

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA**  
**PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE**

**I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN**

- 1. Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Mexicali; Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada; y Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Valle de las Palmas.
- 2. Programa Educativo:** Ingeniero Civil
- 3. Plan de Estudios:** 2020-1
- 4. Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Diseño de Mezclas Asfálticas
- 5. Clave:** 36056
- 6. HC:** 01 **HL:** 02 **HT:** 02 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 01 **CR:** 06
- 7. Etapa de Formación a la que Pertenece:** Terminal
- 8. Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Optativa
- 9. Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



**Equipo de diseño de PUA**

Cynthia Carolina Martínez Lazcano  
Felipe de Jesús Pérez Blanco  
José Ricardo Cota Ramírez  
Karina Cabrera Luna

**Vo.Bo. de subdirector(es) de  
Unidad(es) Académica(s)**

Alejandro Mungaray Moctezuma  
Humberto Cervantes De Ávila  
Daniela Mercedes Martínez Plata

**Fecha:** 17 de octubre de 2019

## **II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE**

El de la Unidad de Aprendizaje es propósito es diseñar la mezcla asfáltica de granulometría densa que será utilizada en la construcción de vialidades, mediante un sistema mejorado para la especificación del cemento asfáltico, agregado mineral, análisis volumétrico de la mezcla asfáltica y el análisis y establecimiento de la predicción en el desempeño de la mezcla asfáltica en un pavimento. Esto bajo criterios establecidos de tráfico, medio ambiente (clima) y sección estructural del sitio del proyecto en particular.

Esta unidad de aprendizaje de carácter optativo se encuentra ubicada en la etapa terminal correspondiente al área de Geotecnia y Vías Terrestres en el plan de estudios del Ingeniero Civil.

## **III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE**

Diseñar mezclas asfálticas de granulometría densa, elaboradas en caliente, con el fin de atender a las solicitudes de carga y clima para carreteras federales, estatales y vialidades urbanas, mediante la metodología de diseño SUPERPAVE y los criterios establecidos en el protocolo AMAAC PA-MA 01/2013, con actitud analítica, trabajo en equipo, profesionalismo y respeto al medio ambiente.

## **IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO**

Elabora y entrega una Memoria de cálculo del diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa terminado donde se incluyan la obtención del grado de desempeño (PG) del cemento asfáltico requerido según proyecto, por lo menos 3 propuestas granulométricas y su respectivo análisis volumétrico con el contenido de asfalto inicial estimado, análisis y sustento de la selección de estructura mineral de diseño, análisis gráfico de las propiedades volumétricas para la obtención del contenido óptimo de asfalto y la evaluación del desempeño en la mezcla asfáltica diseñada.

## V. DESARROLLO POR UNIDADES

### UNIDAD I. Introducción al diseño de mezclas asfálticas de alto desempeño.

**Competencia:**

Identificar los materiales que conforman la mezcla asfáltica, de acuerdo a sus propiedades físicas básicas, para fines de diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa, con actitud crítica, responsable y objetiva.

**Contenido:****Duración:** 2 horas

- 1.1 Antecedentes del diseño de mezclas asfálticas
- 1.2 Protocolo AMAAC
- 1.3 Propiedades de los agregados
- 1.4 Propiedades de los cementos asfálticos

## UNIDAD II. Selección de materiales

### **Competencia:**

Desarrollar la metodología para la selección de los materiales que integran una mezcla asfáltica, mediante el análisis de sus propiedades y la simulación de escenarios para la estructura mineral de la mezcla, con la finalidad de obtener datos adecuados para la elaboración de la mezcla asfáltica de diseño, con una actitud responsable y colaborativa.

