



Universidad Nacional
Autónoma de México



FACULTAD DE QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA METALÚRGICA

PROYECTO

TÍTULO:

**“CONCEPCIÓN Y DISEÑO DE UN HERRAMENTAL EXPERIMENTAL PARA EL
CONFORMADO MECÁNICO DE ACEROS”**

DR. ANTONIO ENRIQUE SALAS REYES.

Profesor de Carrera de Tiempo Completo Asociado “C”.
Departamento de Ingeniería Metalúrgica, FQ-UNAM.
TUTOR RESPONSABLE.

IQM GUILLERMO SALAS BANUET

Profesor de Carrera de Tiempo Completo.
Departamento de Ingeniería Metalúrgica, FQ-UNAM.
SUPERVISOR TÉCNICO.

1. Antecedentes.

El acero es un material ingenieril cuyas características, acondicionadas a través de tratamientos específicos, le permiten responder a una amplia variedad de requerimientos ingenieriles a bajo costo. Así, durante los últimos años se ha observado un gran desarrollo de la mejora de la eficiencia de los procesos de producción de piezas utilizadas en la industria de la automoción, donde componentes de acero grado herramienta son utilizados para los diferentes procesos de conformado mecánico y de manufactura, tanto para trabajado en frío como en caliente.

Sin embargo, el conformado de piezas de grados de aceros emergente es más difícil respecto de grados más comerciales, pero con mejores resultados, implicando mayores demandas del herramental para cualquier operación de manufactura, ya que se requiere mayor fuerza. Por lo tanto, se hace esencial que para el trabajado de estos aceros se empleen herramientas especiales, donde la necesidad de una alta dureza y resistencia al desgaste en el acero del herramental surgen, entre otras, como propiedades primordiales. Así mismo, es importante remarcar que los principales efectos negativos de la degradación de las propiedades de los herramientas durante su uso son desgaste prematuro, despostillamiento, agrietamiento y deformación plástica [1].

Por otro lado, es importante resaltar que existen diversos parámetros que deben de considerarse a la hora de decidir qué tipo de aceros se deben de emplear en la concepción de nuevos componentes y/o el mejoramiento de existentes. No obstante, éstos se derivan de la forma geométrica del componente y de la selección del método de conformado y corte, ya que las tolerancias dimensionales y las propiedades inherentes de los aceros deben de ser consistentes. Sin embargo, vale la pena dedicar tiempo a reflexionar acerca del modo en que el herramental se verá afectado por los esfuerzos y las cargas.

Por otro lado, los aceros para herramientas para trabajado en frío (cold work tool steels) incluyen tres clases de aceros: AISI tipos O, A y D [2]. Todos tienen alto contenido de carbono para obtener alta dureza y alta resistencia al desgaste. Difieren entre ellos en el contenido de aleantes afectando esto la templabilidad relativa y la distribución de carburos incorporados en las microestructuras endurecidas. Los grados O, de bajo contenido de aleantes, se templean en aceite. Los grados A y D poseen altos contenidos de aleantes y son endurecibles al aire y, por lo tanto, son menos susceptibles a distorsiones y fisuración durante el endurecimiento. El alto contenido de cromo y molibdeno de los aceros A y D también contribuye a un alto contenido de carburos y alta resistencia al desgaste. Los aceros para herramientas para propósitos especiales, tipo L, (special-purpose tool steels) en virtud de su bajo contenido de carbono tienen mayores tenacidades que los grados O. Los aceros maraging algunas veces se seleccionan como material para herramientas y matrices. Los aceros maraging desarrollan alta resistencia mecánica y dureza

por medio de mecanismos muy diferentes a los aceros que dependen de altos contenidos de carbono para la resistencia mecánica [3]. A pesar de su bajo contenido de carbono, el alto contenido de Co y Ni en los aceros maraging asegura la formación de martensita durante el enfriamiento al aire. La martensita obtenida, de bajo carbono y baja resistencia mecánica, es luego endurecida por una fina precipitación de compuestos intermetálicos tales como Ni_3Mo , por envejecimientos alrededor de 480 °C. Son los más indicados cuando se requiere ultra alta resistencia mecánica y tenacidad. Cabe destacar que grados nuevos de estos aceros incluyen diseños con formulaciones químicas libres de Co.

