

## Integración de Actuadores Hidráulicos para los Sistemas Secundarios de Moldeo y Liberación en Moldes de Inyección de Plástico

### Integration of Hydraulic Actuators to Ejection Secondary Systems in Plastic Injection Molds

REYES-CASTREJON, Daniel Enrique<sup>1†</sup>, BONILLA-BLANCAS, Angélica Elizabeth<sup>\*1</sup>, FIGUEROA-ESTRADA, Eduardo<sup>1</sup> y SALAZAR-PEREYRA, Martín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Tecnología Avanzada. Circuito de la industria poniente No. 11, lt. 11, Parque Industrial ex Hacienda Doña Rosa, Lerma, Estado de México, México

<sup>2</sup>Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. División de Ingeniería Mecatrónica e Industrial. Av. Tecnológico Esq. Av. Hank González. Col. Valle de Anáhuac, 55210, Ecatepec, Estado de México, México

ID 1<sup>er</sup> Autor: Daniel Enrique, Reyes-Castrejon / ORC ID: 0000-0002-9923-8224, CVU CONACYT ID: 747950

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Angélica Elizabeth, Bonilla-Blancas / ORC ID: 0000-0003-0534-5932, CVU CONACYT ID: 100836

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Eduardo, Figueroa-Estrada / ORC ID: 0000-0002-3079-9293, CVU CONACYT ID: 577955

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Martín, Salazar-Pereyra / ORC ID: 0000-0001-6487-3087, CVU CONACYT ID: 63833

DOI: 10.35429/JME.2019.10.3.1.6

Recibido 08 Marzo, 2019; Aceptado 30 Junio, 2019

#### Resumen

La fabricación de productos plásticos en los mercados actuales demanda el uso de tecnologías que permitan el moldeo de componentes con geometrías cada vez más complejas con tiempos de fabricación menores. La presencia de subsistemas para el moldeo y liberación de estructuras negativas incrementa la complejidad del molde, así como el tiempo necesario para la manufactura y liberación del molde, pues tradicionalmente se emplean mecanismos accionados con pernos angulares. En este trabajo se realiza el diseño de un molde de inyección para un componente con negativos, que emplea un sistema con actuador para el moldeo secundario y liberación de la estructura negativa según la línea de partición del molde. También se realiza el diseño del molde para el mismo componente con el uso de un sistema secundario de moldeo totalmente mecánico y de uso convencional. El análisis comparativo del diseño y funcionamiento entre un sistema secundario de moldeo mecánico y un sistema con actuador para el moldeo y liberación de estructuras negativas en moldes de inyección de plásticos, alternativa para la reducir los costos y tiempos de fabricación.

**Moldes de inyección, Perno angular, Sistemas secundarios de moldeo**

#### Abstract

The manufacture of plastic products in the current markets demands the use of technologies that allow the molding of components with highly complex geometries and every time the time to manufacture is reduced. The presence of subsystems for the molding and release of negative structures increases the complexity of the mould, as well as the time required for the manufacture and adjust of the mould, since it is traditionally used mechanisms with angular pins. In this work the design of an injection mould is made for a component with negatives, which uses a system with actuator for the secondary molding and release of the negative structure according to the mould partition line. The mold is also design for the same component with the use of a secondary system of moulding totally mechanical and of conventional use. The analysis of the design and operation between a secondary mechanical molding system and a system with actuator for molding and releasing negative structures in plastic injection molds, alternative for reducing costs and times of Manufacturing.

**Injection mold, Angle lift, Secondary molding system**

**Citación:** REYES-CASTREJON, Daniel Enrique, BONILLA-BLANCAS, Angélica Elizabeth, FIGUEROA-ESTRADA, Eduardo y SALAZAR-PEREYRA, Martín. Integración de Actuadores Hidráulicos para los Sistemas Secundarios de Moldeo y Liberación en Moldes de Inyección de Plástico. Revista de Ingeniería Mecánica. 2019. 3-10: 1-6.

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: angelica.bonilla@ciateq.mx)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

## Introducción

El moldeo por inyección es el principal proceso de manufactura a nivel mundial en la fabricación de componentes plásticos. Además, este proceso se caracteriza por su capacidad para fabricar componentes con geometrías complejas y variación en los espesores de pared. Las exigencias actuales de los consumidores, aunado a la competencia de las marcas por ubicarse dentro de las preferencias de consumo, han generado la necesidad de superar las limitaciones de los medios de producción, desde los tiempos de respuesta hasta la complejidad y calidad de los productos, mismos que además tienen un tiempo de vida relativamente corto.