### **Contenido:**

**Duración:** 4 horas

- 2.1. Grado de desempeño en cementos asfálticos
- 2.2. Selección del agregado mineral
  - 2.2.1. Análisis granulométrico de los materiales
  - 2.2.2. Gravedades específicas de los agregados
  - 2.2.3. Propuestas granulométricas para el diseño de mezcla asfáltica

### **UNIDAD III. Selección del contenido de asfalto de diseño**

**Competencia:**

Determinar el contenido óptimo de asfalto en la mezcla asfáltica de granulometría densa, mediante la obtención de datos e interpretación de resultados, para la elaboración de la mezcla asfáltica de diseño, con actitud crítica, responsable y responsable.

**Contenido:**

**Duración:** 6 horas

- 3.1. Estimación del contenido de asfalto inicial
- 3.2. Evaluación de propuestas granulométricas para diseño con el contenido de asfalto inicial
- 3.3. Compactación de la mezcla asfáltica
- 3.4. Propiedades volumétricas con contenido de asfalto inicial de la mezcla asfáltica
- 3.5. Elaboración de probetas de diseño y análisis de las propiedades volumétricas de diseño para determinación del contenido óptimo de asfalto

## UNIDAD IV. Pruebas de desempeño en mezclas asfálticas nivel 2

### **Competencia:**

Determinar los parámetros de susceptibilidad a la humedad y a la deformación permanente, mediante el análisis de resultados obtenidos en la evaluación de la susceptibilidad a la humedad bajo condiciones de carga a tensión indirecta y rueda cargada de Hamburgo, para evaluar el futuro desempeño del diseño de mezcla asfáltica de granulometría densa en un pavimento, con actitud crítica, responsable y objetiva.

### **Contenido:**

**Duración:** 4 horas

- 4.1. Análisis de la resistencia de las mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad mediante ensayo de tensión indirecta TSR en la mezcla asfáltica de diseño
- 4.2. Análisis de la susceptibilidad a la humedad y a la deformación permanente por rodera mediante el analizador de rueda cargada de Hamburgo

## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
<b>UNIDAD I</b>				
1	Identificar las propiedades de origen y propiedades del agregado mineral, estudio de casos, para la evaluación y mejora de las propiedades y obtener un mejor diseño, con actitud responsable y analítica.	<p>El alumno:                      Evalúa las propiedades de los agregados                      Aplica el proceso de trituración de los materiales.                      Elabora y entrega un reporte de evaluación de material con, portada, introducción, desarrollo, resultados, análisis, conclusiones y referencias.</p>	Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013 Guía de diseño de mezclas asfálticas	2 horas
<b>UNIDAD II</b>				
2	Identificar la importancia de las propiedades volumétricas, mediante la evaluación de las gravedades específicas de los agregados pétreos en el análisis volumétrico de la mezcla asfáltica, para obtener un diseño resistente a las solicitaciones de clima y cargas, con actitud responsable y proactiva.	<p>El estudiante evaluará las propiedades volumétricas de inicio de la mezcla asfáltica mediante la obtención de la gravedad específica bruta (Gsb), aparente (Gsa) de los agregados y calcula la gravedad específica efectiva (Gse) aplicando el formulario de la guía de diseño.</p> <p>Elabora y entrega un reporte de</p>	Problemario Calculadora Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013 Guía de diseño de mezclas asfálticas	4 horas

		<p>evaluación de material con, portada, introducción, desarrollo, resultados, análisis, conclusiones y referencias.</p> <p>El maestro revisará los resultados y verificará que cumplan con la relación <math>G_{sb} &lt; G_{se} &lt; G_{sa}</math> a manera de validar los avances del diseño.</p>		
3	<p>Identificar importancia de la granulometría del agregado mineral, mediante el análisis del protocolo AMAAC, para calcular la cantidad de vacíos óptima en el diseño de la mezcla asfáltica, con actitud analítica y responsable.</p> <p>.</p>	<p>El estudiante calcula y analiza las granulometrías de los agregados minerales propuestos para el diseño, propone 3 curvas granulométricas que cumplan con lo especificado en el protocolo AMAAC y estima el contenido de asfalto inicial de la mezcla asfáltica.</p> <p>Elabora y entrega un reporte de evaluación de material con, portada, introducción, desarrollo, resultados, análisis, conclusiones y referencias.</p> <p>El maestro revisará los resultados y verificará que cumplan con la especificación según el tamaño máximo nominal del agregado a manera de validar los avances del diseño.</p>	<p>Problemario</p> <p>Calculadora</p> <p>Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013</p> <p>Guía de diseño de mezclas asfálticas</p>	6 horas
<b>UNIDAD</b>				

