

## PROYECTO DE INVESTIGACION

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica  Investigación Aplicada  Investigación Pedagógica  Innovación

**DEPARTAMENTO(S):**

1. MATERIALES
2. INGENIERÍA MECÁNICA

**LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:**

1. PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES
- 2.

### 1 Proyecto de Investigación

**Título:**

IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE DEFORMACIÓN INCREMENTAL MONO PUNTO EN CHAPA DE ALUMINIO

**Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)**

Este proyecto aplicará el proceso de deformación incremental mono punto en chapa de aluminio para la fabricación de piezas por conformado plástico de geometrías irregulares.

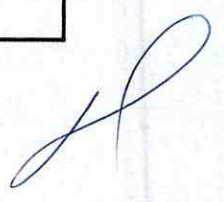
Los procesos de deformación incremental combinado con los procesos de maquinado CNC están extendiendo la capacidad de generar piezas de geometrías irregulares sin la necesidad de usar matrices de conformado. Esto permite una rápida generación de prototipos a un costo mucho menor que los procesos tradicionales. Este es un campo en el cual aún no se aprovecha industrialmente.

La técnica genera una deformación plástica localizada en el material por medio de una fuerza aplicada puntualmente sobre trayectorias controladas por una máquina de CNC. Cada trayectoria constituye un nivel del contorno de la geometría deseada. Conforme se incrementa la profundidad por pasos se toma la trayectoria que le corresponde a ese nivel. Así de esta manera se genera una superficie de la geometría sobre el material

El resultado esperado son piezas modelo obtenidas por la implementación de este proceso, así como el procedimiento para su generación y fabricación

**Palabras clave (4-6):**

Incremental forming, SPIF, dieless forming, metal forming.





<b>2</b>	<b>Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b>
	<b>2.1 Objetivos</b>
	<b>2.1.1 Objetivo General</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Implementar del proceso de deformación incremental mono punto en chapa de aluminio</li></ul>
	<b>2.1.2 Objetivos Específicos</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>a. Revisar el estado del arte de los métodos de deformación incremental</li><li>b. Explorar los fundamentos teóricos y modelos del conformado plástico en chapa metálica</li><li>c. Diseñar y construir los implementos y herramienta para el proceso</li><li>d. Generar el código G para la generación de trayectorias de la herramienta</li><li>e. Fabricar una pieza modelo en chapa de aluminio</li></ul>
	<b>2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>a. Paper del estudio e implementación de la técnica</li><li>b. Desarrollo de implementos, herramienta y código de generación de trayectorias</li></ul>

<b>3</b>	<b>Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación</b>
	Esta técnica permitirá implementar el proceso de conformado incremental mono punto en el laboratorio de conformado de la EPN. Este proceso será una alternativa para fabricar prototipos de piezas de geometría irregular que por el proceso tradicional de matrices serían costosas o imposibles de realizar

<b>4</b>	<b>Productos esperados</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>a. Publicaciones científicas (obligatorio); <input type="checkbox"/></li><li>b. Disertación a la Comunidad Politécnica; <input type="checkbox"/></li><li>c. Proyecto de Titulación; <input type="checkbox"/></li><li>d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); <input type="checkbox"/></li><li>e. Aplicación tecnológica construida o implementada; <input type="checkbox"/></li><li>f. Patente presentada; <input type="checkbox"/></li><li>g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. <input type="checkbox"/></li></ul>

<b>5</b>	<b>Descripción y metodología y diseño del proyecto</b>
----------	--

### 5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

Nuevos métodos de conformado incremental de chapa (Incremental sheet forming ISF) se encuentran ahora en una etapa en la que es posible realizar piezas fabricadas por encargo o para la fabricación de lotes de pequeñas cantidades de producción, con un ciclo muy corto entre el diseño y la fabricación. Schmoeckel (1) predijo que con el aumento en la automatización de equipos de conformado de metal se convertirían en procesos más flexibles. Eso ha sucedido en este caso.

La idea de formar gradualmente una chapa con una sola herramienta de punto, fue patentado por Leszak (2) aún antes que fuera técnicamente factible. Hoy en día, existen nuevos procesos en los que la chapa se deforma plásticamente en un punto local, permitiendo que la producción de piezas de chapa complejas sea verdaderamente flexible. Esto se puede hacer ya sea en pequeños lotes por lotes con plazos de entrega cortos, o en la producción de prototipos rápidos utilizables dentro de un día (3). Los nuevos procesos son atractivos debido a que la fabricación piezas de chapa metálica se puede lograr por cualquier instalación que disponga de una fresadora CNC de tres ejes (4), robots industriales (5), (6) o la plataforma de Stewart (7).

