



EXPEDIENTE	IMDEEA/2017/54 (INESCOP) / IMDEEA/2017/148 (AIDIMME)
ACRÓNIMO	MATRIBOT
PROGRAMA	Proyectos de I+D de carácter no económico realizados en cooperación con empresas
TÍTULO DEL PROYECTO	Robótica colaborativa aplicada a procesos de inyección-extracción de suelas para calzado

Entregable E1.1.

ESTADO DEL ARTE Y ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES

ÍNDICE

1.	Descripción del entregable.....	3
2.	Trabajo realizado	3
2.1.	Estado del Arte.....	3
2.2.	Estudio y análisis del proceso de inyección y extracción de suelas	8
2.2.1.	La Máquina de Inyección.....	8
2.2.2.	El Molde.....	11
2.2.3.	La Extracción.....	13
2.3.	Clasificación del tipo de suelas	21
2.4.	Caracterización de las operaciones	27
2.5.	Estudio y análisis de las herramientas de agarre disponibles	30
3.	Conclusiones.....	37
4.	Referencias y bibliografía	38

1. Descripción del entregable

Este informe incluye el estado del arte y el análisis de la operación de extracción de suelas de los moldes de inyección, además de una clasificación de los tipos de suelas pasando por la caracterización de las operaciones y por último el estudio y análisis de las herramientas de agarre disponibles.

2. Trabajo realizado

Durante el desarrollo del PT1 se ha obtenido información sobre el estado actual de los métodos de extracción de pisos de calzado obtenidos por inyección, analizando todos los subprocesos implicados.

El objetivo es determinar analíticamente las operaciones necesarias para la extracción y establecer las características que deben reunir las herramientas de agarre para adaptarse a las diferentes tipologías de suelas.

2.1. Estado del Arte

Desde los años 50, se utilizan máquinas de moldeo por inyección para la fabricación de ciertos pisos/suelas para calzado, popularizándose su uso en los años 80.



Figura 1: Pisos moldeados por inyección

Con el tiempo, estos sistemas se han ido optimizando gracias a la evolución de los materiales utilizados para la inyección, la eficacia en el control de temperaturas del proceso y la inyección asistida por computador, a lo que se une la mayor eficiencia de los diseños debida al uso de sistemas CAD/CAM que garantizan la fabricación de moldes de alta calidad.

Siguiendo esta evolución, las más modernas máquinas de inyección incorporan robots para la extracción de piezas, pero estos se basan generalmente en sistemas de succión que resultan adecuados para retirar elementos rígidos, pero que son de difícil implementación para la extracción de piezas flexibles.

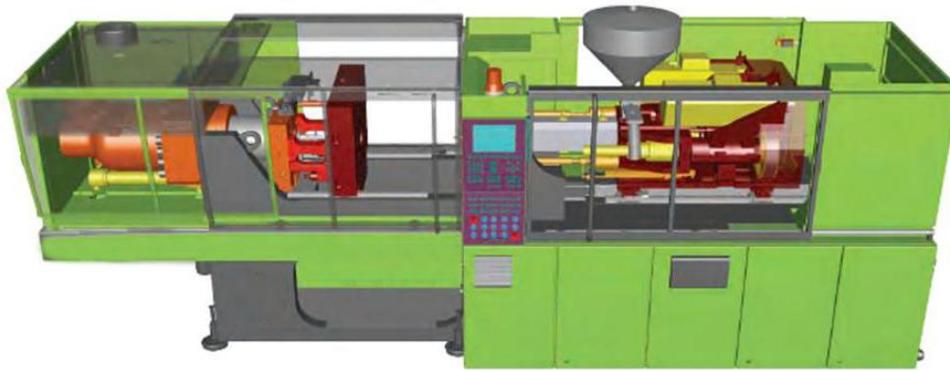


Figura 2: Máquina de moldeo por inyección

Por otro lado, en la inyección de pisos para calzado, cada molde está diseñado para la fabricación de un par completo (pie derecho – pie izquierdo) de cada modelo y talla concreta, y generalmente es necesario fabricar en torno a 8 tallas por modelo (del 35 al 42 en el caso de calzado de señora, y del 39 al 46 para calzado de caballero). Si a esto se une que se trata de un producto de consumo relacionado con la temporalidad y la moda, resulta una elevada variabilidad que se traduce en tiradas pequeñas, muy cambiantes para adaptarse rápidamente a los cambios de tendencia, por lo que resulta inviable el desarrollo de útiles específicos de extracción para cada molde.



Figura 3: Moldes de inyección para pisos

Con todo, en la fabricación de pisos/suelas para calzado aparecen dos características que dificultan la extracción del molde:

- El material, generalmente flexible y con cierta elasticidad, hace que el piso se adhiera al molde, generando incluso un efecto ventosa



Figura 4: Pisos de diferentes materiales (TPU, TR, EVA, TOFLEX)

- La geometría del propio piso con una huella compleja, incluyendo a veces tacón, tacos y sistemas antideslizantes, aumenta considerablemente la superficie de contacto piso / molde, incrementando la adherencia entre ellos y, con ello, la fuerza necesaria para su extracción.



Figura 5: Ejemplo de huella en piso inyectado

Además, por razones de consumo de material y peso final del producto, el piso presenta sistemas de ahorro por su cara interna, lo que imposibilita el uso de sistemas de succión.



Figura 6: Ejemplo ahorros en piso inyectado

En definitiva, la extracción de pisos del molde es hoy por hoy una tarea que se realiza de forma manual, implicando movimientos complejos y fuerza y pericia por parte del operario¹.

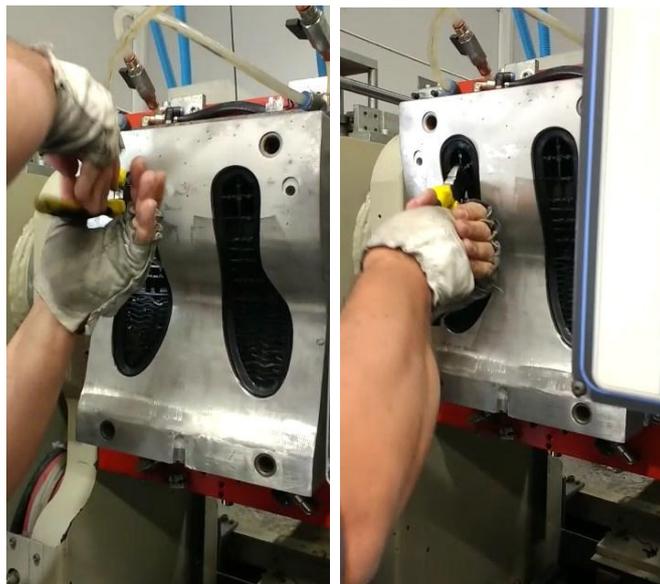


Figura 7: Extracción manual

Se estima además que la extracción supone un tiempo que puede oscilar entre 10s y 30s dependiendo de la complejidad del modelo y la altura del tacón, implicando la utilización de herramientas diversas, tipo alicate, que pueden ser diferentes dada la diversidad existente en el diseño de los ahorros, y que a veces incluye también la operación de retirar el material solidificado en el bebedero (mazarote) y los canales de alimentación del molde, para que quede listo para la siguiente inyección.

Con respecto a la herramienta utilizada para la extracción, el punto de partida en el caso de la extracción manual son unos alicates universales. Es una herramienta sencilla y bien conocida que utiliza el principio de la palanca, es barata y de fácil manejo pero tiene el inconveniente de que el operario tiene que realizar tanto la fuerza de cierre como la fuerza de extracción de la suela.



Figura 8: Diferentes tipos de alicates.

Generalmente se utilizan varios tipos de alicates, en función del piso a extraer:

- En los pisos con ahorros, el ancho de la mordaza viene condicionado por el hueco de estos y puede variar entre 5 y 12mm.
- Para los pisos más finos sin ahorros, se utilizan alicates de punta fina y se “pellizca” directamente el piso.
- Algunos pisos permiten el uso de expulsores, con lo que el operario los quita a mano sin ninguna herramienta.

En cualquier caso, desde el punto de vista ergonómico, el trabajo de extracción representa un nivel alto de riesgo de fatiga física o incluso lesiones por tratarse de un trabajo que se realiza de pie, con una posición elevada de la carga, relativamente alejada del cuerpo, y que implica giros de tronco, lo que aumenta las fuerzas compresivas que se generan en la columna vertebral, con especial incidencia en la zona dorso-lumbar; sin olvidar el estrés a que se someten las manos del operario.



Figura 9: Peso teórico recomendado

CUADRO N° 2
 Valores de la Fuerza de la mano en hombres sanos y su relación con el grupo etario.

