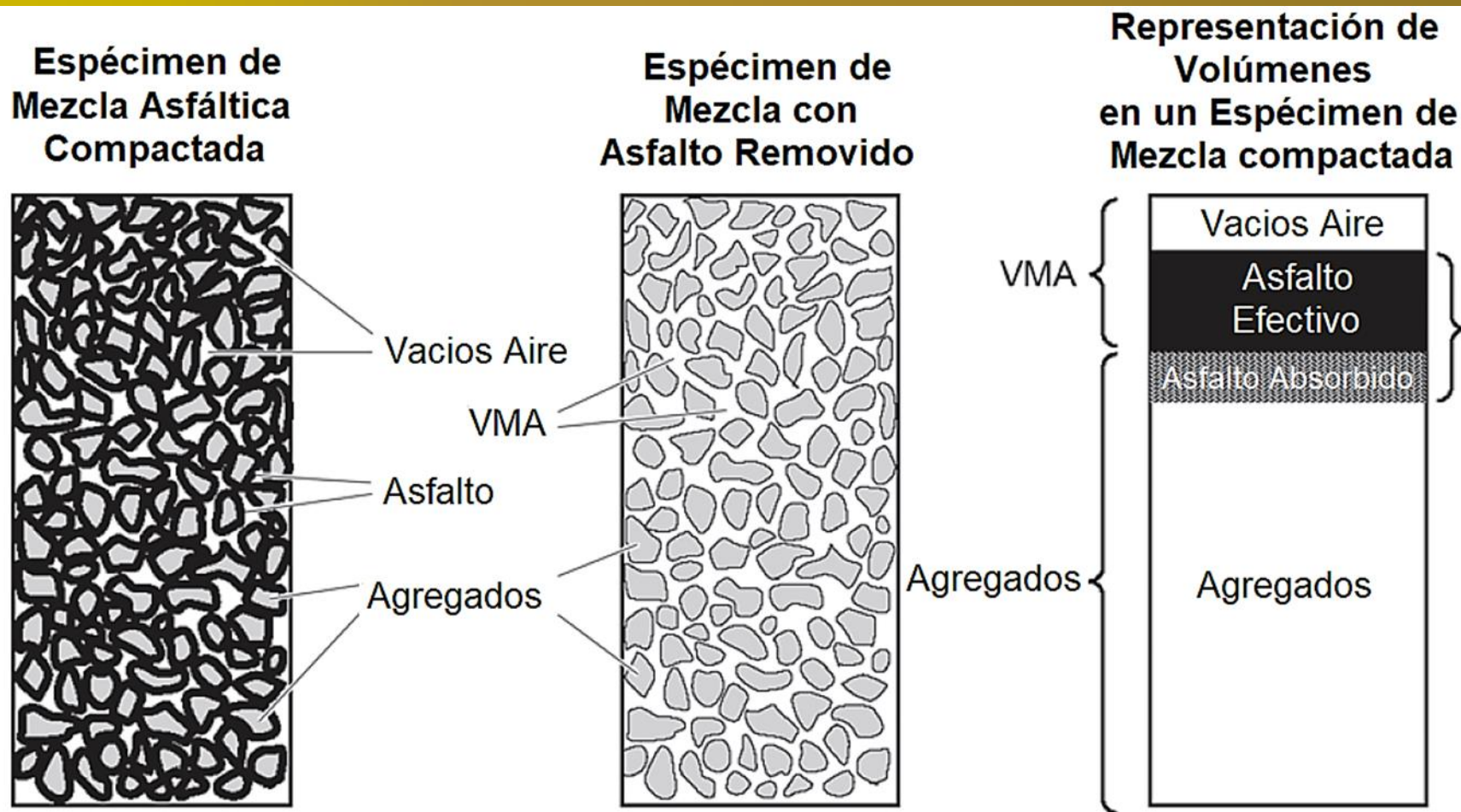
# ANALISIS VOLUMETRICO

---

Las Características Fundamentales para el análisis volumétrico de una mezcla asfáltica son:

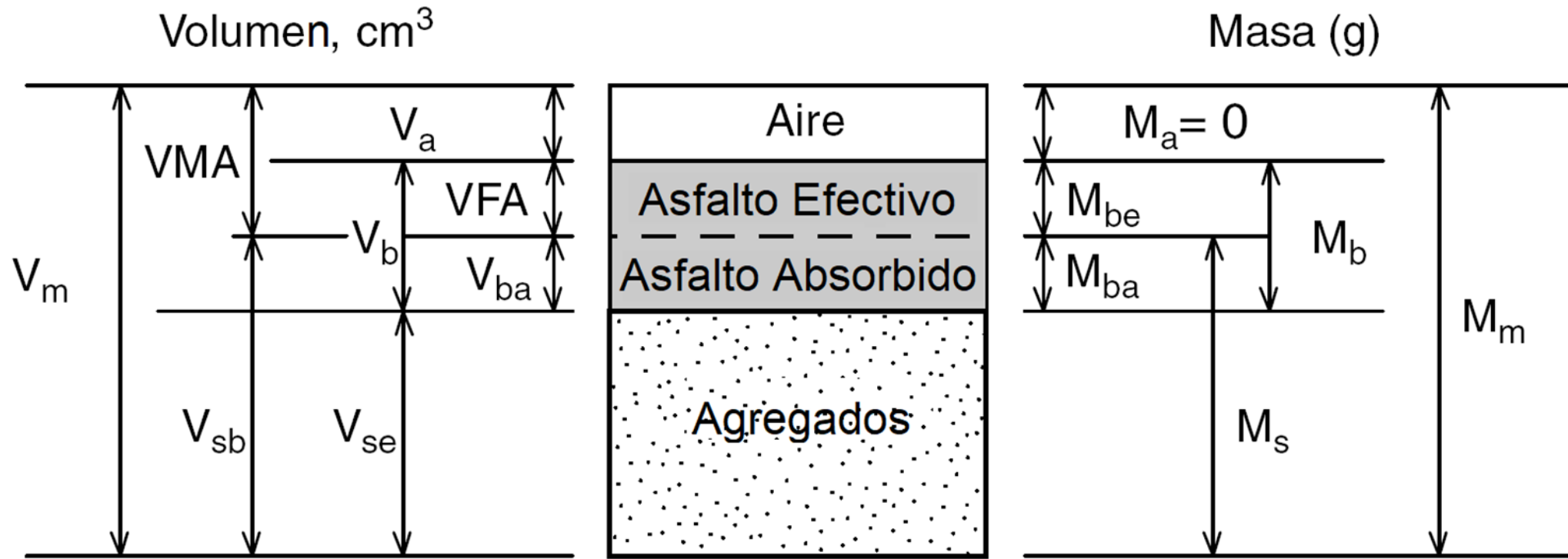
- (1) Densidad de la mezcla
- (2) Vacíos de aire
- (3) Vacíos en el agregado mineral
- (4) Vacíos llenos de asfalto
- (5) Contenido de asfalto

# ANÁLISIS VOLUMÉTRICO



**Nota:** Por simplificación el volumen de asfalto absorbido no es mostrado

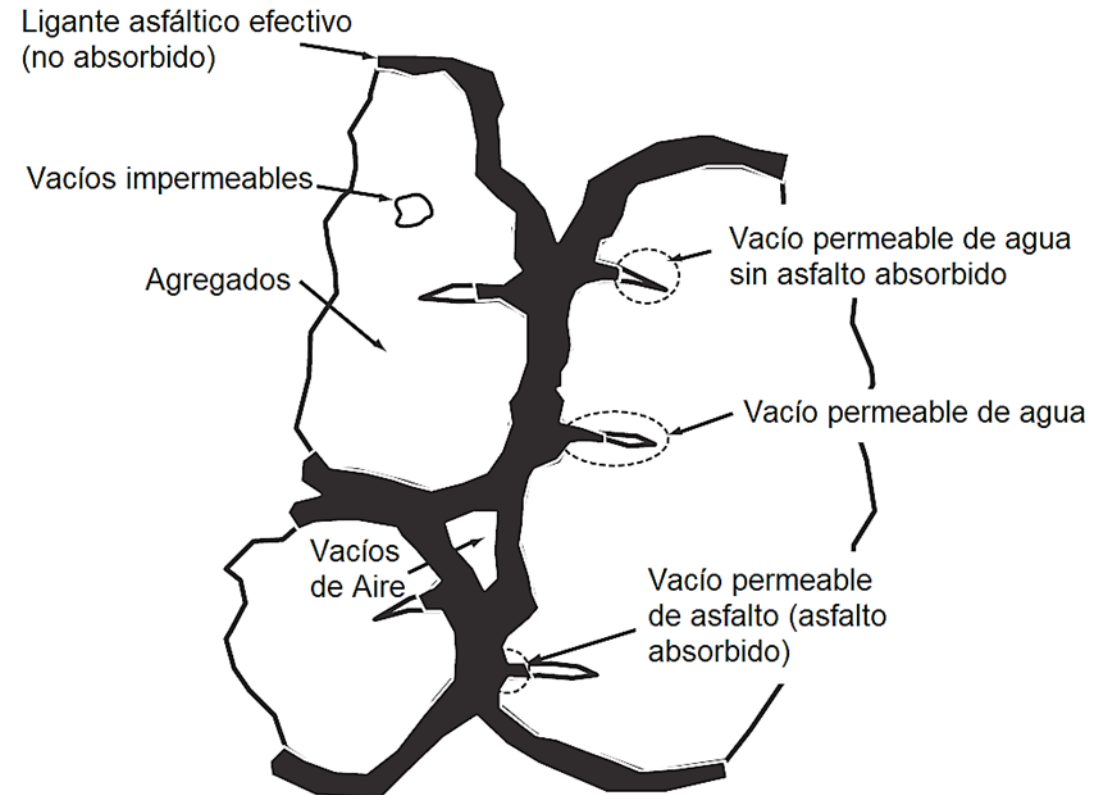
# RELACIONES MASA-VOLUMEN



# CONTENIDO DE VACIOS DE AIRE

El contenido de vacíos de aire de una mezcla asfáltica compactada es el conjunto de pequeños bolsones de aire que existen entre las partículas de los agregados pétreos recubiertos de asfalto.

