

CITANTE						
John Mario Osorio Trujillo – Jefe Departamento de Calidad y Producción						
Citación a Reunión de			Acta No.	Carácter de la Reunión		
Comité curricular Ingeniería de Producción			3	Ordinaria	X	Extraordinaria
Fecha de Reunión			Lugar de Reunión		Hora inicio	Hora final
Día	Mes	Año				
29	04	2024	Presencial		2:00: p.m.	4:00 pm
ORDEN DEL DÍA						
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificación del quorum</li> <li>2. Lectura y aprobación del orden del día</li> <li>3. Aprobación del acta # 2</li> <li>4. Recomendación Guías Experimentales para el área de Manufactura</li> <li>5. Presentación de microcurrículos Optimización</li> <li>6. Proposiciones y Varios</li> <li>7. Compromisos</li> </ol>						

DESARROLLO Y DECISIONES		
<b>1. Verificación de quorum</b>		
<b>Asistentes:</b>		
John Mario Osorio Trujillo, presidente Comité Curricular		
Nelcy Suarez Landazabal Representante de los docentes comité curricular de Ingeniería de Producción		
Yaneth Patricia Valencia Terreros, jefe departamento académico y secretaria Comité Curricular		
<b>Invitados:</b>		
Danna Briyith Arango Ramos Representante de los estudiantes ante el comité curricular de Tecnología en Sistemas de Producción		
Maria Alejandra Rendon Montoya, Auxiliar Administrativa		
<b>2. Aprobación del orden del día</b>		
Sometido a consideración de los miembros del comité, el orden del día fue aprobado sin modificaciones.		
<b>3. Aprobación del acta # 2</b>		
Se procede a revisar los compromisos del acta # 2 del 14 marzo 2024		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD	FECHA COMPROMISO
El jefe de departamento de calidad y producción y la profesora Nelcy Suárez Landazábal deben enviar las	Jefe de departamento calidad y producción y	14 de marzo



Código	FG 002
Versión	03
Fecha	2008-04-18

presentaciones sobre la situación del Programa de Ingeniería de Producción.	docente Nelcy Suárez Landazábal	Queda pendiente el envío por parte del jefe de departamento
El jefe de departamento de calidad y producción se compromete a socializar con la docente Libia Baena los ajustes y observaciones que indican los pares con respecto a las guías que diseñó.	Jefe departamento calidad y producción	15 de Marzo
Indagar sobre la posibilidad de habilitar en el microsítio de la Facultad un espacio para publicar las actas de los comités curriculares con los respectivos soportes, solicitud realizada desde el 29 de febrero de 2024.	Jefe departamento académico	

Los representantes del comité curricular aprueban el acta nº 2 realizada el 14 marzo del 2024

#### 4. Recomendación Guías Experimentales para el área de Manufactura

La docente Nelcy Suárez Landazábal se abstiene de aprobar las guías, indica que se realizó un comité extraordinario de Tecnología en Sistemas de Producción, donde se aprobaron dichas guías.

#### 5. Presentación de microcurrículos Optimización

La docente Nelcy Suárez L informa que aprueba el microcurrículo de optimización con modificaciones sugiriendo ajustar la competencia con respecto a la palabra implementación y hacer uso de bibliografía en línea, para lo cual invita a los autores a realizar las consultas pertinentes en la biblioteca con la finalidad de incluirla dentro de la bibliografía.

#### 6. Propositiones y Varios

La docente Nelcy Suárez L manifiesta su inconformidad con el comité extraordinario que se realizó el 19 marzo para el Programa de Sistemas de Producción, debido a que no fue convocada y por lo tanto, no participó en la toma de decisiones, se debió citar a la reunión como bajo la figura de representante ad hoc. En caso de no haber sido posible que asistiera se hubiese podido acudir a otro docente de carrera del departamento o de la facultad como está en el estatuto general

La jefe del departamento académico, en su calidad de secretaria del Comité informa que se actuó de conformidad con la orientación recibida de la Secretaría General de la Entidad, al contar con quórum para realizar el Comité extraordinario y en todos caso la actuación está ajustada a la normativa.

La docente Nelcy Suárez L, Indica que no se trata de un tema legal sino de Ética.

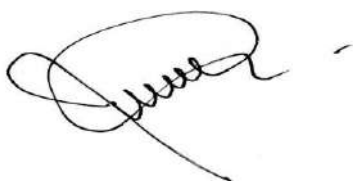
Frente a esta apreciación se reitera que la actuación fue de conformidad con la normativa y cualquier falta o extralimitación frente a las actuaciones deberá estar contenida dentro de las causales del Código General Disciplinario y debidamente demostrada.

El jefe de programa John Osorio informa que se está realizando un curso de Python con el docente Jorge Pemberthy como estrategia para nivelar los conocimientos en programación de los estudiantes del programa de Ingeniería de Producción. El curso ha sido demandado por los estudiantes y se pretende dar continuidad al mismo.

### 7. Compromisos

ACTIVIDAD	RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD	FECHA COMPROMISO
Indagar sobre la posibilidad de habilitar en el microsítio de la Facultad un espacio para publicar las actas de los comités curriculares con los respectivos soportes, solicitud realizada desde el 29 de febrero de 2024.	Jefe departamento académico	
La docente Nelcy Suárez L solicita que se establezca un procedimiento de la aprobación de las guías experimentales	Jefe de departamento de calidad y producción	
La docente Nelcy Suárez L solicitará al nuevo jefe de programa que haga una auditoria de las guías que se han aprobado y la articulación con los microcurrículos.	Docente Nelcy Suárez L	

Siendo las 3:45 p.m. del día 29 de abril de 2024 y agotado el orden del día se da por terminada la sesión de comité curricular.



**John Mario Osorio Trujillo**  
Presidente comité curricular



**Yaneth Patricia Valencia Terreros**  
Secretaria Comité Curricular

*Original: Dependencia que ejerce Secretaría de Comité*

CITANTE						
John Mario Osorio Trujillo – Jefe Departamento de Calidad y Producción						
Citación a Reunión de			Acta No.	Carácter de la Reunión		
Comité curricular Ingeniería de Producción			2	Ordinaria	X	Extraordinaria
Fecha de Reunión			Lugar de Reunión		Hora inicio	Hora final
Día	Mes	Año				
14	03	2024	Presencial		1:30: p.m.	3:30 pm
ORDEN DEL DÍA						
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificación del quorum</li> <li>2. Lectura y aprobación del orden del día</li> <li>3. Aprobación del acta # 1</li> <li>4. Informe de coordinación de área a cargo de la profesora Nelcy Suarez L</li> <li>5. Presentación guías de Estudio para el área de Manufactura</li> <li>6. Presentación de microcurrículos Sistemas Logísticos I, II, Procesos de Manufactura III, Negocios Internacionales</li> <li>7. Proposiciones y Varios</li> <li>8. Compromisos</li> </ol>						

DESARROLLO Y DECISIONES
<p><b>1. Verificación de quorum</b></p> <p><b>Asistentes:</b> John Mario Osorio Trujillo, presidente Comité Curricular Nelcy Suarez Landazabal Representante de los docentes comité curricular de Ingeniería de Producción Yaneth Patricia Valencia Terreros, jefe departamento académico y secretaria Comité Curricular</p> <p><b>Invitados:</b> Danna Briyith Arango Ramos Representante de los estudiantes ante el comité curricular de Tecnología en Sistemas de Producción Enrique Quiceno Rua- Docente Jose Adrian Tamayo- Docente Cristian Giovanni Gomez Marin- Docente Jorge Isaac Pemberthy Ruiz Docente Maria Alejandra Rendon Montoya, Auxiliar Administrativa</p> <p><b>2. Aprobación del orden del día</b> Sometido a consideración de los miembros del comité, el orden del día fue aprobado con modificaciones.</p>

### 3. Aprobación del acta # 1

Los representantes del comité curricular aprueban el acta nº 1 realizada el 29 febrero del 2024, se indica por parte de la representante de los docentes tener en cuenta el compromiso de la última reunión para buscar que las actas del comité y sus anexos estén disponibles en un sitio público.

### 4. Informe de coordinación de área a cargo de la profesora Nelcy Suarez

La profesora da informe de los docentes coordinados y destaca la colaboración y disposición del docente **Johnatan Castro Gómez** quien ha mostrado compromiso y responsabilidad en su labor destaca su completa preparación.

### 5. Presentación guías de Estudio para el área de Manufactura

La profesora Libia Baena solicita al jefe de departamento que las guías enviadas mediante correo electrónico en fecha el 7 de marzo sean presentadas ante a los comités curriculares de los programas de Tecnología en Sistemas de Producción e Ingeniería de Producción por lo que este material impacta las asignaturas del área de manufactura.

Si bien el jefe de departamento tiene la competencia para otorgar el aval de las guías, por tratarse de un tema que no es de su experticia informa que recurrió a dos pares docentes internos del área en cuestión para que emitan un concepto técnico sobre el soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores, la coherencia y pertinencia temática con las asignaturas del programa y el apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema, tal como lo indica el estatuto docente. Adicionalmente presenta las guías y los conceptos de los pares.

La representante de los docentes Nelcy Suarez Landazabal manifiesta su preocupación por que las guías se están presentando para ascenso al escalafón y ese no es el objetivo de este material; manifiesta que las guías son documentos académicos, didácticos, prácticos para los laboratorios, pero se están tomando como una necesidad de la profesora para escalafonarse debido a que hay una fecha límite para presentarlas.

La jefe del departamento académico manifestó que independientemente de que las guías sean recomendadas para ser aprobadas por el Consejo de Facultad la solicitud de la docente debe ser atendida por cuanto es un derecho que ella tiene independientemente de la finalidad.

Los profesores realizaron observaciones a las guías y dado que en este caso el jefe de departamento estableció este proceder, la docente Libia Baena debe de realizar los ajustes sugeridos por los profesores y volver a presentar las guías en el comité curricular.

### 6. Presentación de microcurrículos Sistemas Logísticos I, II, Procesos de Manufactura III, Negocios Internacionales

Los docentes Enrique Quiceno, Jose Adrian Tamayo y Jorge Pemberthy socializan los micros Sistemas Logísticos I, II, Procesos de Manufactura III

La representante Nelcy Suarez informa que reviso los microcurrículos y la única observación que realiza es que la evaluación es muy puntual y que esto amarra mucho a un docente con la estructura, con respecto al contenido se siente impedida porque no conoce del tema, pero está claro que es pertinente porque los docentes que lo diseñaron conocen del este.

El docente Jose Adrian Tamayo expresa que las evaluaciones se ajustaron muy puntal por el contenido que requiere de varias prácticas y no se puede dejar muy abierto; informa que los microcurrículos están articulados con las guías de estudio que se vienen desarrollando por parte de otros docentes.

El docente Jorge Pemberthy informa que el formato de evaluación se tomó como una recomendación, pero de igual forma sigue existiendo autonomía para el docente que dicte la asignatura.

La profesora Nelcy Suarez indica que el microcurrículo de Negocios Internacionales fue elaborado con apoyo del profesor Johnatan Castro Gomez quien atendió todas las recomendaciones para el ajuste microcurricular. Destacó el compromiso, responsabilidad y calidad del docente en la elaboración del microcurrículo.

Los micros quedan aprobados por los representantes del comité curricular.

### Proposiciones y Varios

La docente Nelcy Suarez informa que presentó un informe de la situación del programa de Ingeniería de Producción al Vicerrector de Docencia y la Vicerrectora General, de igual forma indica que el jefe John Mario Osorio y la docente Ekaterina Castañeda presentaron otro informe con la misma finalidad. Solicita que el Consejo de Facultad analice ambos informes y que validen la información.

### 7. Compromisos

ACTIVIDAD	RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD	FECHA COMPROMISO
El jefe de departamento de calidad y producción y la profesora Nelcy Suárez Landazábal deben enviar las presentaciones sobre la situación del Programa de Ingeniería de Producción.	Jefe de departamento calidad y producción y docente Nelcy Suárez Landazábal	15 de marzo
El jefe de departamento de calidad y producción se compromete a socializar con la docente Libia Baena los ajustes y observaciones que indican los pares con respecto a las guías que diseñó.	Jefe departamento calidad y producción	



Institución Universitaria

ACTA DE REUNIÓN  
COMITÉ CURRICULAR

Código	FG 002
Versión	03
Fecha	2008-04-18

Indagar sobre la posibilidad de habilitar en el micrositio de la Facultad un espacio para publicar las actas de los comités curriculares con los respectivos soportes, solicitud realizada desde el 29 de febrero de 2024.

Jefe departamento  
académico

Siendo las 3:30 p.m. del día 14 de marzo de 2024 y agotado el orden del día se da por terminada la sesión de comité curricular.

**John Mario Osorio Trujillo**  
Presidente comité curricular

**Yaneth Patricia Valencia Terreros**  
Secretaria Comité Curricular

*Original: Dependencia que ejerce Secretaría de Comité*

	<b>MICRODISEÑO CURRICULAR</b>	Código	FDE 058
		Versión	03
		Fecha	2011-07-25

## INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

### 1. IDENTIFICACIÓN

Asignatura		Optimización							
Área		Ciencias básicas de la ingeniería							
Código	180304001	Pensum:		4					
Correquisitos		Prerrequisitos							
Créditos	3	TPS	4	TIS	5	TPT	64	TIT	80

### 2. JUSTIFICACIÓN

En las empresas tanto del sector manufacturero como de servicios, el proceso de toma de decisiones es constante y requiere ser soportado a través de diferentes técnicas para establecer de la mejor manera posible las acciones futuras. En este sentido, los modelos de optimización han mostrado su efectividad y utilidad para apoyar y respaldar las decisiones que se toman en diferentes niveles de la cadena de suministro.

Estos modelos son muy importantes para los estudiantes de ingeniería de producción, que cuentan con un entrenamiento científico básico, puesto que les permitirá modelar, implementar e interpretar los resultados y generar escenarios para diferentes tipos de problemas en un contexto práctico, considerando las características particulares de la situación y las limitantes o restricciones propias del problema.

### 3. COMPETENCIA

Al finalizar el curso, el estudiante estará en la capacidad de formular, **implementar** y analizar los resultados de un modelo de optimización lineal como apoyo a la gestión en los diferentes niveles de decisión en una cadena de suministro.

#### 3.1 ELEMENTOS DE COMPETENCIA

- Identificar situaciones problemáticas susceptibles de ser modeladas a través de modelos de optimización.
- Modelar correctamente desde los conceptos de programación lineal, situaciones del ámbito empresarial como el problema de programación de Flow shop y Job shop, el problema de programación de inventario y el problema de asignación de recursos.
- Implementar adecuadamente diversos modelos de optimización haciendo uso de herramientas computacionales.
- Interpretar y analizar de forma acertada los resultados obtenidos en la implementación de un modelo de optimización.
- Evaluar los impactos que podrían generar un cambio en la disponibilidad de recursos, en la demanda o en el precio de un producto, entre otros, sobre de una decisión que se haya tomado inicialmente.



 Institución Universitaria	<b>MICRODISEÑO CURRICULAR</b>	Código	FDE 058
		Versión	03
		Fecha	2011-07-25

Saber (contenido declarativo)	Saber complementario (contenido declarativo)	Saber hacer (contenido procedimental)	Ser –Ser con Otros (Contenido actitudinal)
<p>2.2. Etapas en la formulación de un modelo de PL (verbalización, formulación matemática y pruebas de validación)</p> <p>2.3. Estructuras comunes o arquetipos básicos en la formulación matemática de modelos de PL.</p> <p>2.4. Definiciones básicas en la solución de un modelo de PL (región factible y tipos de soluciones).</p> <p>2.5. Solución través del método gráfico.</p> <p>2.6. Implementación con Python.</p> <p><b>3. Análisis de sensibilidad y dualidad (2 semanas)</b></p> <p>3.1. Conceptos de precios sombra ( precios duales) y costos reducidos.</p> <p>3.2. Efectos de los cambios en los coeficientes objetivo, en los términos del lado derecho, y de agregar una nueva restricción o variable.</p> <p>3.3. Análisis de sensibilidad con Python.</p>	<p>Utilización adecuada de fórmulas y de ecuaciones en Python.</p> <p>Conocimiento de la interfaz, sintaxis y del lenguaje de programación básico en Python</p>	<p>asociadas a un problema particular.</p> <p>Valida los modelos para probar que la formulación sea correcta.</p> <p>Reconoce el tipo de solución de un modelo de PL cuando se resuelve gráficamente.</p> <p>Implementa correctamente modelos de PL haciendo uso de software especializado.</p> <p>Interpreta adecuadamente las salidas o resultados que arroja el software (solución óptima, función objetivo, etc.).</p> <p>Analiza y establece los impactos en la función objetivo y en la solución óptima actual cuando hay cambios en uno de los coeficientes objetivo, en uno de los términos del lado derecho de una restricción, o cuando se agrega una nueva restricción o variable.</p> <p>Emplea adecuadamente los informes del software</p>	<p>Lógico y analítico al presentar la solución del problema</p>

 Institución Universitaria	<b>MICRODISEÑO CURRICULAR</b>	Código	FDE 058
		Versión	03
		Fecha	2011-07-25

Saber (contenido declarativo)	Saber complementario (contenido declarativo)	Saber hacer (contenido procedimental)	Ser –Ser con Otros (Contenido actitudinal)
<p><b>4. Optimización de la planeación de la producción ( 2 semanas)</b></p> <p>4.1. Definición del problema y sus características.</p> <p>4.2. Modelación matemática de un problema de planeación de la producción.</p> <p>4.3. Implementación de modelos de planeación de la producción con Python.</p> <p><b>5. Problemas de asignación (1 semana)</b></p> <p>5.1. Definición del problema y sus características.</p> <p>5.2. Modelación matemática de un problema de asignación.</p> <p>5.3. Implementación de modelos de asignación con Python.</p> <p><b>6. Programación de un sistema de producción Flow-shop -FS- ( 2 semanas)</b></p> <p>6.1. Definición del problema y sus características</p>		<p>especializado para realizar análisis de sensibilidad.</p> <p>Identifica, formula e implementa modelos de optimización asociados a la planeación de la producción</p> <p>Identifica, formula e implementa modelos de optimización asociados para la asignación de recursos</p> <p>Identifica, formula e implementa modelos de optimización asociados a un</p>	



	<b>MICRODISEÑO CURRICULAR</b>	Código	FDE 058
		Versión	03
		Fecha	2011-07-25

<p>componentes de un modelo de optimización.</p> <p>Aplica en forma adecuada los modelos de optimización en la solución de problemas de los sectores productivo y de servicios</p> <p>Usa diferentes programas de software en la solución de problemas</p>	<p>Implementa adecuadamente diferentes modelos de optimización en software especializado</p> <p>Emplea correctamente el informe de sensibilidad para establecer cambios en la solución óptima y la función objetivo actual</p> <p>Trabaja en equipo de forma organizada para dar respuesta a un problema de producción y/o logística haciendo uso de modelos de optimización.</p> <p>Respeto las opiniones y propuestas de sus compañeros con el fin de debatir y llegar a consensos</p>	<p>formas de evaluación planteadas en el curso.</p> <p>Redacta de forma organizada informes ejecutivos que dan cuenta de la solución a un estudio de caso</p> <p>Expone de forma clara y organizada el modelo de optimización formulado, y la implementación de este, para dar respuesta a un estudio de caso.</p>
--	--	--

## 9. TABLA DE ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Actividades de enseñanza-aprendizaje	Actividades de trabajo independiente	Actividades de evaluación		
		Actividad	%	Fecha
Análisis de casos Clases magistrales Talleres Lecturas	Resuelve los talleres.	<b>Quiz</b> sobre conocimientos previos necesarios para el desarrollo de la materia	5	Semana 1-2
	Realiza las lecturas recomendadas	<b>Seguimientos I</b>	5	Semanas 2-10
	Desarrolla las tareas propuestas	<b>Taller en grupo</b> sobre formulación de modelos de programación lineal (PL).	10	Semana 5
		<b>Parcial</b> sobre formulación de modelos de programación lineal (PL).	15	Semana 6
		<b>Taller en grupo</b> sobre formulación, implementación y análisis de sensibilidad.	10	Semana 9

	<b>MICRODISEÑO CURRICULAR</b>	Código	FDE 058
		Versión	03
		Fecha	2011-07-25

		<b>Parcial</b> sobre formulación, implementación y análisis de sensibilidad.	15	Semana 10
		<b>Seguimientos II</b>	10	Semanas 11-15
		<b>Estudio de caso</b> sobre modelos de optimización para la planeación de la producción, sistemas de producción Flow-shop o Job shop.	15	Semana 13
		<b>Exposición</b> de artículo de investigación sobre modelos de optimización para resolver <b>problemas de producción</b> ( balanceo de una línea de ensamble, MRP, asignación, etc.).	15	Semana 15

## 10. BIBLIOGRAFÍA

### 10.1. Libros guía:

Rardin, R. L. (2018). *Optimization in Operations Research* (2nd ed.). Pearson Education.

Sarker, R., & Newton, C. (2008). *Optimization Modelling: A practical approach* (CRC Press). Taylor & Francis Group.

Williams, H. P. (2013). *Model Building in Mathematical Programming*. Wiley.

### 10.2. Otros textos de referencia:

Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. ., Cochran, J. J., Fry, M. J., & Ohlmann, J. W. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios* (11th ed.). Cengage Learning.

Guéret, Christelle., Prins, Christian., Sevaux, Marc., & Heipcke, Susanne. (2002). *Applications of optimization with Xpress-MP*. Dash optimization.

	<b>MICRODISEÑO CURRICULAR</b>	Código	FDE 058
		Versión	03
		Fecha	2011-07-25


Hart, W. E., Laird, C. D., Watson, J. P., Woodruff, D. L., Hackebeit, G. A., Nicholson, B. L., & Sirola, J. D. (2017). Pyomo-optimization modeling in python (Vol. 67). Springer.  
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-58821-6.pdf>

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Investigación de operaciones* (10th ed.). McGraw-Hill.

Pinedo, M.L. (2009). *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services* ( 2<sup>nd</sup> ed). Springer.

Taha, H.A. (2017). *Investigación de operaciones (10th ed)*. Pearson Education.  
<https://ebooks724.bibliotecaitm.elogim.com:443/?il=6959>

<b>Elaborado por:</b>	<i>Jorge Isaac Pemberthy Ruiz Germán Álvarez López</i>
<b>Versión:</b>	<b>3</b>
<b>Fecha:</b>	<i>Diciembre 21 de 2023</i>
<b>Aprobado por:</b>	

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

<b>Nombre de la guía:</b>	Procesos de Extrusión de plásticos
<b>Código de la guía (No.):</b>	000
<b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Laboratorio de polímeros (Parque i)
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	2 horas
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura.
<b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de las máquinas extrusoras.</li> <li>Conocer los procesos de extrusión de plásticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de máquina extrusora.</li> <li>Proceso de extrusión de plásticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja la máquina extrusora.</li> <li>Reconoce el proceso de extrusión de plásticos.</li> </ul>

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

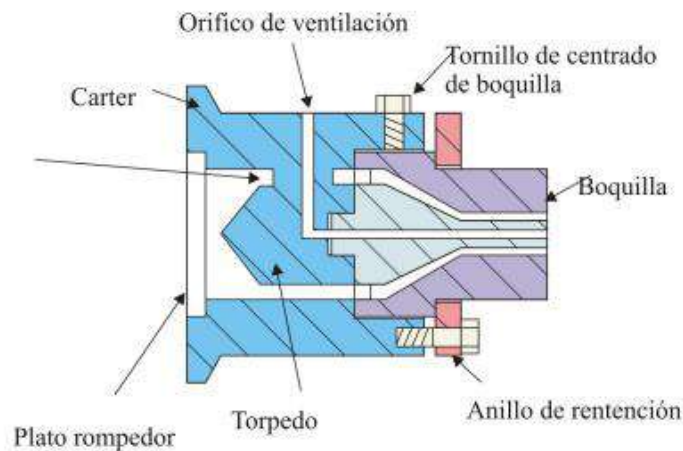
### 2.1. Moldeo por extrusión.