La manufactura de moldes de inyección de plásticos es un área que demanda conocimientos altamente especializados, así como amplia experiencia práctica desde el diseño hasta al ajuste de la herramienta. A pesar de la importancia de este sector, el diseño, manufactura y ajuste de los moldes de inyección se basan principalmente en la experiencia adquirida por los grupos de trabajo.

La integración de nuevas tecnologías disponibles en el mercado en conjunto con las herramientas CAD/CAE en el proceso de manufactura de moldes, tienen el potencial para reducir los tiempos de ajuste y mejorar la vida útil del mismo, además de superar algunas limitantes de moldeo en la geometría de la pieza mediante la inclusión de mecanismos secundarios de desmoldeo.

Las herramientas CAE como Plastics de SolidWorks han sido empleadas para el estudio y mejora de componentes básicos del molde como la geometría del runner, sistema de alimentación entre el sprue y el gate, para reducir el desperdicio de material y defectos de molde como “disparos cortos” mediante la optimización de la forma de la sección transversal, diámetro y ubicación [1].

El análisis del desmoldeo de componentes ha sido objeto de estudios recientes, desde el diseño conceptual del molde hasta la inclusión de herramientas secundarias de moldeo, como el diseño de un algoritmo para el análisis de expulsión para geometría de piezas de plástico, que tiene la capacidad de detectar contra salidas que se pueden resolver a través de un sistema de extracción de negativos.

Además, brinda información acerca de la manufactura para ayudar al diseñador a implementar los cambios de forma rápida durante las primeras etapas de diseño [2]. También se encuentran metodologías para el diseño automático de la distribución y dimensionamiento de botadores para un molde de inyección de plástico según la geometría de la pieza. Este algoritmo consta de dos fases; en la primera se realiza un reconocimiento geométrico de la superficie de la pieza de plástico para ubicar los puntos de expulsión cerca de áreas rígidas de la pieza a fin de evitar zonas de deformación. Mientras que la segunda, realiza el dimensionamiento del botador implementando algoritmos de optimización, y de esta forma garantizar que el sistema de fuerzas en los botadores esté equilibrado.

Las soluciones obtenidas por el sistema están dimensionadas en tres condiciones: un balance de fuerzas apropiado, una fuerza de expulsión total ejercida por los botadores mayor a la fuerza necesaria para garantizar la expulsión, y una tensión de expulsión máxima que no excede el límite de compresión del material a la temperatura de expulsión. El método propuesto además de ayudar a los diseñadores al diseño sistemático del sistema de botado, minimiza la deformación y deterioro de la pieza de plástico [3].

Jian-Ming H., en su análisis sobre el diseño de un molde de inyección de plástico para un componente con nueve estructuras con áreas negativas, además no se permiten marcas de expulsión, flujo o líneas de partición. El autor propone el diseño de subsistemas de moldeo con pernos angulares y doble botado para el moldeo y correcta expulsión de la pieza.

El mecanismo convencional está constituido por un perno angular, eje de rotación del perno angular y soporte del eje de rotación del perno angular, así como los componentes para asegurar y proteger el desplazamiento guiado del sistema de moldeo durante la apertura y cierre del molde. El caso de estudio, también analiza el sistema de expulsión del componente y proponen un sistema de extracción en dos etapas para asegurar la estética e integridad de la pieza, la cual es trasladada por un robot al final del ciclo de inyección [4].

Por otro lado, los actuadores se han empleado en diversas aplicaciones en disciplinas asociadas con la manufactura de moldes con resultados técnicos y económicos favorables, como en la fabricación de herramientas de pulido para piezas de alta dureza con geometría compleja. Así mismo, una herramienta de corte se aplica con presión constante contra la superficie de la pieza de trabajo y la velocidad de barrido se controla de acuerdo a la medición del perfil de desviación a través de un proceso de compensación. El equipo de pulido propuesto es un sistema de dos ejes con vibración de baja frecuencia accionado con actuadores piezoeléctricos para el control de la presión aplicada y la velocidad de avance [5].