La inspiración para los procesos emergentes se encuentra generalmente en métodos de formación tradicionales. Estos procesos convencionales están típicamente limitados en lo que se refiere a geometría de la pieza alcanzable y requieren herramientas específicas y matrices. Tanto el hardware como el software de CNC han alcanzado un estado de madurez que permiten el desarrollo de nuevos procesos de conformado de chapa. Los nuevos métodos de conformado dan la posibilidad de crear instalaciones de conformado flexibles, sin matrices, capaces de producir superficies de formas complejas, con la aplicación de herramientas genéricas. El objetivo final es 'dar forma sin matriz' (8).

Se han explorado muchas variaciones de conformado incremental, incluyendo el uso de un chorro de agua, rodillos (9) o herramientas de martilleo con vibración (6), pero aun así la herramienta más ampliamente utilizada es un indentador sólido semiesférico. Las dos configuraciones más comunes son: Single-Point incremental Forming (SPIF) y Two-Point Incremental Forming (TPIF), (Figura 1). En el SPIF una chapa sujeta alrededor de sus bordes es formada con una sola herramienta, mientras que en TPIF se requiere de una matriz parcial o total o una segunda herramienta móvil que siga la trayectoria de la herramienta principal. En ambos casos las trayectorias de las herramientas más comunes son contornos o espirales de aumento de la profundidad, siguiendo el perfil del producto (10).

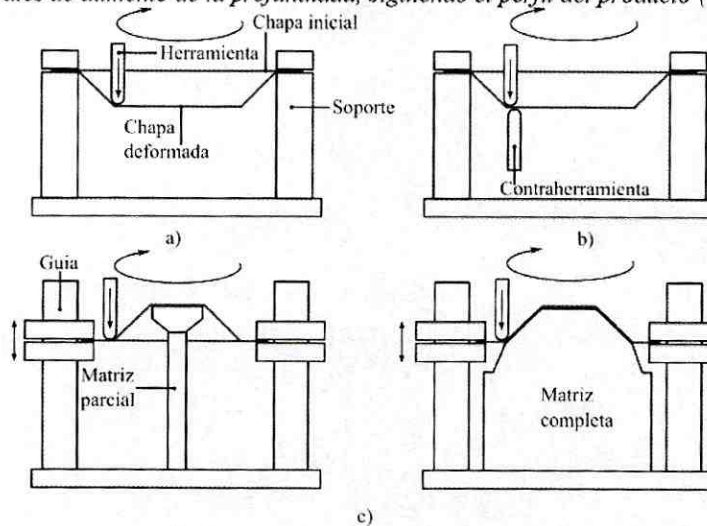


Figura 1 Configuraciones del conformado incremental

A pesar de una extensa investigación en el ISF en la última década, el mecanismo de deformación no se conoce. La comprensión del mecanismo de deformación es importante para permitir desarrollar modelos numéricos precisos (11), (12) del proceso en el control de la trayectoria y diseño de la herramienta, así como para una comprensión de los elevados límites que deformación observados en ISF en comparación con el estampado tradicional

#### Conformado incremental mono punto

La Figura 2 representa los componentes básicos del proceso. La trayectoria de la herramienta se genera en un centro de mecanizado CNC y es utilizado para formar progresivamente la chapa de un

componente. Durante el proceso no hay ninguna matriz de apoyo que soporte la superficie posterior de la lámina.

Una característica del SPIF es como la herramienta se desplaza mientras que deforma la chapa. Un husillo que contiene la herramienta se desplazando con o sin rotación, sobre la superficie de la lámina. La herramienta de formación tiene una forma semiesférica, que es presionada contra el material a fin de causar la deformación (13).

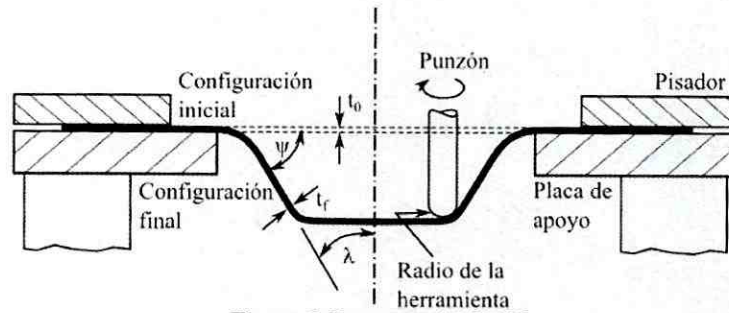


Figura 2 Esquema del SPIF

Para implementar este proceso se requiere definir sus principales variables; estas son: espesor de la lámina de aluminio, radio de la herramienta, velocidad de avance y giro de la herramienta, profundidad por nivel, fuerza aplicada y área de trabajo. Estas variables definirán las características para el diseño de los implementos y herramientas así como la programación de las trayectorias para el control de la máquina CNC que se use en este proceso