La extrusión es un proceso que se emplea para moldear materiales metálicos, cerámicos, y poliméricos. La **extrusión** es un proceso de compresión en el que se fuerza al material a fluir a través de un orificio (troquel o dado) para obtener un producto largo y continuo, cuya sección transversal adquiere la forma determinada por la del troquel. Para el caso de moldeo de polímeros, se emplea frecuentemente para termoplásticos y elastómeros (rara vez para termofijos) para producir en masa artículos tales como tubería, ductos, mangueras y formas estructurales (tales como molduras para ventanas y puertas), hojas y película,

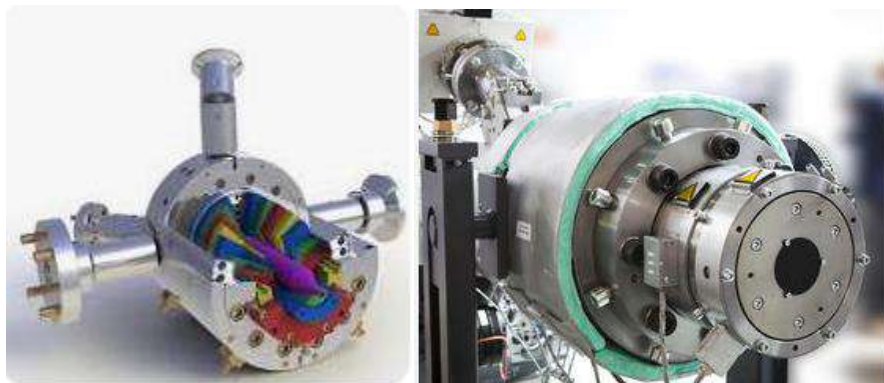
	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

filamentos continuos, así como recubrimientos para alambres y cables eléctricos. De esta manera, la extrusión se define como un proceso continuo; finalmente el producto extruido se corta después con las longitudes y medidas deseadas[1].

Un elemento o herramienta fundamental para el proceso de extrusión es el cabezal o dado extrusor. El cabezal extrusor es un conjunto de elementos (Ver Figura 1) que se encargan de la fundición de un material. Un filamento plástico es desplazado hasta el cabezal, es en este donde el material plástico se calienta por encima de su temperatura de fusión hasta el punto de que fluya y es depositado por capas.




a)



b)

**Figura 1.** a) Partes principales de un cabezal de extrusión b) Cabezales para proceso de extrusión de polímeros [1], [2]

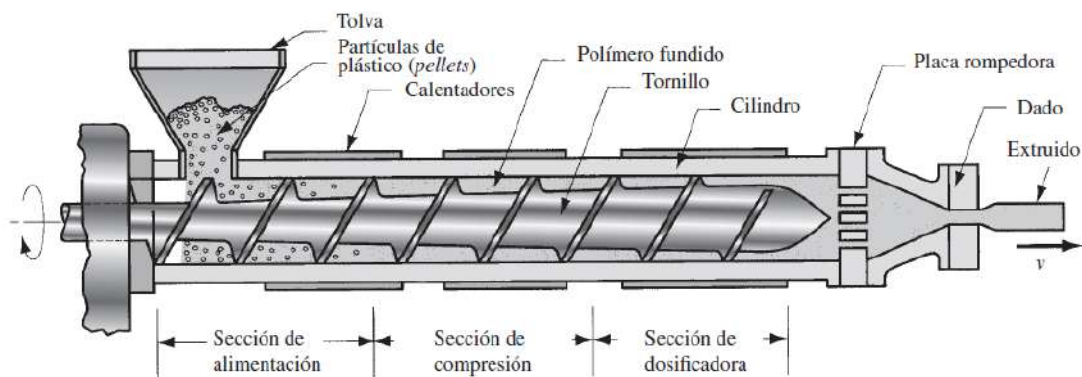
	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 2.2. Proceso de extrusión de polímeros


En la *extrusión de polímeros*, las materias primas en forma de pellets, gránulos o polvo termoplástico se introducen en una *tolva* y alimentan el barril de un *extrusor de tornillo* (Figura 2). El barril contiene un tornillo helicoidal encargado de mezclar los pellets para luego transportarlos hacia el dado. La fricción interna generada por la acción mecánica del tornillo permite calentar y fundir los pellets. La acción del tornillo también aumenta la presión dentro del barril.

Los tornillos tienen tres secciones diferentes (Ver Figura 2):

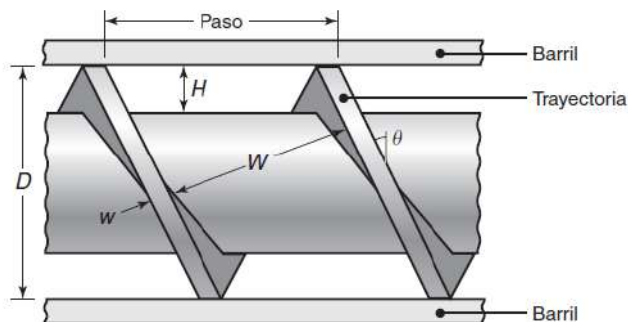
- a. *Sección de alimentación*: transporta el material de la tolva a la región central del barril.
- b. *Sección de fusión* (también conocida como *sección de compresión* o *transición*): en ella, el calor generado por el cizallamiento viscoso de los pellets de plástico y los calentadores externos hace que empiece la fusión.
- c. *Sección de bombeo*: aquí ocurre un cizallamiento adicional (a alta velocidad) y la fusión por el aumento de presión que se produce en la matriz.



**Figura 2.** Componentes de una máquina extrusora de un solo tornillo para plásticos y elastómeros [1]


	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

La operación del tornillo está determinada por su forma geométrica y velocidad de rotación, como se muestra en la figura 3. El tornillo consiste en “paletas” (cuerdas) en forma de espiral, con canales entre ellas por los que avanza el polímero fundido[3].



**Figura 3.** Geometría de tornillo de extrusor[4]

Los componentes principales de la máquina extrusora son el barril y el tornillo. El troquel no es un componente del extrusor; es una herramienta especial que tiene un perfil en particular, dependiendo de lo que se desea producir[1]. En el extremo del barril opuesto al troquel se encuentra la tolva en donde se introduce el material que alimenta el barril. Los pellets caen por gravedad al tornillo rotatorio, cuya rosca mueve al material a lo largo del barril con el fin de fundirlo y mezclarlo. Se disponen de calentadores eléctricos ubicados en el barril encargados de fundir los pellets sólidos; después, la mezcla y la fricción del material con el barril, generará calor adicional, para mantener fundido al material[1]. El material avanza a lo largo del barril hacia la abertura del troquel, por medio de la acción del tornillo extrusor, que gira a unas 60 rev/min. El plástico fundido se fuerza a través de un dado o troquel mediante un proceso similar al de la extrusión de metales. Por lo general, se coloca una malla de alambre metálico justo antes del troquel para filtrar la resina sin fundir o sólida. Esta malla también ayuda a producir una contrapresión en el barril; se reemplaza en forma periódica. Entre la malla y el dado se coloca una *placa rompedora*, que tiene unos orificios pequeños para mejorar la mezcla del polímero antes de que entre en el troquel. Finalmente, el producto extruido se enfría, bien sea exponiéndolo al aire soplado o pasándolo a través de un canal con agua (conducto). Para minimizar la contracción y distorsión del producto, se debe controlar la velocidad y uniformidad del enfriamiento[4].

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

### 3. OBJETIVOS

3.1.Reconocer las características de las máquinas extrusoras y el moldeo de plásticos por extrusión.

3.2.Conocer la secuencia de operación de la extrusión de plásticos para la producción de piezas.

### 4. RECURSOS REQUERIDOS

4.1.Laboratorio de polímeros

4.2.Equipos.

- Extrusora
- Boquilla y cabezal de extrusora.



**Figura 3.** Extrusora doble husillo

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 4.** Peletizadora




**Figura 5.** Panel de control de la extrusora.

#### 4.3. Materiales e insumos

La extrusora tiene la capacidad de procesar materiales termoplásticos y mezclar con cargas o refuerzos, ya que es una extrusora doble husillo. Las formulaciones obedecerán en función de los pellets para extrusión (90%) cargas reforzantes (6-8%) y aditivos (2-10%) [5], los materiales para experimentación:

- Polietileno grado extrusión [6].
- Polipropileno grado extrusión [7].
- Poliuretano termoplástico grado extrusión [8]

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

**5.1.Paso 1:** Encender zonas de calefacción a la temperatura recomendada del material a extruir, moviendo las respectivas perillas en ON. Cada zona tiene un control al oprimir los botones de flechas arriba y abajo se ajusta la temperatura deseada en la zona de calefacción.

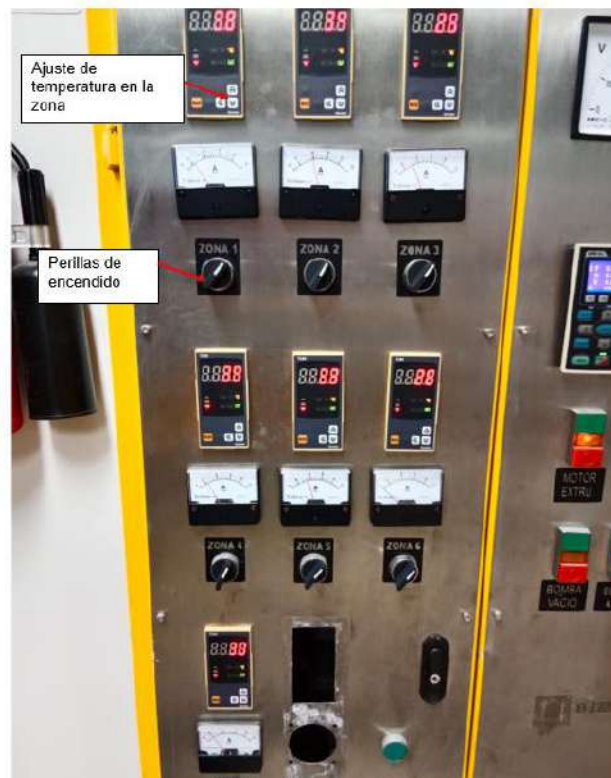
**5.2.Paso 2:** Una vez alcanzadas las temperaturas de calefacción se permite encender el motor principal de los dos husillos de la extrusora, luego en el panel de control se ajusta la frecuencia (flechas) y se oprime ENTER para confirmar la frecuencia. De este modo de configura la velocidad de rotación de los husillos.

**5.3.Paso 3:** Si adicionalmente se van a agregar cargas o refuerzos al plástico que se va a extruir se debe encender el sistema de dosificación, luego en el panel de control se ajusta la frecuencia (flechas o girando la perilla negra) y se oprime ENTER para confirmar la frecuencia. De este modo de configura la velocidad de rotación del dosificador. **NOTA:** La frecuencia del dosificador debe ser menor a las rotaciones del husillo de la extrusora para evitar un plástico extruído con gran contenido de carga y/o evitar que la extrusora trabaje a altas presiones.

**5.4.Paso 4:** una vez comience a generarse el material extruido se lleva a la peletizadora, previamente se activa la rotación de las cuchillas mediante el botón de encendido de la peletizadora. Se introduce el material extruido para que las cuchillas lo corten y genere el material peletizado.

**5.5.Paso 5:** Una vez finalizada la operación de extrusión se procede a apagar la peletizadora, el sistema de dosificación, el motor de la extrusora y las zonas de calefacción.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

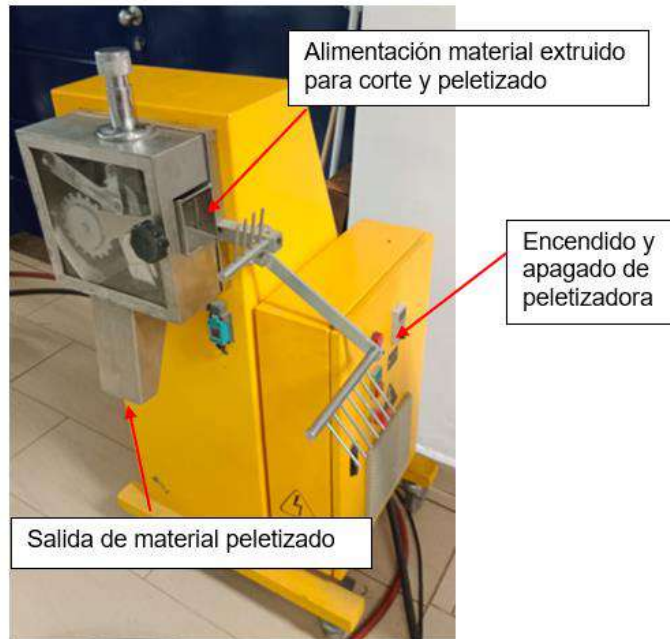


**Figura 6.** Programación de temperatura en la extrusora



**Figura 7.** Programación del proceso de extrusión en panel de control

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 8.** Partes de la peletizadora


## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental
- Resultados
- Conclusiones.

En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.

## 7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018


Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

<b>Elaborado por:</b>	xxxxxxx
<b>Revisado por:</b>	
<b>Versión:</b>	000
<b>Fecha:</b>	

### Referencias

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] Beltran and Mancilla, "Tecnología de polímeros," 2004.
- [3] M. P. Groover, *FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA. Materials, Processes and Systems*. 2007.
- [4] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educacion, 2008.
- [5] T. . G. Menges. J. Flórez. L. F. Osswald, *Ciencia de Polímeros para Ingenieros*. 2010.
- [6] S. Allende and P. Arriagada, "Polietileno de alta y baja densidad," *Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología*, p. 16, 2013.
- [7] B. plastics Federation, "Material properties for Polypropylene (PP)," British Plastics Federation. Accessed: Feb. 25, 2022. [Online]. Available: <https://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/PP.aspx>
- [8] T. Xu, W. Shen, X. Lin, and Y. M. Xie, "Mechanical properties of additively manufactured thermoplastic polyurethane (TPU) material affected by various processing parameters," *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 12, pp. 1–16, Dec. 2020, doi: 10.3390/polym12123010.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

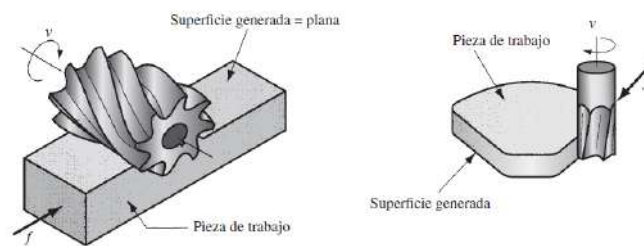
<b>Nombre de la guía:</b>	Procesos de remoción de material en Fresadora
<b>Código de la guía (No.):</b>	00X
<b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Laboratorio de máquinas y herramientas.
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	2 horas
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura 2, Máquinas y herramientas.
<b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de las fresadoras y las operaciones de fresado.</li> <li>Conocer los procesos de remoción externa e interna de material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de fresadora convencional</li> <li>Proceso de remoción de material mediante operaciones de fresado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja la fresadora convencional.</li> <li>Reconoce el proceso de remoción de material mediante operaciones de fresado.</li> </ul>


## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Fresado

El fresado es una operación de maquinado en la cual se hace pasar una pieza de trabajo frente a una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes (Ver Figura 1)[1].




**Figura 1.** a) fresado plano y b) fresado refrentado

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

El eje de rotación de la herramienta cortante es perpendicular a la dirección de avance. La orientación entre el eje de la herramienta y la dirección del avance es la característica que distingue al fresado del taladrado. En el taladrado, la herramienta de corte avanza en dirección paralela a su eje de rotación. La herramienta de corte en fresado se llama **fresa o cortador para fresadora** y los bordes cortantes se llaman dientes. La forma geométrica creada por el fresado es una superficie plana. Se pueden crear otras formas mediante la trayectoria de la herramienta de corte o la forma de dicha herramienta. Debido a la variedad de formas posibles y a sus altas velocidades de producción, el fresado es una de las operaciones de maquinado más versátiles y ampliamente usadas. El fresado es una **operación de corte interrumpido**; los dientes de la fresa entran y salen de la pieza de trabajo durante cada revolución. Esto interrumpe la acción de corte y sujeta los dientes a un ciclo de fuerza de impacto y choque térmico en cada rotación. El material de la herramienta y la forma del cortador deben diseñarse para soportar estas condiciones[1].

## 2.2. Máquina herramienta Fresadora.

La máquina herramienta convencional que ejecuta esta operación es una **fresadora**. Las máquinas fresadoras son máquinas herramientas que se utilizan para realizar mecanizado por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. Cuentan con un eje horizontal o vertical sobre el que gira la herramienta de corte y que tiene una mesa horizontal en la que se coloca o fija una pieza de trabajo a la que daremos forma (mecanizar) con la fresa. Su versatilidad convierte a las fresadoras en la segunda máquina herramienta de mecanizado de mayor consumo y utilización en el mundo entero[2]. La primera fue construida en 1820 por Eli Whitney (1765-1825). En la actualidad existe una gran selección de fresadoras con diversos usos. A continuación, se describen las características de las fresadoras estándar. Sin embargo, muchas de estas máquinas y operaciones están siendo reemplazadas con controles por computadora y centros de maquinado [3].

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

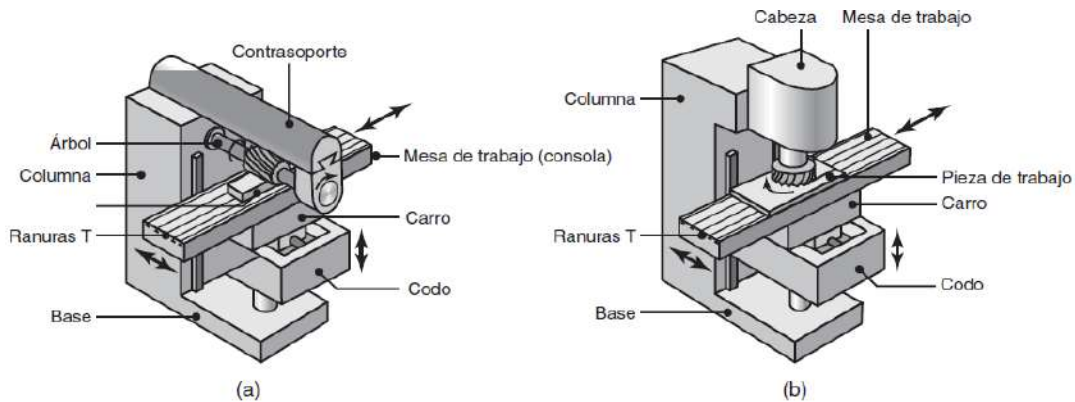
### 2.2.1. Máquinas tipo columna y codo.

Utilizadas para operaciones de fresado de propósito general, las *máquinas tipo columna y codo* son las fresadoras más comunes. El husillo en el que se monta el cortador de fresado puede ser *horizontal* (Ver Figura 2a), para fresado periférico, o *vertical*, para operaciones de fresado de careado y frontal, mandrinado y taladrado (Ver Figura 2b). Los componentes básicos de estas máquinas son:

- **Mesa de trabajo:** en la que se sujeta la pieza de trabajo utilizando ranuras T. La mesa se mueve longitudinalmente en relación con las fresas paralelas.
- **Carro:** soporta la mesa y puede moverse en dirección transversal.
- **Codo:** soporta el carro y da movimiento vertical a la mesa, de manera que la profundidad de corte puede ajustarse y es posible acomodar piezas de trabajo con diversas alturas.
- **Brazo superior:** se utiliza en máquinas horizontales; es ajustable para acomodar diferentes longitudes de eje.
- **Cabezal:** contiene el husillo y el sujetador del cortador. En máquinas verticales, la cabeza puede fijarse o ajustarse verticalmente y girarse en un plano vertical sobre la columna para cortar superficies cónicas.

Las *fresadoras simples* tienen tres ejes de movimiento, que por lo general se mueven manual o mecánicamente. En las *fresadoras tipo columna y codo universales*, la mesa puede girar en el plano horizontal. De esta manera se pueden maquinar formas complejas (como canales helicoidales a diversos ángulos) para producir partes como engranes, brocas, machuelos y cortadores[2]

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 2.** a) fresadora tipo columna y codo de husillo, b) fresadora tipo columna y codo de husillo vertical [2]

**2.2.2. Fresadoras tipo bancada.** En las *máquinas tipo bancada*, la mesa de trabajo se monta directamente en la bancada, que reemplaza al codo y puede moverse sólo en forma longitudinal. Estas máquinas no son tan versátiles como otros tipos, pero tienen alta rigidez y por lo general se utilizan para trabajo de alta producción. Los husillos pueden ser horizontales o verticales y tipo dúplex o triples (con dos o tres husillos), para maquinado simultáneo de dos o tres superficies de una pieza de trabajo.

### 2.3. Tipos de operaciones de fresado

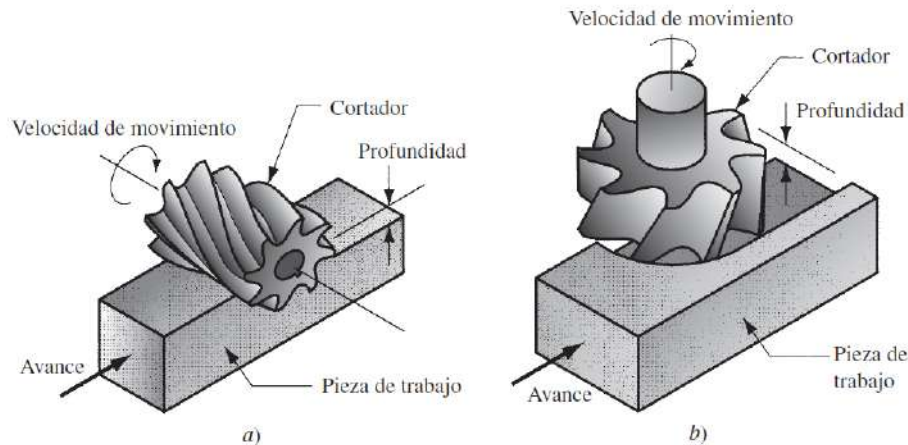
Hay dos tipos básicos de operaciones de fresado, como se muestra en la Figura 3:

2.3.1. fresado periférico

2.3.2. fresado refrentado o careado.

La mayoría de las operaciones de fresado crean geometrías mediante la generación de formas.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 3.** Dos tipos básicos de la operación de fresado: a) fresado periférico o plano y b) fresado refrentado o careado[1].

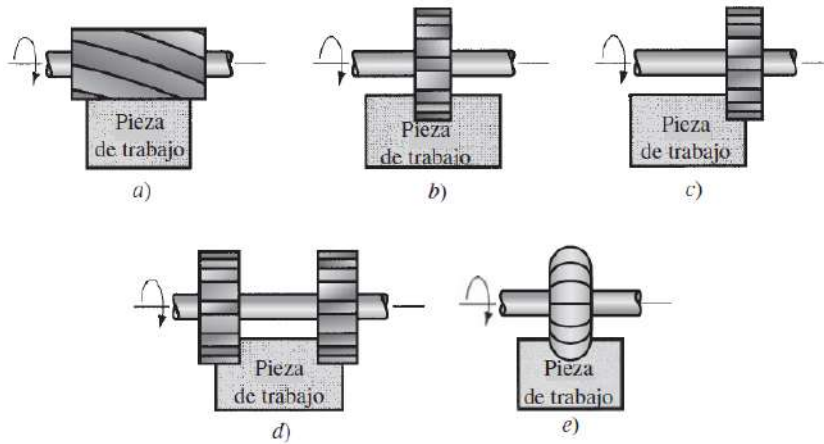
**2.3.1. Fresado periférico** En el fresado periférico, también llamado *fresado plano*, el eje de la herramienta es paralelo a la superficie que se está maquinando y la operación se realiza por los bordes de corte en la periferia exterior del cortador.