## *Representación de una vista microscópica de Agregados, Asfalto, y Aire en la mezcla*



# RECUBRIMIENTO DE PARTICULAS

## A. CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS

MALLA ASTM	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	FACTOR AREA SUPERFICIAL (m <sup>2</sup> /kg)	AREA SUPERFICIAL (m <sup>2</sup> /kg)
3/4"	19.000	100.0	0.41	0.41
3/8"	9.500	82.8	0.41	0.34
Nº4	4.750	47.9	0.41	0.20
Nº8	2.360	34.2	0.82	0.28
Nº16	1.180	24.6	1.64	0.40
Nº30	0.600	17.5	2.87	0.50
Nº50	0.300	11.9	6.14	0.73
Nº100	1.150	7.6	12.29	0.94
Nº200	0.075	4.6	32.77	1.51

AREA SUPERFICIAL =

5.3093

# RECUBRIMIENTO DE PARTICULAS

---

## B. CALCULO DEL ESPESOR DE RECUBRIMIENTO

% ASFALTO EFECTIVO (en peso) :	5.23
P.E. ASFALTO (cm <sup>3</sup> /g) :	1.004
ASFALTO EFECTIVO (cm <sup>3</sup> /kg) :	52.1
AREA SUPERFICIAL (cm <sup>2</sup> /kg) :	53093.22
RECUBRIMIENTO (micrones) :	9.81



# OPTIMO CONTENIDO ASFALTO

## CRITERIOS PARA DEFINICION

(1) Contenido de Vacíos de Aire ( $V_a$ )

De acuerdo al Asphalt Institute, 4%

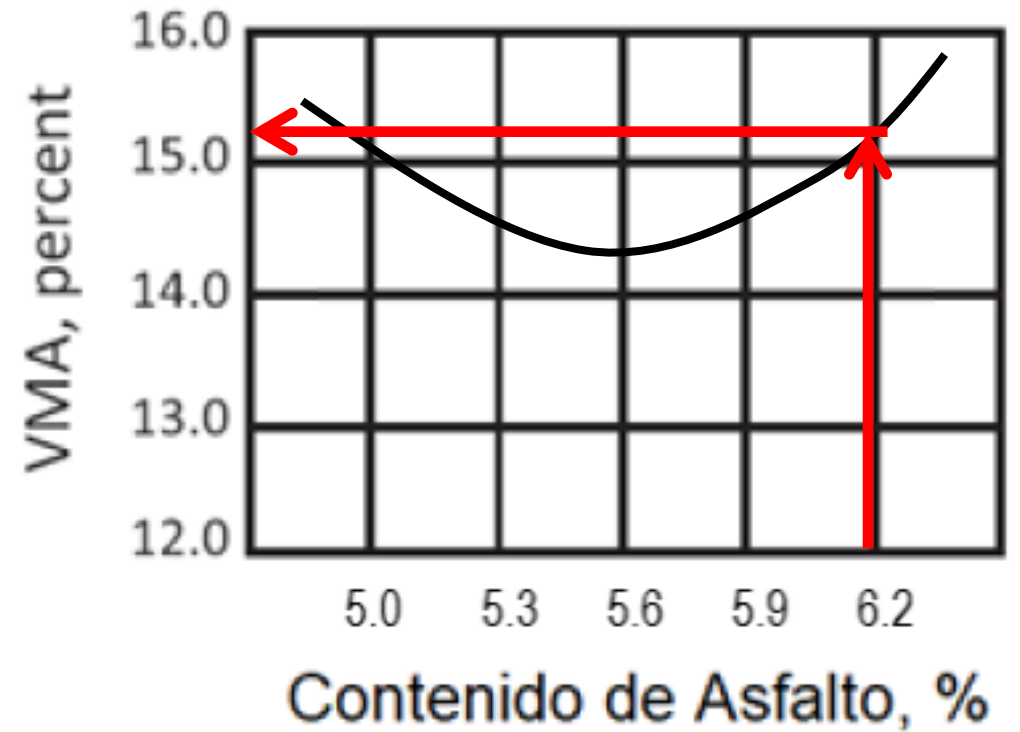
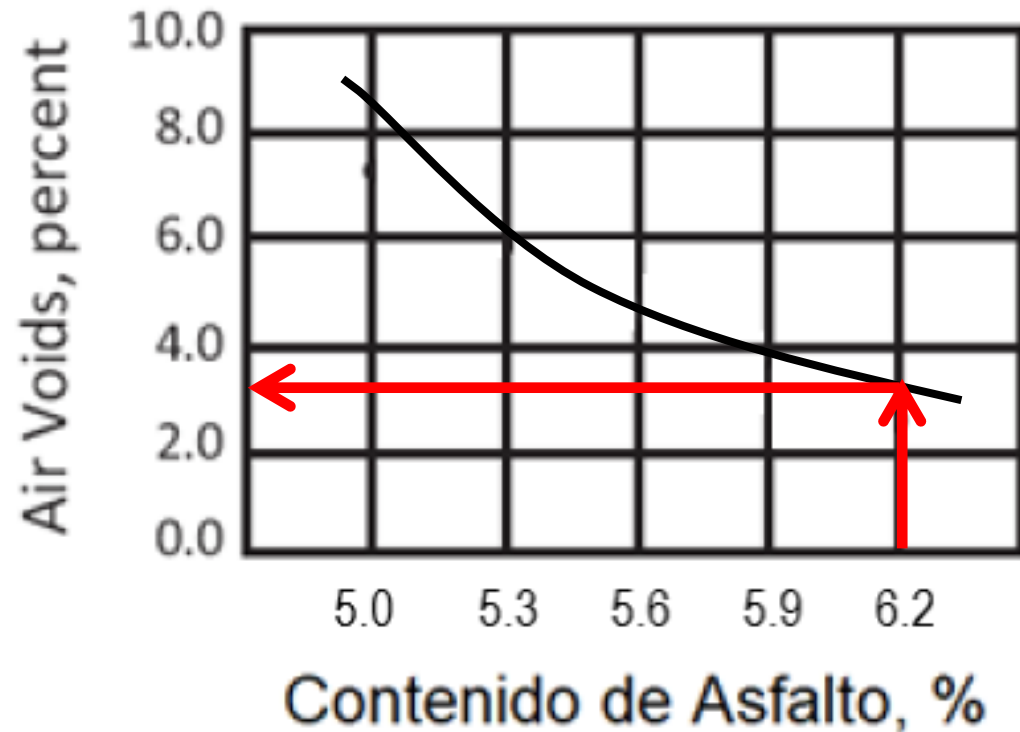
(2) Contenido de Vacíos en el Agregado (VMA)

De acuerdo al TMN de las partículas

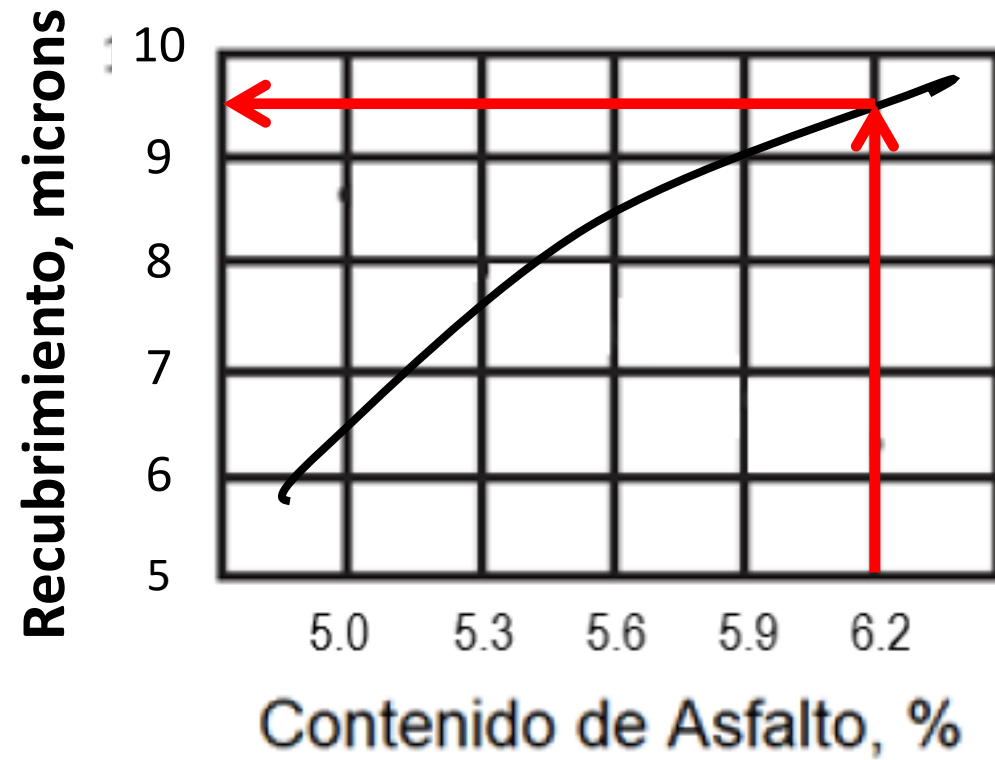
(3) Recubrimiento de Partículas ( $T_b$ )