III				
4	<p>Identificar la importancia de la densificación de la mezcla asfáltica, por el método del compactador giratorio, para obtener un correcto análisis de las propiedades volumétricas estimadas y de diseño, con actitud responsable y objetiva.</p>	<p>Este taller se divide en 2 etapas.</p> <p>1. El alumno calcula y analiza las propiedades volumétricas iniciales de la mezcla asfáltica con el contenido de asfalto inicial, densificada de acuerdo a condiciones de tránsito de proyecto, y estima el contenido de asfalto para el cual la mezcla asfáltica densificada adquiere el 4% de vacíos.</p> <p>Elabora y entrega un reporte de evaluación de material con, portada, introducción, desarrollo, resultados, análisis, conclusiones y referencias.</p> <p>El maestro revisará los resultados y verificará que cumplan con la especificación según el nivel de tránsito a manera de validar los avances del diseño.</p>		6 horas
5		<p>2. El alumno elabora y analiza las gráficas de las propiedades volumétricas de diseño obtenidas con la variación de <math>\pm 0.5\%</math> y</p>	<p>Problemario Calculadora Apunte Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013 Guía de diseño de mezclas</p>	6 horas

		<p>±1.0% del contenido de asfalto estimado en la etapa 1 y obtiene el contenido de asfalto óptimo de diseño según lo especificado para el nivel de tránsito proyectado.</p> <p>Elabora y entrega un reporte de evaluación de material con, portada, introducción, desarrollo, resultados, análisis, conclusiones y referencias.</p> <p>El maestro revisará los resultados y verificará que cumplan con la especificación según el nivel de tránsito y parámetros de compactación a manera de validar los avances del diseño.</p>	asfálticas	
<b>UNIDAD IV</b>				
6	Reconocer la importancia de predecir el desempeño de un diseño de mezcla asfáltica, mediante el análisis de los resultados obtenidos de pruebas de laboratorio, para verificar que cumpla con las especificaciones, con orden y pensamiento crítico.	<p>El estudiante comprende las solicitaciones de carga que llevan a la deformación permanente de la mezcla asfáltica, mediante el cálculo y validación de resultados obtenidos de pruebas de laboratorio.</p> <p>El maestro revisará los resultados y verificará que cumplan con la especificación a la rodera máxima</p>	<p>Problemario</p> <p>Calculadora</p> <p>Apunte</p> <p>Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013</p> <p>Guía de diseño de mezclas asfálticas</p>	8 horas

		permitida, según el nivel de tránsito a manera de validar los avances del diseño.		
--	--	---	--	--

### VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
Práctica 0 encuadre	Identificar las funciones de equipo del laboratorio, comprender los reglamentos del laboratorio, de seguridad e higiene y el Plan de Prevención y Respuesta a Emergencias, mediante una visita guiada por las instalaciones del laboratorio, con la finalidad de que el estudiante desarrolle capacidades creativas y potencialice habilidades técnicas de ingeniería. Con una actitud responsable, analítica y reflexiva.	El primer día de clase en laboratorio el docente establece la forma de trabajo, políticas de evaluación para acreditar laboratorio, calidad y estructura de los reportes a entregar, derechos y obligaciones docente-alumno, Reglamento Interno de laboratorio en cuanto al uso, operación y horarios, Reglamento Interno de seguridad e higiene, informa sobre el Plan de Prevención y Respuesta a Emergencias.	Reglamento Interno de laboratorio en cuanto al uso, operación y horarios  Reglamento Interno de seguridad e higiene  Plan de Prevención y Respuesta a Emergencias.	2 horas
<b>UNIDAD II</b>				
1	Determinar la densidad y absorción de los agregados,	Esta práctica de laboratorio se divide en 2 etapas.	Materiales y/o equipo.	