En la Figura 4 se muestran varios tipos de fresado periférico[1]:

- a. **Fresado de bloque**, la forma básica de fresado periférico en la cual el ancho de la fresa se extiende más allá de la pieza de trabajo en ambos lados.
- b. **Ranurado**, también llamado *fresado de ranuras*, en el cual el ancho de la fresa es menor que el ancho de la pieza de trabajo, creando una ranura en la pieza de trabajo (cuando la fresa es muy delgada se puede usar esta operación para tallar ranuras angostas o para cortar una pieza de trabajo en dos, llamado *fresado aserrado*).
- c. **Fresado lateral**, en el cual la fresa maquina el lado de una pieza de trabajo.
- d. **Fresado paralelo simultáneo**, el cual es el mismo que el fresado lateral, excepto que el corte tiene lugar en ambos lados de la pieza de trabajo.
- e. **fresado de forma**, en el que los dientes de la fresadora tienen un perfil especial que determina la forma de la ranura que se corta en la pieza de trabajo.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018


Por tanto, el fresado de forma se clasifica como una operación de formado



**Figura 4.** Fresado periférico: *a)* fresado de bloque, *b)* ranurado, *c)* fresado lateral, *d)* fresado paralelo simultáneo y *e)* fresado de forma[1].

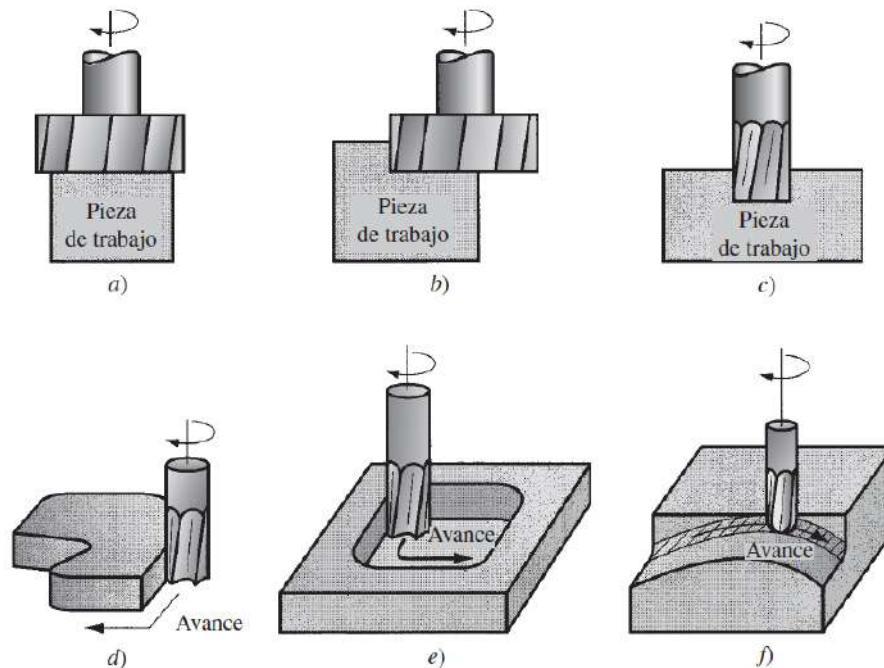
**2.3.2. Fresado refrentado o careado** En el fresado refrentado, el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de trabajo y el maquinado se ejecuta cortando las orillas, tanto en el extremo como fuera de la periferia de la fresa. De igual manera que en el fresado periférico, también en el fresado frontal existen diversas formas, varias de las cuales se ilustran en la Figura 5[1]:

- a) Fresado refrentado convencional*, en el que el diámetro de la fresa es más grande que el ancho de la pieza de trabajo, de tal manera que la fresa sobrepasa a la pieza de trabajo en ambos lados.
- b) Fresado frontal parcial*, en el que la fresa sobrepasa la pieza de trabajo solamente en un lado.
- c) Fresado frontal*, en el cual el diámetro de la fresa es menor que el ancho de la pieza de trabajo, de manera que se corta una ranura dentro de la pieza.
- d) fresado de perfiles* es una forma de fresado frontal en el cual se corta la periferia de una pieza plana.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- e) *fresado de cajas o cavidades*, otra forma de fresado frontal usada para fresar cavidades poco profundas en piezas planas.
- f) *fresado de contorno superficial*, en el cual una fresa con punta de bola (en lugar de una fresa cuadrada) se hace avanzar hacia delante y hacia atrás, y hacia un lado y otro de la pieza de trabajo, a lo largo de una trayectoria curvilínea a pequeños intervalos para crear una superficie tridimensional.

Se requiere el mismo control básico para maquinarse los contornos de moldes y dados, en cuyo caso esta operación se llama *tallado o contorneado de dados*.



**Figura 5.** Fresado refrentado: a) fresado refrentado convencional, b) fresado refrentado parcial, c) fresado frontal, d) fresado de perfiles, e) fresado de cajas o cavidades y f) fresado de contorno superficial[1].

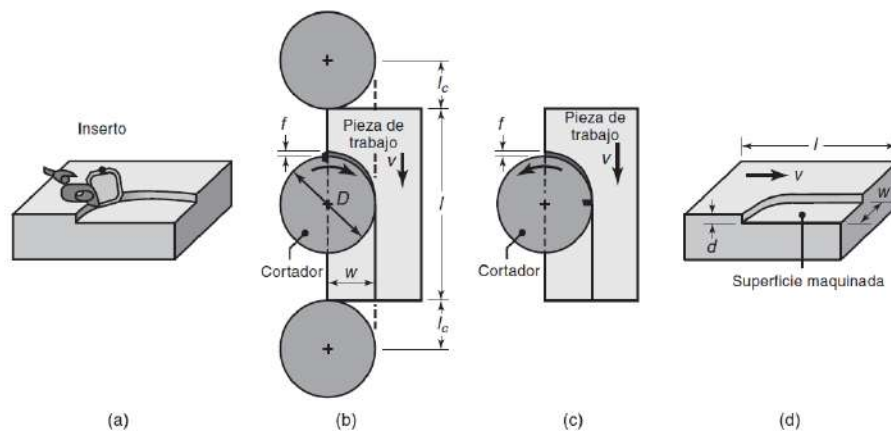
	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 2.4. Parámetros del fresado.

La velocidad de corte ( $V$ ) en el fresado periférico es la velocidad superficial del cortador[2], como se presenta en la ecuación 1.

$$V = \pi DN \quad \text{Ec. (1)}$$


donde  $D$  es el diámetro del cortador y  $N$  la velocidad rotacional del mismo (Ver Figura 5).



**Figura 6.** Operación de fresado de careado que muestra a) la acción de un inserto en el fresado de careado; b) fresado concurrente; c) fresado convencional; d) dimensiones en el fresado de careado.

La anchura de corte,  $w$ , no es necesariamente la misma que el radio del cortador[2]. Obsérvese que el espesor de la viruta en el fresado plano varía a lo largo de su longitud debido al movimiento longitudinal relativo entre el cortador y la pieza de trabajo. Para un cortador de dientes rectos, el *espesor no deformado de la viruta (profundidad de corte de la viruta)* aproximado ( $t_c$ ) se puede calcular a partir de la ecuación 2 [2]:

$$t_c = 2f\sqrt{\frac{d}{D}} \quad \text{Ec. (2)}$$

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

donde  $f$  es el avance por diente del cortador, es decir, la distancia que avanza la pieza de trabajo por diente del cortador, en mm/diente o pulgadas/diente, y  $d$  es la profundidad de corte. Al aumentar  $tc$ , se incrementa la fuerza en el diente del cortador.

El avance por diente se determina con la ecuación 3:

$$f = \frac{v}{Nn} \quad \text{Ec. (3)}$$

donde  $v$  es la velocidad lineal (velocidad de avance) de la pieza de trabajo y  $n$  la cantidad de dientes en la periferia del cortador. La precisión dimensional de esta ecuación se puede verificar utilizando las unidades adecuadas para los términos individuales; así, por ejemplo, (mm/diente) \_ (m/min) (103 mm/m)/(rev/min)(número de dientes/rev)[2].


### 3. OBJETIVOS

#### Objetivo General

Desarrollar el proceso fresado a través de la manufactura de una pieza con criterios de eficiencia y calidad.

#### Objetivos específicos

- 3.1.Reconocer las características de las fresadoras y las diferentes operaciones de fresado.
- 3.2.Conocer los procesos de remoción externa e interna de material.
- 3.3.Diseñar la secuencia de procesos más idónea y eficiente para la obtención de una pieza.
- 3.4.Seleccionar los elementos de validación y aseguramiento de la calidad tanto del proceso como del producto.
- 3.5. Identificar las principales operaciones de mecanizado convencional a través de la manufactura de una pieza asignada.
- 3.6.Determinar los tiempos de operación y los costos asociados a las mismas, con el fin de determinar los costos de producción netos por operaciones del producto.


	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

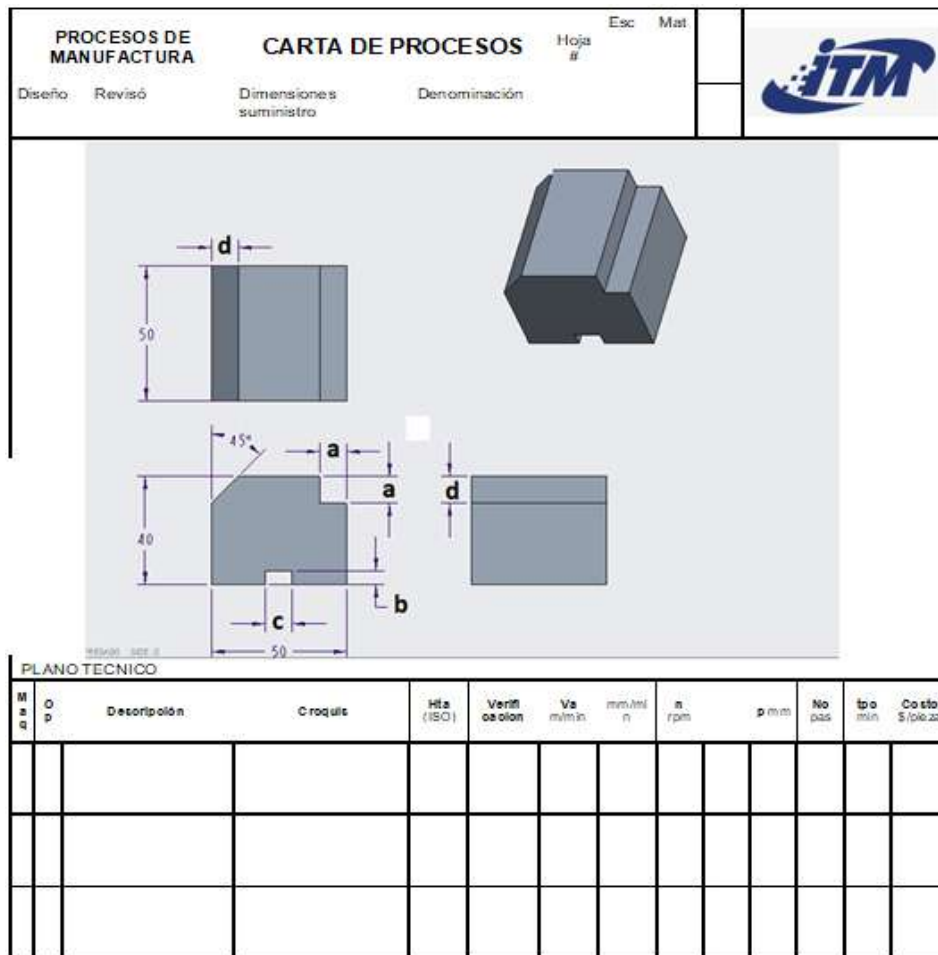
#### 4. RECURSOS REQUERIDOS

- Taller de máquinas y herramientas (Campus Robledo).
- Máquinas del taller: 2 máquinas fresadoras convencionales
- Herramientas y accesorios de máquinas.
- Herramientas de trabajo para cada máquina
- Elementos de seguridad para cada actividad (Gafas de protección, bata u overol de laboratorio, zapatos cerrados o botas de seguridad industrial entre otros).
- Suministro o materia prima inicial para la manufactura de la pieza.

#### 5. PROCEDIMIENTO

5.1. De acuerdo con los planos, dimensiones y carta de procesos sugeridos de la pieza que se muestra a continuación en la Figura 7:

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018




**Figura 7.** Carta de procesos y operaciones de la pieza a manufacturar en la práctica de fresado

5.2. De acuerdo con las vistas y cotas paramétricas que se presentan en la Figura 7 y toman valor en la Tabla 1, de acuerdo con el grupo asignado:

**Tabla 1.** Dimensiones de la pieza a manufacturar de acuerdo con el grupo asignado.

Medida (mm)	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
a	10	8	12	10	10
b	5	8	5	5	6
c	10	8	10	8	5
d	10	8	12	8	10

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

### 5.3. Pieza para entregar en la fecha asignada por el docente

- a) Defina las dimensiones iniciales del suministro o materia prima para realizar la pieza (De acuerdo con las especificaciones de cada grupo dada en la tabla 1)
- b) Describa la secuencia de operaciones más idónea y eficiente para realizar la pieza.
- c) Para cada operación y de acuerdo con la figura 7:
  - c1. Describa la operación y elabore un croquis demostrativo de la misma.
  - c2. Describa la herramienta necesaria y sus dimensiones.
  - c3. Describa el elemento de verificación para asegurar y validar la calidad (tolerancias dimensionales y geométricas) del producto obtenido (flexómetro, pie de rey, micrómetro, galgas para roscas, goniómetro, comparador de carátula, etc.)
- d) Describa y determine los parámetros de cada operación (como velocidad de avance, revoluciones por minuto, profundidad de corte, paso, etc.) de acuerdo con lo descrito en la sección 3.
- e) Detalle el tiempo de cada operación (omita los tiempos de alistamiento)
- f) Determine el costo de cada operación


## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental y procedimiento determinado en el numeral 5 de la guía.
- Resultados y pieza física.
- Conclusiones.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available:

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

<http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>

- [2] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación, 2008.
- [3] S. Kalpakjian, S. R. Schmid, and G. Sánchez García, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación, 2002. Accessed: Dec. 11, 2017. [Online]. Available:  
[https://books.google.com.co/books?id=gilYI9\\_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20Arnaldo%20Alonso%20Baquero.&hl=es&source=gbs\\_similarbooks](https://books.google.com.co/books?id=gilYI9_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20Arnaldo%20Alonso%20Baquero.&hl=es&source=gbs_similarbooks)

---

**Elaborado por:**

---

*Libia María Baena Pérez, Adrián Benitez Lozano*

---

**Revisado/aprobado por:**

---

*Comité curricular Tecnología en Sistemas de Producción e Ingeniería de Producción*

---

**Versión:**


---

*00X*

---

**Fecha:**

---

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA


<b>Nombre de la guía:</b>	Impresora 3D de materiales poliméricos y metálicos
<b>Código de la guía (No.):</b>	005
<b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Impresoras 3D – Taller máquinas y herramientas Sede Robledo
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	2 horas
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Fundamentos de manufactura, Manufactura aditiva, Procesos de manufactura I, II y III, Manufactura avanzada, Procesos de ingeniería.
<b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
Conocer el proceso de impresión 3D de materiales poliméricos y metálicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de impresora 3D</li> <li>Proceso de impresión 3D de materiales poliméricos y metálicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja la impresora 3D.</li> <li>Reconoce el proceso de impresión 3D de materiales poliméricos y metálicos</li> </ul>

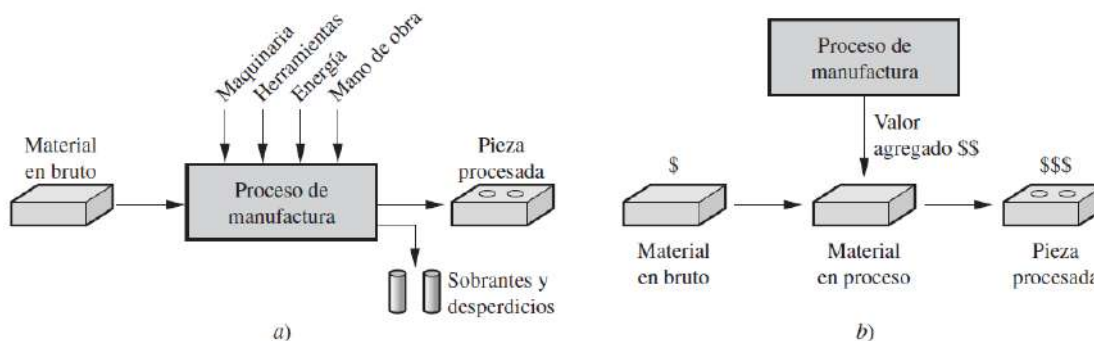
## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.


### 2.1. Tecnologías de manufactura aditiva de materiales.

El término “Manufactura” es comúnmente empleado para denominar la actividad referida a la fabricación de cosas, objetos y productos, por tanto, puede definirse en un sentido tecnológico o económico [1]. Desde el punto de vista tecnológico, la manufactura es el empleo de procesos físicos y químicos para modificar formas, geometrías, propiedades, y apariencias de los diversos materiales de ingeniería con el fin de obtener componentes o

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

prototipos [1]. Mientras que, en el sentido económico, el término “manufactura” se refiere a la transformación de materiales en objetos, componentes o prototipos mediante el empleo de las diferentes técnicas de procesamiento para darle un valor agregado (ver Figura 1). Por tanto, los diferentes procesos de manufactura aumentan el valor de los materiales. En el año 1980 se desarrolló una forma de manufactura rápida de prototipos capa por capa a partir de un diseño asistido por computador (CAD) [2], lo cual permitió la reducción de tiempo y costos de fabricación, así como también la facilidad de diseñar y crear objetos con geometrías complejas y mecanizados difíciles de obtener [3][4]. Esta forma de creación rápida de prototipos es denominada “Manufactura Aditiva (MA)” la conocida también como impresión 3D es ampliamente empleada para crear productos a partir de los materiales de ingeniería o combinación de ellos tales como: metales, cerámicos, polímeros y compuestos [5]. Hoy en día, la manufactura aditiva es considerada una tecnología que se usa para construir prototipos con formas y geometrías complejas, piezas topológicamente optimizadas, de mayor precisión, con funcionalidades excepcionales, en un menor tiempo que no se lograrían obtener con los procesos de manufactura tradicionales de materiales [5], [6]. En los últimos 30 años se han desarrollado numerosos procesos de MA [7], lo cual ha implicado el empleo de nuevas tecnologías en los campos científicos, académicos e industriales, lo cual conduce a un cambio y evolución del ciclo de vida del producto para disminuir costos y tiempos de fabricación mientras que aumenta la confiabilidad y eficacia de los procesos y productos obtenidos[8]. Por tanto, la MA se ha implementado con gran éxito en muchos campos: biomédica, medicina, odontología, automotriz, aeronáutica, deportiva, etc [9]. La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ASTM (2009) clasificó las técnicas de MA de la siguiente manera (ver Tabla 1) [7], [10]:



	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

**Figura 1.** Dos maneras de definir manufactura: a) como proceso técnico y b) como proceso económico [1].


**Tabla 1.** Técnicas de manufactura aditiva según ASTM

<b>Categorías de Procesos de manufactura aditiva</b>	<b>Definición</b>	<b>Aplicaciones</b>
Extrusión de material	El material se dispensa selectivamente a través de una boquilla u orificio.	Prototipos de plástico
Polimerización en tina o cuba	El fotorpolímero líquido en un tanque se cura selectivamente por Polimerización activada por luz.	Creación de prototipos, piezas de acabado de alta superficie
Chorro de aglutinante	Agente de unión líquida se deposita selectivamente para unir materiales en polvo	Creación de prototipos, fundición de inversiones
fusión de lecho de polvo	La energía térmica fusiona selectivamente regiones de un lecho de polvo	Creación de prototipos funcionales, piezas funcionales de ingeniería
laminación de chapa	Las hojas de material se unen para formar un objeto	Creación de prototipos
deposición de energía directa	La energía térmica enfocada se utiliza para fusionar materiales mediante la fusión a medida que se depositan.	Creación de prototipos, piezas funcionales, reparación de piezas metálicas y accesorios.


Los procesos de manufactura aditiva emplean diversos materiales para la creación de prototipos, estos materiales incluyen a los metales, polímeros, cerámicos y sus combinaciones [5]. Estas técnicas tienden a convertirse en un proceso de desarrollo inteligente y de manufactura moderna gracias a sus múltiples ventajas, y su amplia perspectiva de aplicación.

## **2.2. Manufactura aditiva de materiales metálicos.**

La manufactura aditiva de materiales metálicos o impresión 3D, ha evidenciado un crecimiento significativo en los últimos años, hecho que se vio reflejado en el aumento de

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

las ventas de sistemas de manufactura aditiva de metales de un 49% en el año 2014 a un 97% en el 2016 [11]. Estas tecnologías son ampliamente usadas en los campos de la investigación científica y académica, en la industria biomédica, odontológica, automotriz, aeroespacial, entre otros, ya que presentan múltiples ventajas asociadas a la producción de prototipos con geometrías complejas en comparación con las tecnologías de manufactura de metales tradicionales y los cortos tiempos de producción [11][12]. En general, los procesos de manufactura aditiva de metales parten de un modelo CAD en 3D generado en softwares especializados o puede ser obtenido por ingeniería inversa [13]. Los procesos de manufactura aditiva pueden ser clasificados según el estado de la materia prima procesada y la manera en que se unen las capas de material [13]. Estas tecnologías se basan principalmente en fundir material metálico en polvo o alambre con un láser o haz de electrones, para luego crear objetos y componentes capa por capa a partir del metal fundido [11]. Los metales más comúnmente empleados para la fabricación de componentes mediante las tecnologías de manufactura aditiva son aleaciones de titanio, aluminio, cobalto, níquel, magnesio y aceros [14][13]. Las aleaciones de Titanio son materiales de ingeniería empleadas para la fabricación de componentes de alto rendimiento, que requieren de mecanizados complejos lo cual implica altos costos de producción y plazos de entrega al ser procesadas mediante procesos de manufactura tradicionales [14]. Estas aleaciones tienen una amplia aplicación en la industria de la medicina y aeroespacial, y por tanto han generado gran interés para la manufactura aditiva [15], ya que pueden disminuirse significativamente los costos y tiempos de producción. Uno de los materiales más empleado en todos los campos de la ingeniería es el acero y sus aleaciones con otros elementos metálicos [16], por sus excelentes propiedades mecánicas como alta resistencia, dureza y durabilidad [11], por tanto, este material también ha sido comúnmente empleado para ser procesado por las técnicas de manufactura aditiva [13]. Mediante la técnica de Fusión con láser selectivo (SLM) se han obtenido piezas en aceros inoxidables auténticos tales como: AISI 316L y AISI 304L [17]. Los procesos de manufactura aditiva de metales más empleados son la fusión de lecho de polvo, la deposición directa de energía [18], Inyección de aglutinante, Laminación de láminas. Otros procesos que son empleados para manufacturar aditivamente materiales metálicos son la deposición por

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

láser de metal [13], sinterizado láser directo de metal [19], fusión de metal por láser, entre otros.

### **2.2.1. Fusión de lecho de polvo (Powder bed fusión).**


Esta técnica emplea una fuente de calor de alta energía para fundir un lecho de polvo metálico [20]. Este proceso emplea polvos metálicos muy finos que se disponen en capas delgadas extendidas en una plataforma para fundirse con un láser o un haz de electrones [11]. Las capas de polvos metálicos se van enrollando y se van fusionando hasta obtener el prototipo final en 3D. De esta técnica se derivan dos procesos que dependen del tipo de fuente de energía:

- Fusión con láser selectivo (SLM): cuando se emplea un láser de alta intensidad.
- Fusión por haz de electrones (EBM): cuando emplea un haz de electrones

Mediante la técnica SLM se logra una fusión completa de los polvos metálicos, lo cual genera propiedades mejores mecánicas, sin embargo, solo se puede emplearse para algunos metales como el acero y el aluminio [21]. Una de las principales ventajas de la fusión de lecho de polvo es la alta calidad y resolución de la impresión 3D, siendo así una técnica ideal para imprimir estructuras complejas que son comúnmente encontradas en los campos de la ingeniería de tejidos en biomédica, en la industria aeroespacial, electrónica, entre otros [26]. Empresas manufactureras han reportado que piezas de titanio producidas mediante esta técnica presentan una alta resistencia al desgaste y a la corrosión, y una menor densidad que las piezas de aluminio tradicionales.

### **2.2.2. Deposición directa de energía.**

Esta técnica de manufactura aditiva consiste en un láser o haz de electrones orientado hacia una región del sustrato, polvo o alambre metálico, luego el metal que ha sido fundido se une al sustrato para finalmente solidificarse, es decir, se crean piezas fundiendo el metal mientras se va depositando [22][39]. La deposición de energía dirigida ha sido empleada para

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

manufacturar superaleaciones de alto rendimiento, titanio, aceros inoxidable, aluminio y aleaciones empleadas en la industria aeroespacial [26].