EDAD (años)	MANO DERECHA		MANO IZQUIERDA		N° de Casos
	\bar{X}	(Kgrs) D.E.	\bar{X}	(Kgrs) D.E.	
<= 19	43.95	6.69	42.00	6.71	21
20 – 29	43.11	7.88	42.22	8.70	68
30 – 39	45.73	8.08	41.40	7.11	15
40 – 49	38.91	6.98	39.33	7.39	12
50 y más	39.80	4.65	40.60	6.80	5

En el Cuadro N° 2 se observa que el mayor promedio de fuerza (45.73 Kg.) en la mano derecha correspondió a hombres entre 30 – 39 años de edad y en la mano izquierda (42.22 kg.) al grupo entre 20 – 29 años.

CUADRO N° 3
 Valores de la Fuerza de la mano en mujeres sanas y su relación con el grupo etario.

EDAD (años)	MANO DERECHA		MANO IZQUIERDA		N° de Casos
	\bar{X}	(Kgrs) D.E.	\bar{X}	(Kgrs) D.E.	
<= 19	25.60	3.72	23.78	5.26	23
20 – 29	27.34	5.18	24.73	4.68	23
30 – 39	25.95	5.49	24.04	5.06	21
40 – 49	26.58	5.63	24.76	4.56	17
50 y más	23.25	4.03	19.75	2.87	4

En el Cuadro N° 3 se aprecia que el mayor promedio de fuerza, correspondió a aquellas mujeres entre 20 y 29 años de edad con 27.34 Kg. y 24.73 Kg., en sus manos derecha e izquierda respectivamente.

Figura 10: Fuerza de la mano en adultos sanos²

Por todo ello, se establecen en ocasiones diferentes métodos encaminados a facilitar la extracción:

- Uso de molde intermedio. Los procesos que tienen una parte intermedia en el molde se extraen con mayor facilidad al quitar el molde intermedio

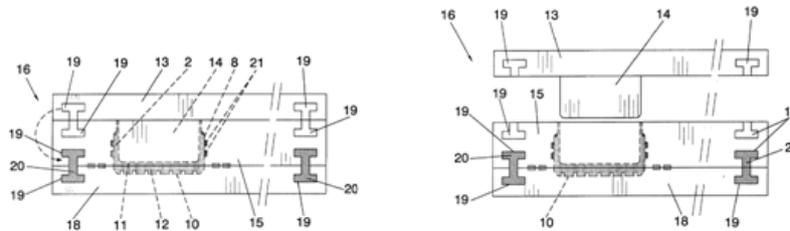


Figura 11: Molde con elemento intermedio³

- Enfriamiento a -50°.
- Uso de spray desmoldeante⁴.
- Expulsores

2.2. Estudio y análisis del proceso de inyección y extracción de suelas

El proceso de moldeo por inyección consiste en fundir un material plástico e introducirlo a presión en un molde, donde se le deja enfriar hasta una temperatura adecuada que permita la extracción de la pieza obtenida sin que sufra deformaciones.

2.2.1. La Máquina de Inyección

Las máquinas de inyección han sufrido una fuerte evolución en los últimos años debido a la aparición y desarrollo de nuevos materiales y a la demanda creciente de artículos de plástico, unido a los avances experimentados por los sistemas de CAD/CAM que permiten la realización de diseños complejos y garantizan la calidad de los moldes construidos al efecto.

Así, las máquinas iniciales de pistón fueron pronto sustituidas por máquinas de husillo donde se mejoraba la dosificación del producto y la estabilidad térmica durante el proceso de inyección, aumentando además la velocidad de producción.

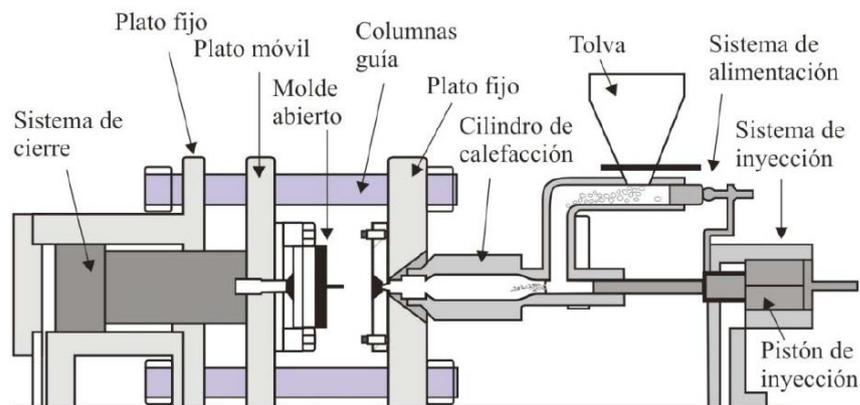


Figura 12: Máquina de inyección por pistón

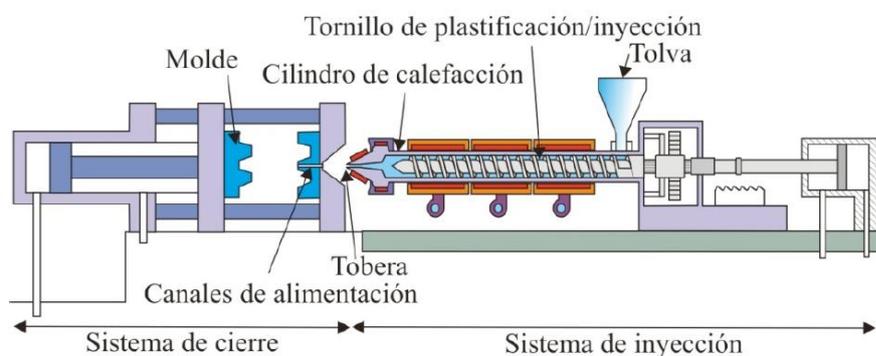


Figura 13: Máquina de inyección por husillo

Básicamente, el proceso de inyección consta de dos fases: la fusión del material y su inyección en el molde, pero un ciclo completo de máquina requiere una

serie de tareas secuenciadas y con la temporización adecuada⁵. Considerando el material previamente fundido:

- Cierre del molde.
- Avance de la unidad de inyección.
- Llenado o inyección propiamente dicha.
- Compactación
- Retroceso de la unidad de inyección.
- Enfriamiento
- Apertura del molde.
- Extracción

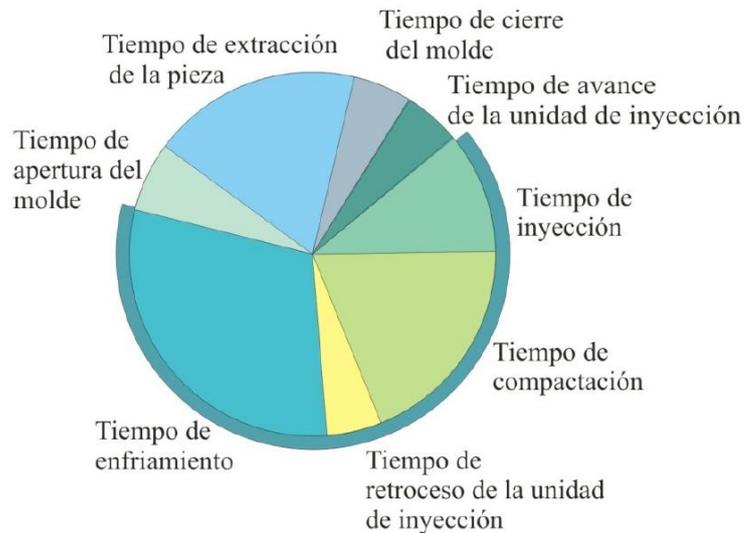


Figura 14: Ciclo de inyección. Distribución relativa de tiempos

Así, las características básicas que definen una máquina de inyección son:

- Capacidad de Inyección: Cantidad de material capaz de inyectar en cada ciclo, lo que es determinante para su capacidad de producir las piezas deseadas.
- Capacidad de Plastificación: Cantidad máxima de material que la máquina es capaz de plastificar (calentar el polímero a la temperatura adecuada de inyección) por unidad de tiempo.
- Presión de Inyección: Presión ejercida en la cara delantera del husillo (o pistón)
- Velocidad de Inyección: Caudal de material durante la fase de inyección.

- **Fuerza de Cierre:** Es la que mantiene unida las dos mitades del molde.

Existiendo diversas variables que intervienen directa o indirectamente en el proceso:

- ✓ **Temperatura de Inyección:** Depende de cada material y debe ser suficiente para garantizar que fluye adecuadamente, pero no tan alta que lo degrade.
- ✓ **Temperatura del Molde:** Debe ser lo suficientemente baja para conseguir que el material solidifique.
- ✓ **Presión Inicial:** Es la que se aplica al material para que llene el molde.
- ✓ **Presión de Mantenimiento:** Es la que se aplica al final del llenado para garantizar que este sea completo.
- ✓ **Presión Posterior:** Es la que se aplica al husillo mientras retrocede
- ✓ **Tiempo de Inyección:** Tiempo necesario para el llenado completo del molde.
- ✓ **Tiempo de Mantenimiento o Compactación:** Tiempo que se mantiene la posición avanzada del husillo para mantener la presión sobre el material
- ✓ **Tiempo de Enfriamiento**

Las máquinas actuales de inyección cuentan con diseños y sistemas avanzados de control que mantienen las condiciones óptimas de todas estas variables, en estructuras modulares multipuesto.