	<p>aplicando la metodología de densidad y absorción, para efectos de diseño, con actitud crítica, reflexiva y responsable.</p>	<p>Actividades del alumno:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado mineral grueso (que no incluye el volumen de los orificios entre las partículas). Esta densidad puede ser expresada como densidad secada al horno (OD), Densidad saturada y superficialmente seca (SSD) o densidad relativa aparente. La densidad relativa y la absorción SSD se determinan después de sumergir el agregado en agua durante un tiempo prescrito</li> <li>2. Determinar la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado mineral fino. Esta densidad puede ser expresada como densidad secada al horno (OD), Densidad saturada y superficialmente seca (SSD) o densidad relativa aparente. La densidad relativa y la absorción SSD se determinan después de</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregado mineral propuesto para el diseño.</li> <li>• Banco de masas sumergidas para gravedad específica</li> <li>• Bascula con capacidad de 15 kg con aproximación de 0.05 % de la masa de la muestra en algún punto del rango usado para este ensayo, o 0.5 g, el que sea mayor.</li> <li>• Tamices o mallas, una malla de 4.75 mm (Nº 4)</li> <li>• Horno de convección.</li> <li>• Contenedor de muestra (canastilla) de alambre</li> </ul>	<p>4 horas</p>
--	--	--	--	----------------

		<p>sumergir el agregado en agua durante un tiempo prescrito</p> <p>Actividades del maestro:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicar la importancia de aplicar la normativa metodológica.</li> <li>2. Verificar que la metodología sea aplicada por el alumno en toda su extensión.</li> <li>3. Revisar que los datos obtenidos sean congruentes para la obtención de resultados verídicos.</li> </ol> <p>Esta práctica de laboratorio se dará por cumplida cuando el alumno entregue el reporte de los resultados obtenidos.</p>		
2	<p>Determinar la composición granulométrica de los agregados, mediante el cribado a través de mallas, para verificar que cumpla con la granulometría especificada por AMAAC, con actitud crítica, reflexiva y responsable.</p>	<p>Esta práctica de laboratorio se divide en 2 etapas.</p> <p>Actividades del alumno:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Una muestra de ensayo de agregado mineral grueso, limpio y seco de masa conocida se separa a través de una serie de mallas de aberturas progresivamente más pequeñas para la determinación de la distribución por tamaño de partículas.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregado mineral propuesto para el diseño.</li> <li>• Juego de tamices según lo especificado en el protocolo AMAAC PA-MA 01/2013</li> <li>• Bascula con capacidad de 15 kg con aproximación de 0.05 % de la masa de la muestra en algún punto del rango usado para este ensayo, o 0.5 g, el que sea mayor para el agregado</li> </ul>	4 horas

		<p>2. Una muestra de ensayo de agregado mineral fino y seco de masa conocida se someterá a un proceso de lavado por el tamiz No. 200 para conocer la cantidad de finos (filler) y después se separa a través de una serie de mallas de aberturas progresivamente más pequeñas para la determinación de la distribución por tamaño de partículas.</p> <p>Actividades del maestro:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicar la importancia de aplicar la normativa metodológica.</li> <li>2. Verificar que la metodología sea aplicada por el alumno en toda su extensión.</li> <li>3. Revisar que los datos obtenidos sean congruentes para la obtención de resultados verídicos.</li> </ol> <p>Esta práctica de laboratorio se dará por cumplida cuando el alumno entregue el reporte de los resultados obtenidos.</p>	<p>grueso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bascula con aproximación de 0.1 gr para el agregado fino.</li> <li>• Horno de convección.</li> </ul>	
<b>UNIDAD</b>				