### **2.2.3. Inyección de aglutinante.**

Esta técnica también se denomina fusión de lecho de polvo o cabezal de inyección de tinta de impresión 3D [20]. Este proceso de manufactura aditiva consiste en un tanque de polvo y una plataforma de construcción en donde un nivelador esparce una fina capa de polvo metálico, luego un cabezal de inyección de tinta se desplaza en las direcciones X y Y con el fin de depositar un aglutinante en cada capa para formar secciones transversales [22].


Finalmente, la plataforma se desplaza en la dirección Z para esparcir otra capa de polvo repitiéndose así la inyección del polvo aglutinante para crear el objeto denominado “cuerpo verde”[20]. Los materiales metálicos que se manufacturan mediante esta técnica son el acero inoxidable 420 y la aleación inconel 625 [22].

### **2.2.4. Laminación de láminas**

Este proceso de manufactura aditiva consta de una fuente de energía ultrasónica o láser que tienen como objetivo unir varias láminas metálicas para crear un objeto 3D [23]. Cuando se emplean ondas ultrasónicas sobre las láminas metálicas apiladas, éstas se unen mediante difusión capa por capa creando así el objeto 3D [20].

### **2.3. Manufactura Aditiva de polímeros.**

Para la manufactura aditiva, los polímeros se han convertido en materiales especiales para ser usados en un amplio campo de trabajos de investigación, ensayos y aplicaciones a nivel comercial por sus propiedades características que los hacen materiales únicos, como: rentabilidad, bajo peso, facilidad de proceso y versatilidad en sus composiciones. Los polímeros son materiales adecuados para la mayor parte de las tecnologías de MA por su

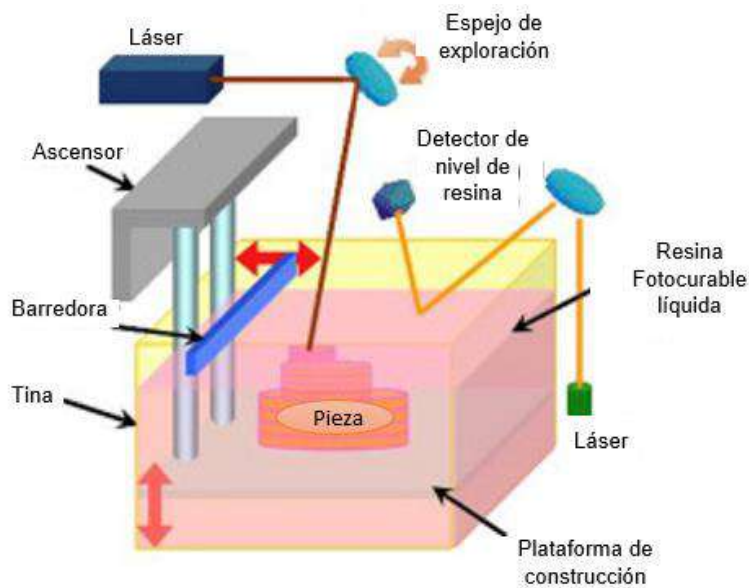
	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

temperatura de procesamiento la cual es relativamente baja en comparación con los cerámicos y los metales. También se han obtenido biopolímeros impresos en 3D debido a la posibilidad de diseñar estructuras específicas y complejas. Existen diferentes métodos de impresión 3D (MA) para polímeros, tales como: la estereolitografía (SLA), Modelado por deposición fundida (FDM), Sinterización selectiva por láser (SLS) y bioimpresión [24].

### 2.3.1. Estereolitografía (SLA).

SLA es una tecnología precisa, rápida y económica que se utiliza para producir piezas en 3D con geometrías internas y externas complejas [25]. Esta técnica trabaja sobre una resina líquida, cuya polimerización se activa selectivamente por un láser ultravioleta. Este láser dibuja capa por capa en la superficie de la resina líquida un patrón definido por software de computadora CAD (Ver Figura 2) [26]. Después de finalizar el proceso de manufactura, las piezas se procesan empleando calor para completar el curado y mejorar las propiedades mecánicas. La característica más exclusiva de este proceso es su alta resolución. A diferencia de otras técnicas de MA, en SLA la pieza se construye de abajo hacia arriba lo cual ofrece ventajas como un fácil control del grosor de la capa y el empleo de poca resina para llenar el tanque, lo que quiere decir que se pueden utilizar máquinas más pequeñas en comparación con procesos que fabrican piezas de arriba hacia abajo, para la cual se requieren máquinas más grandes, lo que implica un aumento de costos [27]. La estereolitografía tiene una amplia gama de máquinas que varían en términos de tamaño, consumo de energía y cadenas de suministro. Esta técnica de manufactura aditiva está siendo empleada e investigada en países como Canadá, Italia, Estados Unidos, Colombia, entre otros. Niño y col [26], fabricaron sustratos poliméricos con nanofillers de cobre mediante SLA con mejores propiedades mecánicas, lo que hace que esta técnica sea un método de manufactura aditiva potencial que puede extenderse a otras áreas que pueden beneficiarse y convertirse en un foco de estudio.


	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



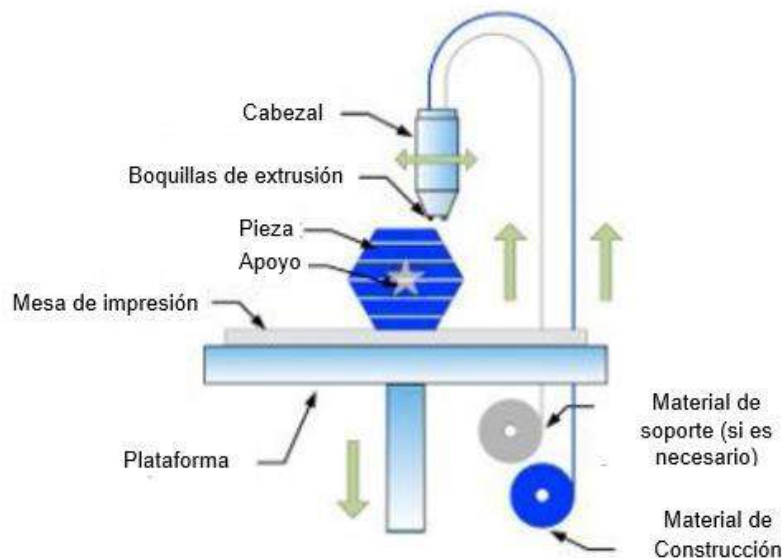
**Figura 2.** Representación de la configuración de SLA[28], [29]

### 2.3.2. Modelado por deposición fundida (FDM).

El proceso FDM es una tecnología de manufactura aditiva que ofrece ventajas de creación rápida de prototipos y menor costo ya que utiliza materiales menos costosos y no presenta riesgo de gases tóxicos ni contaminación química [30]. La FDM como técnica de manufactura aditiva se aplica en diferentes materiales, particularmente en polímeros. Una de las desventajas de este método es su dificultad de producción directa de compuestos poliméricos, es decir que se necesitan otras técnicas de fabricación complementarias por ejemplo extrusión por fusión para obtener productos adecuadamente. La calidad de las piezas impresas depende de diversas variables de proceso como la velocidad, presión, grosor de las capas, temperatura, ángulo de impresión y la naturaleza de los polímeros [31]. En este método, se utiliza un filamento continuo, es decir un conjunto de hebras usadas para formar hilos de un polímero termoplástico, de manera que se pueda imprimir en 3D capas de polímero (Ver Figura 3). El filamento se suministra a la boquilla de extrusión por medio de ruedas, luego el polímero se calienta en la boquilla hasta que se funde, depositándose continuamente en una plataforma de construcción. Todo este proceso está controlado por

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

computadora y construye capa por capa el objeto tridimensional [32]. La termoplasticidad del filamento del polímero es una propiedad esencial para este método, que permite que los filamentos se fusionen durante el proceso de la impresión [33]. Una de las desventajas de este método de manufactura es su resolución espacial, lo que quiere decir que puede producirse un desenfoque de la impresión cuando la boquilla mueve el polímero desde su ubicación a la ubicación deseada, lo que puede producir oscurecimiento en la pieza [34].




**Figura 3.** Representación de una configuración de FDM [29].

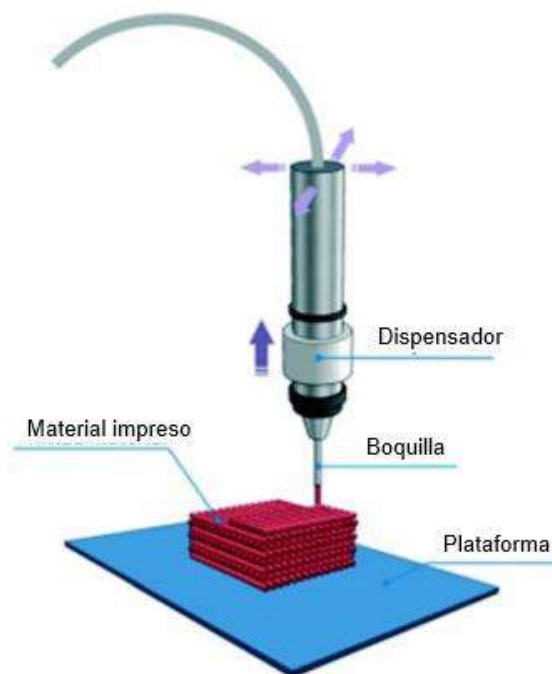
Este método de impresión 3D se aplica ampliamente en industrias como aeronáutica, automotriz, construcción, medicina, entre otros.

### 2.3.3. Modelado por deposición líquida (LDM).

El modelado por deposición líquida fabrica estructuras 3D mediante la adición consecutiva de capas de extruidos a partir de geometrías que son diseñadas en computadora. LDM utiliza la extrusión de líquidos viscosos en lugar de filamentos fundidos (ver Figura 4). La preparación de los líquidos viscosos incluso a temperatura ambiente ofrece a LDM una mayor versatilidad entre otras técnicas de impresión 3D. sin embargo, esta técnica presenta una


	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

desventaja asociada a la selección de la concentración del solvente y el polímero a utilizar para lograr obtener buenos parámetros de flujo sin comprometer la evaporación del solvente empleado[29].



**Figura 4.** Representación de una configuración de LDM [29].

Mediante esta técnica pueden imprimirse en 3D diferentes materiales adicionales a los polímeros tales como cerámicos, metales, hidrogeles, materiales a base de carbono y biomateriales [52]. Postiglione y col [35], realizaron estudios sobre materiales compuestos poliméricos obtenidos por diferentes métodos de impresión 3D, entre ellos, un nanocompuesto con relleno polimérico, usando el método de LDM. El nanocompuesto polimérico obtenido mediante la técnica LDM, evidenció aumento en la conductividad eléctrica, lo que significa que esta técnica se puede utilizar para imprimir en 3D componentes electrónicos conductores. Esta técnica de impresión está siendo estudiada y aplicada en algunos países como Italia, Estados Unidos, Filipinas, entre otros.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

### **2.3.4. Impresión 3D Polyjet (PJP).**

Esta técnica permite la obtención de piezas a partir de plástico acrílico curable con UV. En el campo de la medicina y la odontología, el modelo impreso por esta tecnología proporciona una mejor comprensión de la anatomía del paciente [36]. Este proceso de impresión utiliza múltiples cabezales de impresión de inyección de tinta rellenos con tintas fotocurables, para depositar capas de materiales poliméricos que luego se curan mediante la exposición a la luz UV. Las lámparas utilizadas para el curado del material depositado están ubicadas en los lados del bloque de impresión para permitir la fijación inmediata después de la deposición del material. Los objetos se imprimen en una plataforma de construcción, donde cada material es depositado digitalmente donde se necesario y adicional a esto puede utilizarse un material de soporte similar a un gel para lograr obtener estructuras sobresalientes [37].

## **3. OBJETIVOS**

**3.1.**Entender el funcionamiento del proceso del proceso de impresión 3D de polímeros.

**3.2.**Conocer el manejo y los parámetros básicos de condiciones de impresión 3D mediante el software cura

**3.3.**Obtener un prototipo 3D utilizando la impresora ANYCUBIC -4max

## **4. RECURSOS REQUERIDOS**

**4.1.** Laboratorio G402

**4.2.**Equipos.

- Impresora 3D ANYCUBIC 4 max

**4.3.** Materiales e insumos

- Espátula
- Líquido desmoldeante

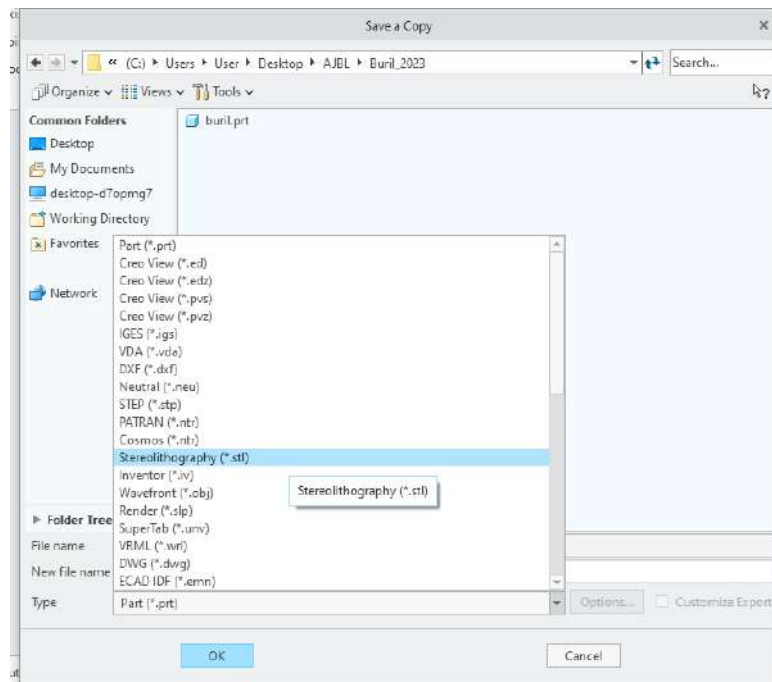
 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- Polímero

## 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

### 5.1. Generación de archivo 3D


El archivo estándar que se maneja para reproducir el archivo digital a la impresión física 3D es el formato stl. Este formato se puede exportar de cualquier tipo de software CAD que permite obtener el modelo 3D. Se recomienda en el momento de exportar el archivo stl emplear la opción de archivo con la máxima calidad de stl.

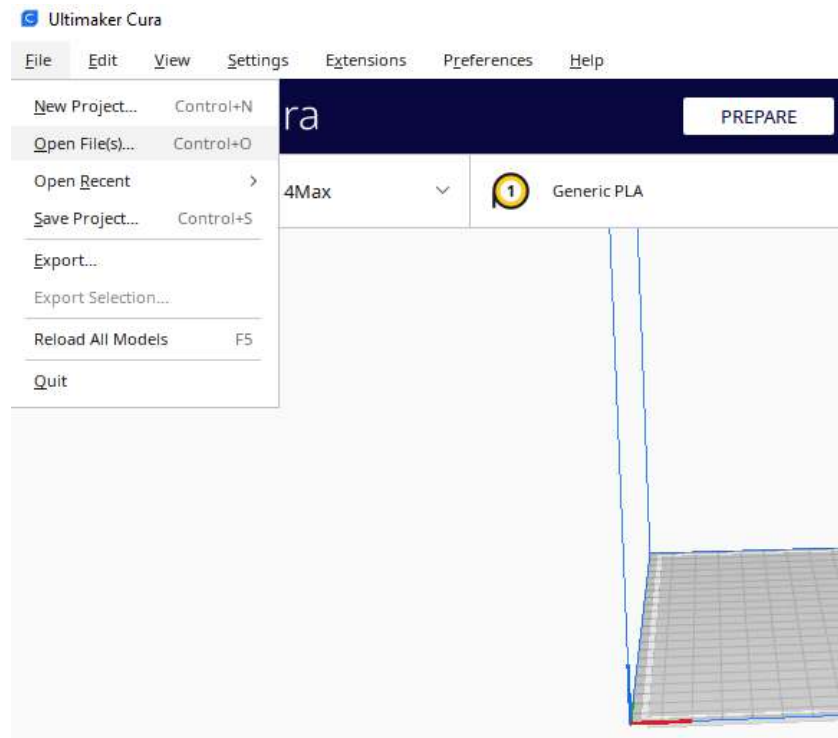


**Figura 5.** Exportación de archivo CAD en formato stl.

### 5.2. Importación archivo stl

El software que se emplea para programar la impresión de los modelos 3D se llama “Ultimaker Cura®”. Se puede imprimir desde la versión 15 en adelante. Se debe ejecutar el software “Ultimaker Cura®” y en la interfaz de usuario del software seleccionar en el menú “File” seleccionar la opción “Load model file” – “Open file” (Para Ultimaker Cura), como se muestra en la Figura 6 .

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

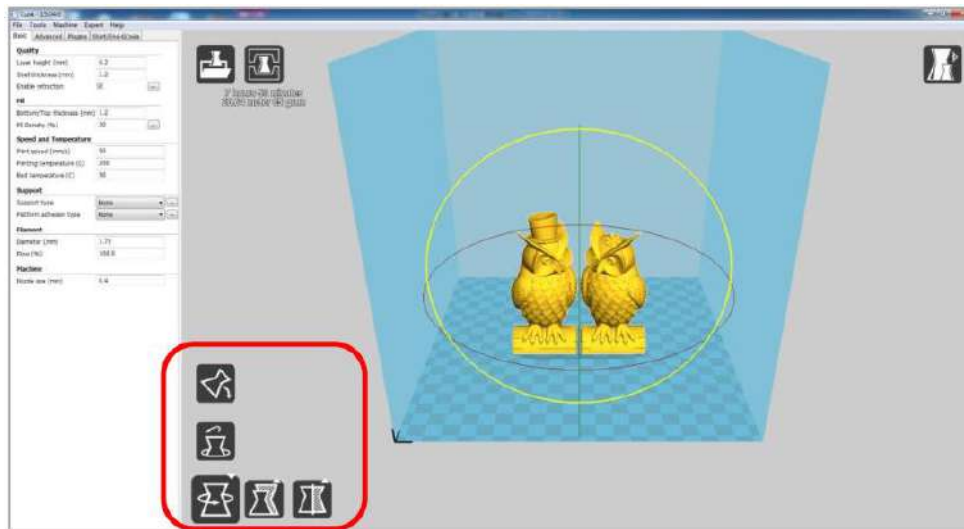


**Figura 6.** Cargue importación de archivos stl en software Ultimaker Cura ®.

### 5.3. Definición de parámetros de impresión

El modelo importado se presenta por defecto ubicado en el centro de la base de la plataforma de trabajo. Se tienen disponibles operaciones que permiten copiar, mover, rotar, realizar un espejo del objeto importado. En la Figura 7, se muestra un esquema gráfico del preprocesamiento de la pieza en el software. Esto con el fin de disponer la geometría en diferentes posiciones o diseñar un arreglo de múltiples copias del objeto 3D a imprimir.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 7.** Preprocesamiento de pieza en software.

Los parámetros de impresión básicos para realizar una impresión son los siguientes:

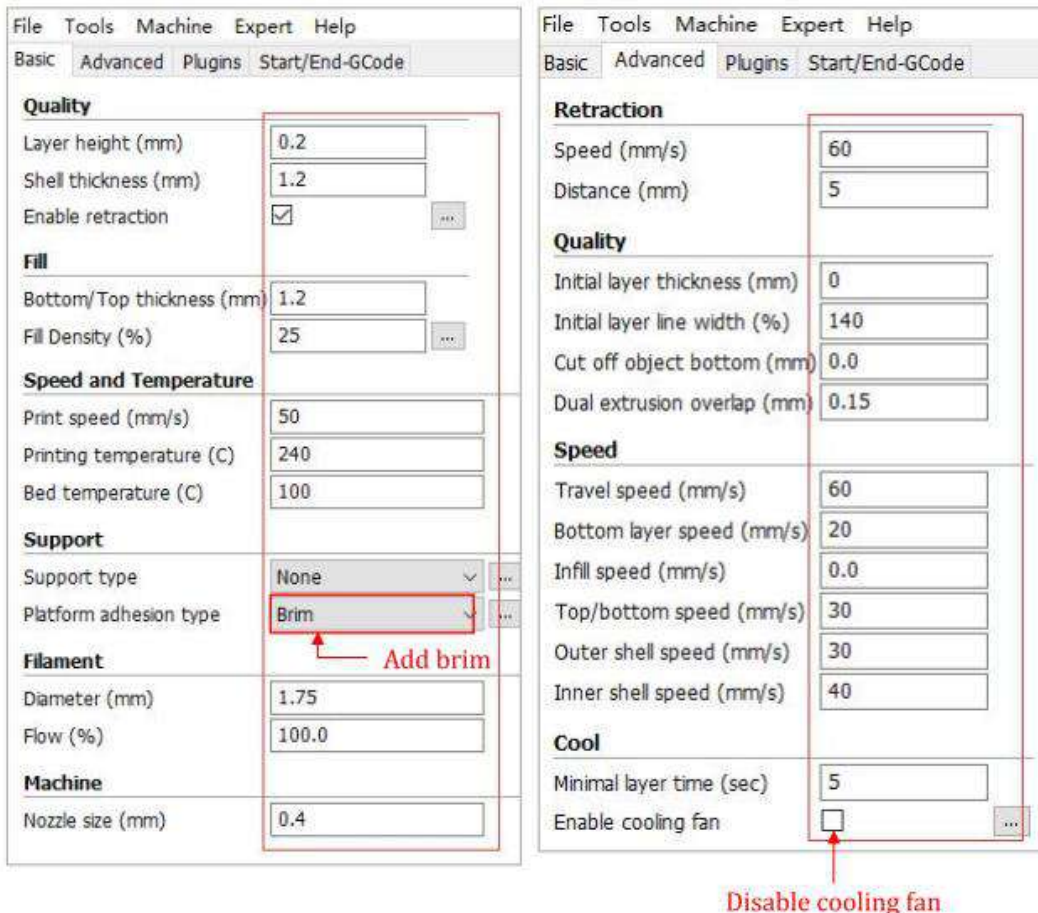
- Configuración de máquina “Machine settings”: Son parámetros que tiene por defecto el software de acuerdo con la máquina que se dispone en el laboratorio. Estos parámetros no se requieren ajustar. Si se requiere alguna configuración para la operación de la impresora consultar con el técnico encargado del equipo.
- Configuración de impresión: Para los parámetros de impresión se dispone de un modo básico y avanzado. Se recomienda trabajar con el modo básico, el avanzado solo está permitido para personal que ha tenido una inducción y entrenamiento completo del uso del equipo como el técnico del equipo y personal autorizado por el jefe de laboratorio.
- En el modo básico los parámetros de calidad (Quality), relleno (fill), velocidad y temperatura (speed and temperature), support (soporte), filamento (filament) y máquina (machine) se determinan valores por defecto de acuerdo con el equipo y modelo 3D importado. Como parámetros importantes a modificar sería la altura de capa (layer height), se puede reducir para obtener una superficie del modelo impreso

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

más suave, el mínimo valor es 0.1 mm que es la capacidad el equipo. El espesor del contorno o capa externa se tiene por defecto mayor a 1 mm (1.2 mm) y se recomienda dejar en este valor. Para el relleno (fill) si se desea imprimir un modelo completamente macizo se debe dejar “fill density” en 100%, pero para ahorrar consumo de material se tiene por defecto en 25%.

- Para el soporte (“support”) se recomienda usar la opción “touching buildplate” y como adhesión a la base o plataforma la opción “brim” que permite agregar una capa alrededor del contorno de la pieza 3D a imprimir. Las opciones de temperatura, velocidad de impresión y las opciones del filamento, así como de máquina se deben dejar los valores por defecto, ya que dependen del material polimérico a imprimir y configuración de la máquina impresora.

En la Figura 8 se presentan estos parámetros de impresión.