Figura 15: Máquina de inyección (CDG Trading, serie Jolly)

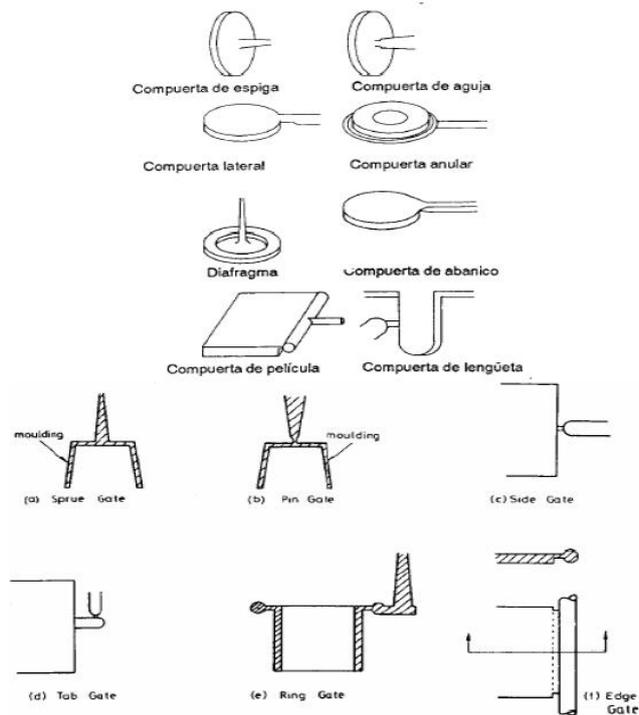


Figura 17: Tipos de compuerta

6. Canales de Colada: Son los canales que conectan el bebedero con las cavidades del molde

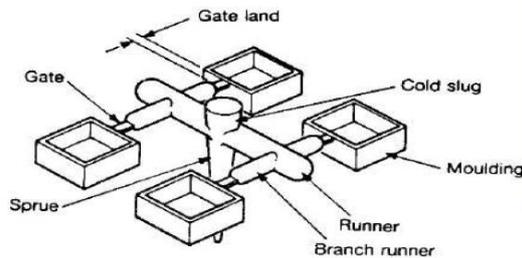


Figura 18: Situación de los canales de colada (runners)

Además, según los casos, pueden incluir

7. Canales de enfriamiento: A través de los cuales circulan fluidos refrigerantes, como el agua, para acortar los tiempos de enfriamiento.

8. Pernos de Expulsión: Sirven para separar la parte fija de la móvil, permitiendo que quede liberada la pieza moldeada

En cualquier caso, la fabricación de moldes se presenta como un proceso complejo que implica la colaboración estrecha entre personal de diseño, fabricación, proveedores y clientes para garantizar y optimizar la pieza plástica a fabricar, el molde y el propio proceso de inyección, sin olvidar la fase de desmoldado o extracción. Esta última depende de diversos factores muy

dispares que van desde el propio diseño de la pieza, que puede facilitar o entorpecer la extracción, hasta las características del material inyectado que puede presentar mayor o menor adherencia con las paredes del molde.

2.2.3. La Extracción

Algunos moldes se equipan con sistemas de extracción que pueden ser de diversos tipos:

- a) Extracción con aire: Pequeño tubo de aire que se fija en los moldes y hoyos para ayudar a la extracción de las suelas.



Figura 19: Sistema de extracción por aire

- b) Extracción mecánica: Después de que haya transcurrido el tiempo suficiente, la pieza enfriada puede ser expulsada del molde por un sistema de eyección, que suele estar unido a la mitad trasera del mismo. La parte inferior del molde dispone de partes móviles que están accionados por barras con muelle. Con una presión sobre un botón, una parte del soporte del molde se eleva y accionan las barras que empujan a la pieza.

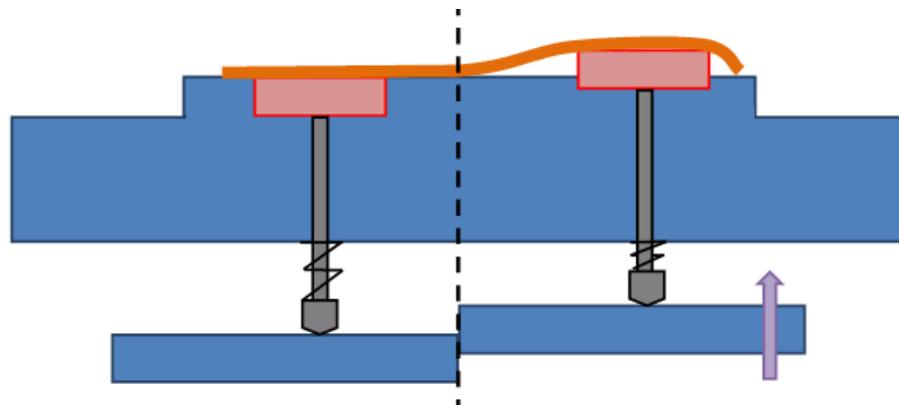


Figura 20: Sistema de extracción mecánica

Existen una gran variedad de expulsores que se adaptan a diversas necesidades:

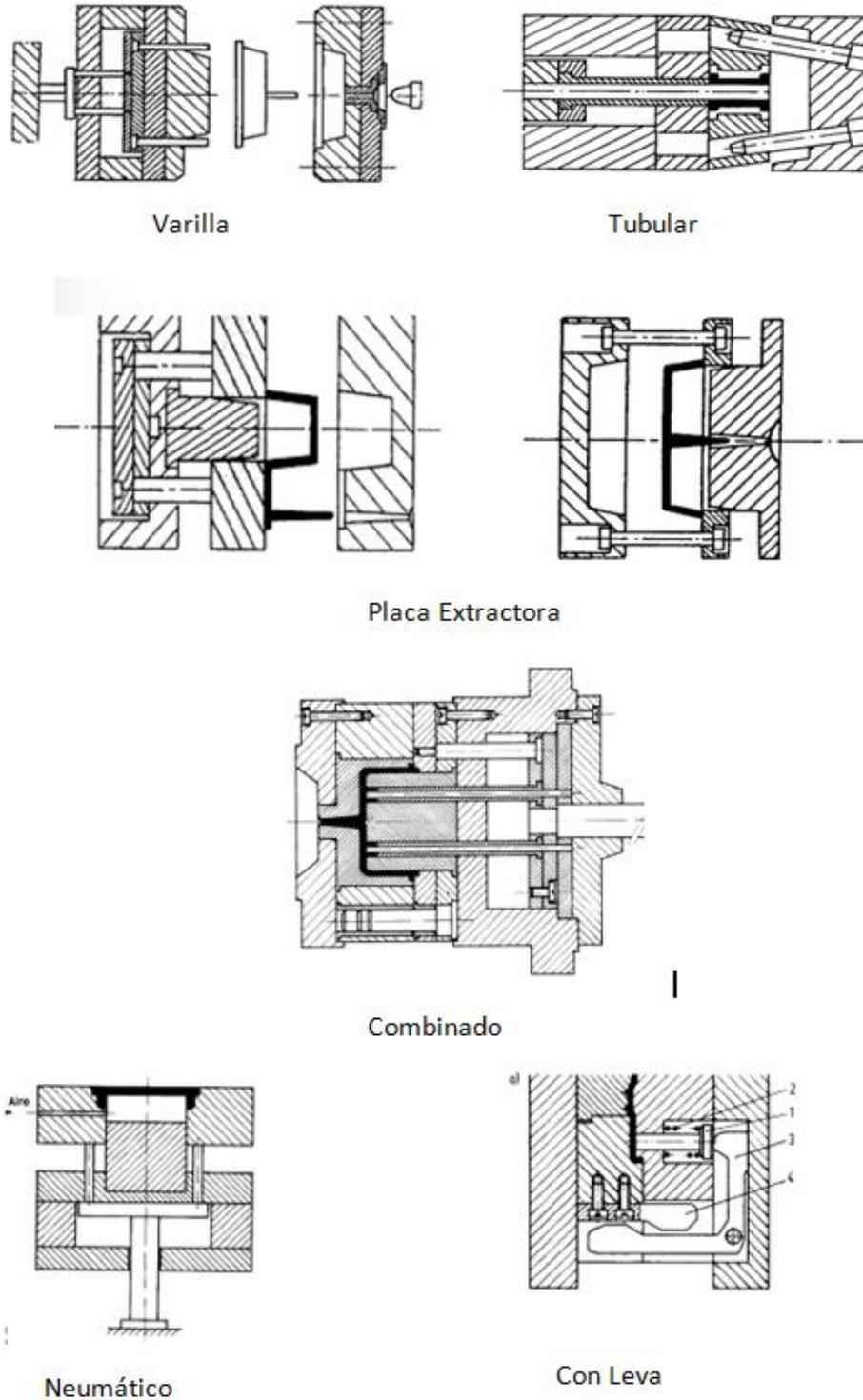


Figura 21: Tipos de expulsores

Es importante tener en cuenta que la expulsión de la pieza debe hacerse sin deformaciones ni distorsiones de la superficie, y que el tiempo de ciclo no debe verse penalizado; esto es, en ocasiones el expulsor o expulsores pueden deformar la pieza o dejar marcas en la superficie:

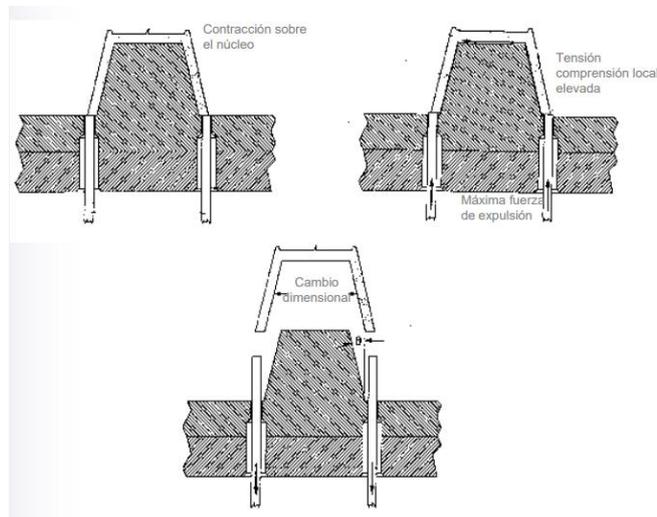


Figura 22: Cambio dimensional

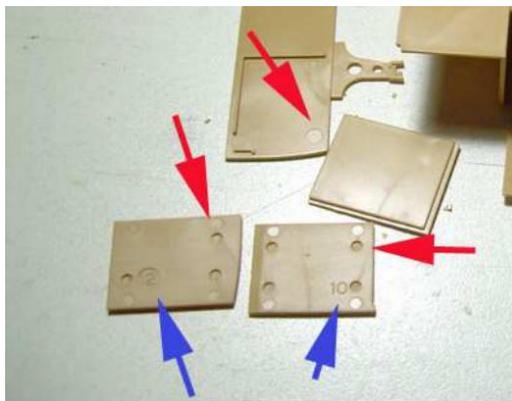


Figura 23: Marcas superficiales

En estas condiciones es necesario poner especial cuidado durante el diseño en la colocación de los expulsores:

- Cerca de las zonas más resistentes a la extracción.
- Sobre las zonas más rígidas de la pieza.
- Sobre zonas donde el acabado visual no sea importante

A pesar de todo, a veces es necesario incrementar el tiempo de enfriamiento para evitar los problemas provocados por los expulsores, pero esto supone una desoptimización del proceso.

En última instancia, la clave está en crear una relación estrecha entre el diseñador de la pieza y el del molde que permita atender ciertas consideraciones básicas que determinan la fuerza de expulsión necesaria:

- La contracción del material
- Los ángulos de desmoldeo.
- El rozamiento
- El acabado superficial.
- El área de contacto
- La estética
- La presencia de contrasalida

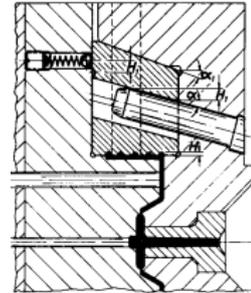


Figura 24: Marcas superficiales

Con todo, para el caso que nos ocupa, en el que se trata de moldes para volúmenes de producción relativamente pequeños, que se fabrican en aluminio mediante mecanizado CNC, con menor cantidad de piezas e inserciones que un molde de acero convencional (ver Figura 16) y aquí es esencial respetar ciertas normas de diseño basadas en los llamados ángulos de desmoldeo.

A diferencia de lo que ocurre con otros sistemas de fabricación como pueden ser la impresión 3D o el mecanizado CNC, ignorar los ángulos de inclinación en un pieza diseñada para su producción por inyección puede hacer inviable el proceso de desmoldeo.

Evidentemente, no existe un ángulo de inclinación estándar que sirva para cualquier diseño de pieza, ya que influyen muchos factores diferentes como el grosor de las paredes, la selección del material, los porcentajes de encogimiento, el acabado o textura, la profundidad de las paredes y las posibilidades de fabricación. Sin embargo, si existen algunas sencillas reglas que pueden resultar muy útiles.

Lo ideal al diseñar una pieza, sería dejar el máximo ángulo de inclinación que sea posible: por lo general, se necesita 1 grado de ángulo de inclinación por cada 25 mm de profundidad de la cavidad, pero esto puede variar en función de los factores ya citados. Como recomendación general:

Profundidad de la forma	Grosor/ ángulo de inclinación mínimo			
6,35mm	<1mm / 0,5°			
13mm	<1mm / 1°	1,5mm / 0,5°		
19mm	<1mm / 2°	1,5mm / 1°	2mm / 0,5°	
25mm		1,5mm / 2°	2mm / 1°	2,5mm / 0,5°
38mm			2mm / 2°	2,5mm / 1°
51mm				2,5mm / 2°

Figura 25: Ángulos de inclinación basados en la profundidad de la cavidad⁶

Además, es necesario tener en cuenta el acabado superficial de la pieza, tanto es así, que la ausencia de ángulo de acabado en el molde puede provocar un arrastre de la misma durante la apertura y expulsión, llegando incluso a producir arañazos superficiales. Especial atención merecen las piezas con acabados graneados, ya que estos constituyen diminutas contrasalidas dificultando aún más la extracción.

Otra de las técnicas que se utilizan para facilitar las tareas de desmoldeo a partir del diseño del molde consiste en evitar las nervaduras profundas, aplicando el método de núcleo-cavidad.

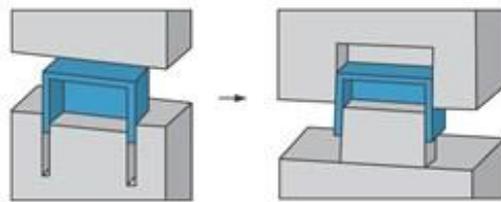


Figura 26: Ejemplo de molde con nervadura profunda (izq.) y núcleo-cavidad (dch.)

Y por supuesto, es necesario atender otros detalles relacionados con la integración del molde con la máquina, teniendo en cuenta, por ejemplo, que el diámetro de la boquilla de la máquina debe ser ligeramente inferior al del molde para facilitar el desmoldeo

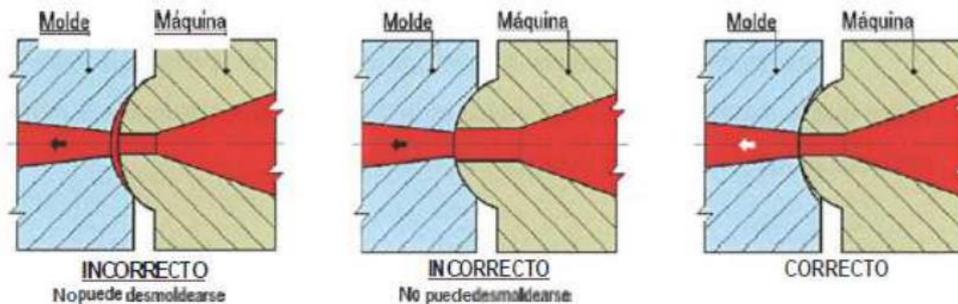


Figura 27: Relación de diámetros de boquilla en máquina y molde para permitir el desmoldeo

A pesar de todo lo expuesto para facilitar el proceso de extracción de la pieza del molde, es necesario tener en cuenta que sigue siendo una tarea que se realiza de forma manual, por lo que resulta interesante documentar el tipo de herramientaje adecuado para mejorar las condiciones de trabajo y la ergonomía del puesto. Paralelamente, el análisis de estas herramientas aporta valiosa información como paso intermedio para el desarrollo de la celda robótica objeto del presente proyecto, y más concretamente, del sistema de agarre para la extracción del piso:

- **Pistola de Aire Comprimido:** La propuesta es utilizar las técnicas de extracción por aire pero de una manera autónoma, sin incorporar el

dispositivo como parte del molde. Para ello se trabaja a partir de una pistola industrial de aire comprimido que podría formar parte del equipamiento del operario:



