

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	<b>PROCESOS DE MANUFACTURA NO CONVENCIONALES</b>
Carrera:	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>
Clave de la asignatura:	<b>PMH-1206</b>
SATCA <sup>1</sup> :	<b>1- 3 - 4</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### **Caracterización de la asignatura.**

Esta asignatura ayudará al Ingeniero Mecánico y le proporcionará las herramientas y conocimientos necesarios en la fabricación de piezas pulvimetalúrgicas.

El Ingeniero mecánico conocerá los conceptos básicos de la pulvimetalurgia, podrá fabricar diferentes polvos de diversas aleaciones o materiales utilizando los procesos de fabricación vigentes.

Evaluará las propiedades físicas y químicas de los polvos, realizará mezclas de polvos con el objetivo de sintetizar aleaciones, clasificará los polvos de acuerdo a sus propiedades y características, conocerá los métodos de compactado, y sinterizado con el fin de alcanzar las propiedades óptimas en las piezas vía los tratamientos térmicos, observará los cambios morfológicos y microestructurales así como el efecto de éstos sobre las propiedades mecánicas.

Conocerá algunos métodos de sinterizado y compactado así como las diferencias entre ellos.

Realizará muestras pulvimetalúrgicas a las cuáles se realizará un control de calidad midiendo las propiedades más importantes de estas piezas.

### **Intención didáctica.**

En la unidad I el alumno conocerá los diferentes tipos de mezcladores de polvos, lo cual le ayudará a tener muestras homogéneas con el fin de asegurar una composición química uniforme en los materiales.

En la unidad II el alumno conocerá los métodos de fabricación de polvos, las diferencias entre éstos, cual es el método más eficiente y las características que obtienen los polvos a partir de dicho método, así mismo podrá sugerir mejoras en la fabricación de estos polvos.

En la unidad III el alumno podrá caracterizar los polvos obtenidos por los diferentes métodos. De igual manera podrá determinar su densidad, morfología, área superficial, etc.

En la unidad IV el alumno conocerá y realizará los tratamientos térmicos pertinentes con el propósito de modificar las propiedades mecánicas de las piezas

pulvimetalúrgicas. Asimismo, determinará la importancia de la morfología y del tamaño de partícula en las propiedades mecánicas de las piezas pulvimetalúrgicas.

En la unidad V el alumno conocerá la importancia de un buen compactado, los tipos de compactado, laminado y como etapa subsecuente a éste el proceso de sinterización. Dentro de éste último, conocerá la importancia de las variables de este proceso, observará el cambio en el perfil de sinterizado y su influencia en la densificación, área superficial y microestructura.

En la unidad VI conocerá los procesos de compactación en caliente, compactación isostática en caliente, así como el sinterizado por chispa y la deposición por spray. A partir de estos conocimientos, el alumno podrá determinar que proceso es el más apropiado acorde al tipo de pieza y a las propiedades que se desean obtener. En la unidad VII el alumno realizará la caracterización de una pieza pulvimetalúrgica partiendo del muestreo de polvos, determinando las propiedades de mecánicas de la pieza, los tipos de fractura que presenten dichas piezas, la rugosidad de éstas. Incluso, podrá evaluar las propiedades eléctricas y magnéticas, con el fin de encontrar la relación que existe entre éstas y la microestructura. Finalmente, predecirá su resistencia a la corrosión con el fin de asegurar una buena calidad en las piezas.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<b>Competencias específicas:</b>	<b>Competencias genéricas:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar y aplicar los conceptos básicos de la pulvimetalurgia.</li> <li>• Emplear adecuadamente los principios básicos de la pulvimetalurgia.</li> <li>• Conocer y fabricar polvos a partir de los diferentes procesos.</li> <li>• Diseñar y fabricar piezas pulvimetalúrgicas.</li> <li>• Identificara las diversas etapas dentro del proceso de sinterizado y las ventajas de éste.</li> <li>• Determinar las propiedades mecánicas de las piezas pulvimetalúrgicas.</li> <li>• Conocer las ventajas del uso de piezas pulvimetalúrgicas.</li> <li>• Mediante pruebas de laboratorio evaluar las propiedades</li> </ul>	<p><b><i>Competencias instrumentales</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera</li> <li>• Comunicación oral y escrita</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidades de gestión de información(habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li> <li>• Solución de problemas               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma de decisiones.</li> </ul> </li> </ul> <p><b><i>Competencias interpersonales</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica y autocrítica</li> </ul>