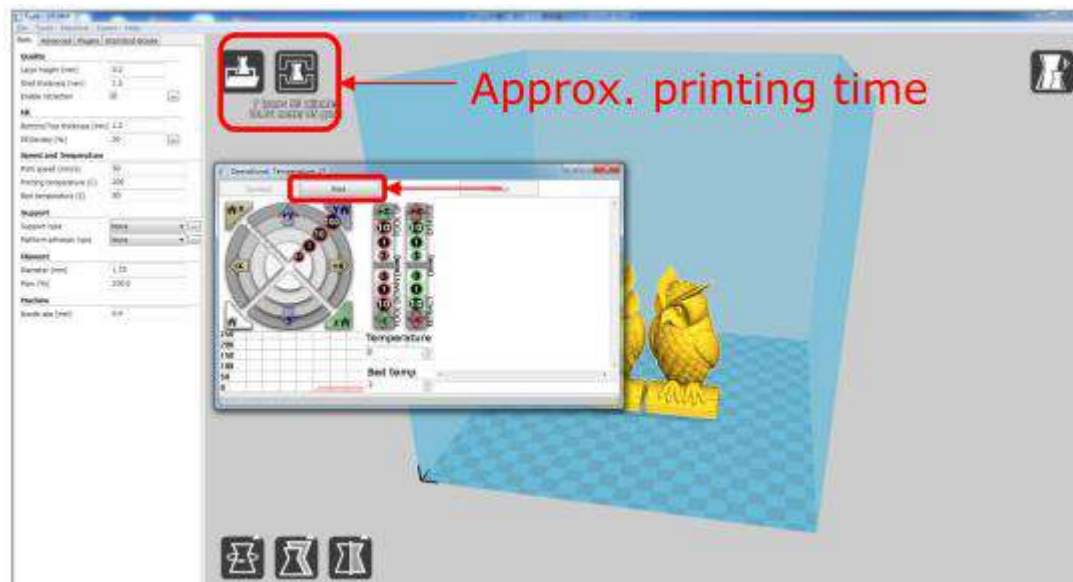
	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

**Figura 8.** Parámetros sugeridos para impresión de piezas.

#### 5.4. Impresión del modelo

Una vez definidos los parámetros de impresión se tienen dos opciones de impresión:


- Imprimir inmediatamente el modelo: Ir al menú archivo (file) y luego imprimir (Print). Se establece entonces conexión del software con la impresora y se habilita el icono en el software de imprimir. Se indica el tiempo de impresión (el cual se podrá visualizar como se muestra en la Figura 9) y al dar clic en el botón de imprimir, hecho esto la impresora comenzará a prender la calefacción de la boquilla y su posición establecidos por configuración del material y la máquina. Una vez se alcance la temperatura de impresión se comenzará a imprimir el modelo 3D.



**Figura 9.** Tiempo de impresión de pieza.

- Impresión Offline: Permite guardar el código G que permitirá guardarse en una tarjeta SD o tarjeta memoria, para posteriormente cargarse en la impresora y ejecutarse en el menú de la pantalla que muestra la información de la tarjeta de memoria. En este caso, simplemente se selecciona el archivo y se da la opción de imprimir en la pantalla que visualiza los archivos de la tarjeta de memoria

#### 5.5. Salir del software y apagar impresora

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

Para salir del software se selecciona en el menú Archivo (File) salir (Quit) y para apagar la impresora se apaga del respectivo botón ubicado en la parte trasera de la máquina, como se muestra en la Figura 10.



**Figura 10.** Botón de encendido-apagado de máquina


## 6. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.


## 7. BIBLIOGRAFÍA

<i>Elaborado por:</i>	xxxxx
<i>Revisado por:</i>	
<i>Versión:</i>	001
<i>Fecha:</i>	


- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018


- [2] K. Wong, A. H.-I. M. Engineering, and undefined 2012, “A review of additive manufacturing,” *downloads.hindawi.com*, Accessed: Nov. 14, 2019. [Online]. Available: <http://downloads.hindawi.com/journals/isrn.mechanical.engineering/2012/208760.pdf>
- [3] K. v Wong and A. Hernandez, “A Review of Additive Manufacturing,” *International Scholarly Research Network ISRN Mechanical Engineering*, vol. 2012, 2012, doi: 10.5402/2012/208760.
- [4] S. A.-M. Engineering and undefined 1991, “Rapid prototyping systems,” *search.proquest.com*, Accessed: Nov. 14, 2019. [Online]. Available: <http://search.proquest.com/openview/22f7c688e652a315a2a52d4b82b9bc8b/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=40505>
- [5] S. Singh, S. Ramakrishna, R. S.-J. of M. Processes, and undefined 2017, “Material issues in additive manufacturing: A review,” *Elsevier*, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S152661251630161X>
- [6] S. S. Babu, L. Love, R. Dehoff, W. Peter, T. R. Watkins, and S. Pannala, “Additive manufacturing of materials: Opportunities and challenges,” *MRS Bull*, vol. 40, no. 12, pp. 1154–1161, Nov. 2015, doi: 10.1557/mrs.2015.234.
- [7] Y. Zhang, L. Wu, X. Guo, S. Kane, ... Y. D.-J. of M., and undefined 2018, “Additive manufacturing of metallic materials: A review,” *Springer*, Accessed: Nov. 17, 2019. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11665-017-2747-y>
- [8] J. Gardan, “Additive manufacturing technologies: state of the art and trends,” *Int J Prod Res*, vol. 54, no. 10, pp. 3118–3132, May 2016, doi: 10.1080/00207543.2015.1115909.
- [9] A. Haleem, M. J.-C. E. and G. Health, and undefined 2019, “3D printed medical parts with different materials using additive manufacturing,” *Elsevier*, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221339841930140X>
- [10] “ISO / ASTM52910 - 18 Additive manufacturing — Design — Requirements, guidelines and recommendations.” <https://www.astm.org/Standards/ISOASTM52910.htm> (accessed Nov. 18, 2019).
- [11] T. D. Ngo, A. Kashani, G. Imbalzano, K. T. Q. Nguyen, and D. Hui, “Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges,” *Compos B Eng*, vol. 143, pp. 172–196, Jun. 2018, doi: 10.1016/J.COMPOSITESB.2018.02.012.
- [12] T. W.-A. W. P. Report. Wohlers and undefined 2014, “3D printing and additive manufacturing state of the industry”.
- [13] D. Herzog, V. Seyda, E. Wycisk, and C. Emmelmann, “Additive manufacturing of metals,” *Acta Mater*, vol. 117, pp. 371–392, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.actamat.2016.07.019.
- [14] L. E. Murr *et al.*, “Metal Fabrication by Additive Manufacturing Using Laser and Electron Beam Melting Technologies,” *Journal of Materials Science and*

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- Technology*, vol. 28, no. 1. pp. 1–14, 2012. doi: 10.1016/S1005-0302(12)60016-4.
- [15] H. Attar, M. Calin, L. C. Zhang, S. Scudino, and J. Eckert, “Manufacture by selective laser melting and mechanical behavior of commercially pure titanium,” *Materials Science and Engineering A*, vol. 593, pp. 170–177, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.msea.2013.11.038.
- [16] “Introduction to Engineering Materials - B. K. Agrawal - Google Libros.” [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=kjGjIG6d6QIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Introduction+to+Engineering+Materials,+Agrawal&ots=jNFTqcyZ3T&sig=0t4LJCocollWpasYR0zDqjMELQc&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Introduction%20to%20Engineering%20Materials%2C%20Agrawal&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=kjGjIG6d6QIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Introduction+to+Engineering+Materials,+Agrawal&ots=jNFTqcyZ3T&sig=0t4LJCocollWpasYR0zDqjMELQc&redir_esc=y#v=onepage&q=Introduction%20to%20Engineering%20Materials%2C%20Agrawal&f=false) (accessed Nov. 25, 2019).
- [17] M. Badrossamay, T. C.-I. J. of M. T. and, and undefined 2007, “Further studies in selective laser melting of stainless and tool steel powders,” *Elsevier*, Accessed: Nov. 25, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890695506002331>
- [18] Y. Bai and C. B. Williams, “An exploration of binder jetting of copper,” *Rapid Prototyp J*, vol. 21, no. 2, pp. 177–185, Mar. 2015, doi: 10.1108/RPJ-12-2014-0180.
- [19] “EOS Electro Optical Systems: Industrial 3D Printing.” <https://www.eos.info/en> (accessed Nov. 24, 2019).
- [20] Y. Zhang *et al.*, “Additive Manufacturing of Metallic Materials: A Review,” *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 27, no. 1. Springer New York LLC, pp. 1–13, Jan. 01, 2018. doi: 10.1007/s11665-017-2747-y.
- [21] H. Lee, C. H. J. Lim, M. J. Low, N. Tham, V. M. Murukeshan, and Y. J. Kim, “Lasers in additive manufacturing: A review,” *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, vol. 4, no. 3. Korean Society for Precision Engineering, pp. 307–322, Jul. 01, 2017. doi: 10.1007/s40684-017-0037-7.
- [22] I. Gibson, D. Rosen, and B. Stucker, *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing, second edition*. Springer New York, 2015. doi: 10.1007/978-1-4939-2113-3.
- [23] T. Obikawa, M. Yoshino, J. S.-J. of M. Processing, and undefined 1999, “Sheet steel lamination for rapid manufacturing,” *Elsevier*, Accessed: Nov. 19, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013699000278>
- [24] M. Alizadeh-Osgouei, Y. Li, and C. Wen, “A comprehensive review of biodegradable synthetic polymer-ceramic composites and their manufacture for biomedical applications,” *Bioact Mater*, vol. 4, no. 1, pp. 22–36, Dec. 2019, doi: 10.1016/J.BIOACTMAT.2018.11.003.
- [25] J. R.-H. Carmen M. González-Henríquez, Mauricio A. Sarabia-Vallejos, “ELSEVIER,” *Prog Polym Sci*, p. 60, 2019.
- [26] J. L. E. Ely Dannier V-Niño, Andrés Díaz Lantada, Quentin Lonne, Hugo Armando Estupiñán Durán, Enrique Mejía-Ospino, Gustavo Ramírez-Caballero, “MDPI,” *Polymers (Basel)*, vol. 10, no. 12, 2018.

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- [27] M. Mele, G. Campana, and G. D'Avino, "Life cycle impact assessment of desktop stereolithography," *J Clean Prod*, vol. 244, p. 118743, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2019.118743.
- [28] J. G. D. T. Vamsi Krishna Balla, Kunal H. Kate , jagannadh Satyavolu, Paramjot Singh, "EL SERVIER," *Compos B Eng*, vol. 174, 2019.
- [29] R. C. A. Arnaldo D.Valino, John Ryan C.Dizona, lejandro H.Espera Jr, Qiyi Chen, Jamie Messman, "E SERVIER," *Prog Polym Sci*, vol. 98, 2019.
- [30] E. J. L. Chi Zhang, Fei Chen Zhifeng Huang, Mingyong Jia, Guiyi Chen, Yongqiang de Ye, Yaojun Lin, Wei Liu Bingqing Chen, Qiang Shen, Lianmeng Zhang, "EL SERVIER," *CIENCIA E INGENIERIA DE MATERIALES: A*, vol. 764, 2019.
- [31] K. L. A.El Moumen, M.Tarfaoui, "ELSEVIER," *Compos B Eng*, vol. 171, 2019.
- [32] A. P. R. Ana Paula Moreno Madrid, Sonia Mariel Vrecha, María Alejandra Sanchez, "EL SERVIER," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 100, 2019.
- [33] D. H. Tuan D. Ngo, Alireza Kashani, Gabriele Imbalzano, Kate TQ Nguyen, "EL SERVIER," *COMPOSITES*, vol. 143, 2018.
- [34] L. C. A. Adam L.Tyson, Stephen T.Hilton, "EL SERVIER," *Int J Pharm*, vol. 494, no. 2, 2015.
- [35] M. L. S. T. Giovanni Postiglione, Gabriele Natale, Gianmarco Griffini, "EL SERVIER," *Compos Part A Appl Sci Manuf*, vol. 76, 2015.
- [36] M. Javaid and A. Haleem, "Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review," *J Oral Biol Craniofac Res*, vol. 9, no. 3, pp. 179–185, Jul. 2019, doi: 10.1016/J.JOBCR.2019.04.004.
- [37] S. L. Brad W. Hoff, Sabrina S. Maestas, Steven C. Hayden, Daniel J. Harrigan, Rachael O. Grudt, Michele L. Ostraat, John C. Horwath, "EL SERVIER," *Addit Manuf*, vol. 22, 2018.

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

<b>Nombre de la guía:</b>	Procesos de inyección de plásticos
<b>Código de la guía (No.):</b>	000
<b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Laboratorio de polímeros
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	2 horas
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura
<b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de las máquinas inyectoras.</li> <li>Conocer los procesos de inyección de plásticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de máquina inyectora</li> <li>Proceso de inyección de plásticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja la máquina inyectora.</li> <li>Reconoce el proceso de inyección de plásticos.</li> </ul>


## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Moldeo por inyección.

El moldeo por inyección es un proceso con el que se calienta un polímero hasta que alcanza un estado muy plástico y se le fuerza a que fluya a alta presión hacia la cavidad de un molde, donde se solidifica. Entonces, la pieza moldeada, llamada *moldeado*, se retira de la cavidad[1], [2]. El proceso produce componentes específicos o discretos que casi siempre son de forma neta o definida. Es común que el ciclo de producción dure de 10 a 30 segundos, aunque no son raros ciclos de un minuto o más para las piezas grandes[1].

### 2.2. Proceso de inyección.

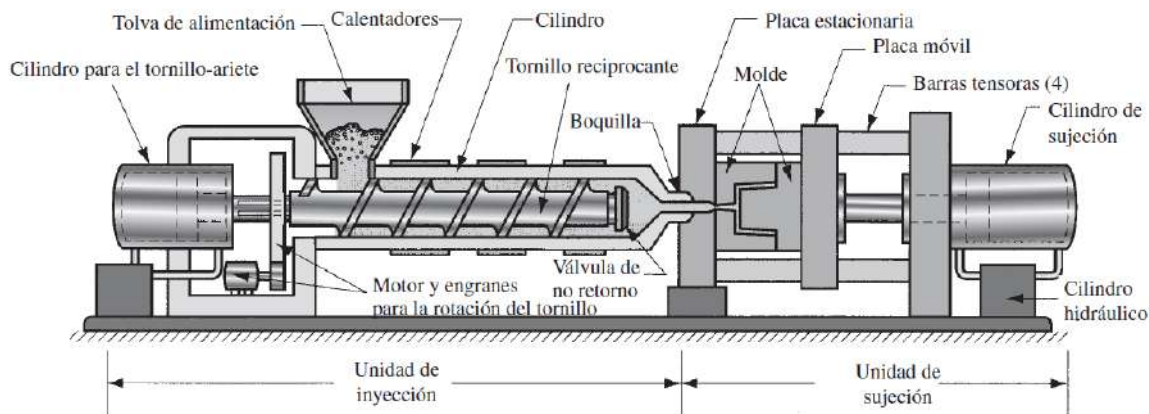
Los pellets o gránulos termoplásticos calentados a temperaturas superiores a la de fusión [3], alimentan al cilindro caliente y el fundido se fuerza dentro del molde mediante un *émbolo*

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

hidráulico o con un sistema de *tornillo giratorio* de un extrusor, para producir una pieza. El barril (cilindro) se calienta por fuera para estimular la fusión del polímero. Sin embargo, en las máquinas de moldeo por inyección, una parte mucho mayor del calor transferido al polímero se debe al calentamiento por fricción[4]. De esta manera se produce una amplia diversidad de productos, desde tazas, peines y engranes hasta botes para basura[3].

### 2.3. Máquina inyectora

Como se ilustra en la Figura 1, una máquina de moldeo por inyección consta de dos componentes principales: 1) la unidad de inyección de plástico y 2) la unidad de sujeción del molde[1] Por lo general, las máquinas de moldeo por inyección son horizontales[4]

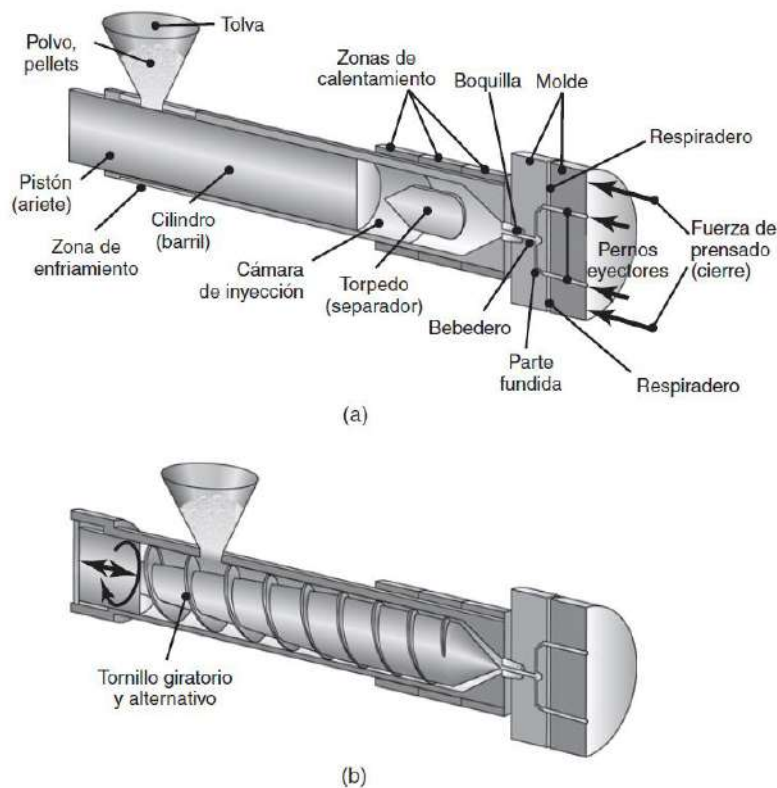


**Figura 1.** máquina de moldeo por inyección, del tipo de tornillo recíprocante [1]

Las máquinas modernas son del *tipo tornillo alternativo o plastificante* (Figura 2b). Conforme aumenta la presión a la entrada del molde, el tornillo giratorio empieza a retroceder por la presión hasta una distancia predeterminada. Este movimiento controla el volumen del material a inyectar. Después el tornillo deja de girar y se empuja hidráulicamente hacia delante, precipitando el plástico fundido dentro de la cavidad del molde. Por lo general, las presiones desarrolladas van de 70 a 200 MPa (10,000 a 30,000 psi). Para los termoplásticos, los moldes se mantienen relativamente fríos, a unos 90 °C (190 °F). Las partes de termofijos se moldean en moldes calientes a unos 200 °C (400 °F), donde tiene lugar la *polimerización* y el *encadenamiento cruzado*.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

Las máquinas verticales se utilizan para fabricar partes pequeñas de tolerancia cerrada y para moldeo con insertos. Por lo general, la fuerza de cierre de las matrices se suministra por medios hidráulicos, aunque también se utilizan medios eléctricos (que pesan menos y son menos ruidosos que aquéllos). Las máquinas modernas se equipan con microprocesadores y microcomputadoras en un tablero de control y supervisan todos los aspectos de la operación. Las máquinas se clasifican de acuerdo con la capacidad del molde y la fuerza de sujeción; en la mayoría esta fuerza va de 0.9 a 2.2 MN (100 a 250 toneladas). La máquina más grande en operación tiene una capacidad de 45 MN (5000 toneladas) y puede producir partes de 25 kg (55 libras)[4].

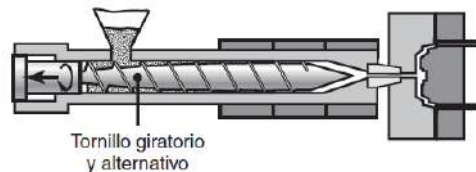


**Figura 2.** Esquema del moldeo por inyección con: (a) émbolo, y (b) tornillo giratorio alternativo.

### 2.3.1. Secuencia de operación

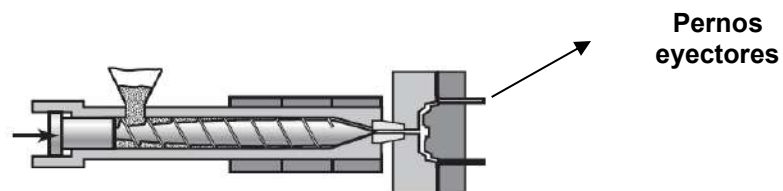
	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- a. Se acumula polímero frente al buje del bebedero. La presión empuja el tornillo hacia atrás. Cuando se acumula suficiente polímero, la rotación se detiene, como se observa en la Figura 3.



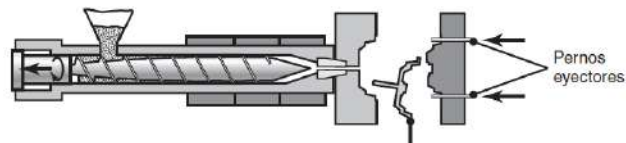
**Figura 3.** Acumulación de polímero frente a bebedero.

- b. Cuando el molde está listo, el tornillo se empuja hacia delante con un cilindro hidráulico, llenando con polímero el buje del bebedero, el bebedero y la cavidad del molde. El tornillo empieza a girar nuevamente para acumular más polímero, como se observa en la Figura 4.




**Figura 4.** Presión de empuje hacia adelante para acumulación de polímero.

- c. Después de que el polímero se solidifica/cura, se abre el molde y los pernos eyectores o expulsores (que se muestran en la Figura 4), los cuales extraen la parte moldeada, como se observa en la Figura 5.



**Figura 5.** Apertura de molde y expulsión de pieza solidificada.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

Después de que la parte se ha enfriado lo suficiente (para los termoplásticos) o curado (para los termofijos), los moldes se abren y se extrae la pieza por medio de *expulsores*. Los moldes se cierran y el proceso se repite en forma automática[4]

### 3. OBJETIVOS

- 3.1.Reconocer las características de las máquinas inyectoras y el moldeo de plásticos por inyección.
- 3.2.Conocer la secuencia de operación de la inyección de plásticos para la producción de piezas.

### 4. RECURSOS REQUERIDOS

4.1.Laboratorio de polímeros

4.2.Equipos.

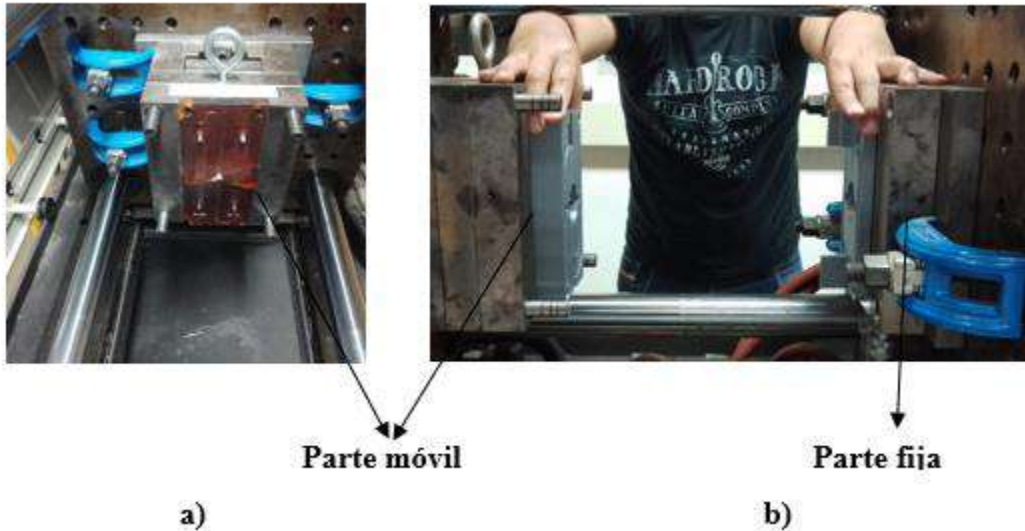
- Inyectora



**Figura 6.** Inyectora ubicada en el laboratorio de polímeros parque i ITM. 1) Unidad de alimentación, 2) Unidad de inyección y 3) Unidad de cierre.

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- **Molde de inyección:** El molde está compuesto por una parte fija y una móvil, cada una de ellas obedece a la geometría específica de la pieza final a fabricar. En la Figura 7 se muestran las partes del molde.