Figura 28: Ejemplo de pistola industrial de aire comprimido⁷

- **Alicates neumáticos:** Paralelamente, los alicates convencionales utilizados actualmente podrían sustituirse por alicates neumáticos que rebajarían el nivel de exigencia de las fuerzas que debe hacer el operario, aunque aquí la forma y tamaño de la garra será determinante para que uso sea posible

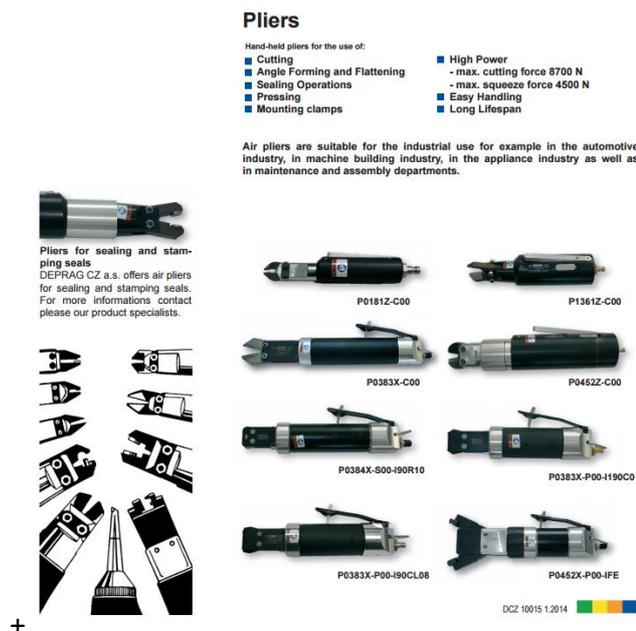


Figura 29: Ejemplo de alicates de aire comprimido⁸

- **Estación de trabajo con brazo guiado y herramienta de agarre:** Un paso más en el apoyo al operario en el proceso de extracción podría ser la incorporación de brazos guiados incorporando el sistema de agarre necesario, pero en este caso sería preciso comprobar la maniobrabilidad del brazo en el área de trabajo

Rail-guided torque relief arm - for screwdriver in straight version and pistolgrip, consisting of:

Pos.	Designation	Part no.
1	End stop	809911
2	Lateral stop (functions only in connection with elevation stop)	809912
3	Elevation stop	809913
4	Parallelogram arm with guide carriage	809914
5	Guide rail, length 1 m / 2 m / 3 m	8099151/8099152/8099153
6	Telescope holder	809907
7	Suitable screwdriver adapter	see page 16
8	Guide carriage (separate), with aluminium plate 100x100x20 mm	809910
4/2/3	Parallelogram arm with guide carriage, lateral- and elevation stop	809926A

This parallelogram arm is recommended for larger work areas above the workstation (ceiling-mount). The torque relief arm consists of the parallelogram arm with guide carriage (4), which slides on rails (5). An integrated axis in the guide carriage allows the arm to swivel. The end stop (1) prevents the derailing of the guide carriage at the end of the rails. The elevation stop (3) is required for the correct function of the lateral stop (2).

For the function of parallelogram arm (pos. 4) positions 1 / 2 / 3 and 5 are also necessary.

To hold screwdriver pos. 7 or pos. 6 together with pos. 7 are necessary.

Please find further information on page 12.

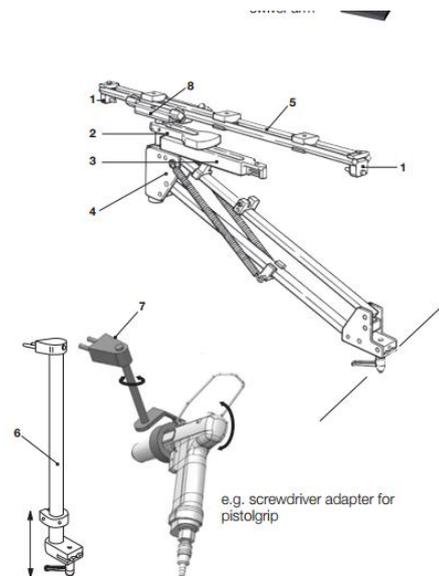


Figura 30: Ejemplo de alicates de aire comprimido⁹

- **Robot Colaborativo:** Como último nivel de automatización del proceso de extracción, se podría incorporar un robot con el dispositivo de agarre adecuado y los sistemas de identificación de molde y trayectorias asociadas para realizar la extracción.

La gran ventaja de los robots colaborativos (CoBots) es su capacidad para trabajar junto a operarios humanos sin tener que utilizar sistemas de seguridad tipo vallado. La exigente normativa referente a sistemas de robótica industrial se basa en las normas ISO 10218-1 e ISO 10218-2, pero el desarrollo de los CoBots ha propiciado nueva legislación como la ISO/TS 15066 – Safety Collaborative Robots, donde se definen los requerimientos de seguridad para aplicaciones colaborativas. La esencia está en que se trata de robots que disponen de sistemas avanzados de control de fuerza de los ejes, modificando además la velocidad del movimiento en función de la zona en la que esté trabajando y su posible proximidad con el operario. Así, son capaces de trabajar en modos complejos definiendo diferentes comportamientos según el área en la que se encuentre, compartida o no con

un operario, incorporar sistemas de detección de la presencia del operario, o incluso permitir el guiado manual.

SITUACIÓN DE MOVIMIENTO O PARADA DEL ROBOT		ESPACIO DE TRABAJO COLABORATIVO. POSICIÓN DEL OPERARIO.	
		FUERA	DENTRO
ESPACIO DE TRABAJO COLABORATIVO SITUACIÓN DEL ROBOT	FUERA	Continúa	Continúa
	DENTRO Y EN MOVIMIENTO	Continúa	Parada de seguridad
	DENTRO EN PARADA SUPERVISADA DE SEGURIDAD	Continúa	Continúa

Figura 31: Relación entre la situación relativa del operario y el robot colaborativo

En la actualidad existe en el mercado una amplia oferta de CoBots de diversos fabricantes y con diferentes características. Algunos ejemplos podrían ser:

Todos los modelos de Universal Robots son brazos robóticos de seis ejes ligeros y altamente flexibles, diseñados para destacar en una amplia gama de aplicaciones. Los robots colaborativos, o corobots, se clasifican según sus límites de carga útil. Los diferentes modelos tienen también diferente alcance, peso y huella.

	Brazo robótico UR3	Brazo robótico UR5	Brazo robótico UR10
Radio de acción	500 mm/19,7 pulg	850 mm/33,5 pulg	1300 mm/51,2 pulg
Carga útil	3 kg/6,6 libras	5 kg/11 libras	10 kg/22 libras
Peso	11 kg/24,3 libras	18,4 kg/40,6 libras	28,9 kg/63,7 libras
Huella	128 mm/4,6 pulg	149 mm/5,9 pulg	190 mm/7,5 pulg

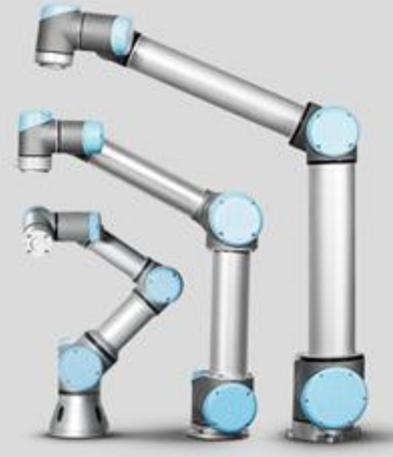


Figura 32: Universal Robots. UR3, UR5, UR10



Figura 33: FANUC CR-35iA

2.3. Clasificación del tipo de suelas

Existen diversos criterios de clasificación del tipo de suelas, aunque quizá el más clásico sería el que distingue inicialmente entre señora, caballero y niño. Obviamente, dentro de esta clasificación pueden introducirse variantes relacionadas con los materiales o el uso a que van destinados, lo que está íntimamente a su vez relacionado con la huella del piso: dibujo, profundidad

- **Caballero:** Pueden encontrarse desde diseños casi lisos para calzado de vestir, hasta otros de huella profunda para actividades deportivas o de tiempo libre, pasando por una gran variedad de posibilidades en calzado casual



Figura 34: Suela de caballero



Figura 35: Suela de caballero. Diseño casual



Figura 36: Suela de caballero con huella profunda

- **Señora:** Como en el caso anterior, existe una gran variedad de diseños posibles atendiendo al uso a que se destina el calzado, desde vestir hasta deportivo, pasando por el consabido casual. En los pisos destinados al calzado de señora aparece además la variante de la altura, que puede presentarse en forma de cuña, tacón integrado o suelas que solo contienen desde la punta al enfranque, con quiebre, para la posterior incorporación del tacón



Figura 37: Piso de señora plano



Figura 38: Piso de señora con cuña



Figura 39: Piso de señora con tacón integrado



Figura 40: Piso de señora con quiebre



Figura 41: Piso de señora casual



Figura 42: Piso de señora tiempo libre

- **Niño:** Igualmente, en el caso de los pisos para niño aparece una gran diversidad de posibilidades, adquiriendo especial relevancia en este caso los pisos con grabados decorativos y, como en los demás casos, presentando desde diseños prácticamente planos, hasta huellas con profundidad considerable.