#### Bibliografía

1. Schmoeckel, D., 1992. Developments in Automation, Flexibilization and Control of Forming Machinery. *Annals of CIRPM*, Volume 40/2, p. 615
2. Leszak, E., 1967. *Apparatus and Process for Incremental Dieless Forming*. Patent No. US3342051A1.
3. Amino, H. et al., 2002. Dieless NC Forming, Prototype of Automotive Service Parts. *Proceedings of the 2nd International Conference on Rapid Prototyping and Manufacturing (ICRPM)*.
4. Hirt, G., Ames, J., Bambach, M. & Koop, R., 2004. Forming strategies and Process Modeling for CNC Incremental Sheet Forming. January, Volume 53, p. 203. Meier, H., Dewald, O. & J., Z., 2005.
5. Development of a Robot-Based Sheet Metal Forming Process. *In steel research*, Volume 1.
6. Schafer, T. & Schraft, R. D., 2004. Incremental sheet forming by industrial robots using a hammering tool. *AFPR Association Francais de Prototypage Rapid, 10th European Forum on Rapid Prototyping*, 14 Sep
7. Stewart, D., 2005. A Platform with Six Degrees of Freedom. *UK Institution of Mechanical Engineers Proceedings*, 180(15)
8. Aoyama, S., Amino, H., Lu, Y. & Matsubara, S., 2000. *Apparatus for dieless forming plate materials*. Europe. Patent No. EP0970764
9. Iseki, H., Kato, K., Kummon, H. & Osaki, K., n.d. Flexible and Incremental Sheet Metal Bulging Using a Few Spherical Rollers. *TR JSME*, Volume 59, pp. 2849-2854
10. Centeno, G. et al., 2011. *Experimental Study on the Overall Spifability of AISI 304*. Sevilla-Girona, University of Sevilla & University of Girona, p. 8.
11. Silva, M. B., Nielsen, P. S., Bay, N. & Martins, P., 2011. Failure mechanisms in single-point incremental forming of metals. 1 March
12. Centeno, G. et al., 2012. *FEA of the Bending Effect in the Formability of Metals Sheets via Incremental Forming*, *Steel Research International International*. pp. 447-450.
13. Dorel Banabic, 2007, *Advanced Methods in Material Forming, Romania, 1st edition, Springer Science & Business Media*



**6 Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.**

**6.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.**  
*El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:*

Proyecto	Director	Colaboradores
PII y PIS	16 HSS	8 HSS
PIJ y PIMI	20 HSS	10 HSS

Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento
Monar Willan Leopoldo	Director	6	Materiales
Suntaxi Guallichico Segundo Carlos	Colaborador	3	Materiales


**6.2 Infraestructura y equipos**  
- Laboratorio de conformado, laboratorio de esfuerzos y vibraciones, laboratorio de nuevas tecnologías de fabricación, ubicados en la EPN

**6.3 Breve justificación del equipo requerido**  
- Los laboratorios mencionados son requeridos para realizar la fabricación de los implementos y la realización de las pruebas.

**6.4 Fondos Adicionales**  
- Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)

**7 Declaración del Director del Proyecto**

Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.



Quito, 24 de marzo de 2017  
(lugar y fecha)

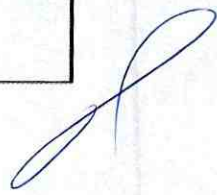
DIRECTOR DEL PROYECTO  
Nombre: Monar Monar Willan Leopoldo  
CC: 1705572681

**DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO**

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de ....., en sesión del día ..... mediante resolución No. .... Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.

Quito, de de 2017  
(lugar y fecha)

JEFE DEL DEPARTAMENTO  
Nombre:  
CC:



Título del Proyecto: IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE DEFORMACIÓN INCREMENTAL MONO PUNTO EN CHAPA DE ALUMINIO

Nº	Actividad	AÑO 1																				
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12									
1	Revisión del estado del arte	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
2	Definición de las características del proceso																					
3	Establecimiento de los requerimientos de diseño para implementos y herramientas																					
4	Diseño de implementos y herramientas																					
5	Construcción de implementos y herramientas																					
6	Selección y modelado de las superficies para generación de trayectorias																					
7	Implementación del proceso y pruebas																					
8	Análisis de resultados																					
9	Redacción de informe y paper																					
10																						

  
 Firma del Director del Proyecto  
 Willian Leopoldo Monar Monar