**Figura 7.** Unidad molde de inyección a) Parte móvil b) Parte fija y móvil.

#### 4.3. Materiales e insumos


La inyectora tiene la capacidad para procesar materiales termoplásticos hasta temperaturas de proceso de 350 °C. Se usarán materiales:

-Polietileno (PP) grado inyección. Las especificaciones técnicas y parámetros de inyección en hoja de especificaciones y propiedades mecánicas-térmicas para proceso de inyección [5], [6].

-Poliuretano termoplástico grado inyección. Las especificaciones técnicas y parámetros de inyección en hoja de especificaciones y propiedades mecánicas-térmicas para proceso de inyección [7].

-Polipropileno (PE) grado inyección. Las especificaciones técnicas y parámetros de inyección en hoja de especificaciones y propiedades mecánicas-térmicas para proceso de inyección [8].

#### 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

**5.1.Paso 1:** Inicialmente se debe calcular el parámetro de longitud de carrera de plastificación, como se muestra en la ecuación 1.

$$L = \frac{m}{\rho \pi (r)^2} + \frac{1}{10(d)}$$

**Ecuación 1.** Cálculo de longitud de carrera de plastificación.

**Donde:**

**L** es igual a longitud total

**m** es igual al peso del producto

**p** es igual a densidad

**r** es igual a radio del cilindro

**d** es el diámetro interno del cilindro

**5.2. Paso 2:** Se procede a encender el equipo de la perilla inicial, ubicada en la parte inferior central de la máquina, se debe esperar a que encienda la pantalla y cargue el programa.

**5.3. Paso 3:** Luego ingrese el usuario, modo supervisor (capacidad de modificar parámetros) o solo usuario sin modificaciones (global de la máquina/F3/SEL/OK).

**5.4. Paso 4:** Dirigirse a la pantalla de acceso a las diferentes inyecciones ingresadas por ese usuario seleccionado, para esto se debe presionar el botón F2 y cargar el archivo de inyección que se requiera.

**5.5.Paso 5:** Encender el motor eléctrico, como se muestra en la Figura 8.



	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

**Figura 8.** Botón de encendido de motor de máquina.

**5.6.Paso 6:** Encender las resistencias, como se muestra en la Figura 9.



**Figura 9.** Botón de encendido de resistencias (calefacción).

**5.7.Paso 7:** Presionar el siguiente botón y en F1, F2, F3 e ingresar los parámetros resultantes de la ecuación, en la Figura 10 se presenta uno de los botones de configuración para parámetros de inyección de máquina.



**Figura 10.** Botón de configuración tornillo de máquina.

**5.8.Paso 8:** Revisar cuanto material hay en la tolva de alimentación acorde a la cantidad de inyecciones a realizar, si es necesario agregar o retirar material utilizar el riel.

**5.9.Paso 9:** Encender el equipo adicional que regula la temperatura del molde. Graduar la temperatura deseada y verificar la calefacción de las bandas

**5.10. Paso 10:** Pasar el manejo de la maquina a semiautomático, como se observa en la Figura 11.




**Figura 11.** Botón modo semiautomático

**5.10. Paso 11:** En caso de ser necesario recalcular los parámetros con llenados parciales.

Nota: Antes de modificar parámetros se recomienda realizar mínimo entre 10-15 inyecciones.

**5.11. Paso 12:** Al finalizar todas las inyecciones, realizar una purga a la máquina.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

**5.12. Paso 13:** Presionar el botón de las bandas de calefacción, como se observa en la Figura 12.



**Figura 12.** Botón de encendido de resistencias (calefacción).

**5.13. Paso final:** Luego de esto se apaga el motor, con el botón que se muestra en la Figura 13. Apagar completamente la máquina girando la perilla de encendido inicial en el sentido contrario de las manecillas del reloj.



**Figura 13.** Botón para apagado de motor de máquina.

## **6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)**


El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental
- Resultados
- Conclusiones.

En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.

## **7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS**

Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención,


 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

<b>Elaborado por:</b>	xxxxxx
<b>Revisado por:</b>	
<b>Versión:</b>	000
<b>Fecha:</b>	

## Referencias

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] M. Beltrán and A. Marcilla, "Tema 5. Inyección," *Tecnología de polímeros*, no. Ciencias, p. 276, 2011.
- [3] "donald askeland 7 edición - Buscar con Google." Accessed: Jan. 29, 2024. [Online]. Available: [https://www.google.com/search?q=donald+askeland+7+edici%C3%B3n&scas\\_esv=41437dda0f3602d3&tbm=bks&lr=lang\\_es&sa=X&ved=2ahUKewiBiMn98YWEAxVXg4QIHezyDY0QuAF6BAgDEAI&biw=1920&bih=953&dpr=1](https://www.google.com/search?q=donald+askeland+7+edici%C3%B3n&scas_esv=41437dda0f3602d3&tbm=bks&lr=lang_es&sa=X&ved=2ahUKewiBiMn98YWEAxVXg4QIHezyDY0QuAF6BAgDEAI&biw=1920&bih=953&dpr=1)
- [4] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educacion, 2008.
- [5] T. . G. Menges. J. Flórez. L. F. Osswald, *Ciencia de Polímeros para Ingenieros*. 2010.
- [6] H. de Aguirre, "Propiedades típicas para procesos de inyección - PP Homopolímero PH1310." Plassol S.A.S - Petroquim, Chile, p. 1, 2016. [Online]. Available: <http://www.petroquim.cl/wp-content/uploads/2012/12/FT-PH1310-Dic-2012.pdf>
- [7] T. Xu, W. Shen, X. Lin, and Y. M. Xie, "Mechanical properties of additively manufactured thermoplastic polyurethane (TPU) material affected by various processing parameters," *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 12, pp. 1–16, Dec. 2020, doi: 10.3390/polym12123010.
- [8] S. Allende and P. Arriagada, "Polietileno de alta y baja densidad," *Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología*, p. 16, 2013.

 ITM Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

<b>Nombre de la guía:</b>	Manejo del Micrómetro
<b>Código de la guía (No.):</b>	00x
<b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Laboratorio de Producción
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	2 horas
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Procesos de manufactura I
<b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar lecturas de magnitud longitud con micrómetro.</li> <li>Reconocer las características y partes del micrómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partes de micrómetro.</li> <li>Proceso de medición de longitudes con micrómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplica los conocimientos obtenidos sobre lecturas con micrómetro.</li> <li>Analiza cada uno de los elementos que conforman un micrómetro.</li> </ul>

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Micrómetros

El *micrómetro* es un instrumento de medición con un amplio uso gracias a su exactitud. Este instrumento de medición consta de un husillo o tornillo micrométrico y un yunque en forma de C, (ver Figura 1)[1], [2]. El micrómetro que también es denominado tornillo de Palmer calibre de Palmer o simplemente Palmer, cuyo nombre deriva (Etimología de las palabras

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

griegas “ukeo” (micros que significa pequeño)). El tambor se mueve en relación con el yunque fijo mediante una rosca de tornillo exacta. Su funcionamiento consiste en que el tornillo micrométrico valora el tamaño de un objeto con gran precisión, en un rango del orden de centésimas o milésimas (0,01 y 0,001 respectivamente y su fabricación se basa en la norma DIN 863). Para ello cuenta con dos puntos que se aproximan entre si mediante un tornillo de rosca fina, el cual tiene grabado en su contorno una escala. La escala puede incluir un nonio. Todos los tornillos micrométricos en el sistema métrico tienen una longitud de 25 mm con un paso de rosca de 0.5 mm de modo que girando el tambor una vuelta completa el palpador avanza o retrocede 0.5 mm. En un micrómetro común cada rotación del tambor proporciona 0.025 pulg de viaje lineal. A cada eje se conecta un tamborcito graduado con 25 marcas alrededor de su circunferencia; cada marca corresponde a 0.001 pulg. generalmente, la manga del micrómetro está equipada con un vernier, el cual contiene resoluciones tan pequeñas como 0.0001 pulg. En un micrómetro con una escala métrica, las graduaciones son de 0.01 mm. Los micrómetros modernos están disponibles con dispositivos electrónicos que entregan lecturas digitales de la medición[1], [3], [4].

## 2.2.Los tipos de micrómetro más comunes son:

- a. **Micrómetro externo**, el cual se fabrica en diferentes tamaños estándar de yunque, como se observa en la Figura 1.



**Figura 1.** Micrómetro externo con precisión de 0.001”

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- b. **Micrómetro interno** el cual consiste en un ensamble de cabeza y un conjunto de varillas de diferentes longitudes para medir dimensiones exteriores que pudieran encontrarse, cómo se observa en la Figura 2.




**Figura 2.** Micrómetro interno con precisión de 0.01mm

- c. **Micrómetro de profundidad**, similar a un micrómetro interno pero especial para medir profundidades de orificios, como se observa en la Figura 3[1].



**Figura 3.** Micrómetro de profundidades con precisión de 0.01mm

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

### 2.3. El micrómetro está compuesto por las siguientes partes:

- Arco: tratado térmicamente para soportar tensiones.
- Tornillo micrométrico: construido de acero especial templado.
- Caras de medición: Sirven de apoyo para la pieza a ser medida por eso precisan ser rigurosamente planos ser rigurosamente planos paralelos.
- Tuerca de ajuste: Permite el desplazamiento del tornillo micrométrico.
- Tambor: Aquí se encuentra la escala centesimal.
- Chicharra: Asegura una presión constante de medición.
- Freno: Permite inmovilizar el tornillo.

Los micrómetros poseen características principales y estas son:

- Capacidad.
- Resolución.
- Aplicación.


En la Figura 4 se muestran las principales partes del micrómetro.



**Figura 4.** Partes de un micrómetro[5]

### 2.4. Precauciones al medir y cómo usar el micrómetro del tipo de freno de fricción

#### 2.4.1. Asegurar la limpieza del micrómetro

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

Luego de usarlo, proceda a limpiar las superficies y caras de medición del husillo, yunque y otras partes, de manera que se elimine el polvo, manchas de líquidos etc. Es recomendable, aplicar aceite anticorrosivo. De esta manera se garantiza la obtención de mediciones exactas y confiables[5].


#### 2.4.2. Uso adecuado del micrómetro

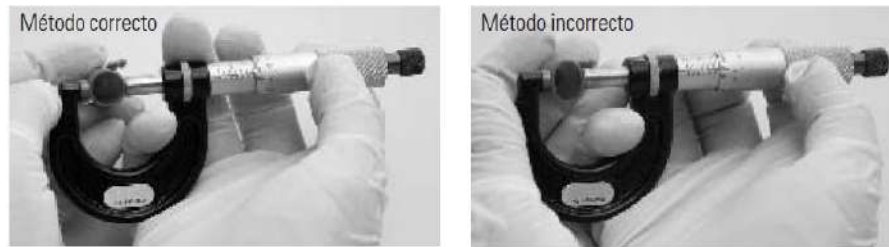
Para garantizar un uso adecuado del micrómetro, se recomienda sostener la mitad del cuerpo en la mano izquierda, y el tambor en la mano derecha, manteniendo la mano fuera del borde del yunque (ver Figura 5).



**Figura 5.** Método correcto para sujetar el micrómetro con las manos[5].

El trinquete asegura que el usuario aplique una presión adecuada de medición sobre el objeto que se está midiendo mientras se lee la medida. Justo antes de que el husillo entre en contacto con el objeto, gire el trinquete con suavidad, con los dedos; luego cuando el husillo toque el objeto, de tres o cuatro vueltas leves al trinquete a una velocidad uniforme. Si acerca la superficie del objeto directamente girando el tambor, el husillo podría aplicar una presión excesiva de medición al objeto otorgando una lectura errónea (ver Figura 6). Cuando la medición finalice, despegue el husillo de la superficie del objeto girando el trinquete en dirección opuesta.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018




**Figura 6.** Métodos correcto e incorrecto de medición[5]

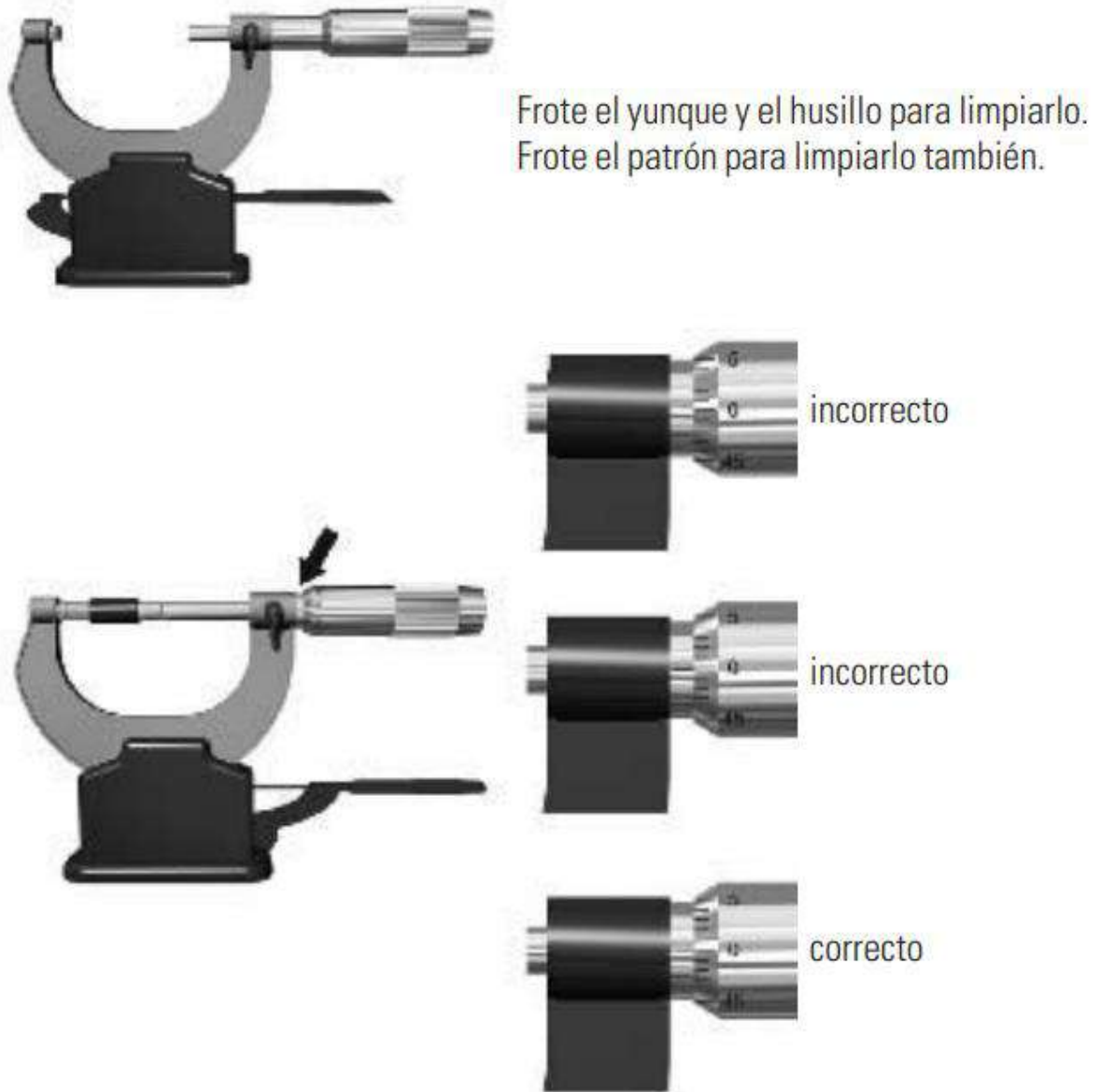
### 2.4.3. Verificación del cero

Con el uso frecuente del micrómetro o caídas, golpes fuertes, etc, existe la posibilidad de que el punto cero se desalinee, es decir, que el paralelismo entre el husillo y el yunque se desajusta, lo cual causa un movimiento del husillo anormal (ver Figura 7 y 8).



**Figura 7.** Paralelismo de las superficies de medición.

 ITM Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

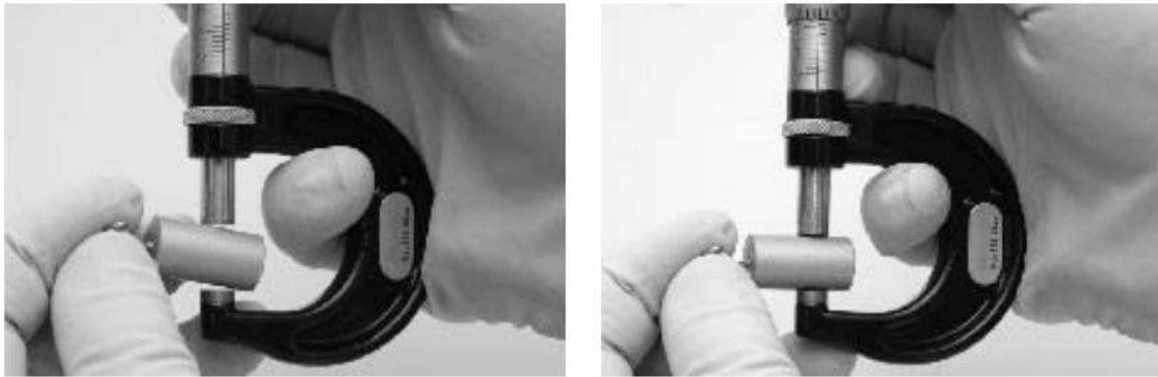


**Figura 8.** Posición del punto cero incorrecto y correcto

#### 2.4.4. Asegurar el contacto correcto entre el micrómetro y el objeto

Es muy importante garantizar que el micrómetro esté en contacto correcto con el objeto a medir. Use el micrómetro formando un ángulo recto con las superficies a medir (Figura 9).

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 9.** Contacto correcto entre el micrómetro y la pieza a medir

### 3. OBJETIVOS

- 3.1.Reconocer las características y partes de un micrómetro.
- 3.2.Aplicar los conocimientos obtenidos sobre mediciones de longitudes con micrómetro.
- 3.3.Determinar la precisión del micrómetro.

### 4. RECURSOS REQUERIDOS

#### 4.1.Materiales y equipos.

- Micrómetro
- Piezas modelo o patrones de referencia.
- Implementos de seguridad


### 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

- 5.1.Con el micrómetro, realice las mediciones de longitudes (largo y ancho) y espesor de placas de metal, de plástico y de madera, y registre las lecturas en la Tabla 1.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

**Tabla 1.** Lecturas de medición de las placas

Numero de mediciones	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
1			
2			
3			
<b>Promedio</b>			
<b>Error relativo</b>			
<b>Error absoluto</b>			
Numero de mediciones	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
1			
2			
3			
<b>Promedio</b>			
<b>Error relativo</b>			
<b>Error absoluto</b>			
Numero de mediciones	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
1			
2			
3			
<b>Promedio</b>			
<b>Error relativo</b>			
<b>Error absoluto</b>			

 ITM Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

5.2. Para un objeto cilíndrico realice las mediciones de diámetros internos y externos en 2 puntos en forma de cruz:

**Tabla 2.** Lecturas de medición de objetos cilíndricos

<b>Pieza u objeto</b>	<b>Longitud (mm)</b>	<b>Diámetro interno (mm)</b>	<b>Diámetro externo (mm)</b>
<b>1</b>			
<b>2</b>			
<b>3</b>			
<b>Promedio</b>			
<b>Error relativo</b>			
<b>Error absoluto</b>			

## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)


El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental
- Resultados
- Conclusiones.

En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.

## 7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención,

 ITM Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018


minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] Dotson C, *Fundamentals of dimensional metrology*, Cengage Learning. New York, 2006.
- [3] D. Malacara Hernández, "La metrología óptica y sus aplicaciones," *Acta Univ*, vol. 15, no. 1, pp. 5–12, 2005, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41615101>
- [4] M. A. Jesús *et al.*, "Instrumentos de medición."
- [5] A. E. Esquivel, "y sus aplicaciones Metrología," 2014, Accessed: Mar. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/pages/Interfase->


<b><i>Elaborado por:</i></b>	xxxxxx
<b><i>Revisado por:</i></b>	
<b><i>Versión:</i></b>	001
<b><i>Fecha:</i></b>	
<b><i>Aprobado por:</i></b>	

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

<b>Nombre de la guía:</b>	Manejo de Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm)
<b>Código de la guía (No.):</b>	00x
<b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Laboratorio de Producción
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	2 horas
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Procesos de manufactura I
<b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar lecturas de magnitud longitud con Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> <li>Reconocer las características y partes Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partes de pie de rey</li> <li>Proceso de medición de longitudes con Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplica los conocimientos obtenidos sobre lecturas con Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> <li>Analiza cada uno de los elementos que conforman un Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm).</li> </ul>

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Instrumentos de medición dimensional

Los instrumentos de medición se dividen en dos puntos: graduados y no graduados. Los *dispositivos de medición graduados* incluyen un conjunto de marcadores (llamados *graduaciones*) sobre una escala lineal o angular, contra la cual puede compararse la característica de interés del objeto. Los *dispositivos de medición no graduados* no poseen tal escala y se usan para hacer comparaciones entre las dimensiones o para transferir una dimensión y efectuar su medición mediante un dispositivo graduado. Existen diversos calibradores graduados para diferentes propósitos de medición. El más simple es el *calibrador deslizable, pie de rey o vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm)*[1].

#### 2.1.1. Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm)

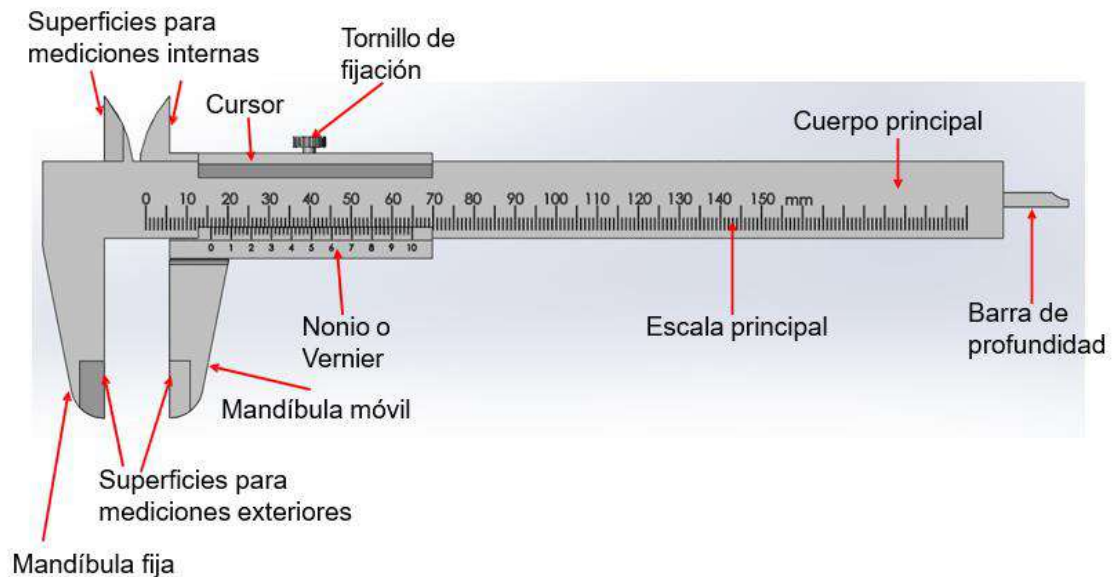
Es una regla de acero a la cual se le añaden dos quijadas, una fija en un extremo de la regla y la otra móvil, y consta de las siguientes partes (Ver Figura 1):

- Mordazas para medidas externas.
- Mordazas para medidas internas.
- Coliza para medida de profundidades.
- Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
- Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
- Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
- Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.
- Botón de deslizamiento y freno.

El pie de rey es un instrumento de precisión usado para medir pequeñas longitudes (centésimas de milímetros) de diámetros externos, internos y profundidades, en una sola operación. Fue inventado en 1631 por Pierre Vernier para interpretar con mayor

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

aproximación las fracciones decimales (de longitudes o ángulos) gracias a subdivisiones lineales o fracciones de arco[2]. Los pie de rey o calibradores deslizables se usan para mediciones internas o externas, dependiendo si se usan las caras internas o externas de la quijada. Para usarlo, las quijadas se ponen en contacto con las superficies de las piezas que se van a medir y la posición de la quijada móvil indica la dimensión de interés. Los calibradores deslizables permiten mediciones más precisas y exactas que las reglas simples. Un refinamiento del calibrador deslizable es el *calibrador vernier*, que se muestra en la figura 1. En este dispositivo, la quijada móvil incluye una escala de vernier, llamada así en honor de P. Vernier (1580-1637), el matemático francés que la inventó. El vernier proporciona graduaciones de 0.01 mm en el SI (y 0.001 pulgadas en la escala de uso común en Estados Unidos), mucho más preciso que el calibrador deslizable[1].