Mínimo, 8 micrones

# OPTIMO CONTENIDO ASFALTO



# OPTIMO CONTENIDO ASFALTO



# VALORES ESPECIFICADOS DEL VMA

Tamaño de Partículas Máximo Nominal	VMA Mínimo, Porcentaje			
	Vacíos de Aire de Diseño, Porcentaje			
mm	pulg.	3.0	4.0	5.0
1.18	No. 16	21.5	22.5	23.5
2.36	No. 8	19.0	20.0	21.0
4.75	No. 4	16.0	17.0	18.0
9.5	$\frac{3}{8}$	14.0	15.0	16.0
12.5	$\frac{1}{2}$	13.0	14.0	15.0
19.0	$\frac{3}{4}$	12.0	13.0	14.0
25.0	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0
50	2.0	9.5	10.5	11.5
63	2.5	9.0	10.0	11.0

# VALORES ESPECIFICADOS DEL VMA

Tamaño de Partículas Máximo Nominal	VMA Mínimo, Porcentaje			
	Vacíos de Aire de Diseño, Porcentaje			
mm	pulg.	3.0	4.0	5.0
1.18	No. 16	21.5	22.5	23.5
2.36	No. 8	19.0	20.0	21.0
4.75	No. 4	16.0	17.0	18.0
9.5	$\frac{3}{8}$	14.0	15.0	16.0
12.5	$\frac{1}{2}$	13.0	14.0	15.0
19.0	$\frac{3}{4}$	12.0	13.0	14.0
25.0	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0
50	2.0	9.5	10.5	11.5
63	2.5	9.0	10.0	11.0

# DESEMPEÑO DEL CONCRETO ASFALTICO

---

## ENSAYOS DE LABORATORIO

- (1) Lottman Modificado (Sensibilidad a la humedad)
- (2) Ensayo con Rueda de Hamburgo (Deformación permanente)
- (3) Módulo Resiliente (Capacidad Estructural)
- (4) Flexión con Viga-4 puntos (Fisuramiento por fatiga)
- (5) Push-Pull test (AMPT)
- (6) Flow Number test (AMPT)