<p>mecánicas de las piezas pulvimetalúrgicas y comparar los resultados con estimaciones teóricas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar los tipos de defectos más comunes que se presentan en las piezas pulvimetalúrgicas.</li> <li>• Adaptación a temáticas de interés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Habilidades interpersonales</li> <li>• Compromiso ético</li> </ul> <p><b>Competencias sistémicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Habilidades de investigación</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> <li>• Búsqueda del logro.</li> <li>• Preocupación por la calidad.</li> </ul>
--	--

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones (cambios y justificación)
Instituto Tecnológico de Tlahuac II de Febrero a Mayo 2012.	Representantes de Academia Metal Mecánica del Instituto Tecnológico de Tlahuac II.	Propuesta de Materia de la Especialidad de la carrera de Ingeniería Mecánica.

#### 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Emplear adecuadamente los conceptos y principios básicos de la Metalurgia de Polvos (Pulvimetalurgia), desarrollando habilidades para la formulación y resolución de problemas reales.

#### 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Diferenciar las diversas estructuras cristalinas en los materiales.
- Conocer el efecto de las imperfecciones cristalinas en los procesos de difusión.
- Relacionar las propiedades eléctricas y mecánicas con la microestructura.

- Conocer el efecto de los TT en las propiedades de los materiales.
- Capacidad de investigación y análisis.
- Capacidad de implementar.
- Capacidad de interpretar y comprender los procesos metalúrgicos.
- Leer e interpretar gráficas para predecir comportamientos.
- Relacionar principios de química y física generales.
- Habilidad para analizar y sintetizar problemas que involucren conceptos generales de física y química.
- Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y comunicación.
- Habilidad para identificar las variables importantes dentro de un problema.

## 7.- TEMARIO

UNIDAD	TEMAS
<p style="text-align: center;"><b>UNIDAD I</b> <b>INTRODUCCIÓN</b></p>	<p>1.1 Mezcladores</p>
<p style="text-align: center;"><b>UNIDAD II</b> <b>PRODUCCIÓN DE POLVOS METÁLICOS</b></p>	<p>2.1. Métodos Físicos 2.2. Métodos Químicos 2.3. Métodos Mecánicos</p>
<p style="text-align: center;"><b>UNIDAD III</b> <b>CARACTERÍSTICAS DE LOS POLVOS METÁLICOS</b></p>	<p>3.1 Composición química y estructura 3.2 Morfología y dimensiones de las partículas 3.3 Área superficial y topografía de las partículas 3.4 Densidad aparente y TAP 3.5 Razón de flujo 3.6 Propiedades mecánicas 3.7 Toxicidad y manejo de materiales pirofóricos.</p>

<p style="text-align: center;"><b>UNIDAD IV TRATAMIENTO DE POLVOS METÁLICOS</b></p>	<p>4.1 Recocido 4.2 Mezclado 4.3 Reducción del tamaño de partícula 4.4 Granulometría 4.5 Cubiertas sobre los polvos</p>
<p style="text-align: center;"><b>UNIDAD V COMPACTACIÓN Y SINTERIZADO</b></p>	<p>5.1 Compactación en moldes 5.2 Compactación isostática en frío 5.3 Compactación dinámica 5.4 Laminado 5.5 Fase líquida y sinterización activada 5.6 Variables del proceso y del material 5.7 Cambios dimensionales y microestructurales 5.8 Análisis y control de las atmósferas del sinterizado 5.9 Hornos y zonas para la sinterización</p>
<p style="text-align: center;"><b>UNIDAD VI CONSOLIDACIÓN EN CALIENTE</b></p>	<p>6.1 Compactación en caliente 6.2 Compactación isostática en caliente 6.3 Sinterización por chispa (SPS) 6.4 Deposición por espray</p>
<p style="text-align: center;"><b>UNIDAD VII CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES OBTENIDOS POR METALURGIA DE POLVOS</b></p>	<p>7.1 Muestreo 7.2 Densidad 7.3 Propiedades mecánicas 7.4 Fractura 7.5 Rugosidad 7.6 Resistividad eléctrica 7.7 Propiedades magnéticas 7.8 Metalografía 7.9 Resistencia a la corrosión 7.10 Control de calidad de los productos sinterizados</p>