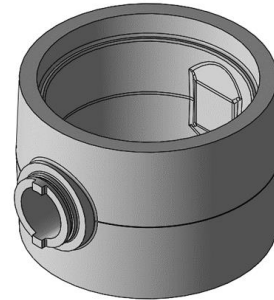
La manufactura de moldes de inyección de plásticos para componentes con áreas negativas de moldeo, en referencia a la dirección de apertura y cierre principal, se consideran como herramientas de diseño avanzado que generalmente se resuelven con sistemas secundarios de moldeo de accionamiento mecánico, aunque estos sistemas se han empleados con éxito, su fabricación, ajuste y ensamble demandan tiempos prolongados, así como la disposición de personal técnico con varios años de experiencia práctica.

La integración de sistemas servoactuados representa la oportunidad de reducir los tiempos de fabricación y ajuste de los moldes de inyección de plásticos, además de ofrecer herramientas de mayor robustez durante su funcionamiento, pues contienen un menor número de ensamblajes y a su construcción simplificada.

El objetivo de este trabajo es realizar el diseño de un molde para la inyección de un componente con negativos con la integración de sistemas secundarios de moldeo accionados por actuadores, además de realizar el diseño con un sistema de moldeo secundario mecánico convencional, para analizar las ventajas en el proceso de fabricación y ensamble de los dos sistemas. A continuación, se presenta la metodología de trabajo empleada que muestra el análisis de desmoldeo del componente, el diseño del molde con accionado por actuadores y con sistema mecánico de desmoldeo para el sistema secundario de moldeo. Así como, un análisis comparativo de los diseños del molde presentados.

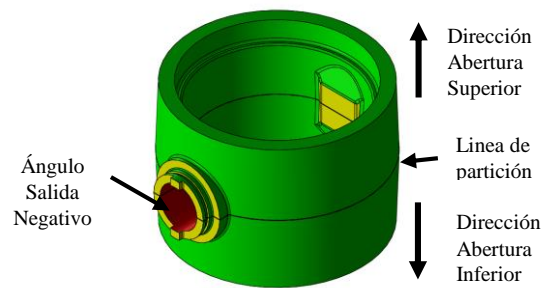
**Geometría del Componente y Análisis de Moldeo**

El componente para el análisis de este trabajo tiene dimensiones generales de diámetro exterior máximo 200 mm, altura 136 mm, espesor de pared máximo 19.5 mm, espesor de pared mínimo 3 mm, Figura 1.



**Figura 1** Geometría de la pieza a moldear  
Fuente: *Elaboración Propia*

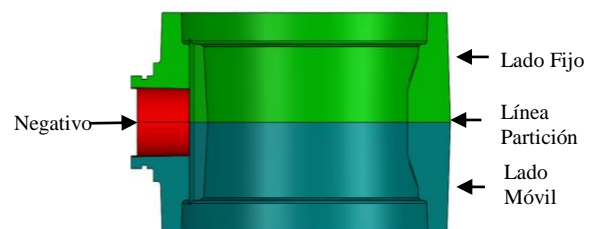
El componente tiene una estructura con un negativo, el análisis CAE de ángulos de desmoldeo muestra en color rojo la zona crítica de extracción de acuerdo a la dirección de apertura y cierre del molde, Figura 2.



**Figura 2** Análisis de desmoldeo  
Fuente: *Elaboración Propia*

| Configuración de Color de Ángulo de Desmoldeo |  |
|---|--|
| Ángulo de Salida Positivo                     |  |
| Ángulo de Salida Necesario                    |  |
| Ángulo de Salida Negativo                     |  |

**Tabla 1** Análisis de desmoldeo

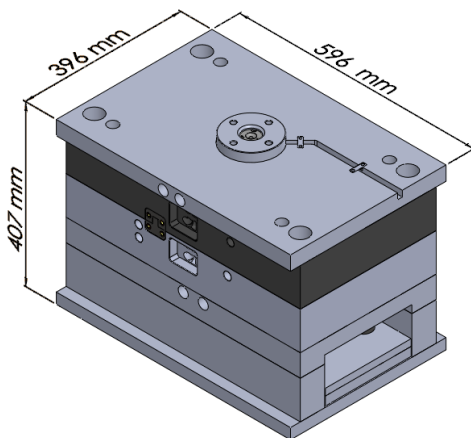


**Figura 3** Línea de partición  
Fuente: *Elaboración Propia*

En la Figura 3, línea de partición en la pieza; el molde libera el componente al separar el lado móvil del lado fijo, este accionamiento del molde genera un negativo en la superficie indicada en color rojo, consecuentemente es necesario integrar una herramienta secundaria para el moldeo y liberación del componente en la zona del negativo.