# DESEMPEÑO DEL CONCRETO ASFALTICO

## ENSAYOS DE LABORATORIO



**ENSAYO DE FLEXION CON VIGA – 4 PUNTOS**



**HAMBURG WHEEL TRACKING TEST**

# DESEMPEÑO DEL CONCRETO ASFALTICO

## ENSAYOS DE LABORATORIO



**LOTTMAN**



**RESILIENT MODULUS**



**ASPHALT MIXTURE PAVEMENT ANALYZER**

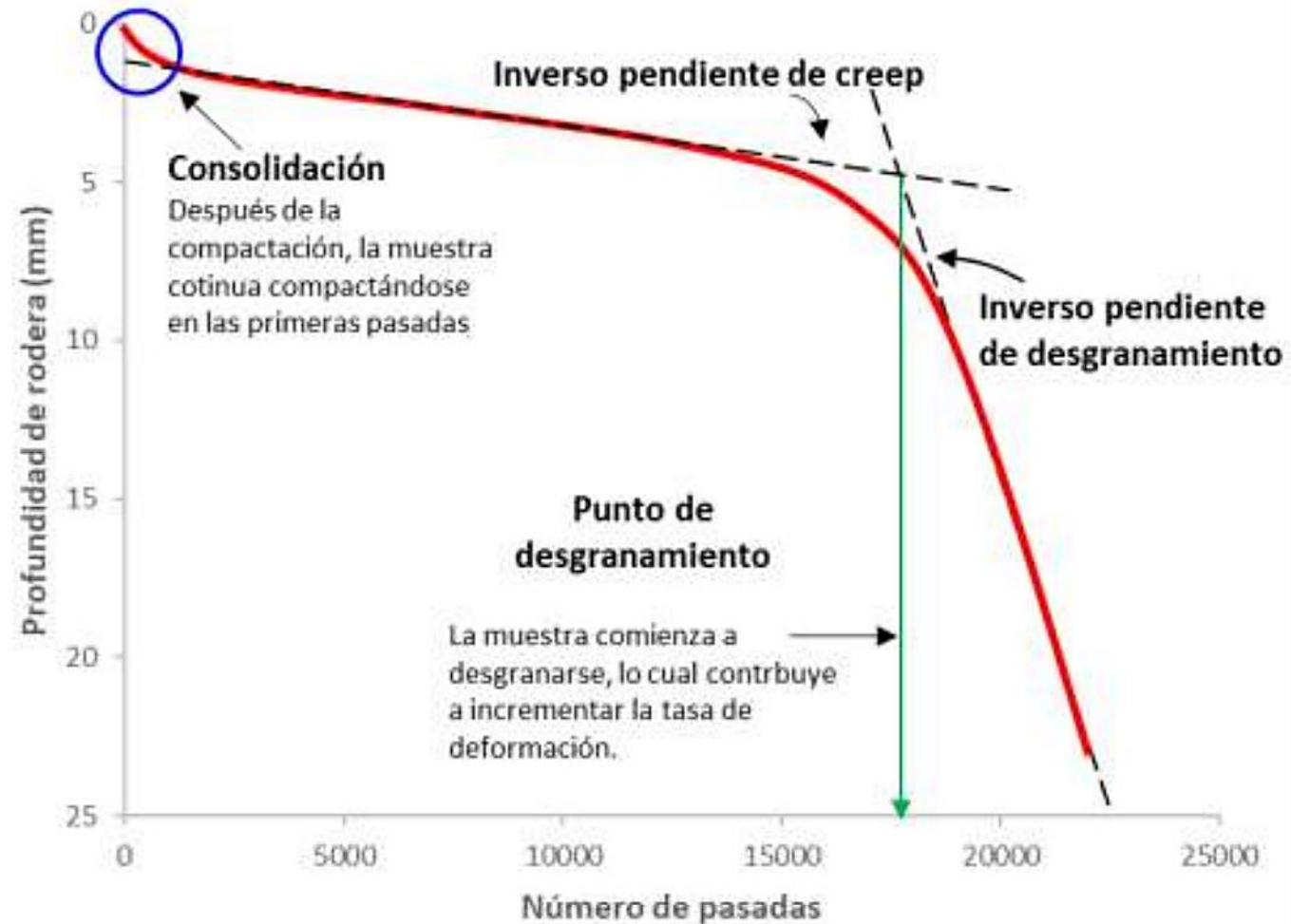
# DEFORMACION PERMANENTE



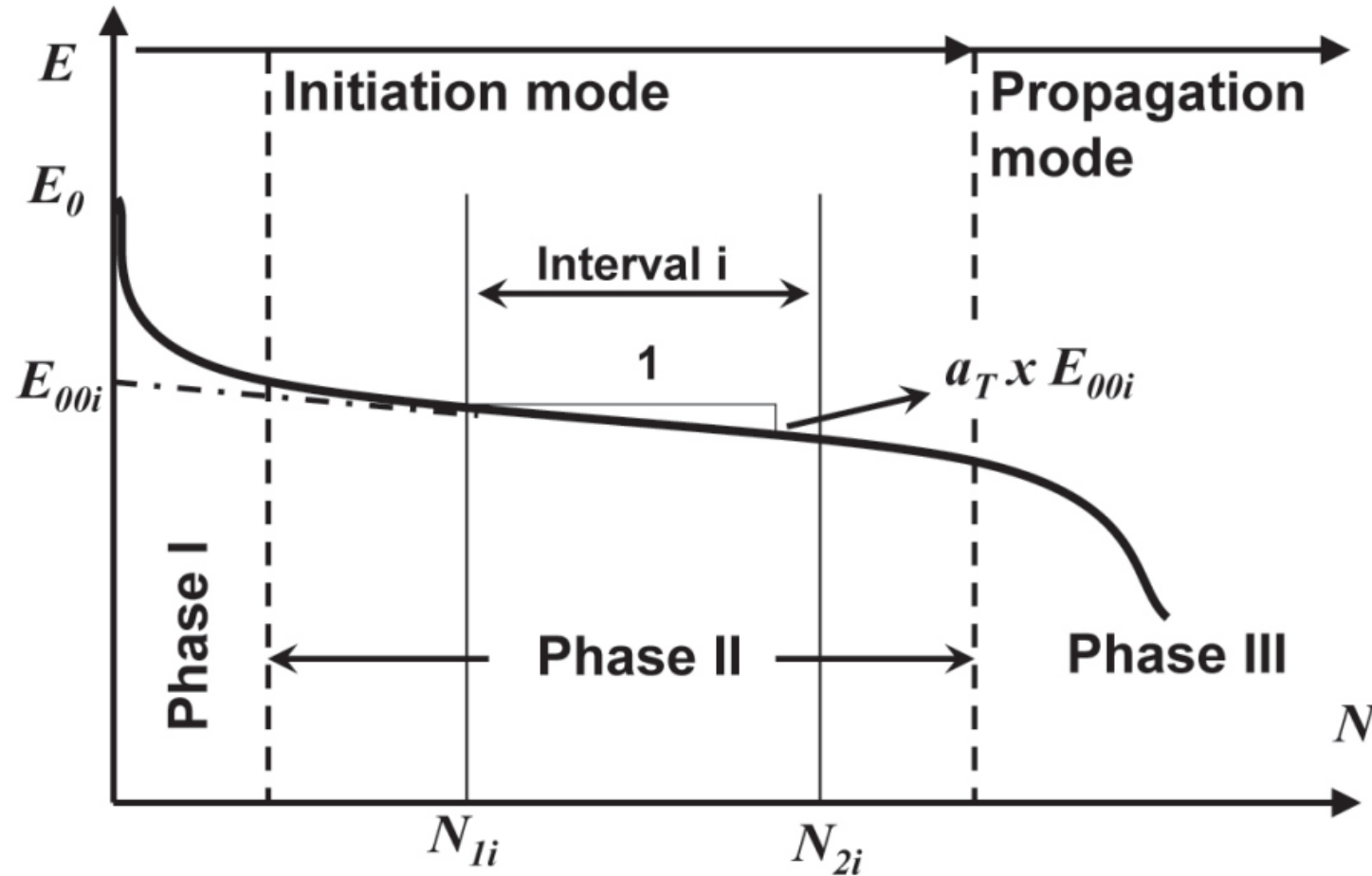
**Equipo de rueda cargada de Hamburgo**



# DEFORMACION PERMANENTE

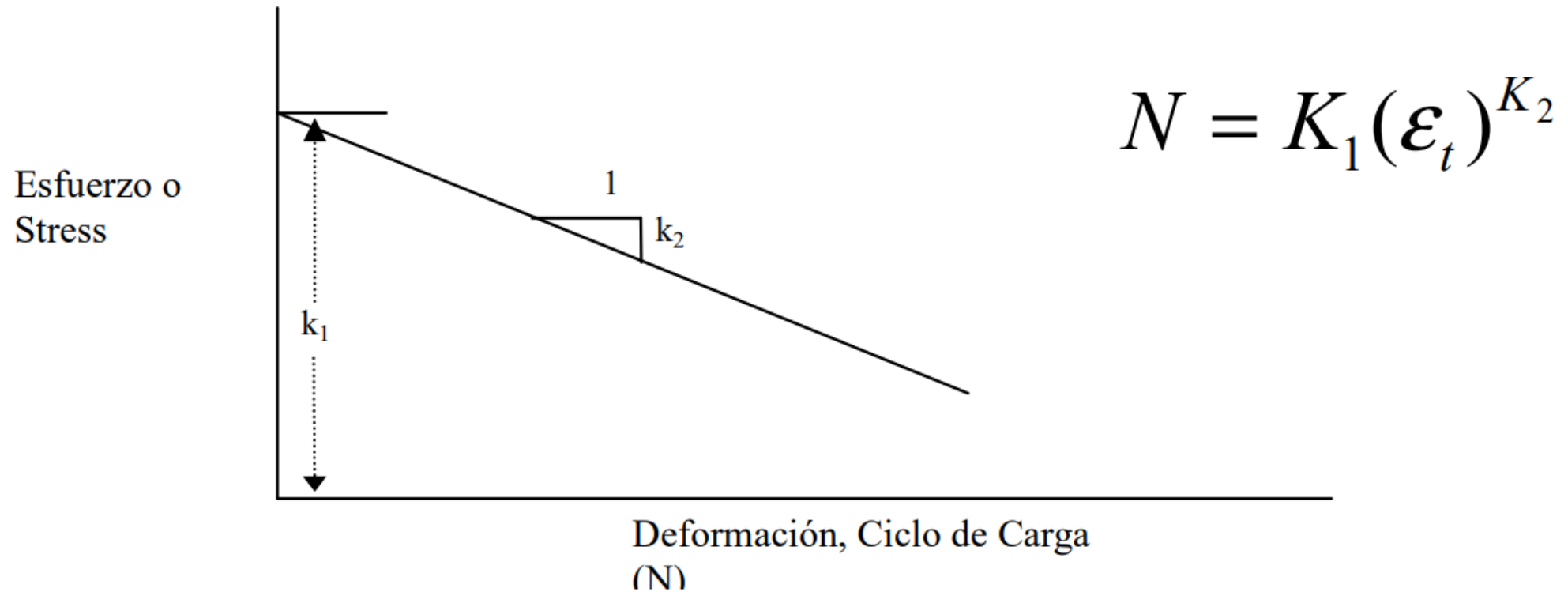


# FATIGA MECANICA



Fases de degradación por el fenómeno de fatiga en mezclas asfálticas

# FATIGA MECANICA



**Curva típica de fatiga**

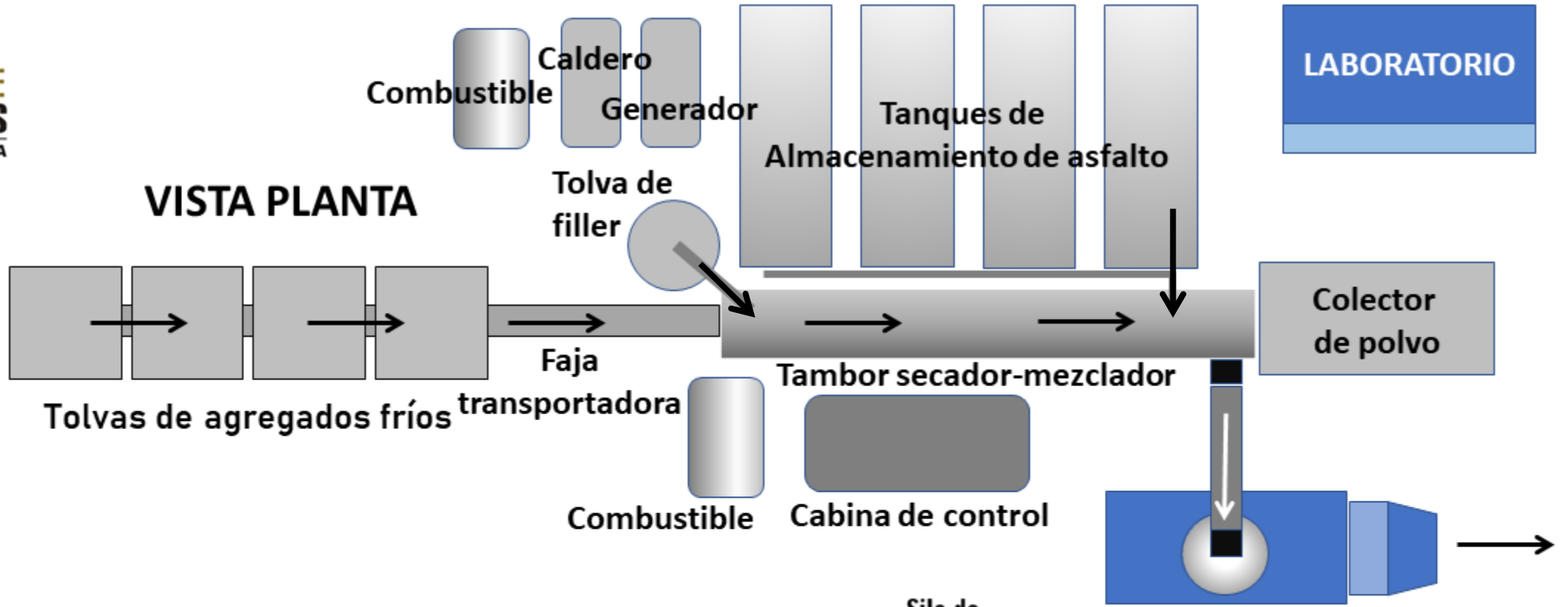


# FORMULA DE TRABAJO EN OBRA

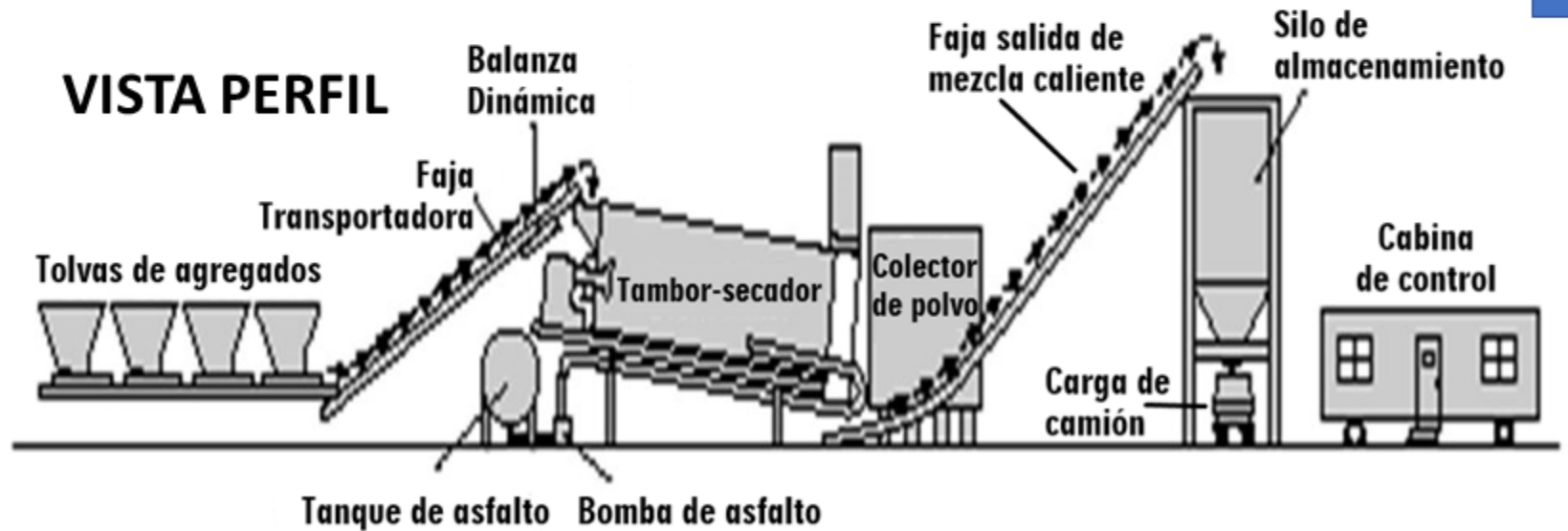
## COMPONENTES DE LA FORMULA DE TRABAJO

- (1) Número y cantidad de agregados