**Figura 1.** Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm)

## 2.1.2. Precauciones al realizar mediciones de longitud con pie de rey[3]

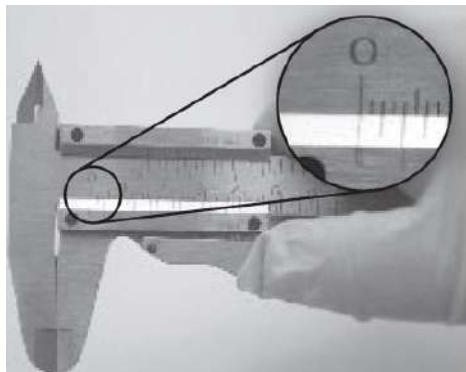
### 2.1.2.1. Verificar que el pie de rey se encuentre en condiciones óptimas de medición

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- a) Antes de efectuar cualquier medición, inicie limpiando el polvo y suciedad de las superficies del objeto a medir, así como también de las partes del pie de rey tales como cursor, regleta; y superficies deslizantes, dado que el polvo puede obstruir el deslizamiento del cursor lo cual puede incurrir en lecturas erróneas.
- b) Verifique que las superficies de medición de las mandíbulas y las superficies para mediciones internas estén libres de dobleces y daños.
- c) Corrobore que las superficies deslizantes de la regleta o cuerpo principal estén en perfectas condiciones de uso.

Para obtener mediciones correctas verifique que la herramienta esta acomodada de la siguiente manera:

- a) Cuando el cursor este completamente cerrado, el cero de la escala de la regleta y del nonio deben estar alineados uno con otro (ver Figura 2).



**Figura 2.** Verificando el contacto nivelado[3].

Al verificar las superficies de medición de las mandíbulas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Un contacto correcto entre las mandíbulas corroborando que no pasa luz entre las superficies de contacto de las mandíbulas.

- b) Coloque el pie de rey hacia arriba sobre una superficie plana, con la barra de profundidad hacia abajo; empuje la barra de profundidad, si las graduaciones cero en el cuerpo principal

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

y la escala del nonio están desalineadas, el medidor de profundidad también estará desalineado (ver Figura 3).

c) Verifique que el cursor se deslice suavemente a lo largo de la regleta.



**Figura 3.** Verificando el medidor de profundidad[3].

#### **2.1.2.2. Ajuste del pie de rey sobre el objeto a medir**

Coloque el objeto entre las mandíbulas, sostenga el pie de rey con ambas manos, coloque el dedo pulgar sobre el botón y empuje suavemente las mandíbulas del nonio contra el objeto a medir. (Ver Figura 4).

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



## Medidas de longitud

**Figura 4.** Medición de objetos con pie de rey: a) Interiores, b) Exteriores y c) Profundidad[3]

### 3. OBJETIVOS

- 3.1. Reconocer las características y partes de un pie de rey.
- 3.2. Aplicar los conocimientos obtenidos sobre mediciones de longitudes con pie de rey.
- 3.3. Determinar la precisión del pie de rey


### 4. RECURSOS REQUERIDOS

#### 4.1. Materiales y equipos.

- Pie de rey
- Piezas modelo o patrones de referencia.
- Implementos de seguridad

### 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

#### 5.1. Registrar los valores numéricos en mm y pulgadas de:

 <b>ITM</b> Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

a. Precisión del instrumento:

se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = R/n$$

Donde P: precisión del instrumento, R: módulo de escala principal, n: número de divisiones del vernier

$$R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm} \quad R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ pulgadas.}$$

b. Numero de divisiones del nonio


$$R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm} \quad R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ pulgadas.}$$

c. División de escala.

$$R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm} \quad R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ pulgadas.}$$

**5.2.** Con el pie de rey, realice las mediciones de los patrones suministradas por el docente para: longitud externa, interna, profundidad.

Instrumento de medida:				
Marca:				
Rango de medición:				
División de la escala				
Resolución o apreciación:				
Pieza u objeto	Lectura 1(mm)	Lectura 2(mm)	Lectura 3(mm)	Promedio
1				
2				
3				
4				

 ITM Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

5				
6				


**5.3.** Para un objeto circular (tipo anillo) realice las mediciones de profundidad, diámetro interior y exterior:

<b>Profundidad</b>				
Pieza u objeto	Lectura 1(mm)	Lectura 2(mm)	Lectura 3(mm)	Promedio
1				
2				
3				
<b>Diámetro interior</b>				
1				
2				
3				
<b>Diámetro exterior</b>				
1				
2				
3				

## **6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)**

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- Resultados
- Conclusiones.

En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno. En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.

## 7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo al plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

## 8. BIBLIOGRAFÍA


---

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, “Introducción a los procesos de manufactura,” 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] “Metrología y sus Aplicaciones - Google Books.” Accessed: Mar. 03, 2024. [Online]. Available: [https://www.google.com.co/books/edition/Metrolog%C3%ADa\\_y\\_sus\\_Aplicaciones/P-ThBAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.co/books/edition/Metrolog%C3%ADa_y_sus_Aplicaciones/P-ThBAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- [3] A. E. Esquivel, “y sus aplicaciones Metrología,” 2014, Accessed: Mar. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/pages/Interfase->

<b>Elaborado por:</b>	<i>Libia María Baena Pérez, Jose Adrián Tamayo</i>
-----------------------	--

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

<i>Revisado por:</i>	
<i>Versión:</i>	001
<i>Fecha:</i>	
<i>Aprobado por:</i>	

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA


<b>Nombre de la guía:</b>	Procesos de remoción de material en torno Sherline
<b>Código de la guía (No.):</b>	005
<b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Laboratorio de Producción
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	2 horas
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I
<b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de los tornos y las operaciones de torneado.</li> <li>Conocer los procesos de remoción externa e interna de material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de Torno Sherline</li> <li>Proceso de remoción de material mediante operaciones de torneado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja el torno Sherline</li> <li>Reconoce el proceso de remoción de material mediante operaciones de torneado.</li> </ul>

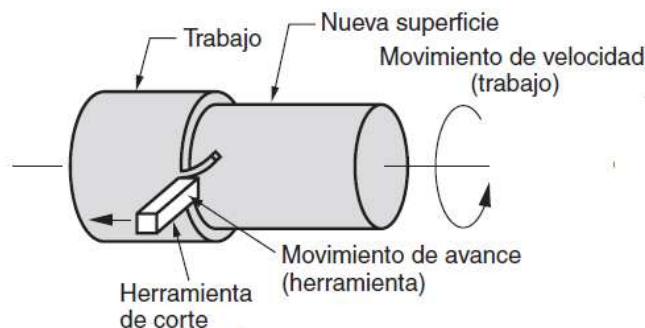
## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Procesos de arranque de viruta

*El mecanizado o conformado por arranque de viruta* es un procedimiento que permite modificar formas, dimensiones y/o el grado de acabado superficial de piezas obtenidas con otros procesos de manufactura como la fundición o técnicas de conformado por deformación plástica tales como trefilado, laminación, forja, embutición, etc. Esta transformación o modificación se realiza arrancando capas de metal que se transforman en viruta [1].

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

**Se define viruta** como el exceso de material eliminado en los procesos de mecanizado. Esta viruta se produce por la continua deformación plástica y cizallamiento que se produce del material a lo largo del plano de corte.




**Figura 1.** Arranque de viruta con máquina herramienta torno[2]

**Los procesos de arranque de viruta o procesos de remoción de material:** son una familia de operaciones de formado en las que el material sobrante es removida de una pieza de trabajo inicial de tal manera que lo que queda es la forma final que se desea conseguir [2]. Estos procesos de maquinado se realizan en máquinas o herramientas de corte para remover el material sobrante de una pieza o elemento de trabajo, de manera que el material que queda luego del mecanizado sea la forma de la pieza deseada. La acción preponderante del corte implica la deformación cortante del material de trabajo con el propósito de formar la viruta; al removerse la viruta, queda exteriorizada una nueva superficie. El maquinado se aplica más frecuentemente para formar metales aunque también para polímeros y maderas[2].

**Tipos de operaciones de maquinado** Hay muchas clases de operaciones de maquinado, cada una de las cuales es capaz de generar una cierta configuración geométrica y textura superficial

*Los procesos más utilizados son*[1][3]

- Torneado
- Fresado
- Perforado
- Taladrado

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- Mandrinado
- Cepillado
- Escariado
- Rectificado
- tronzado

## 2.2.El torno

El torno básico usado para torneado y operaciones afines es un torno mecánico. Es una máquina herramienta muy versátil que se opera en forma manual, hace girar la pieza y, por medio de una herramienta, busca dar a la pieza una forma cilíndrica. El término máquina se originó en el tiempo en que estos mecanismos eran movidos por máquinas de vapor. La pieza a trabajar se sostiene en un plato y gira sobre su eje, mientras una herramienta de corte avanza sobre las líneas del corte deseado. Permite mecanizar piezas de forma geométrica (cilindros, conos). Se utiliza principalmente para operaciones de torneado rápido de metales, madera y plástico. Estos dispositivos se encargan de hacer girar la pieza mientras las herramientas de corte son empujadas contra su superficie, cortando las partes sobrantes en forma de viruta[4].[2]

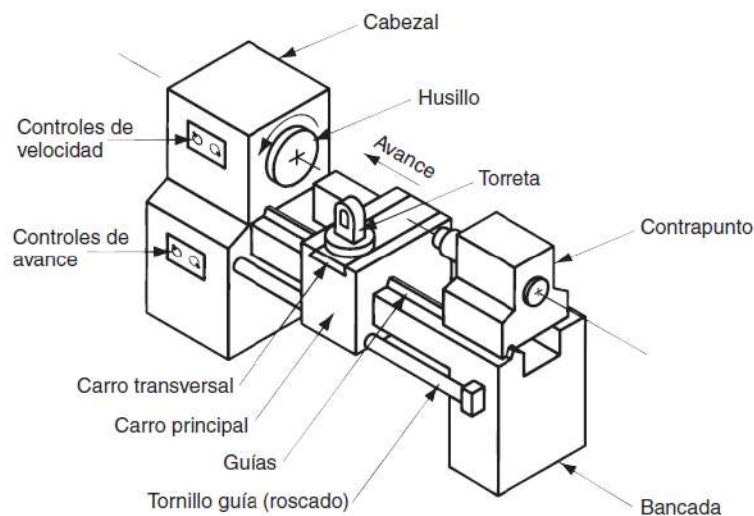
### 2.2.1. Partes principales del torno[1], [2], [4], [5]

- **Bancada:** Sirve de soporte para las otras unidades del torno. Provee un armazón rígido para la máquina herramienta.
- **Eje principal y plato mordaza:** sobre el plato se coloca la pieza a mecanizar para que gire. En el otro extremo lleva un eje terminado en punta que es móvil, llamado contrapunto, para sujetar la pieza por un punto. En este se monta un centro para sostener el otro extremo de la pieza de trabajo.
- **Husillo:** es una pieza tubular que en uno de sus extremos tiene conectada una polea que recibe el movimiento del motor, y en el otro extremo tiene conectado el plato.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018


- **Caja Norton o cabezal:** sirve para ajustar las revoluciones de las velocidades mediante unas palancas que accionan un conjunto de engranajes que se encuentran en el interior de la caja. Contiene la unidad de transmisión que mueve el husillo que hace girar al trabajo.
- **Carro Portaherramientas:** son los carros que permiten desplazar la herramienta de corte. Todo el conjunto de los carros se apoya en una caja de fundición llamada Delantal o Carro Portaherramientas, que tiene por finalidad contener en su interior los dispositivos que le transmiten los movimientos a los carros.

La herramienta de corte es sostenida por una **torreta o torre portaherramienta** que se encuentra fija al carro transversal, que se ensambla al carro principal.



**Figura 2.** Partes del torno[2], [4]

- **El carro principal** se diseña para deslizarse sobre las guías del torno a fin de hacer avanzar la herramienta paralelamente al eje de rotación. **Las guías** son una especie de rieles a lo largo de los cuales se mueve el carro y están hechas con gran precisión para lograr un alto grado de paralelismo respecto al eje del husillo. Las guías se construyen sobre la **bancada**.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

### 2.2.2. Tipos de tornos[1]


- Torno de banco
- Tornos de propósito especial
- Tornos copiadores
- Torno Automático
- Torno de Control Numérico
- Máquinas automáticas para barras

### 2.3. Operaciones de torneado

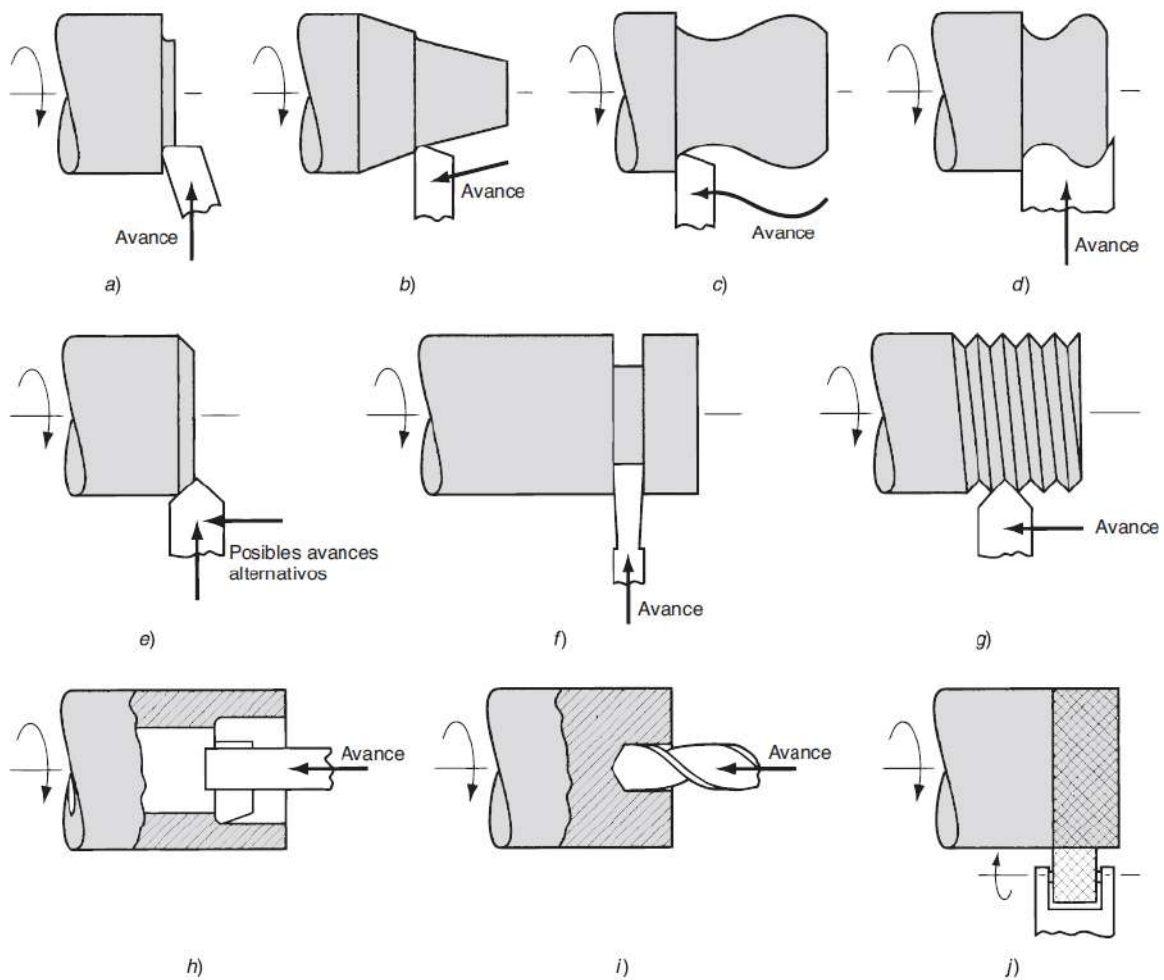
Uno de los procesos de maquinado más básicos es el torneado, en el cual la parte rota mientras se está maquinando. Por lo común, el material inicial es una pieza de trabajo que se ha fabricado mediante otros procesos, como fundición, forjado, extrusión, estirado o metalurgia de polvos, etc [1]. El torneado es un proceso de maquinado en el cual una herramienta de una sola punta remueve material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica en rotación; la herramienta avanza linealmente y en una dirección paralela al eje de rotación, como se ilustra en las figuras. El torneado se lleva a cabo tradicionalmente en una máquina herramienta llamada torno, la cual suministra la potencia para tornear la pieza a una velocidad de rotación determinada con avance de la herramienta y profundidad de corte especificados

Con las herramientas de corte adecuadas, en un torno se pueden realizar muchas operaciones de torneado tales como[4]:

- Cilindrado
- Refrentado
- Taladrado
- Escariado
- Moleteado
- Mandrinado
- Chaflanado

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- Tronzado
- Roscado
- Ranurado
- Torneado cónico
- Contornos
- Formas

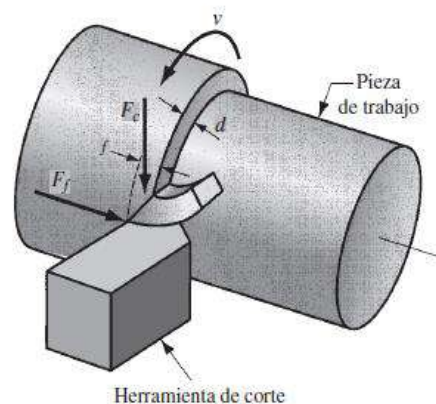


**Figura 5.** Operaciones de torneado. a) careado, b) torneado ahusado, c) torneado de contornos, d) torneado de formas, e) achaflanado, f) tronzado, g) roscado, h) perforado, i) taladrado y j) moleteado.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018


## 2.4. Buriles

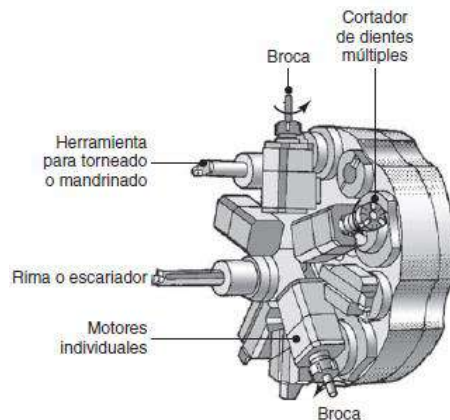
El mecanizado de materiales con tornos se realiza con herramientas de corte que permiten obtener formas cilíndricas, tales como el buril. Los buriles son herramientas manuales, empleadas en las operaciones de torneado para mecanizar y cortar materiales metálicos con desprendimiento de viruta. Estas herramientas están formadas por un cuerpo o barra prismática con un cabezal o punta de forma variada, que se usa para cortar, marcar, ranurar o desbastar materiales con arranque de viruta.



**Figura 14.** Herramienta de corte: Buril[4]

El montaje del buril es fácil, a la parte del torno llamada “torreta” se le aflojan los tornillos necesarios para que quepa el buril, hecho lo anterior tal vez sea necesario poner debajo del buril algún elemento, para poder alinear el buril con el punto giratorio. La punta del buril con la que se va a desbastar tiene que estar alineada con el centro del punto giratorio.

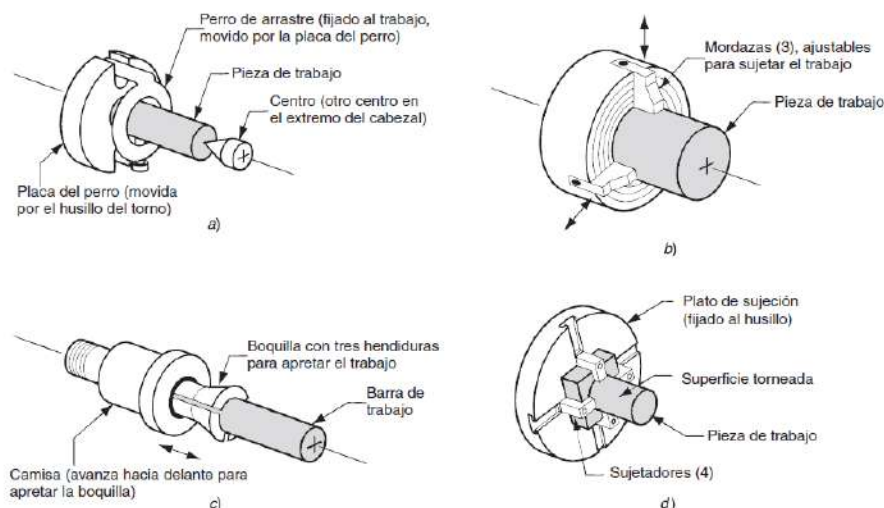
	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018




**Figura 15.** Torreta o torre portaherramienta equipada con 10 herramientas, algunas de las cuales son mecánicas[3]

## 2.5. Sujeción de la pieza: Mordazas, plato de garras o mandril

Se usan cuatro métodos comunes para sujetar las piezas de trabajo en el torneado, que a su vez consisten en varios mecanismos para sujetar la pieza, centrarla y mantenerla en posición sobre el eje del husillo y hacerla girar.



**Figura 16.** Sujeción de la pieza. Cuatro métodos para sujetar el trabajo en un torno: a) montaje del trabajo entre centros usando un perro de arrastre, b) mandril de tres mordazas, c) boquilla y d) plato de sujeción para piezas de trabajo no cilíndricas[2].

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

### 3. OBJETIVOS

3.1.Reconocer las características de los tornos y las operaciones de torneado.

3.2.Conocer los procesos de remoción externa e interna de material.

### 4. RECURSOS REQUERIDOS

4.1.Laboratorio de producción

4.2.Equipos.