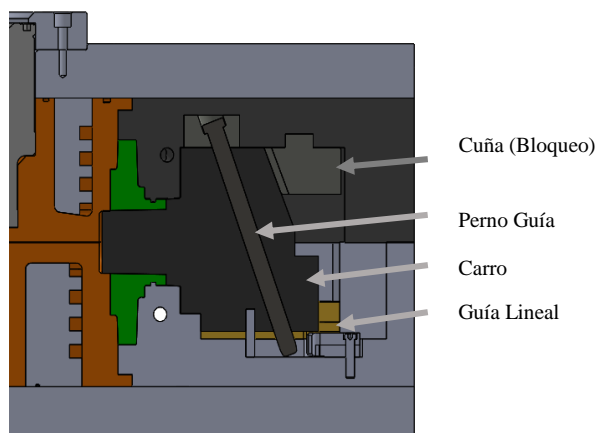
### Diseño del Molde con Sistema Secundario de Moldeo Mecánico

El diseño del molde de inyección de plástico se realiza según la línea de partición definida para el moldeo del componente, Figura 3, tiene como base un molde con estructura de dos placas sólido con gate de inyección tipo membrana, sistema de expulsión con ocho pernos de botado, para la expulsión de la pieza retenida en el lado móvil.



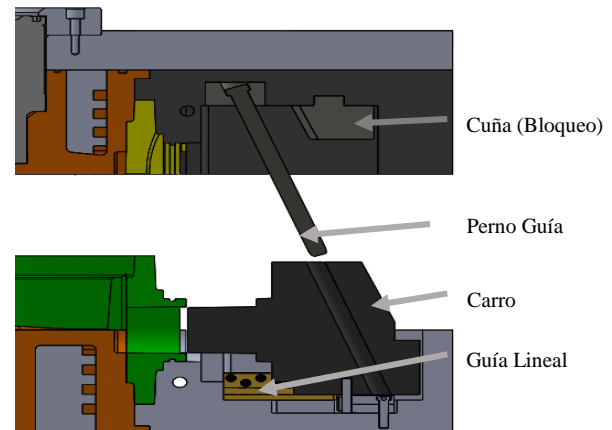
**Figura 4** Diseño de molde con sistema mecánico de moldeo y liberación  
Fuente: Elaboración Propia

El sistema de moldeo y liberación del negativo, Figura 5-A, está compuesto por un inserto móvil o carro, que forma la sección negativa del componente.



**Figura 1-A** Sistema de moldeo y liberación mecánico, molde cerrado  
Fuente: Elaboración Propia

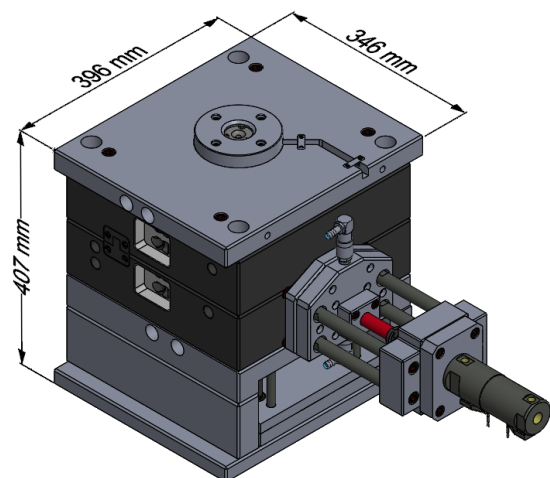
El accionamiento del carro se realiza mediante un perno angular alojado en el lado fijo, una cuña de bloqueo que impide la retracción del corazón por la presión de inyección. Del lado móvil se localiza la guía lineal que asiste el movimiento del carro en el sentido transversal a la apertura del molde, Figura 5-B.