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El docente debe:

- Realizar investigaciones en diferentes fuentes de información.
- Utilizar técnicas como: Lluvia de ideas; exposición de temas por equipo; discusión dirigida, entre otras, para reafirmar el conocimiento.
- Realizar visitas industriales que fortalezcan la enseñanza en el aula.

- Fomentar la participación en pláticas sobre procesos de fabricación de piezas.
- Propiciar la búsqueda, selección y análisis de conceptos básicos en distintas fuentes de información.
- Propiciar la planeación y organización de la información.
- Fomentar el trabajo grupal.
- Propiciar el desarrollo de actividades de análisis – síntesis.
- Propiciar el uso adecuado del lenguaje propio de la asignatura.
- Fabricar piezas a partir de metalurgia de polvos y evaluar sus propiedades mecánicas.
- Comparar las piezas pulvimetalúrgicas con piezas fabricadas con otros procesos convencionales.

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje.
- Exposiciones por parte de los alumnos, que promuevan la investigación y el trabajo en equipo para facilitarles el manejo de conceptos y entendimiento de los temas.
- Se debe considerar para la evaluación: el trabajo personal realizado por el alumno, la participación en clase y en el laboratorio, así como la iniciativa personal.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### UNIDAD I INTRODUCCIÓN

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Conocer e identificar los diferentes equipos para el mezclado de polvos.	Definir en sus palabras el concepto de Metalurgia de Polvos. Realizar investigación bibliográfica sobre los diferentes tipos de mezcladores así como las ventajas y limitantes que éstos tienen.

### UNIDAD II PRODUCCIÓN DE POLVOS METÁLICOS

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Conocer e identificar los procesos de producción de polvos y las diferencias entre éstos.	Investigar por equipos las principales características que presentan los polvos obtenidos por los métodos: físicos, químicos y mecánicos. Realizar práctica de laboratorio sobre la

	<p>morfología de los polvos obtenidos a partir de los diferentes métodos.</p> <p>Redactar reporte de práctica.</p>
--	--

### **UNIDAD III CARACTERIZACIÓN DE LOS POLVOS METÁLICOS**

Competencia especifica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Caracterizar los diferentes tipos de polvos metálicos y conocer las diferencias entre éstos.</p>	<p>Investigar la relación del tamaño de partícula con las propiedades mecánicas del material.</p> <p>Realizar práctica de laboratorio para determinar la distribución de los tamaños de partícula.</p> <p>Redactar reporte de práctica.</p> <p>Describir esquemáticamente la relación entre tamaño de partícula y propiedades mecánicas.</p> <p>Realizar práctica de laboratorio para determinar el ángulo de reposo en los diferentes tipos de polvos.</p> <p>Redactar reporte de práctica.</p>

### **UNIDAD IV TRATAMIENTO DE POLVOS METÁLICOS**

Competencia especifica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Determinar la variación en las propiedades mecánicas de los polvos metálicos al aplicar algún tratamiento térmico.</p>	<p>Realizar investigación bibliográfica en equipos sobre los diferentes tipos de tratamientos térmicos que existen.</p> <p>Realizar práctica de laboratorio para evaluar las propiedades mecánicas de un material antes y después de un tratamiento térmico.</p> <p>Redactar reporte de práctica.</p>