III				
3	<p>Determinar las propiedades viscoelásticas de los ligantes asfálticos, mediante el reómetro de corte directo, para obtener el grado de desempeño (PG) en el cemento asfáltico propuesto para el diseño de la mezcla, con actitud propositiva y responsable.</p>	<p>El alumno determinará las propiedades viscoelásticas de ligantes asfálticos para identificación del grado de desempeño (condición original del asfalto), mediante la obtención del módulo de corte dinámico y el ángulo de fase del cemento asfáltico cuando es ensayado al corte dinámico (oscilatorio), utilizando una geometría de prueba de platos paralelos.</p> <p>El maestro se encargará de explicar la importancia de aplicar la normativa metodológica, verificar que la metodología sea aplicada por el alumno en toda su extensión y revisar que los datos obtenidos sean congruentes para la obtención de resultados verídicos.</p> <p>Esta práctica de laboratorio se dará por cumplida cuando el alumno entregue el reporte de los resultados obtenidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra de cemento asfáltico propuesto para el diseño</li> <li>• Reómetro de dinámico provisto de cámara ambiental y control de temperatura</li> <li>• Platos de ensayo de 25 mm de diámetro</li> <li>• Molde de neopreno para elaboración de probeta</li> <li>• Herramienta de corte</li> <li>• Horno de convección.</li> </ul>	6 horas
4	<p>Determinar la gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica, mediante el uso del equipo Rice, para verificar que cumpla con las condiciones establecidas en la guía de diseño,</p>	<p>El alumno determinará el valor de la gravedad específica máxima teórica (Gmm) de la mezcla asfáltica elaborada en caliente para pavimentos a una temperatura de prueba de 25° C</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregado mineral con granulometría propuesta para diseño</li> <li>• Cemento asfáltico propuesto para diseño</li> <li>• Picnómetro con capacidad</li> </ul>	4 horas

	<p>con actitud analítica y responsable.</p>	<p>(77° F), en estado suelto. Estos valores son usados para calcular el porcentaje de vacíos con aire en una mezcla de pavimento asfáltico en caliente compactada.</p> <p>El maestro se encargará de explicar la importancia de aplicar la normativa metodológica, verificar que la metodología sea aplicada por el alumno en toda su extensión y revisar que los datos obtenidos sean congruentes para la obtención de resultados verídicos.</p> <p>Esta práctica de laboratorio se dará por cumplida cuando el alumno entregue el reporte de los resultados obtenidos.</p>	<p>mínima de 4000 gr.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicador de presión residual (vacío)</li> <li>• Mesa vibratoria</li> <li>• Bascula con capacidad de 15 kg con aproximación de 0.05 % de la masa de la muestra en algún punto del rango usado para este ensayo, o 0.5 g, el que sea mayor para el agregado grueso.</li> <li>• Bomba de vacío capaz de lograr una presión residual de 4 kPa.</li> <li>• Horno de convección.</li> <li>• Guantes de latex</li> <li>• Lentes de protección</li> <li>• Cuchara de albañil</li> <li>• Charola metálica</li> <li>• Papel encerado</li> </ul>	
5	<p>Aplicar los conceptos de volumetría de la mezcla asfáltica, mediante la densificación de probetas con el compactador giratorio, para verificar el cumplimiento de las condiciones establecidas en la guía de diseño con actitud proactiva, analítica y responsable.</p>	<p>Esta práctica de laboratorio se divide en 2 etapas.</p> <p>Actividades del alumno:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elaborar mezcla asfáltica bajo condiciones establecidas en el diseño de la misma para proceder a la densificación según condiciones de tránsito y temperatura, estos especímenes deban tener</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregado mineral con granulometría propuesta para diseño</li> <li>• Cemento asfáltico propuesto para diseño</li> <li>• Compactador giratorio programable para alcanzar un número de giros o una altura de la probeta determinada.</li> <li>• Bascula con capacidad de</li> </ul>	4 horas