  - a) Grava triturada
  - b) Arena Zarandeada
  - c) Arena Triturada
  - d) Filler de Aportación
- (2) Cantidad de asfalto
- (3) Temperaturas de calentamiento
  - a) Agregados
  - b) Asfalto
  - c) Mezcla
- (4) Temperatura de compactación
- (5) Humedad de agregados

### VISTA PLANTA

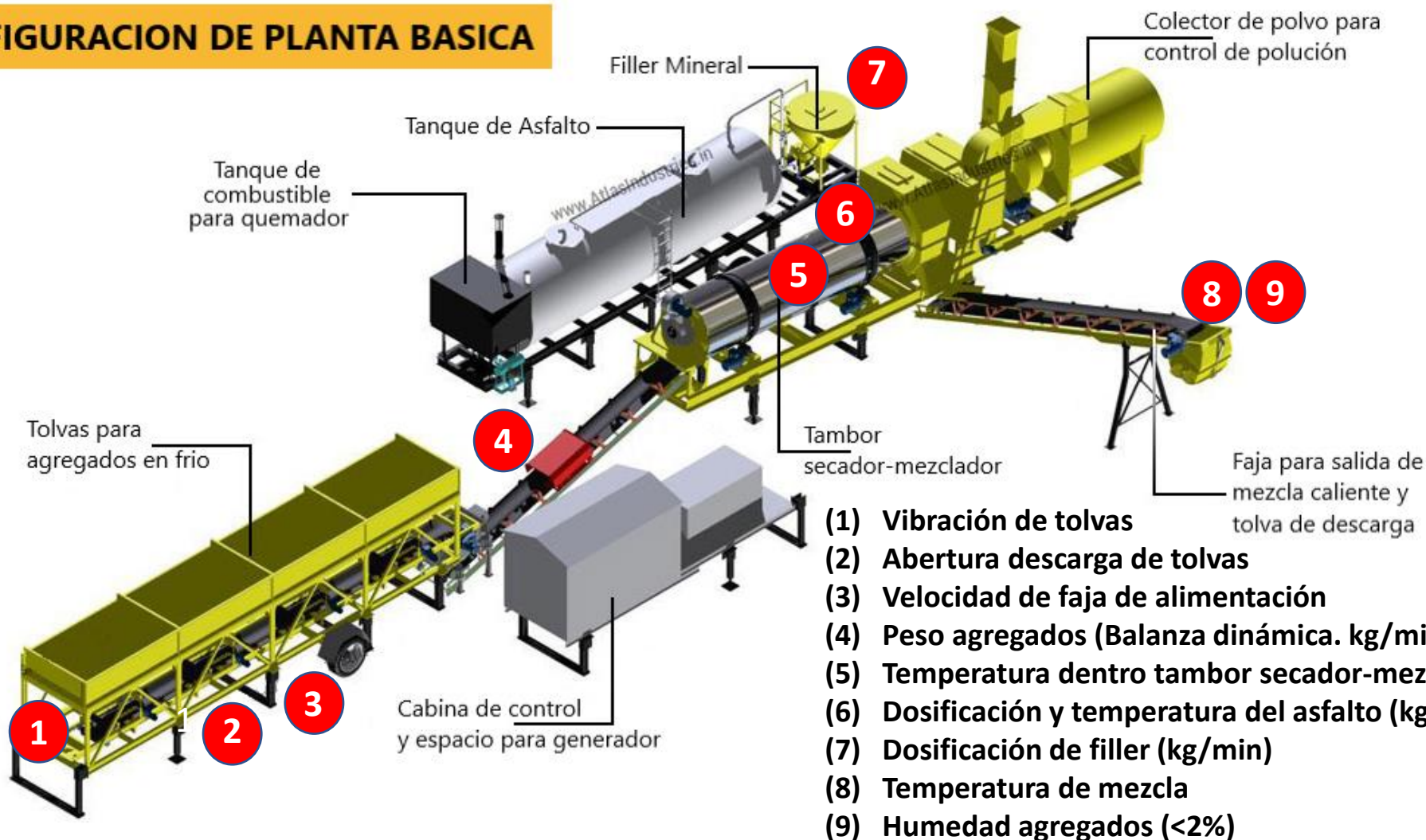


### VISTA PERFIL

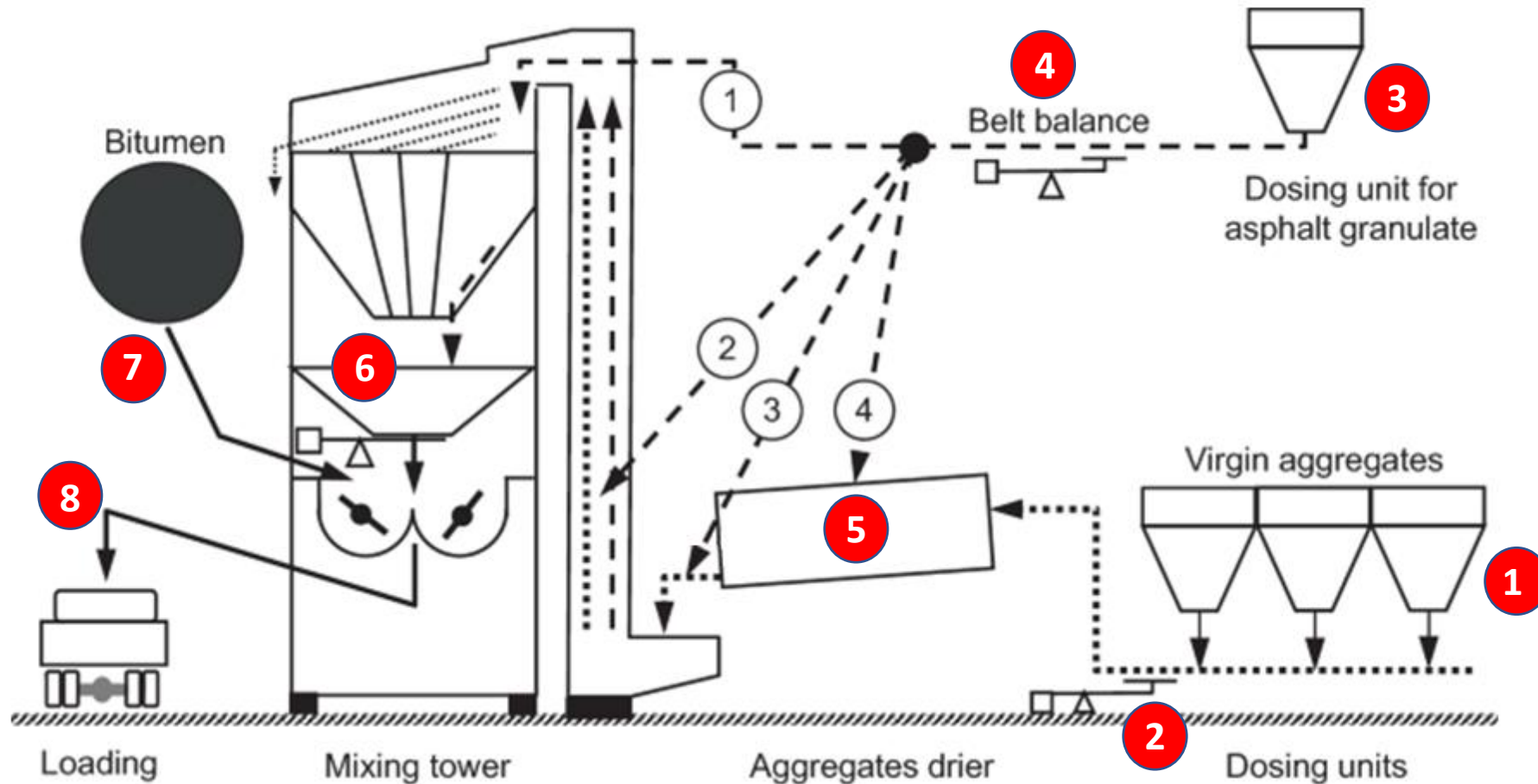


# CALIBRACION DE LA PLANTA DE ASFALTO - CONTÍNUA

## CONFIGURACION DE PLANTA BASICA



# CALIBRACION DE LA PLANTA DE ASFALTO - GRAVIMETRICA



## PRODUCCION INICIAL DE MEZCLA ASFALTICA

### CONTROL INICIAL DE PLANTA Y MEZCLA ASFALTICA

El objetivo es comprobar que la planta de asfalto que ha sido calibrada, produce mezcla con las características similares a las definidas en el diseño: Granulometría de agregados, contenido de asfalto y parámetros volumétricos, etc.