**Figura 5-B** Sistema de moldeo y liberación mecánico, molde abierto  
Fuente: Elaboración Propia

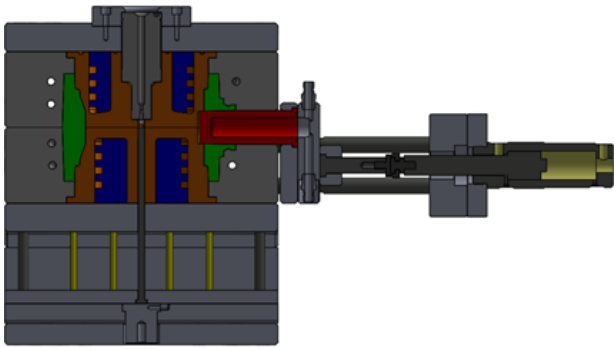
### Diseño de Molde con Sistema Secundario de Moldeo Servoactuado

En este diseño se integra un actuador hidráulico para el movimiento del sistema de moldeo y liberación del componente en el área del negativo, Figura 6.



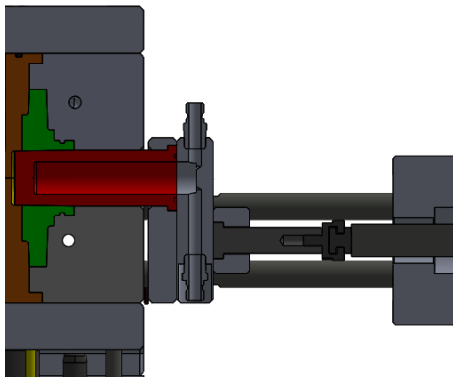
**Figura 6** Diseño de molde con actuador  
Fuente: Elaboración Propia

En el diseño de molde con actuador, el sistema de moldeo y liberación estructura negativa se ubicada en la parte superior del portamoldes, Figura 7.

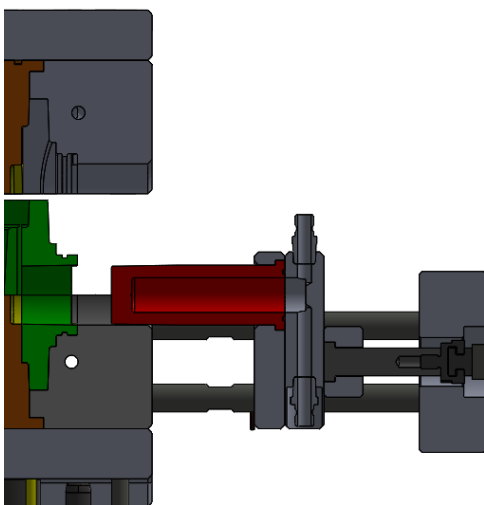


**Figura 7** Sección del diseño de molde con actuador  
Fuente: *Elaboración Propia*

El sistema de moldeo y liberación del negativo se integra por un corazón de moldeo, placas de acoplamiento y soporte, un pistón y actuador, Figura 7. El corazón se ensambla con las placas de soporte y acoplamiento, para transmitir el movimiento del cilindro hidráulico



**Figura 8-A** Sistema de moldeo con actuador, molde cerrado  
Fuente: *Elaboración Propia*



**Figura 8-B** Sistema de moldeo con actuador, molde abierto  
Fuente: *Elaboración Propia*

En la Figura 8-A, se muestra el sistema servoactuado de moldeo y liberación de área negativa respecto a la orientación de desmolde. En la posición cerrada, Figura 8-A, el inserto de moldeo se ajusta con las placas de cavidad del lado fijo, lado móvil y con los insertos centrales, por el extremo opuesto a las placas de soporte y acoplamiento de la base del pistón. En posición abierta, Figura 8-B, el inserto se desplaza la distancia necesaria para la expulsión de la pieza y este movimiento es guiado por las barras del pistón y accionado por el actuador.

Los principales criterios para la selección del actuador hidráulico son la fuerza de inyección ejercida por el polímero durante el llenado del molde y la carrera de expulsión requerida para la liberación de la estructura con negativo. La presión máxima de inyección según el análisis CAE realizado, Plastics de SolidWorks, para la inyección de una poliamida 12 es 55 kN, mientras que la carrera necesaria para la liberación del componente según las dimensiones de la pieza es 46 mm.