		<p>una figura cilíndrica, con un diámetro de 100 o 150 mm y una altura recomendable de <math>63.5 \pm 2.5</math> mm y de <math>115 \pm 5</math> mm respectivamente. Estos especímenes fabricados son útiles para la evaluación de las propiedades mecánicas y volumétricas de las mezclas asfálticas compactadas.</p> <p>2. Determinar la gravedad específica bruta de la mezcla asfáltica utilizando el método correspondiente según el volumen de agua absorbida de la mezcla asfáltica compactada, los resultados obtenidos en esta práctica son utilizados para el cálculo de las propiedades volumétricas de la mezcla obteniendo así el contenido de aire en los vacíos.</p> <p>Actividades del maestro:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicar la importancia de aplicar la normativa metodológica.</li> <li>2. Verificar que la metodología sea aplicada por el alumno</li> </ol>	<p>15 kg con aproximación de 0.05 % de la masa de la muestra en algún punto del rango usado para este ensayo, o 0.5 g.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno de convección.</li> <li>• Guantes de latex</li> <li>• Lentes de protección</li> <li>• Cuchara de albañil</li> <li>• Charola metálica</li> <li>• Papel encerado</li> <li>• Equipo de mezclado</li> </ul>	
--	--	---	---	--

		<p>en toda su extensión.</p> <p>3. Revisar que los datos obtenidos sean congruentes para la obtención de resultados verídicos.</p> <p>Esta práctica de laboratorio se dará por cumplida cuando el alumno entregue el reporte de los resultados obtenidos.</p>		
<b>UNIDAD IV</b>				
6	<p>Determinar la resistencia al daño inducido por humedad, utilizando el criterio del deterioro inducido por humedad y temperatura, mediante el ensaye de tensión indirecta recomendado en el protocolo AMAAC PA-MA 01/2013, para analizar el desempeño de la mezcla asfáltica puesta en una estructura de pavimento con actitud analítica y responsable</p>	<p>El alumno determinará la resistencia al daño inducido por humedad, también conocida como resistencia retenida de una mezcla asfáltica compactada mediante la recomendación AMAAC RA 04/2008 con la finalidad de establecer si la mezcla asfáltica diseñada es susceptible a la acción de la humedad, comparando la resistencia a tensión indirecta de una serie de especímenes acondicionados contra otros no acondicionados.</p> <p>El maestro se encargará de explicar la importancia de aplicar la normativa metodológica, verificar que la metodología sea aplicada por el alumno en toda su</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregado mineral con granulometría propuesta para diseño.</li> <li>• Cemento asfáltico propuesto para diseño.</li> <li>• Compactador giratorio programable para alcanzar un número de giros o una altura de la probeta determinada.</li> <li>• Bascula con capacidad de 2 kg con aproximación de 0.1 g</li> <li>• Congelador capaz de mantener una temperatura de hasta <math>-18 \pm 3^{\circ}\text{C}</math>.</li> <li>• Baño de agua con capacidad de mantener la temperatura del agua a 60</li> </ul>	6 horas