### **UNIDAD V COMPACTACIÓN Y SINTERIZADO**

Competencia especifica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<p>Conocer los diferentes tipos de compactación, equipos y las variables que afectan al sinterizado.</p> <p>Determinar el efecto de las atmosferas presentes durante el sinterizado.</p>	<p>Definir en sus palabras los conceptos de compactación y sinterizado.</p> <p>Realizar investigación bibliográfica sobre las diferentes etapas en el proceso de sinterización.</p> <p>Realizar una investigación individual sobre los cambios dimensionales y estructurales en el proceso de sinterizado.</p> <p>Realizar práctica de laboratorio para evaluar los cambios dimensionales y estructurales en el proceso de sinterizado y hacer una comparación con una aproximación teórica.</p> <p>Redactar reporte de práctica.</p>

## UNIDAD VI CONSOLIDACIÓN EN CALIENTE

Competencia especifica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Identificar las principales ventajas de la consolidación en caliente. Describir las principales características de la consolidación en caliente.	Realizar investigación bibliográfica en equipos sobre los diferentes tipos de consolidación en caliente. Realizar práctica de laboratorio para evaluar las propiedades mecánicas después de la consolidación en caliente. Redactar reporte de práctica. Describir esquemáticamente la relación entre tamaño de partícula en función de la temperatura y el tiempo de consolidación.

## UNIDAD VII CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES OBTENIDOS POR METALURGIA DE POLVOS

Competencia especifica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Medir las propiedades físicas y químicas polvos e identificar como afectan estas en sus propiedades mecánicas.	Realizar investigación bibliográfica en equipos sobre las propiedades físicas y químicas y la influencia que tienen en las propiedades mecánicas. Investigar individualmente los diversos parámetros que se evalúan para asegurar la calidad de los materiales obtenidos por metalurgia de polvos. Discutir grupalmente los resultados obtenidos. Realizar visita Industrial y redactar reporte.

### 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

- Muhammad E. Fayed y Lambert Otten, Handbook of Powder Science & Technology, 2nd Ed., Chapman & Hall, 1997, USA.
- Henry H. Hausner, Handbook of Powder Metallurgy, Chemical Publishing Co., Inc. 1973, USA.
- G. S. Upadhyaya, Powder Metallurgy Technology, Cambridge International Science Publishing, 2002, England.
- Šalák, M. Selecká y H. Danninger, Machinability of Powder Metallurgy Steels, Cambridge International Science Publishing, 2005, UK.
- Martin Rhodes, Introduction to Particle Technology, 2nd Ed., John Wiley & Sons, 2008, Great Britain.
- P. E. J. Flewitt y R. K. Wild, Physical Methods for Materials Characterisation, Institute of Physics Publishing, 2003, UK.
- Randall M. German, Liquid Phase Sintering, Plenum Press, 1985, USA.

### 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS



Abreviaciones: ASTM (American Society for Testing Materials) e ISO (International Standards Organization).

- Determinación de la distribución del tamaño de partícula por técnicas de microscopía. ASTM E20.
- Distribución del tamaño de partícula por sedimentación gravitacional. ISO 10076.
- Distribución del tamaño de partícula por tamices. ASTM B214.
- Determinación de la densidad aparente con el embudo Carney. ASTM B417.
- Compresibilidad de polvos metálicos. ASTM B331.
- Distribución del tamaño de partícula por difracción de rayos-X. ASTM B761.
- Determinación del ángulo de reposo como una función de la fricción entre los polvos.
- Determinación de la morfología de los polvos obtenidos a partir de los diferentes métodos.
- Determinación de la dureza de los polvos sinterizados. ISO 4498.
- Determinación de la densidad de los polvos compactados y/o sinterizados. ASTM B328.
- Determinación de los cambios dimensionales de los polvos compactados y/o sinterizados. ASTM B610.
- Determinación de la dureza y del módulo de Young de los polvos sinterizados. ASTM E111.
- Pruebas de tensión de las muestras compactadas y sinterizadas. ASTM E8.
- Uso de los términos apropiados en la metalurgia de polvos. ASTM B243.