- (1) Muestreo de la combinación de agregados en faja
- (2) Muestreo de la mezcla asfáltica en chute de descarga
- (3) Elaboración de muestras de mezcla compactada en laboratorio
- (4) Control granulométrico de combinación de agregados en faja
- (5) Control del contenido de asfalto mediante lavado

## PRODUCCION INICIAL DE MEZCLA ASFALTICA

### CONTROL INICIAL DE PLANTA Y MEZCLA ASFALTICA

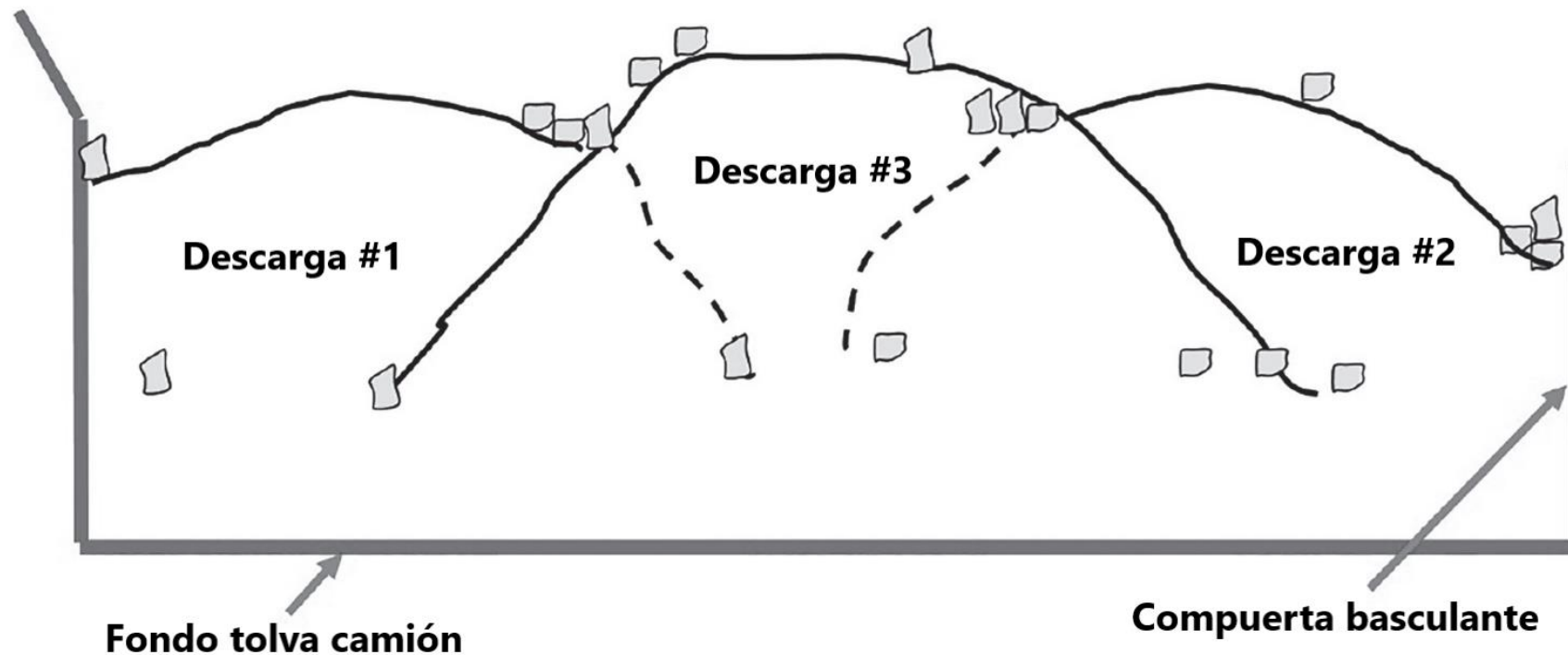
- (6) Control de la granulometría de agregados después del lavado
- (7) Control de la máxima densidad de la mezcla suelta (Ensayo de Abson)
- (8) Control de la volumetría con muestras compactadas
  - a) Control de vacíos de aire
  - b) Control de vacíos en el agregado minera
  - c) Control de contenido de asfalto efectivo
  - d) Control de espesor de recubrimiento
- (9) Control de temperatura del ligante
- (10) Control de temperatura de producción de la mezcla asfáltica



# PRODUCCION INICIAL DE MEZCLA ASFALTICA

## CARGUIO DE MATERIAL ANTI-SEGREGACION

Carguío de Camión Método Descargas Múltiples



## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

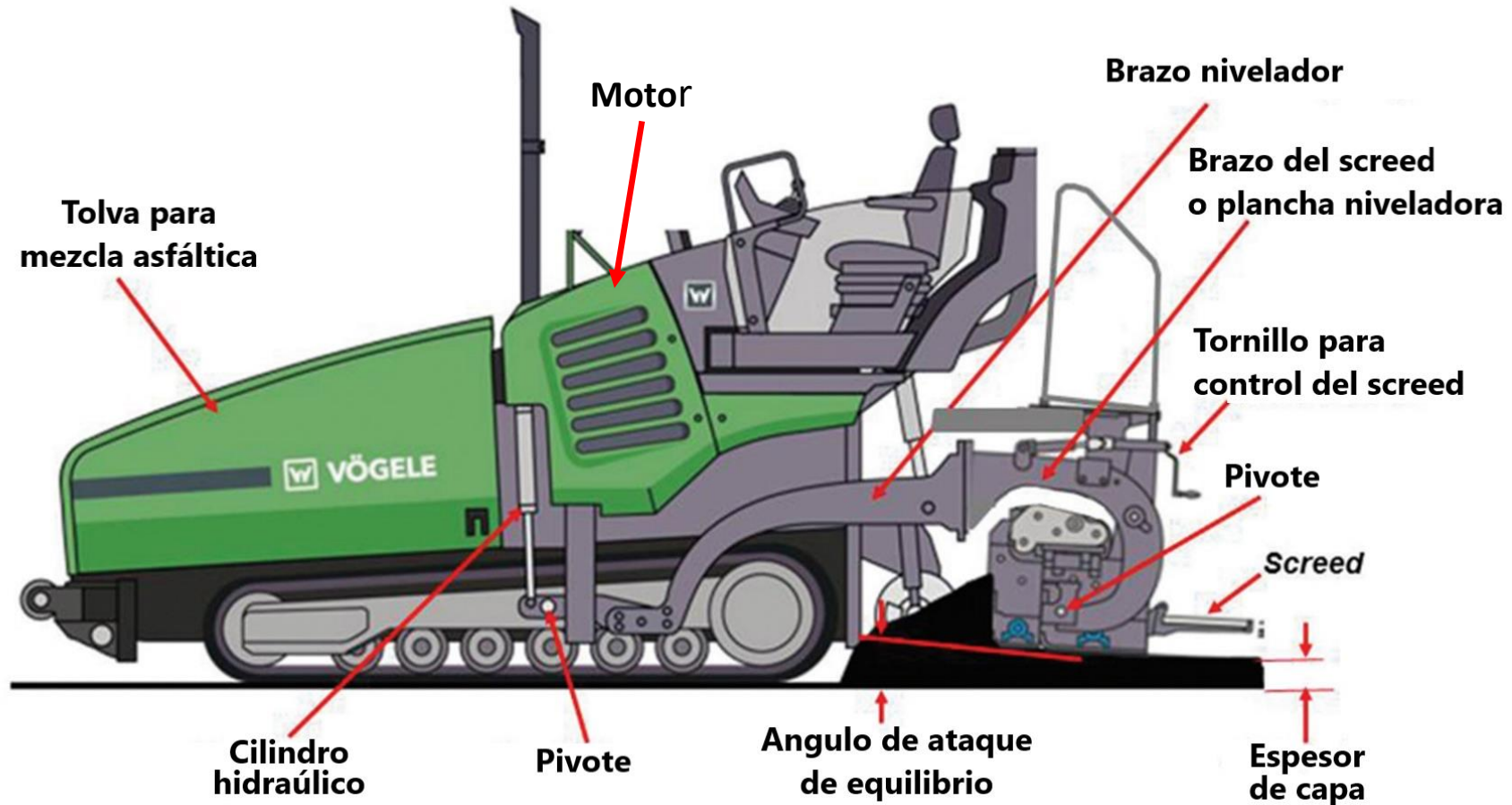
### CONSTRUCCION DEL TRAMO O TRAMOS DE PRUEBA

Tiene por objeto verificar en campo todas las condiciones que se requieren para la correcta construcción del pavimento de concreto asfáltico, llegando además al ajuste final de la fórmula de trabajo en obra.