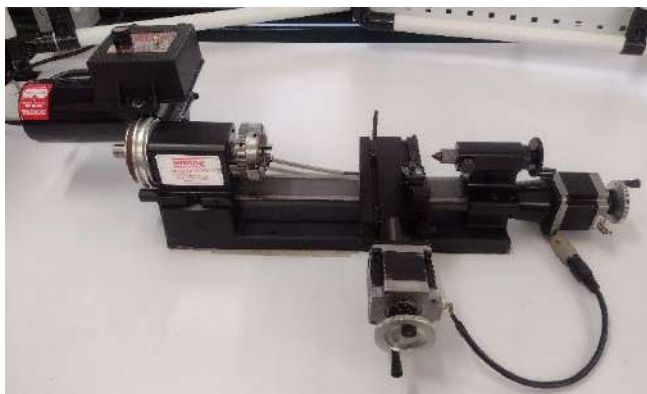
- Torno *Sherline*

4.3.Materiales e insumos


### 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

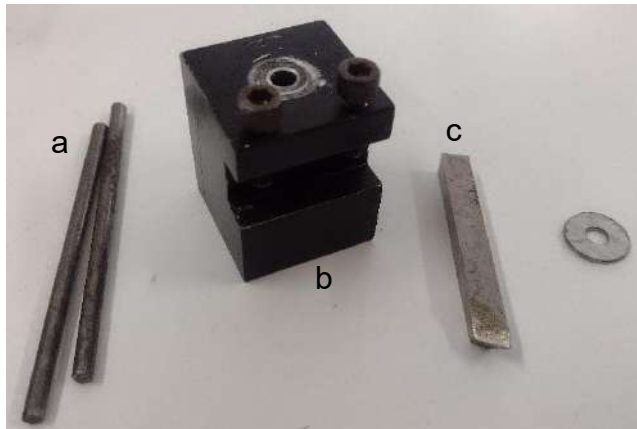
5.1.Inicialmente se realizará un reconocimiento del torno (Figura 17), sus partes y herramientas que emplea (Figura 18):

- Torreta
- Butil (cuchilla de corte)
- Barritas de ajuste



**Figura 17.** Torno Sherline

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 18.** Herramientas del torno. a) barras de ajuste, b) Portaherramientas, c) cuchilla de corte o buril

5.2. Luego se seleccionará la pieza (madera, polímero o metal ) para realizar cilindrado y refrentado.



**Figura 19.** Muestras para mecanizar (refrentado y cilindrado)

5.3. Inicialmente se lleva a cabo el montaje de la pieza de trabajo en las mordazas y el portaherramientas para el buril. Con las barras de ajuste se procede a ajustar las mordazas con la pieza a mecanizar.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 20.** Montaje y ajuste de pieza en el cabezal



**Figura 21.** Montaje de pieza y torreta en el torno

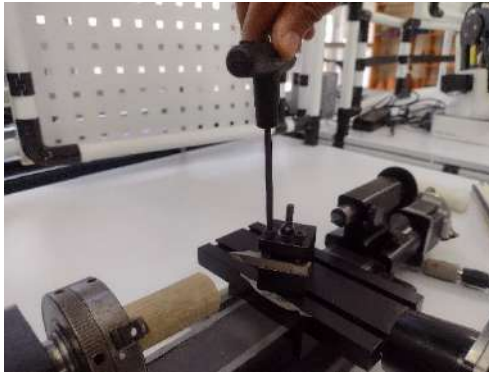
5.4. Luego se lleva a cabo el montaje del buril en la torreta o portaherramienta, y se posicionan en el carro móvil en un ángulo de  $30^\circ$



**Figura 22.** Portaherramientas y buril en carro móvil a  $30^\circ$

5.5. Luego se ajusta el buril en la torreta con las tuercas de seguridad.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 23.** Ajuste de buril en la torreta

5.6. Finalmente se cuadran las velocidades del cabezal y se enciende el torno (ON).




**Figura 24.** Variador de velocidad y perilla de encendido - apagado del motor del cabezal

## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)

El informe debe ser presentado tipo artículo científico, el cual consta de los siguientes ítems:

- Resumen
- Introducción.
- Metodología experimental
- Resultados
- Conclusiones.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

En la metodología experimental deberá describirse el procedimiento de preparación de ángulos en los buriles de corte empleados en el torno. En los resultados deberán colocarse y explicarse todas las observaciones, cálculos, e información obtenida durante toda la práctica.

## 7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados en esta práctica de laboratorio deberán ser dispuestos de acuerdo al plan de manejo de residuos sólidos AGA 001 capítulo 8, donde se informa la prevención, minimización y separación de la fuente, además tener en cuenta el procedimiento de manejo integral de residuos PGAH 013. Lo anterior con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente y la salud de los usuarios que asisten a los Talleres y Laboratorios de la institución.

## 8. BIBLIOGRAFÍA


---

- [1] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educacion, 2008.
- [2] M. P. Groover, *FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA. Materials, Processes and Systems*. 2007.
- [3] S. Kalpakjian, S. R. Schmid, and G. Sánchez García, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación, 2002. Accessed: Dec. 11, 2017. [Online]. Available:  
[https://books.google.com.co/books?id=gilYI9\\_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20Arnaldo%20Alonso%20Baquero.&hl=es&source=gbs\\_similarbooks](https://books.google.com.co/books?id=gilYI9_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20Arnaldo%20Alonso%20Baquero.&hl=es&source=gbs_similarbooks)
- [4] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available:  
<http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [5] M. P. Groover, C. M. de la Peña Gómez, M. A. Martínez Sarmiento, and F. J. Sandoval Palafox, *Fundamentos de manufactura moderna : materiales, procesos y sistemas*. Prentice-Hall, 1997. Accessed: Nov. 15, 2018. [Online]. Available:  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tcV0l37tUr0C&oi=fnd&pg=PR13&dq=libro+fundamentos+de+manufactura+groover+tercera+edici%C3%B3n&ots=7ZOWc6eyYz&sig=cl9EO7hUi4Ypbwa1\\_S31lmbG7O0#v=onepage&q](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tcV0l37tUr0C&oi=fnd&pg=PR13&dq=libro+fundamentos+de+manufactura+groover+tercera+edici%C3%B3n&ots=7ZOWc6eyYz&sig=cl9EO7hUi4Ypbwa1_S31lmbG7O0#v=onepage&q)

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

=libro%20fundamentos%20de%20manufactura%20groover%20tercera%20e  
dici%C3%B3n&f=false

<b><i>Elaborado por:</i></b>	<i>Libia María Baena Pérez, Jose Adrián Tamayo</i>
<b><i>Revisado por:</i></b>	
<b><i>Versión:</i></b>	<i>001</i>
<b><i>Fecha:</i></b>	
<b><i>Aprobado por:</i></b>	

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

<b>Nombre de la guía:</b>	Procesos de unión permanente-Soldadura MIG
<b>Código de la guía (No.):</b>	001
<b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Laboratorio de máquinas y herramientas.
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	4 horas
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura 2, Máquinas y herramientas.
<b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer las características de los diferentes equipos de soldadura y sus operaciones.</li> <li>Conocer los procesos de unión de materiales metálicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo de equipos de soldadura MIG convencional.</li> <li>Proceso de corte con sierra circular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maneja los equipos de soldadura convencional.</li> <li>Reconoce el proceso de uniones permanentes mediante operaciones de soldadura.</li> </ul>

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

### 2.1. Uniones permanentes-Soldadura.

Los procesos de soldadura que se describen a continuación implican la fusión parcial y la unión entre dos miembros. En este contexto, la soldadura por fusión se define como la fusión y coalescencia de materiales mediante calor. Se pueden usar metales de aporte (que son metales agregados a la zona de soldadura durante la operación). Las soldaduras por fusión realizadas sin agregar metales de aporte se denominan soldaduras autógenas. En esta guía se

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

describen las clases principales de los procesos de soldadura por fusión. Se cubren los principios básicos de cada proceso; el equipo utilizado; sus ventajas, limitaciones y capacidades relativas; y las consideraciones económicas que afectan la selección del proceso (tabla 30.1). Estos procesos incluyen los procesos de soldado mediante oxígeno y combustible gaseosos, de arco y de haces de alta energía (rayo láser y haz de electrones), que tienen aplicaciones importantes y únicas en la manufactura moderna. A continuación, se muestra un resumen de los principales procesos de unión (Ver Tabla1)[1] [2]

**Tabla 1.** Principales procesos de unión[2]

Características generales de los procesos de soldadura por fusión							
Proceso de unión	Operación	Ventaja	Nivel de habilidad requerido	Posición de soldado	Tipo de corriente	Distorsión*	Costo característico del equipo (dólares)
Arco metálico protegido	Manual	Portátil y flexible	Alto	Todas	CA, CD	1 a 2	Bajo (1500+)
Arco sumergido	Automática	Deposición alta	Bajo a medio	Plana y horizontal	CA, CD	1 a 2	Medio (5000+)
Arco metálico y gas	Semiautomática o automática	Trabaja con la mayoría de los metales	Bajo a alto	Todas	CD	2 a 3	Medio (3000+)
Arco de tungsteno y gas	Manual o automática	Trabaja con la mayoría de los metales	Bajo a alto	Todas	CA, CD	2 a 3	Medio (5000+)
Arco con núcleo de fundente	Semiautomática o automática	Deposición alta	Bajo a alto	Todas	CD	1 a 3	Medio (2000+)
Oxígeno y combustible gaseosos	Manual	Portátil y flexible	Alto	Todas	—	2 a 4	Bajo (500+)
Haz de electrones, rayo láser	Semiautomática o automática	Trabaja con la mayoría de los metales	Medio a alto	Todas	—	3 a 5	Alto (100,000–1 millón)

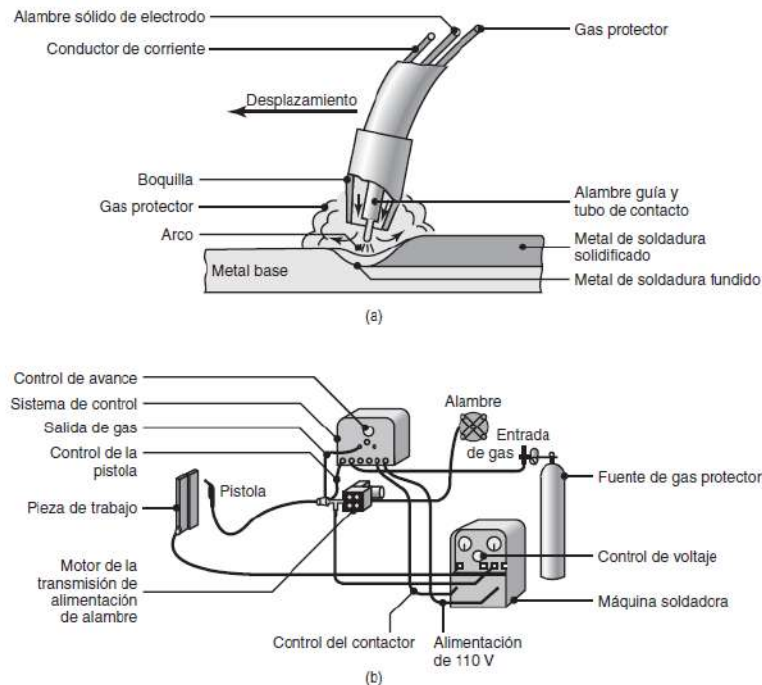
\*1 = la mayor; 5 = la menor.

## 2.2.Soldadura MIG.

En la soldadura por arco metálico y gas (GMAW, por sus siglas en inglés), desarrollada en la década de 1950 y antes denominada soldadura metálica en gas inerte (MIG, por sus siglas en inglés), se protege el área de soldadura con una eficaz atmósfera inerte de argón, helio, bióxido de carbono o varias mezclas de gases (figura 1a). El alambre desnudo consumible se alimenta al arco de soldadura en forma automática a través de una boquilla, mediante un motor de accionamiento de alimentación del alambre (figura 1b). Además de utilizar gases inertes como protección, es común que existan desoxidantes en el propio metal del electrodo

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018


para evitar la oxidación de la mezcla de metal fundido. Se pueden depositar varias capas de soldadura en la unión[3].



**Figura 1.** Proceso de soldadura GMAW-MIG A) Detalle del proceso de unión b) Equipo y sistema de soldadura[3].

### 3. RECURSOS REQUERIDOS

- Taller de máquinas y herramientas (Campus Robledo).
- Máquinas del taller: 2 máquinas soldadoras MIG-6.
- Herramientas y accesorios de máquinas.
- Herramientas de trabajo para cada máquina
- Elementos de seguridad para cada actividad (Gafas de protección, bata u overol de laboratorio, zapatos cerrados o botas de seguridad industrial, delantales, guantes industriales para soldadura, entre otros).
- Suministro o materia prima inicial para la manufactura de la pieza que consiste en 4 platinas de (70 mm x 25.4 x 4.8 mm) para realizar uniones por medio de dos procesos de soldadura i) MIG ii) SMAW.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 4. OBJETIVOS

### Objetivo General


Desarrollar los procesos de soldadura a través de la unión de dos platinas criterios de eficiencia y calidad.

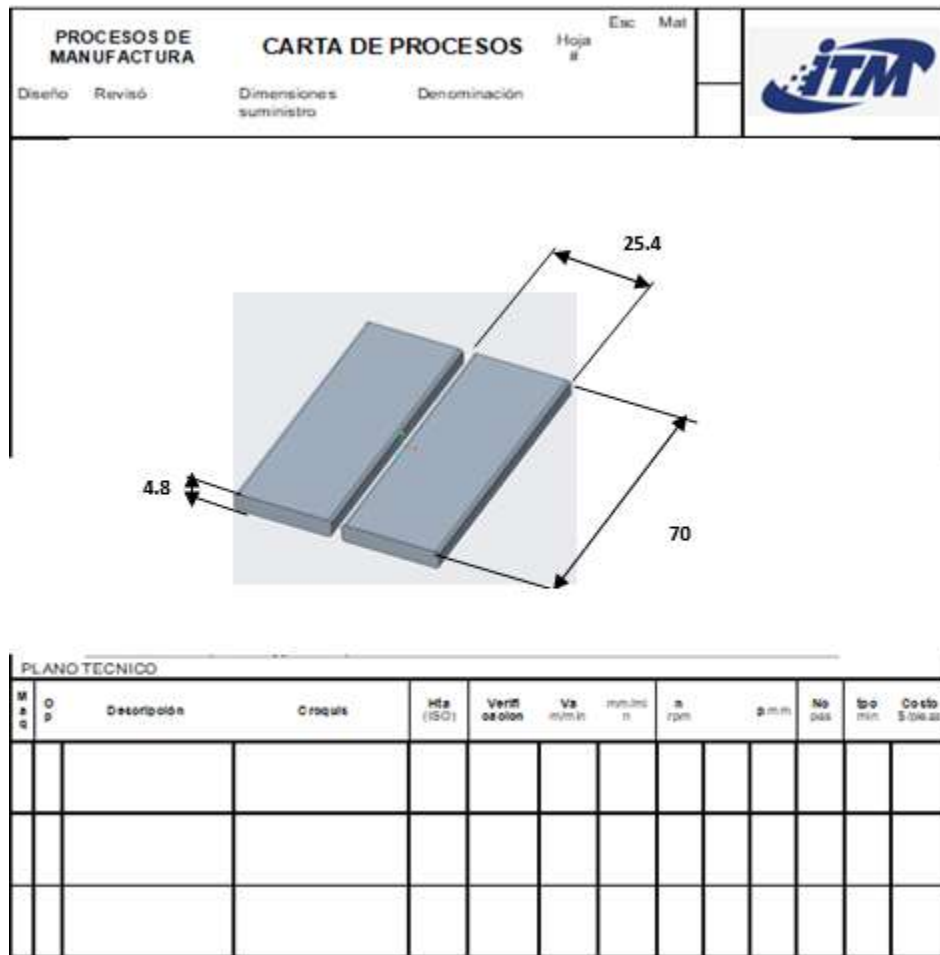
### Objetivos específicos

- 4.1.Reconocer las características de los diferentes equipos de soldadura y las diferentes operaciones de unión permanente.
- 4.2.Diseñar el cordón de soldadura más idóneo y eficiente para la obtención de la liga metalúrgica y unión de las piezas.
- 4.3.Seleccionar los elementos de validación y aseguramiento de la calidad tanto del proceso como del producto.
- 4.4. Identificar las principales operaciones de soldadura con material de aporte a través de las uniones de las piezas asignada.
- 4.5.Determinar los tiempos de operación y los costos asociados a las mismas, con el fin de determinar los costos de producción netos por operaciones del producto.

## 5. PROCEDIMIENTO

- 5.1. De acuerdo con los planos, dimensiones y carta de procesos sugeridos de la pieza (o platinas) que se muestra a continuación en la Figura 2, realice dos uniones por el método MIG-GMAW.


 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



**Figura 2.** Carta de procesos y operaciones de la pieza a manufacturar en la práctica de uniones (medidas en mm).

**5.2. Pieza para entregar en la fecha asignada por el docente**

- a) Defina las dimensiones iniciales del suministro o materia prima para realizar la pieza
- b) Describa la secuencia de operaciones más idónea y eficiente para realizar las uniones de las piezas.
- c) Para cada operación y de acuerdo con la figura 4:
  - c1. Describa la operación y elabore un croquis demostrativo de la misma.
  - c2. Describa la herramienta o equipo necesario y sus dimensiones.


 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- c3. Describa el elemento de verificación para asegurar y validar la calidad (tolerancias dimensionales y geométricas) del producto obtenido (flexómetro, pie de rey, micrómetro, galgas para roscas, goniómetro, comparador de carátula, etc.)
- d) Describa y determine los parámetros de cada operación (como velocidad de avance, ángulo del electrodo, profundidad o penetración del cordón de soldadura etc.).
- e) Detalle el tiempo de cada operación (omita los tiempos de alistamiento).
- f) Determine el costo de cada operación.

## **6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME EVALUATIVO (ponderación establecida en compromiso académico del curso)**

El informe debe contener los siguientes numerales desarrollados, incluyendo la portada de presentación:

- 6.1.** Objetivos de la práctica.
- 6.2.** Marco teórico: describa el principio de funcionamiento de las soldaduras trabajadas.
- 6.3.** ¿Cuál es la principal diferencia que existe entre la soldadura MIG y MAG?
- 6.4.** Describa las variables y sus valores en función de las piezas a unir.
- 6.5.** Describa el electrodo utilizado para cada soldadura (MIG-SMAW) y el significado en detalles del código alfanumérico.
- 6.6.** Respecto a las piezas entregadas para unión, presente el registro gráfico de la unión (imágenes del cordón de soldadura), tipo de unión, y las variables utilizadas en el proceso (voltaje, tipo de corriente, amperaje, posición de soldeo, velocidad de alimentación, caudal de gas., tiempo de soldeo, etc.). También desarrolle todos los literales del procedimiento 5.1.
- 6.7.** Investigue sobre el equipo utilizado, marca/precios etc. especificaciones técnicas y el significado de los valores ajustados en las variables.
- 6.8.** Investigue sobre las diferentes normas y organismos para calificar el tipo de unión soldada.
- 6.9.** Conclusiones de la práctica.
- 6.10.** Referencias utilizadas (bibliografía, cibergrafía, artículos etc.)

 Institución Universitaria	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Groover, J. Aguilar, U. Lopez, and F. Palafox, "Introducción a los procesos de manufactura," 2014, Accessed: Nov. 13, 2019. [Online]. Available: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/23017/1/12016.pdf>
- [2] S. Kalpakjian, S. R. Schmid, and G. Sánchez García, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación, 2002. Accessed: Dec. 11, 2017. [Online]. Available: [https://books.google.com.co/books?id=gilYI9\\_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20Arnaldo%20Alonso%20Baquero.&hl=es&source=gbs\\_similarbooks](https://books.google.com.co/books?id=gilYI9_KKAoC&dq=LAS%20PROPIEDADES%20DE%20FUNDICION%20Arnaldo%20Alonso%20Baquero.&hl=es&source=gbs_similarbooks)
- [3] Serope. Kalpakjian, S. R. Schmid, and Espinoza Limón Jaime, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educacion, 2008.

***Elaborado por:***

*Adrián Benitez Lozano-Libia María Baena*

***Revisado/aprobado por:***

*Comité curricular Tecnología en sistemas de producción,  
Ingeniería de producción.*

***Versión:***

*001*

***Fecha:***

## Concepto sobre las guías de trabajo propuestas por un docente de la Facultad.

### Guía 1: Impresora 3D de materiales poliméricos y cerámicos.

Se han desarrollado a satisfacción todas las sugerencias y comentarios realizados en la previa evaluación.

- **Recomendaciones puntuales de acuerdo con los lineamientos solicitados para la revisión:**

<b>Lineamiento</b>	<b>Comentario del evaluador</b>	<b>Recomendación del evaluador</b>
Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores.	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> soporte bibliográfico- <b>La guía es pertinente.</b>
Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> coherencia y pertinencia- <b>La guía es pertinente.</b>
Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> apoyo de gráficos y/o figuras que facilitan la explicación del tema. - <b>La guía es pertinente.</b>

### Guía 2: Procesos de inyección de plásticos.

- **Comentarios generales:**

Se han desarrollado a satisfacción todas las sugerencias y comentarios realizados en la previa evaluación.

- **Recomendaciones puntuales de acuerdo con los lineamientos solicitados para la revisión:**

<b>Lineamiento</b>	<b>Comentario del evaluador</b>	<b>Recomendación del evaluador</b>
Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores.	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> soporte bibliográfico- <b>La guía es pertinente</b>

Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> coherencia y pertinencia con las asignaturas del programa- <b>La guía es pertinente</b>
Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> apoyo de gráficos que explican y clarifican el tema- <b>La guía es pertinente</b>

### **Guía 3: Procesos de extrusión de plásticos.**

- **Comentarios generales:**

Se han desarrollado a satisfacción todas las sugerencias y comentarios realizados en la previa evaluación.

- **Recomendaciones puntuales de acuerdo con los lineamientos solicitados para la revisión:**

<b>Lineamiento</b>	<b>Comentario del evaluador</b>	<b>Recomendación del evaluador</b>
Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores.	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> soporte bibliográfico- <b>La guía es pertinente</b>
Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> coherencia y pertinencia con las asignaturas del programa- <b>La guía es pertinente</b>
Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> apoyo de gráficos que explican y clarifican el tema- <b>La guía es pertinente</b>

### **Guía 4: Manejo del micrómetro.**

- **Comentarios generales:**

- Se han desarrollado a satisfacción todas las sugerencias y comentarios realizados en la previa evaluación.

Lineamiento	Comentario del evaluador	Recomendación del evaluador
Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores.	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> soporte bibliográfico- <b>La guía es pertinente</b>
Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> coherencia y pertinencia con las asignaturas del programa- <b>La guía es pertinente</b>
Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema	Fueron realizadas todas las observaciones y comentarios a cabalidad.	<b>Sobresaliente</b> apoyo de gráficos que explican y clarifican el tema- <b>La guía es pertinente</b>

Luego de todas las revisiones y comentarios sugeridos, se recomienda **aceptar** las guías realizadas ya que se constituyen en un valioso aporte e insumo para el desarrollo de las diferentes prácticas docentes relacionadas al programa de ingeniería de producción.

Revisión realizada por



1017.136.379 Hed.

**Adrian José Benitez Lozano**

Docente Ocasional TC.

Departamento de Calidad y producción

Nombre de la Guía	Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s)	Asignatura(s) aplicable(s)	Programa(s) Académico(s) / Facultad(es)	Cuenta con soporte bibliográfico que da cuenta de un proceso de síntesis documental traída de otros autores	Coherencia y pertinencia de la temática con las asignaturas del programa	Apoyo de gráficos o mapas conceptuales para facilitar la explicación del tema
Procesos de remoción de material en torno Sherline	Laboratorio de Producción Laboratorio de máquinas y herramientas	Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica	La guía de laboratorio (GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL) presenta diferentes referencias bibliográficas relacionadas con el área de manufactura y procesos metalmeccánicos, referencias que soportan tanto la conceptualización como la propuesta experimental de la guía.	Se presenta claramente una relación entre la guía de laboratorio y la línea de manufactura declarada en los programas de Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, específicamente en las asignaturas de Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I	La guía presenta un adecuado esquema gráfico, el cual permite entender la secuencia y flujo de trabajo experimental propuesto.
Procesos de unión permanente-Soldadura	Laboratorio de máquinas y herramientas	Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I-II, Máquinas y herramientas	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica	La guía de laboratorio (GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL) presenta diferentes referencias bibliográficas relacionadas con el área de manufactura y procesos metalmeccánicos, referencias que soportan tanto la conceptualización como la propuesta experimental de la guía.	Se presenta claramente una relación entre la guía de laboratorio y la línea de manufactura declarada en los programas de Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, específicamente en las asignaturas de Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I	La guía presenta un adecuado esquema gráfico, el cual permite entender la secuencia y flujo de trabajo experimental propuesto.
Manejo de Calibrador, Pie de rey o Vernier: Tipo tornillo de ajuste (milimétrico, mm)	Laboratorio de Producción	Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica	La guía de laboratorio (GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL) presenta diferentes referencias bibliográficas relacionadas con el área de manufactura y procesos metalmeccánicos, referencias que soportan tanto la conceptualización como la propuesta experimental de la guía.	Se presenta claramente una relación entre la guía de laboratorio y la línea de manufactura declarada en los programas de Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, específicamente en las asignaturas de Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I	La guía presenta un adecuado esquema gráfico, el cual permite entender la secuencia y flujo de trabajo experimental propuesto.
Procesos de remoción de material en Fresadora	Laboratorio de máquinas y herramientas	Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura 2, Máquinas y herramientas	Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Electromecánica	La guía de laboratorio (GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL) presenta diferentes referencias bibliográficas relacionadas con el área de manufactura y procesos metalmeccánicos, referencias que soportan tanto la conceptualización como la propuesta experimental de la guía.	Se presenta claramente una relación entre la guía de laboratorio y la línea de manufactura declarada en los programas de Tecnología en Sistemas de Producción, Ingeniería de Producción, específicamente en las asignaturas de Fundamentos de manufactura, Procesos de manufactura I	La guía presenta un adecuado esquema gráfico, el cual permite entender la secuencia y flujo de trabajo experimental propuesto.