Figura 43: Piso de niño plano



Figura 44: Piso de niño con grabado decorativo



Figura 45: Pisos de niños. Ejemplos de diseño variados



Figura 46: Pisos de niño. Ejemplo de huella profunda

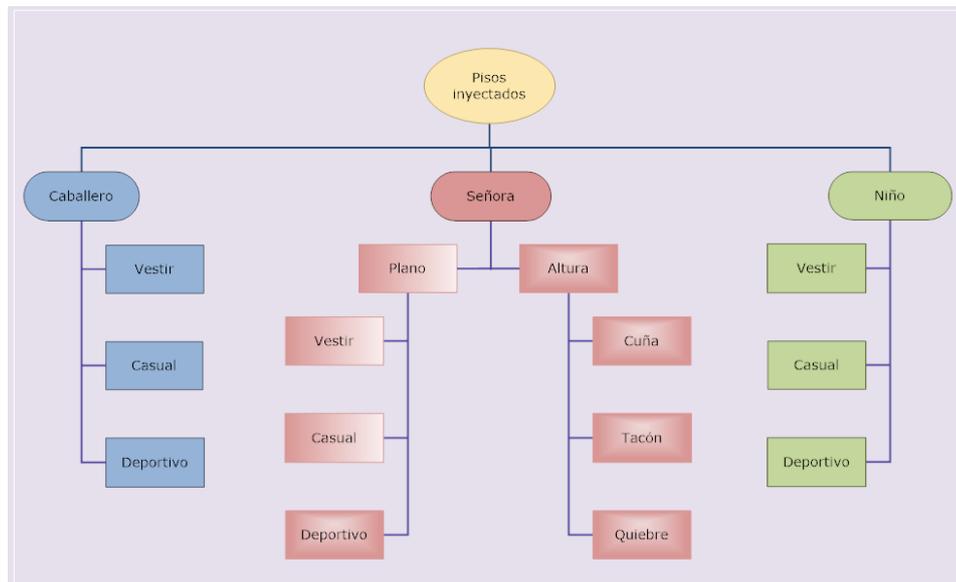


Figura 47: Clasificación de pisos inyectados

Además, en casi todos los casos presentados anteriormente, puede aparecer la variante de que los pisos lleven vira; esto es, una tira de refuerzo que queda entre el piso y el corte y que se inserta en el molde antes de realizar la inyección.

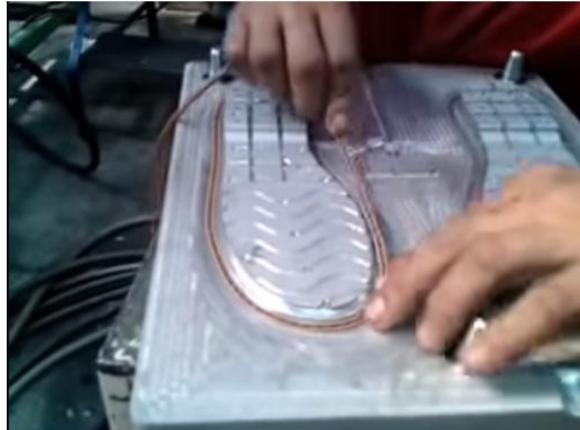


Figura 48: Inserción de vira

En cualquier caso, hay dos factores fundamentales a tener en cuenta en el proceso de automatización de la extracción de pisos inyectados:

1. La profundidad de la huella o, en su caso, la altura del tacón, que influirán en gran medida tanto en la fuerza necesaria para la extracción, como en los ángulos de ataque o trayectorias más adecuadas para optimizar esfuerzos.
2. La forma y disposición de los ahorros, de los que depende el punto de acción de la garra y la forma de esta. En este caso, es necesario señalar que existe una gran diversidad de formas y distribución de los espacios denominados ahorros, y que resultaría imposible diseñar una garra universal adecuada a todos los casos.



Figura 49: Ejemplos de diferente disposición de ahorros

A veces, incluso se diseña el molde para generar una zona de agarre adecuada que facilite la extracción, aunque éste no es el caso más habitual.



Figura 50: Ejemplo de diseño con elemento para la extracción

En cualquier caso, se ha detectado que una disposición muy habitual de los ahorros es la rectangular formando una cuadrícula que puede tener o no un eje central.

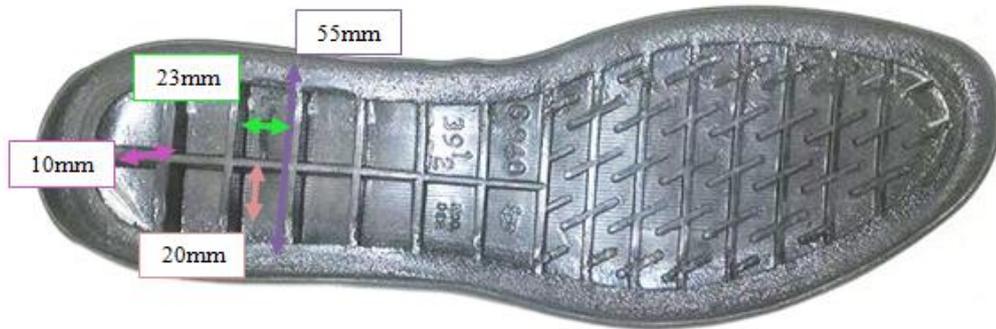


Figura 51: Distribución y dimensiones de ahorros tipo

Y siempre es posible, una vez desarrollado el sistema de extracción, incorporar en el diseño de los moldes las condiciones adecuadas para su correcta implementación.

2.4. Caracterización de las operaciones

Cualquier proceso de automatización realizado sobre una tarea industrial requiere un análisis previo de la misma, desglosando las diferentes sub-tareas que la componen y los requerimientos precisos para cada una de ellas.

La tarea de extracción de los pisos inyectados desde el molde supone una serie de movimientos complejos que deben producirse en el momento adecuado, cuando la inyección ha finalizado y la temperatura del piso es suficientemente baja para que no se produzcan marcas o deformaciones, y que deben además aplicarse en zonas concretas (ahorros) para minimizar daños superficiales del producto.

Las máquinas modernas de inyección controlan totalmente el momento adecuado de apertura del molde: Esquemáticamente:

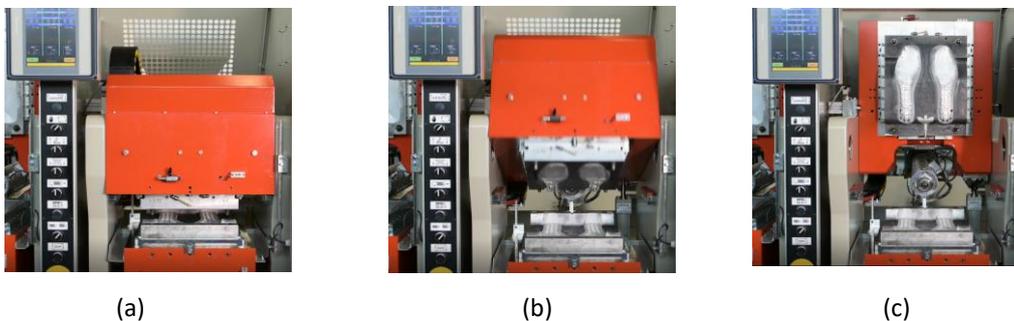


Figura 52: Secuencia de apertura de máquina. (a) Desplazamiento vertical del plato superior. (b) Abatimiento del plato superior. (c) Apertura total. Posición de Reposo.

Solo cuando el sistema se encuentra en la posición de reposo, el operario puede acceder a la extracción del piso. En este punto es necesario tener en cuenta que el molde puede colocarse de manera que los pisos resultantes queden en la parte inferior del molde, con lo que la fuerza extracción tendría un componente mayoritariamente vertical, o en la parte superior del molde, en cuyo caso la componente mayoritaria de la fuerza de extracción sería horizontal:



Figura 53: Diferente posición de los pisos a extraer

Se constata que el posicionado de los moldes depende en principio del modo de trabajo en cada fábrica, atendiendo a criterios dispares no solo relacionados con el tipo de piso fabricado sino con las preferencias y usos comunes en cada factoría.