- (1) Funcionamiento de pavimentadora
- (2) Funcionamiento de sensores de espesores
- (3) Funcionamiento y peso de compactadores
- (4) Espesor de colocación de mezcla asfáltica con esponjamiento
- (5) Densidad de la mezcla asfáltica extendida
- (6) Temperatura de llegada de la mezcla asfáltica

## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

### FUNCIONAMIENTO DE LA PAVIMENTADORA



## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

### FUNCIONAMIENTO Y PESO COMPACTADORES

**RODILLO METALICO  
LISO VIBRATORIO**



**RODILLO NEUMATICO**



## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

### **ESPESOR DE LA CAPA A COMPACTAR (¿1x10 cm o 2x5cm?)**

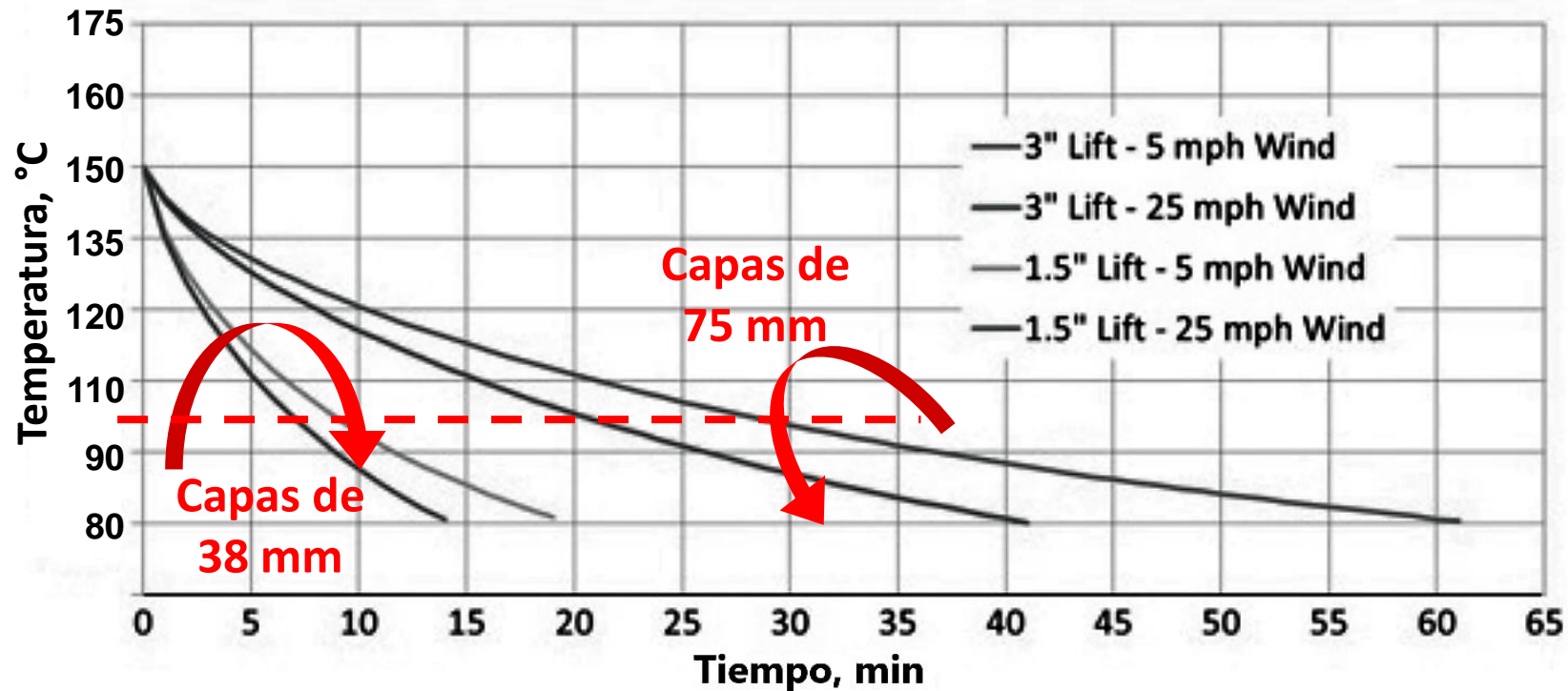
El espesor de la capa a compactar es un aspecto de suma importancia al planificar un proyecto de pavimentación.

El espesor de la capa afecta tanto la compactabilidad de la capa asfáltica como la duración de la ventana de tiempo disponible, por la rapidez con la que se enfriará la capa.

Si el trabajo es construir una capa de 10 cm (100 mm) de espesor, no es lo mismo hacerlo en 1 capa de 10cm, que hacerlo en 2 capas de 5 cm, ya que las capas de 5 cm de espesor se enfriarán mas rápido y la ventana de tiempo para el trabajo será mas corta.

## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

### ESPESOR DE LA CAPA A COMPACTAR



Estimación de la velocidad de enfriamiento de la capa asfáltica durante la compactación

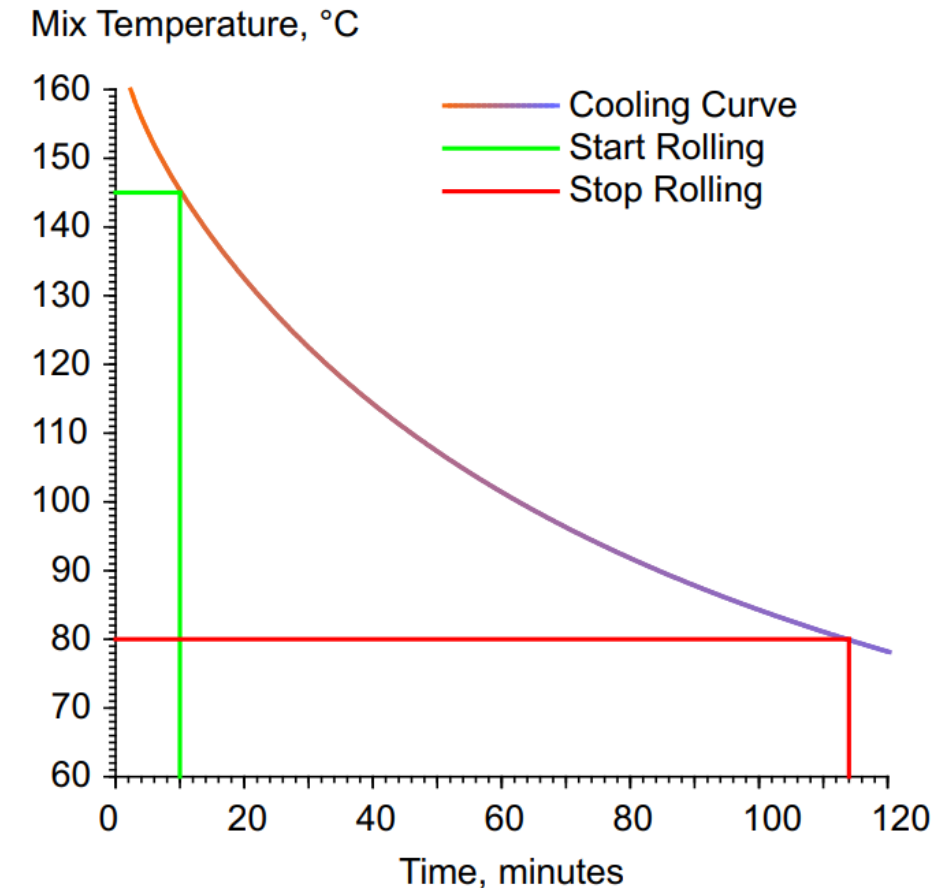


# EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

## PROGRAMA PAVECOOL

### PaveCool 3.1 Report

Date & Time		Start Rolling*	Stop Rolling*
2/28/2023 11:13 AM		10 minutes (145 °C)	114 minutes (80 °C)
Mix Type	Binder Grade	Thickness	Delivery Temp.
Fine/Dense	PG 58-10	100 mm	170 °C
Air Temp.	Wind Speed	Sky	Latitude
10 °C	8 km/h	Humid & Hazy	45 ° North
Existing Surface	Moisture	State	Surface Temp.
Granular Base	Dry	Unfrozen	10 °C





# EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

## PROGRAMA PAVECOOL

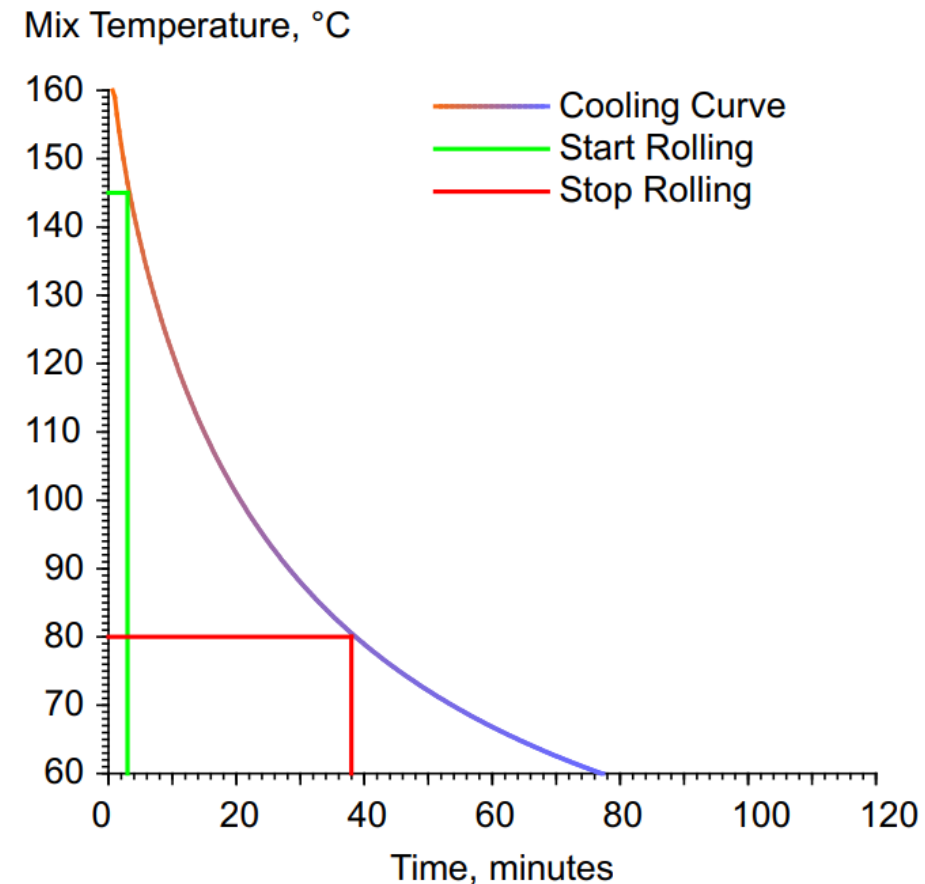
### PaveCool 3.1 Report

Date & Time	Start Rolling*	Stop Rolling*
2/28/2023 11:13 AM	3 minutes (145 °C)	38 minutes (80 °C)

Mix Type	Binder Grade	Thickness	Delivery Temp.
Fine/Dense	PG 58-10	50 mm	170 °C

Air Temp.	Wind Speed	Sky	Latitude
10 °C	8 km/h	Humid & Hazy	45 ° North

Existing Surface	Moisture	State	Surface Temp.
Granular Base	Dry	Unfrozen	10 °C



## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

### **ESPONJAMIENTO, DENSIDAD DE COLOCACION, TEMPERATURA**

#### **(1) Esponjamiento de la capa sin compactar**

Cálculo del esponjamiento para determinar el espesor de mezcla asfáltica sin compactar, que debe colocar la pavimentadora.

#### **(2) Gravedad Específica Bulk de la capa compactada (Gmb)**

Determinación de la densidad de la capa de mezcla asfáltica extendida que deja la pavimentadora.

#### **(3) Temperatura de llegada de la mezcla antes de extendido**

Verificación de la temperatura de llegada de la mezcla asfáltica (en la tolva de la pavimentadora).

## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

### PARAMETROS A VERIFICAR EN LA CAPA DE MEZCLA EXTENDIDA

#### (4) Régimen de empleo de amplitud y frecuencia de vibración

Los rodillos vibratorios tienen dos variables que el operador debe controlar durante el proceso de compactación, la frecuencia y la amplitud.

Durante el tramo de prueba se debe definir el régimen de amplitud/frecuencia para la compactación inicial con el rodillo metálico liso vibratorio.

En general, cuanto más gruesa sea la capa de mezcla asfáltica, más fuerza se podrá aplicar sin dañar la capa o crear rebotes del tambor.

Una forma básica para seleccionar la amplitud en función del grosor de la capa asfáltica es utilizar las siguientes recomendaciones:

## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

### CRITERIOS PARA LA AMPLITUD EN LA COMPACTACION VIBRATORIA

ESPEJOR DE CAPA (mm)	AMPLITUD DE VIBRACION
Menos de 5 cm	Baja
5 – 7.5 cm	Media
Mas de 7.5 cm	Alta

Para la gran mayoría de las mezclas asfálticas colocadas, el rodillo debe operarse en la configuración de amplitud baja. Solo cuando el espesor de la capa es mayor a aproximadamente 3 pulgadas, se debe considerar el uso de una configuración de amplitud alta.



## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA



## EJECUCION DEL TRAMO DE PRUEBA

### SELECCIÓN DE LA FRECUENCIA DE VIBRACION

La mayoría de los rodillos vibratorios tienen un rango de frecuencias vibratorias disponibles, siendo recomendable en la mayoría de casos elegir la configuración de frecuencia máxima posible, lo que permite que el rodillo maximice la cantidad de esfuerzo de compactación aplicado a la mezcla al minimizar el espacio entre impactos.

La frecuencia se mide en términos de vibraciones por minuto (vpm). A la misma velocidad del rodillo, un rodillo vibratorio operado a una frecuencia de 2,400 vpm producirá más impactos por metro que el mismo rodillo operado a una frecuencia de 2,000 vpm.



# CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO ASFALTICO

## CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO ASFALTICO





# CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO ASFALTICO

## CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO ASFALTICO





# CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO ASFALTICO

## CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO ASFALTICO





# CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO ASFALTICO

## CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO ASFALTICO



# CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA

## ENSAYOS EN EL LABORATORIO DE OBRA

### (1) Ligante asfáltico

- a) Penetración
- b) Ductilidad
- c) Punto de ablandamiento
- d) Recuperación elástica lineal (solo para asfaltos modificados con polímero)
- e) Viscosidad Brookfield

### (2) Agregados pétreos (Grueso y fino)

- a) Gravedad específica bulk y aparente
- b) Porcentaje de absorción de agua
- c) Peso unitario suelto y peso unitario varillado

# CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA

## ENSAYOS EN EL LABORATORIO DE OBRA

### 3) Mezcla asfáltica

- 1) Lavado asfáltico
- 2) Granulometría de los agregados (Después del lavado asfáltico)

### 4) Agregados en los acopios

- 1) Granulometría de los agregados (Grueso y Fino)
- 2) Compactación de muestras y determinación de parámetros volumétricos realizando el ensayo Abson para determinar la máxima gravedad específica de la mezcla suelta (Gmm)
- 3) Verificación de la combinación de agregados mediante el método Bailey.



# CONTROL DE CALIDAD DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO

## CONTROLES EFECTUADOS

- (1) Control de Espesores
- (2) Control de Compactación
- (3) Otros controles



## EVALUACION EX POST DEL PAVIMENTO ASFALTICO

### EVALUACION EX POST DEL PAVIMENTO

- (1) Rugosidad del pavimento (Perfilómetro RSP)
- (2) Desempeño Estructural (Falling Weight Deflectometer FWD)
- (3) Serviciabilidad de la capa de Concreto Asfáltico (PSI)
- (4) Características geométricas (Espesor)
- (5) Grado de densificación (Gravedad Específica Bulk versus Gravedad Específica Máxima de la Mezcla Suelta –  $G_{mb}/G_{mm}$ )
- (6) Ensayos de desempeño con muestras del pavimento (Rueda de Hamburgo, Flexo-tracción Viga 4 puntos; Flow Number y Push-Pull Test con Asphalt Mixture Pavement Tester-AMPT).

## EVALUACION EX POST DEL PAVIMENTO ASFALTICO

### Evaluación funcional y estructural del pavimento asfáltico



**Perfilómetro Inercial Láser**



**Falling Weight Deflectometer (FWD)**

# EVALUACION EX POST DEL PAVIMENTO ASFALTICO

## SERVICIABILIDAD DE LA CAPA DE CONCRETO ASFALTICO (PSI)

### ESCALAS DE LOS PARAMETROS IRI Y PSI

- ESCALA DEL IRI: 0 – 24 m/km (WBTP-46)
- ESCALA DEL PSI: 0 – 5 (AASHO Road Test)

$$\text{PSI} = \frac{5}{e^{\text{IRI}/5.5}}$$

Fuente: The International Road Roughness Experiment – WBTP 45



# MONITOREO DEL PAVIMENTO

---

## EVALUACIONES A EFECTUAR

- (1) Evaluación funcional mediante la medición de rugosidad
- (2) Evaluación estructural mediante la medición de deflexiones
- (3) Evaluación superficial o del estado de falla del pavimento
- (4) Calibración de modelos de deterioro
- (5) Elaboración del Plan de mantenimiento

# FIN DE CONFERENCIA – INICIO DE PREGUNTAS

---

**Muchas gracias por su atención**

**ING. PABLO DEL AGUILA**

**pmdelaguila@yahoo.com**

**pmdelaguila@caminerosconsulting.com**



**Grupo de Camineros**



**@caminerosperu**



**[www.linkedin.com/in/pmdelaguila](http://www.linkedin.com/in/pmdelaguila)**