El molde con estructura de dos placas sólido con actuador para desmoldeo de negativo, tiene la siguiente secuencia de apertura y cierre:

- Desplazamiento del actuador para liberación de inserto que moldea negativo,
- Apertura de placas de lado móvil y lado fijo,
- Activación del sistema de botado para expulsión de la pieza.

Esta secuencia de apertura garantiza la seguridad de la herramienta, al reducir la probabilidad de colisión. Una configuración alternativa de expulsión de la pieza permitida por la construcción del sistema tiene la siguiente secuencia:

- Retracción del inserto que forma el negativo mediante el actuador simultaneo con la apertura del lado fijo y lado móvil.
- Activación del sistema de botado para expulsión de la pieza.

Esta secuencia contribuye a la reducción del tiempo del ciclo de inyección.

## Resultados

Como se muestra en las Figuras 4 y 6, el diseño conceptual del molde se basa en dos placas. A continuación, se mencionan las principales diferencias entre el molde con sistema mecánico y el molde con actuador para el moldeo y liberación de la estructura negativa del componente.

**Dimensiones.** El tamaño del molde accionado con sistema mecánico es mayor, pues la integración del sistema de moldeo y liberación de la estructura negativa requiere mayor espacio para la instalación de sus componentes, en este ejemplo el molde aumenta 250 mm en las dimensiones del área transversal de apertura y cierre del molde.

**Ajuste:** El número de componentes en el sistema secundario de moldeo mecánico es mayor que los componentes del sistema secundario de molde servoactuado, por lo tanto, la precisión requerida en la fabricación es mayor para garantizar el funcionamiento correcto del molde y del subsistema de moldeo y liberación en la zona del negativo. Que además requiere un tiempo ajuste mayor debido a que esto se realiza de una forma un tanto empírica, por personal que realiza esta tarea manualmente teniendo una incertidumbre. En contraste el sistema accionado con actuadores, al tener menor número de componentes el ajuste también se reduce a una etapa simple debido a que se realiza por maquinaria CNC dejando de lado la incertidumbre de la mano humana y consecuentemente la fabricación de componentes, así como el tiempo.

## Conclusiones

La integración de un sistema secundario de moldeo servoactuado en moldes de inyección de plástico contribuye a la reducción en el tamaño del molde, pues el inserto o carro únicamente se desplaza en la dirección necesaria para el desmoldeo de la estructura negativa, a diferencia del sistema de moldeo secundario mecánico no es necesario disponer de espacio para el movimiento del carro. Este beneficio se refleja de forma sustancial en moldes que requieren carros de dimensiones mayores y en consecuencia el molde se monta en máquinas inyectoras de tonelaje superior al necesario para disponer de platinas con el tamaño necesario para asegurar el molde.

En adición, el número de componentes del sistema secundario de moldeo servoactuado es menor que en el sistema secundario de moldeo mecánico, esto reduce el tiempo de fabricación para los componentes, así como el tiempo ajuste. En suma, la integración de sistemas de moldeo secundarios servoactuados representan ventajas como la disposición de sistemas con operación más simples, mayor seguridad al reducir posibles colisiones y con tiempos de fabricación y mantenimiento menores cuando se comparan con sistemas mecánicos.

## Referencias

- [1] A. K. y. M. R. Moayyedian M., "New design feature of mold in injection molding for scrap reduction," *Procedia Manufacturing*, vol. 2, pp. 241-245, 2015.
- [2] P. M. P.-G. J. y. M.-D. C. Mercado-Colmenero J.M., "A new hybrid method for desmoldability analysis of discrete geometries," *Computer-Aided Design*, vol. 80, pp. 43-60, 2016.
- [3] R.-P. M. V.-I. A. M.-D. C. Mercado-Colmenero J.M., "A new procedure for the automated design of ejection systems in injection molds," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 46, pp. 68-85, 2017.
- [4] J.-M. H., "Application of Composite Core-pulling Mechanism in Mobile Phone," *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 385-386, pp. 237-241, 2013.
- [5] . H. O. M. Y. T. H. T. L. W. Che S., "Precision Polishing of Micro Mold by Using Piezoelectric Actuator Incorporated with Mechanical Amplitude Magnified Mechanism," *Advanced Materials Research*, vol. 325, pp. 470-475, 2011.

## Agradecimiento

Se agradece a CONACYT por el apoyo económico otorgado para la realización de este proyecto con la beca otorgada No. 468868, del programa de maestría con PNP 003499.