En cualquier caso, en la zona en la que nos encontramos, se ha encontrado una mayor incidencia de la situación de extracción con los pisos en la parte superior, por lo que se ha analizado el proceso bajo estas condiciones.

Con todo, la secuencia de trabajo en fábrica es:

1. El operario levanta los bordes del piso para permitir la entrada de aire, facilitando así la pérdida de adherencia.

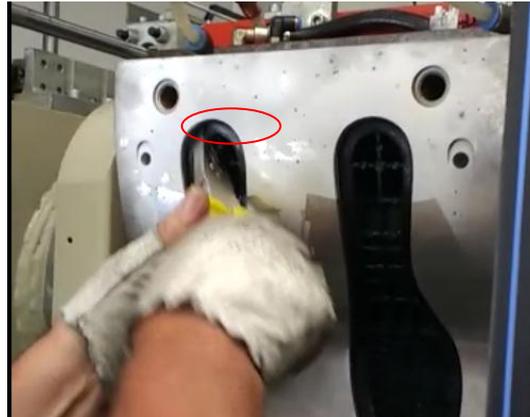


Figura 54: Tracción desde los cantos.

2. Aprovechando los huecos de los ahorros, el operario introduce los alicates y tira fuertemente del piso, realizando simultáneamente un movimiento de rotación de la muñeca para facilitar la extracción.

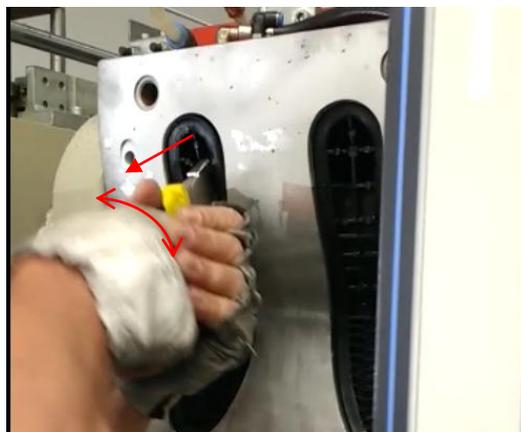


Figura 55: Movimiento combinado para la extracción

En estas condiciones, se realiza un estudio inicial para evaluar las fuerzas implicadas en cada caso. Lo que se pretende analizar es la fuerza de extracción propiamente dicha, no la presión de cierre de los alicates, por lo que se parte de unos alicates de presión, previamente ajustados a la pared del ahorro desde la que se extraerá el piso. Como elemento de medida se dispone de un dinamómetro portátil AFG- 250N con adaptador giratorio que se acopla a la herramienta:



Figura 56: Dinamómetro acoplado al alicate de presión

En estas condiciones se toman lecturas de las dos fases de la extracción expuestas anteriormente, trabajando sobre un modelo de piso de caballero, repitiendo el ensayo.

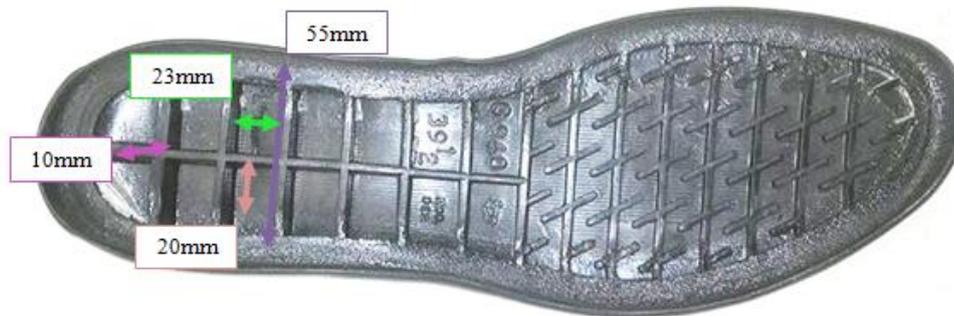


Figura 57: Tipo de suela para ensayo básico de fuerzas

Los valores obtenidos fueron:

Pruebas	Fuerza fase 1 (N) ¹	Fuerza fase 2 (N) ²
1	-	201.6
2	114.9	157.5
3	139.4	191.8
4	158.3	-
5	149.6	209.5
6	-	193.0
7	-	230.9

Tabla 1: Fuerzas de extracción

Además, se realizaron varias extracciones de la mazarota, obteniendo una media de 135.9 N.

¹ Fuerza fase 1: Fuerza necesaria para despegar el área el talón

² Fuerza Fase 2: Fuerza para extracción completa

2.5. Estudio y análisis de las herramientas de agarre disponibles

Una vez analizado el proceso de extracción propiamente dicho, es evidente la importancia que el elemento de agarre tiene en toda la cadena de subtareas.

Actualmente existen diversos sistemas de accionamiento de uso extendido en robótica por lo que se hace necesario realizar un estudio previo de las diferentes funciones a emplear y, por supuesto, de la oferta de mercado.

Existen manipuladores robóticos, también conocidos como actuadores finales, de muy diversos tipos y basados en tecnologías muy diferentes:

Sistemas de sujeción para robots		
Tipo	Accionamiento	Uso
Pinza de presión - des. angular - des. lineal	Neumático o eléctrico	Transporte y manipulación de piezas sobre las que no importe presionar
Pinza de enganche	Neumático o eléctrico	Piezas grandes dimensiones o sobre las que no se puede ejercer presión
Ventosa de vacío	Neumático	Cuerpos con superficie lisa poco porosa (cristal, plástico etc.)
Electroimán	Eléctrico	Piezas ferromagnéticas

Tabla 2: Sistema de sujeción para robots

Sin embargo, este estudio se centrará en dos categorías principales:

- **Pinzas:** Se utilizan para coger el objeto y sujetarlo durante el ciclo de trabajo. Son muy dependientes del tipo de objeto a manipular, que será el que determine su morfología y otras características como tipo de agarre, fuerza, precisión, etc.

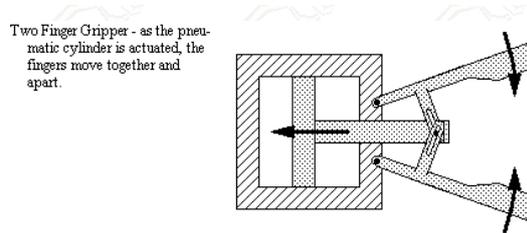
El accionamiento neumático es el más utilizado debido a su simplicidad, precio y fiabilidad, aunque presenta dificultades de control en posiciones intermedias. En estos casos, suelen utilizarse accionamientos de tipo eléctrico.

Los otros tipos de accionamiento eléctrico o hidráulico se consideran menos idóneos para la finalidad del agarre evaluando la velocidad, capacidad de fuerza y la menor limpieza en el caso del hidráulico.

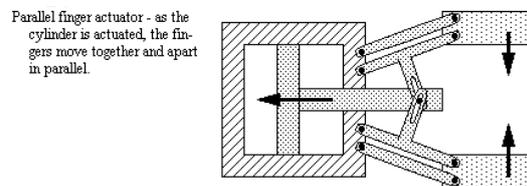
En las pinzas suelen situarse sensores para controlar su estado, desde el todo/nada hasta sistemas de visión que incorporen datos geométricos de los objetos, pasando por detectores de proximidad, sensores de fuerza, par, etc.

Respecto al movimiento que describen los extremos, las pinzas pueden ser de dos tipos:

○ Pivotantes:



○ De movimiento lineal:



El espacio de trabajo disponible puede ser un factor importante a tener en cuenta. En el caso de la suelas con ahorros los huecos son reducidos y es más aconsejable un actuador de movimiento lineal. El actuador pivotante barre un área mayor en su accionamiento y previsiblemente no es tan adecuado para esta aplicación.

Existen elementos comerciales que sirven de base para la pinza, a partir de los cuales se diseña el actuador preciso para cada aplicación, pero generalmente el actuador debe ser desarrollado íntegramente. En cualquier caso, una regla general es que la pinza debe sujetar al objeto por su centro de gravedad, con el objetivo de que anulen los momentos que pudieran generarse por el peso propio de la pieza.

○ **Herramientas:** A veces el trabajo del robot no implica manipulación de piezas sino uso de herramientas más o menos convencionales, en cuyo caso el actuador puede reducirse a un simple sistema de sujeción, o suponer un sofisticado desarrollo que incluya a la propia herramienta.

Herramientas terminales para robots	
Tipo	Comentarios
Pinza soldadura por puntos	Dos electrodos que se cierran sobre la pieza de soldar
Soplete soldadura de arco	Aportan el flujo de electrodo que se funde
Cucharón para colada	Para trabajos de fundición
Atornillador	Suelen incluir la alimentación de tornillos
Fresa-lija	Para perfilar, eliminar rebabas, pulir, etc
Pistola de pintura	Para pulverización de la pintura
Cañón láser	Para corte de materiales, soldadura o inspección
Cañón de agua a presión	Para corte de materiales

Tabla 3: Herramientas terminales para robots

En el caso que nos ocupa, parece más evidente la necesidad de trabajar con un actuador final en forma de pinza, por lo que se realiza aquí una pequeña aproximación a este tipo de elemento.