Finalmente, cabe resaltar que la finalidad del diseño industrial es la producción de objetos que respondan a demandas (necesidades, deseos o aspiraciones) de la sociedad o de la misma actividad industrial [4]. En el diseño industrial se plantea la necesidad de conciliar los aspectos técnicos y estéticos, ciñéndose, sobre todo, a las exigencias técnicas y así poder minimizar los costes. Así mismo, se sintetizan conocimientos, métodos, técnicas y creatividad, teniendo como meta la concepción de objetos, atendiendo a sus funciones, sus cualidades estructurales y formales (estético-simbólicas) [5]. Consecuentemente, en el concepto de tecnología está implícito tanto el proceso constructivo como el de los materiales. Normalmente el material sugiere y posibilita la forma, que por otro lado, depende también de los requerimientos que plantea el uso. Por eso es muy importante resaltar las actuales herramientas de diseño asistido por computadora (Computer Aided Design – CAD), que ha revolucionado la forma en cómo se llevan a cabo las actividades de diseño.

2. Descripción del problema.

La industria de los troqueles en el mundo está enfocada a varios sectores industriales, las herramientas, matrices/troqueles y moldes son artículos fundamentales para la fabricación de bienes duraderos en distintos sectores industriales. Dichas herramientas son utilizadas para cortar y darle forma al metal; principalmente. Los troqueles son piezas metálicas utilizadas para estampar y forjar el metal para obtener un producto final. Las empresas de herramientales y moldes hacen posible la fabricación de productos innovadores que son utilizados en la industria para el estampado de metales, fundición a presión y moldeo de plástico. Su aplicación está enfocada a la producción de vehículos, equipos para aeronaves, muebles, industria de la construcción, industria agrícola, productos electrodomésticos, eléctricos, etc.

Según los estudios más recientes acerca de la producción de troqueles y moldes, se ha determinado que los países con más altos índices de competitividad en la industria son Portugal, Japón, Corea del Sur, China, Alemania, España y Estados Unidos; mismos que representan una competencia directa para México. Las necesidades del mercado en el mundo son heterogéneas y muchas veces los países no pueden cubrir la demanda de productos en las distintas regiones, es por eso la importancia de desarrollar industrias

enfocadas a la producción de herramientas en los distintos sectores industriales con mayor demanda y que mantengan altos índices de competitividad y mejora continua. Es por ello que la industria de los troqueles/matrices a nivel mundial está teniendo un amplio desarrollo y está en continuo perfeccionamiento de las prácticas de producción. Lo anterior hace énfasis en el compromiso de que profesionistas mexicanos enfoquen sus investigaciones en el sector manufacturero, sobre todo del ramo automotriz, ya que varias de las industrias del país requieren de la capacitación e innovación para potenciar la competitividad a nivel internacional. Es importante resaltar la llegada de empresas transnacionales en la región Laja-Bajío dedicadas al diseño y fabricación de troqueles y matrices para la industria metal-mecánica, desplazándose así la actuación nacional.

A pesar de la actual situación económica de México frente a las políticas de importación y aranceles que Estados Unidos está implementando, un optimismo se puede mantener respecto del dominio manufacturero de México, donde el manejo de nuevas tecnologías en el conformado mecánico de aceros emergentes para la industria automotriz es terreno virgen. Finalmente, la meta perseguida por la presente propuesta de investigación es promover la ingeniería de diseño y procesos de manufactura, a través de actividades que involucren al ingeniero metalúrgico en el contexto de la conceptualización de componentes automotrices, puesto que dicha industria requiere desarrollo de tecnología y mano de obra calificada para elaborar y dar mantenimiento certero a dichos herramientas, a través del dominio en temas de diseño, selección de materiales, transformaciones de fase y la subsecuente obtención de propiedades mecánicas.

3. Hipótesis.

Con la aplicación de un enfoque integrador para la concepción y el diseño de sistemas de ingeniería, es posible crear sistemas CAD para el diseño óptimo de moldes empleados en el conformado en frío de aceros para la industria automotriz, con la consecuente funcionalidad que eleven su grado de desempeño, superen limitaciones y deficiencias, para sumar un beneficio en la calidad final de éstos. De tal manera que el estudio y el análisis de las etapas de diseño permitan reproducir el herramental, a través de cálculos matemáticos específicos respecto de las solicitaciones geométricas y de propiedades mecánicas.