		<p>extensión y revisar que los datos obtenidos sean congruentes para la obtención de resultados verídicos.</p> <p>Esta práctica de laboratorio se dará por cumplida cuando el alumno entregue el reporte de los resultados obtenidos.</p>	<p>± 1°C.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bomba de vacío capaz de lograr una presión residual de 4 kPa.</li> <li>• Prensa Marshall</li> <li>• Mordaza Lottman para ensaya especímenes de 100 o 150 mm de diámetro.</li> <li>• Horno de convección.</li> <li>• Guantes de latex</li> <li>• Lentes de protección</li> <li>• Cuchara de albañil</li> <li>• Charola metálica</li> <li>• Papel encerado</li> <li>• Equipo de mezclado</li> </ul>	
7	<p>Determinar la susceptibilidad a la falla prematura de la mezcla asfáltica, utilizando el criterio de la deformación por ahuellamiento, mediante el ensaye de la rueda cargada de Hamburgo recomendado en el protocolo AMAAC PA-MA 01/2013, para analizar el desempeño de la mezcla asfáltica puesta en una estructura de pavimento con actitud analítica y responsable</p>	<p>El alumno determinará la susceptibilidad a la falla prematura de la mezcla asfáltica debido a la debilidad en la estructura del agregado pétreo, inadecuada rigidez del asfalto o daño por humedad midiendo la profundidad de la deformación y el número de repeticiones de carga para alcanzar la falla del espécimen analizado, simulando de esta manera, el paso repetido de los vehículos cargados para predecir su desempeño.</p> <p>El maestro se encargará de explicar la importancia de aplicar</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregado mineral con granulometría propuesta para diseño.</li> <li>• Cemento asfáltico propuesto para diseño.</li> <li>• Compactador giratorio programable para alcanzar un número de giros o una altura de la probeta determinada.</li> <li>• Bascula con capacidad de 2 kg con aproximación de 0.1 g</li> <li>• Rueda cargada de Hamburgo provista de sistemas de control de</li> </ul>	4 Horas

		<p>la normativa metodológica, verificar que la metodología sea aplicada por el alumno en toda su extensión y revisar que los datos obtenidos sean congruentes para la obtención de resultados verídicos.</p> <p>Esta práctica de laboratorio se dará por cumplida cuando el alumno entregue el reporte de los resultados obtenidos.</p>	<p>temperatura, medición de deformación y montaje de especímenes de prueba.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Horno de convección.</li><li>• Guantes de latex</li><li>• Lentes de protección</li><li>• Cuchara de albañil</li><li>• Charola metálica</li><li>• Papel encerado</li><li>• Equipo de mezclado</li></ul>	
--	--	---	--	--

## VII. MÉTODO DE TRABAJO

### **Encuadre :**

El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno, a fin de establecer el clima propicio en el que el estudiante desarrolle capacidades creativas y potencialice habilidades técnicas de ingeniería a través del estudio de las propiedades de los materiales que conforman una mezcla asfáltica.

### **Estrategia de enseñanza (docente) :**

- Mediante la exposición por parte del maestro de forma ordenada y consistente, el alumno recibirá los fundamentos concernientes al diseño de mezclas asfálticas, con enfoque al análisis de las propiedades de los agregados minerales y cemento asfáltico, interacciones con el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica, y análisis de propiedades volumétricas en la mezcla asfáltica elaborada.
- En sesiones de taller se desarrollarán ejercicios prácticos en el pizarrón con la participación de los alumnos, en los que identifique y explore los conceptos básicos
- Realiza dinámicas en grupos de trabajo para la solución de ejercicios
- El maestro es un monitor y guía
- Por último, se recomienda los ejercicios de tarea en su modalidad individual y por equipos.
- Se realizarán prácticas de laboratorio con la finalidad de evaluar las propiedades reales de los materiales utilizados en el diseño de mezclas asfálticas.

Cuando se manejan conceptos nuevos en clase es conveniente que antes de finalizar esta se realice una mesa redonda o bien mesas de trabajo, donde los alumnos realicen una retroalimentación de la clase mediante la descripción de los conceptos y aplicación de estos.

### **Estrategia de aprendizaje (alumno) :**

- A través del trabajo en equipo, sesiones de taller y experimentales, el alumno aplique los conceptos, principios y leyes que rigen a los fenómenos que conforman un diseño de mezclas asfálticas con alto desempeño para la construcción de vialidades.
- Los reportes y la bitácora, elaborados en estricto apego a la reflexión y a la crítica, posicionarán al alumno en pleno reconocimiento de las habilidades adquiridas, que, en conjunto con un proceso investigativo, lo posibiliten a ejecutar y

presentar los cálculos y las mediciones hechas en mezcla asfáltica elaborada con la finalidad de obtener un diseño que cumpla con las especificaciones requeridas.

## VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

### Criterios de acreditación

- Para tener derecho a examen ordinario y extraordinario, el estudiante debe cumplir con los porcentajes de asistencia que establece el Estatuto Escolar vigente.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

### Criterios de evaluación

- Exámenes escritos..... 20%
  - Evidencia de desempeño..... 40%  
(Memoria de cálculo del diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa terminado donde se incluyan la obtención del grado de desempeño (PG) del cemento asfáltico requerido según proyecto, por lo menos 3 propuestas granulométricas y su respectivo análisis volumétrico con el contenido de asfalto inicial, contenido de asfalto estimado para el 4% de Va, análisis y sustento de la selección de estructura mineral de diseño, análisis gráfico de las propiedades volumétricas para la obtención del contenido óptimo de asfalto y la evaluación del desempeño en la mezcla asfáltica diseñada)
  - Reportes de prácticas de laboratorio .....40 %
- Total.....100 %**

## IX. REFERENCIAS

### Básicas

- AMAAC. (2008). Resistencia de la mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad. *RA 04/2008*. México: AMAAC. [clásica]
- AMAAC. (2011). Susceptibilidad a la humedad y a la deformacion permenente por rodera con el analizador de rueda cargada de Hamburgo en una mezcla asfíltica compacta. *RA 01/2011*. México: AMAAC. [clásica]
- AMAAC. (2008). Resistencia de la mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad. *RA 04/2008 (clásica)*. México: AMAAC. [clásica]
- AMAAC. (2011). Susceptibilidad a la humedad y a la deformación permanente por rodera con el analizador de rueda cargada de Hamburgo en una mezcla asfáltica compacta. *RA 01/201(clásica)1*. México: AMAAC. [clásica]
- AMAAC. (Julio de 2013). *Protocolo PA-MA 01/2013*. Ciudad de México, México: AMAAC. [Clásica].
- FHWA. (2002). *Superpave Asphalt Mixture Design* [clásica].
- RAE, A. (2016). *Guia de estudios para examen de diseño de mezclas asfálticas*. AMAAC.

### Complementarias

- Cota, J., Mungaray, A. y Alarcón, J. (2018). Relevancia de evaluar los parámetros de deformación elástica no recuperable (Jnr) y la recuperación elástica (%re) en los cementos asfálticos que serán utilizados en la construcción de vialidades con pavimentos flexibles en el estado de Baja California. México: Editorial: AMAAC
- FHWA, F. H. (2011). *The multiple stress creep recovery (mscr) procedure*. U.S Department of transportation. [clásica]
- G. Valdés, F. P. (2012). *Influencia de la temperatura y tipo de mezcla asfáltica en el comportamiento a fatiga de los pavimentos flexibles*. *Revista de la construcción*. [clásica]
- John P. Zaniewski, P. (2013). *Comparison of LTPP-Bind V3.1 and MEPDG for the Section of Binder Grades*. West Virginia: Department of Civil and Environmental Engineering. [Clásica].
- NAPA. (2012). *Guia para seleccionar el tipo de mezcla asfáltica en caliente HMA para pavimentos*. Lanham, MD USA: NAPA. [clásica]
- Navarro, I. I. (2013). *Evolución del grado pg en la caracterización de asfaltos*. *Instituto Chileno del Asfalto*. [Clásica].
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2018). *Normas de Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)* México: Editorial: SCT/IMT

## **X. PERFIL DEL DOCENTE**

Licenciado en Ingeniería Civil, con conocimiento comprobable en diseño de mezclas asfálticas de alto desempeño de granulometría densa, proactivo y con disponibilidad para trabajar en el desarrollo de competencias que conlleven a la formación profesional e integral del alumno.