4. Objetivo general.

Conceptualizar y diseñar el prototipo de un herramental experimental de acero comercial grado herramienta para el conformado mecánico del componente automotriz “viga de refuerzo contra impacto para puerta lateral” mediante el empleo de técnicas de diseño industrial.

5. Metas.

- Se inducirá al alumno de ingeniería metalúrgica en teoría de la concepción y el diseño que le permitan visualizar las herramientas disponibles para la fabricación de herramientas utilizados para la fabricación de componentes estructurales de alta demanda en la industria automotriz.
- Se diseñará la configuración geométrica del prototipo de un herramienta experimental para el conformado mecánico de una viga de refuerzo contra impacto para puerta lateral en Rhinoceros 6.0.
- Se determinarán las cargas críticas y condiciones de operación del herramienta bajo criterios industriales al emplear fórmulas de resistencia de materiales.
- Se evaluará la precisión de los cálculos anteriores mediante la reproducción del prototipo del herramienta en formato de CAD-Rhinoceros 6.0 y su simulación numérica en Ansys-Abaqus, para así predecir su desempeño mecánico a temperatura ambiente.
- Se construirá la ficha técnica de los trazos geométricos del prototipo del herramienta experimental en CAD-Rhinoceros 6.0.
- Se evaluará la facilidad del maquinado de la geometría del herramienta experimental mediante software de simulación CNC (“CNC Simulator”).
- Se redactará un reporte de las actividades realizadas después de 16 semanas.
- Al final de la estancia de investigación, se tendrá un avance aproximado del 70% de la tesis que hará el estudiante.

6. Metodología de trabajo.

Según las necesidades en la industria al emplearse aceros emergentes y, una vez seleccionada la geometría de la viga de refuerzo contra impacto para puerta lateral y, a partir del concepto de modelos exitosos, se procederá con el diseño del herramienta experimental para el conformado mecánico del componente automotriz bajo la metodología del diseño por fases: 1) Identificación de la necesidad, 2) Etapa de definición, 3) Etapa preliminar y selección de materiales, 4) Etapa de cálculo detallado, 5) Evaluación (Análisis mecánico empleando simulación numérica FEM-Abaqus), 6) Documentación, 7) Reproducción del bosquejo empleando software de CAD- Rhinoceros 6.0, y 9) Identificación de posibles fallas durante operación.

7. Actividades a realizar.

- Estudio de las necesidades industriales para conformar mecánicamente piezas metálicas, derivado del uso de aceros emergentes, a través de la búsqueda de información de primer nivel (por ejemplo, Secretaría de economía – SHCP - México, CANACERO, publicaciones científicas, tesis profesionales, etc.) y su acoplamiento con la teoría del concepto de modelos exitosos.

- Capacitación del alumno por parte del profesor en el uso del software específico anteriormente citado.
- Elaboración de la geometría del herramental experimental para el conformado mecánico de una viga de refuerzo contra impacto para puerta lateral empleando el software comercial CAD-Rhinoceros 6.0.
- Calculo de propiedades mecánicas aplicando fórmulas de resistencia de materiales.
- Realización de la simulación numérica para predecir y evaluar el comportamiento mecánico del herramental experimental sometido a situaciones específicas de trabajo mediante el método de elemento finito en condiciones isotérmicas, a través del uso del software comercial Ansys-Abaqus. También se realizarán actividades de visualización de posibles riesgos que generen la falla del herramental.
- Desarrollo de la metodología de simulación de maquinado del herramental experimental empleando el software comercial de operaciones de maquinado CNC (CNC Simulator).
- Post-procesamiento y análisis de los resultados de la simulación, tanto en Ansys como en CNC Simulator.
- Construcción de la ficha técnica de los trazos geométricos del prototipo del herramental experimental empleando el software comercial de CAD Rhinoceros 6.0.

8. Infraestructura.

- Acceso al uso de software especializado:
 - 1) Software comercial de CAD – Rhinoceros 6.0. Versión de prueba por 90 días (<https://www.rhino3d.com/es/download>).
 - 2) Software comercial de simulación numérica FEM – Ansys – Abaqus. Licencia estudiantil. (<https://www.ansys.com/academic/free-student-products>).
 - 3) Software comercial de simulación CNC- CNC Simulator. Licencia libre (<http://cnccsimulator.info/download>).
- Computadora portátil del estudiante y/o computadora de escritorio facilitada por el Dr. Marco Aurelio Ramírez, profesor e investigador SIN II del DIM.

9. Medidas de seguridad.

- Ya que el desarrollo del presente proyecto de investigación no requiere del uso de equipo específico y/o manejo de sustancias tóxicas, el alumno se limitará a acatar las normas de seguridad establecidas por la Facultad de Química.

10. Comentarios.

La presente etapa de conceptualización del diseño de un herramental experimental para el conformado mecánico de grados de aceros emergentes, forma parte de un proyecto más amplio que tiene como finalidad fabricar y obtener un herramental experimental que cumpla con nuevos requerimientos demandados en la industria de la fabricación de componentes automotrices, por lo que el trabajo que se realizará en este proyecto de investigación para la materia de PROYECTO, formará una parte de la tesis que el alumno realizará, y cuyo título cambiará al momento de registrar la tesis. Por lo tanto, la metodología de trabajo propuesta permite realizar cada una de las actividades pensadas para cada meta y con ello lograr alcanzar el objetivo del trabajo en tiempo y forma. Es importante también mencionar que, dado que solo se requieren funcionalidades básicas del software propuesto en este proyecto para alcanzar los objetivos específicos, la limitación, tanto de la versión de prueba de Rhinoceros 6.0 como de la restricción del uso de nodos y módulos de solución en Ansys-Abaqus, es apropiada.

11. Cronograma de actividades.

Actividades	Semanas							
	1 y 2	3 y 4	5 y 6	7 y 8	9 y 10	11 y 12	13 y 14	15 y 16
Lectura de información especializada.	X	X						
Capacitación en el uso del software.		X	X					
Elaboración de la geometría del herramental experimental.		X	X					
Cálculo de propiedades mecánicas.			X	X				
Realización de la simulación numérica en Ansys-Abaqus y CNC Simulator.				X	X	X		
Post-procesamiento y análisis de resultados.						X	X	X
Construcción de la ficha técnica de la geometría del prototipo.							X	X
Escritura de reporte.							X	X

12. Referencias bibliográficas.

- [1] C. Marín-Villar: “Troqueles y troquelado: Para la producción de grandes series de piezas”, Metal Actual, pp. 16-22, en: www.metalactual.com. Fecha de consulta: Mayo de 2018.
- [2] Estructura y propiedades de las aleaciones, Cap. 11: Aceros para herramientas, Facultad de Ingeniería, UNLP, Argentina, en: https://www.google.com.mx/search?q=clasificaci%C3%B3n+de+los+aceros+para+trabajo+en+frio+%2B+AISI+%2B+pdf&rlz=1C1CHZL_esMX760MX760&ei=IYMVW4HvEsmszwL3jIGYBw&start=10&sa=N&biw=2134&bih=1095#. Fecha de consulta: Mayo de 2018.
- [3] A.J. Criado-Portal: “Estructuras metalográficas de los aceros especiales”, Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Universidad Complutense de Madrid, 2010, España.
- [4] Secretaría de Economía – México: “Estudio de prospectiva tecnológica para la manufactura de troqueles y su aplicación en el contexto nacional, Enero de 2017, en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/184120/12-189_Estudio_de_prospectiva_tecnol_gica_para_la_manufactura_de_troqueles_y_su_aplicaci_n_e_n_el_contexto_nacional_Partel.pdf. Fecha de consulta: Mayo de 2018.
- [5] Centro Tecnológico de Industrias Norm S.A. de C.V. y Gestión y Diseño para la Manufactura S.A. de C.V.: “Diagnóstico para corregir fallas de diseño, fabricación y reparación de herramientas para el estampado de piezas automotrices”, en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/184108/11-18_DIAGN_STICO_PARA_CORREGIR_FALLAS_DE_DISE_O_FABRICACI_N_Y_REPARACI_N_DE_HERRAMENTALES_PARA_EL_ESTAMPADO_DE_PIEZAS_A_1.pdf. Fecha de consulta: Junio de 2018.