El diseño de la pieza requiere un amplio conocimiento del objeto o tipos de objetos que ha de manipular; así, la masa, el tamaño, y la fuerza a ejercer deben ser tenidos en cuenta. Aunque algunos objetos necesitan la participación de varias mordazas, en la mayoría de los casos basta con dos que pueden ser de diversos tipos:

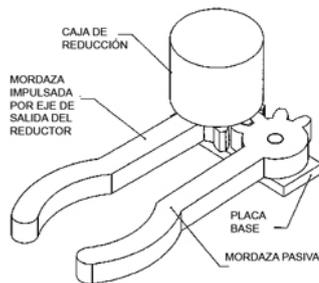


Figura 59: Mordaza móvil de impulsión directa

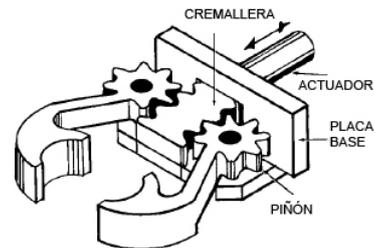


Figura 58: Mordaza con piñón y cremallera

Las figuras 58 y 59 muestran los casos más sencillos con dos mordazas simples engranadas entre sí, aunque presenta el inconveniente de que las mordazas presentan siempre un ángulo entre sí, lo que provoca un cierto empuje del objeto hacia fuera de las mismas.

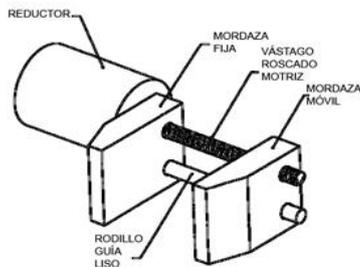


Figura 61: Mordazas paralelas sobre deslizamientos lineales

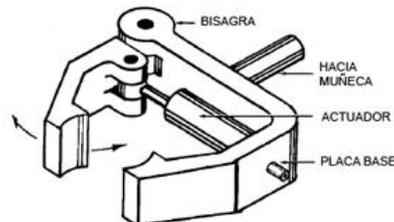


Figura 60: Pinza de accionamiento por actuador lineal directo

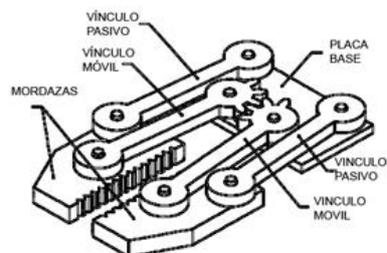


Figura 62: Mordazas paralelas con vínculos de cuatro barras

En las pinzas representadas en las figuras 60 a 62 aparece una distribución de mordazas más efectiva que se mantiene siempre en paralelo

Un ejemplo de este tipo es la pinza de cremallera y actuador hidráulico/neumático de la figura 63

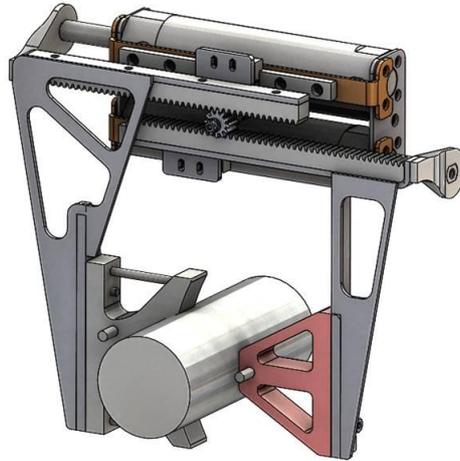


Figura 63: Pinza de cremallera

Viendo en detalle las características de las pinzas paralelas de tipo neumático se pueden considerar distintas marcas comerciales para ver el rango de tamaños de los acoplamientos, las carreras del actuador y las fuerzas de cierre.

- FESTO

Pinzas paralelas



- Tamaños: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63 mm
- Carreras: 0 a 80 mm
- Fuerzas: 8 a 770 N por mordaza
- Pinzas cuyos dedos se mueven de forma lineal, independientemente del número de dedos que tengan (pinzas de dos y tres dedos)

DHPS HGP HGPC HGPS HGPL HGPLE HGPM HGPP HGPT

Figura 64: Pinza paralela FESTO

- SCHUNK:

Fuerza de cierre 	Carrera por garra 
< 100 N	< 3 mm
100 ... 500 N	3 ... 10 mm
500 ... 2000 N	10 ... 25 mm
2000 ... 10000 N	25 ... 50 mm

Figura 65: Rangos de selección pinzas paralelas SCHUNK.



Figura 66: Modelos pinza paralela SCHUNK.

- GIMATIC:



Pinze universali / Universal grippers / Universalgreifer / Pincas universelles /
 Pinzas universales / Pinças universais / Univerzální uchopovače / Chwytaki
 uniwersalne / Genel amaçlı tutucular / 通用气夹 / 汎用グリップバー / 유니버설 그리퍼

GS	F [N]	s [mm]	m [g]
GS-10	28-36	2x2.3	45
GS-10-NC	40-24	2x2.3	45 (1)
GS-10-NO	18-46	2x2.3	45 (1)
GS-16	86-100	2x3.4	98
GS-16-NC	116-70	2x3.4	99 (1)
GS-16-NO	60-126	2x3.4	99 (1)
GS-20	186-212	2x5.2	207
GS-20-NC	228-170	2x5.2	209 (1)
GS-20-NO	134-264	2x5.2	209 (1)
GS-25	254-282	2x7.2	365
GS-25-NC	(2)	2x7.2	(2) (1)
GS-25-NO	190-346	2x7.2	369 (1)
GS-32	430-500	2x11	645
GS-32-NC	(2)	2x11	(2) (1)
GS-32-NO	(2)	2x11	(2) (1)
GS-40	614-700	2x15	1155
GS-40-NC	(2)	2x15	(2) (1)
GS-40-NO	(2)	2x15	(2) (1)

Figura 67: Características pinzas GIMATIC.

Se puede observar que el rango disponible para estas tres características de las pinzas es muy amplio y sería posible seleccionar uno de los modelos para el actuador de agarre.

Rango de características		
Parámetro	Min.	Max.
Tamaño acoplamiento (mm)	3	63
Carrera (mm)	0	80
Fuerza (N)	8	10000

Tabla 4: Rango conjunto de características de distintas marcas.

Algunos otros ejemplos de pinzas comerciales y hojas técnicas son:



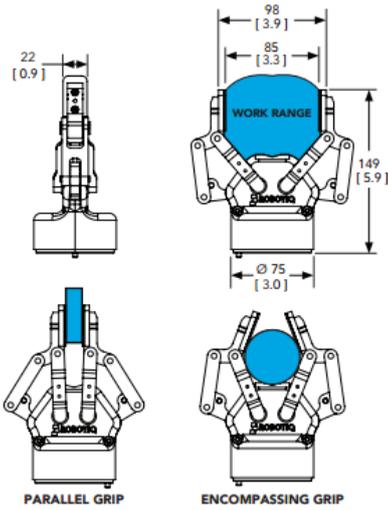
Figura 68: Pinza de accionamiento hidráulico



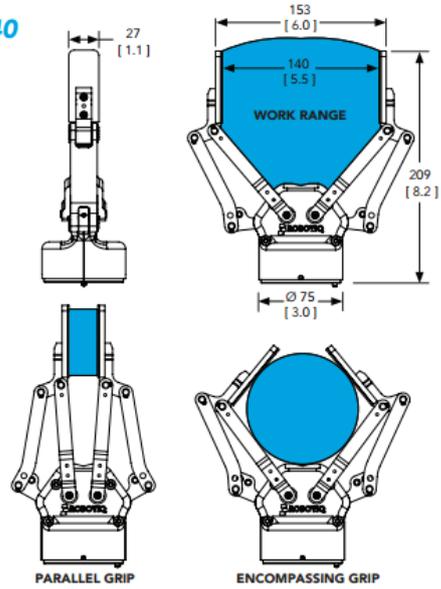
Figura 69: Pinza de accionamiento eléctrico

ADAPTIVE GRIPPERS TECHNICAL DATA

2-FINGER 85



2-FINGER 140



UNITS: mm
[in.]

MECHANICAL SPECIFICATIONS*

	2-FINGER 85		2-FINGER 140	
Gripper opening (see figure)	0 to 85 mm	0 to 3.3 in	0 to 140 mm	0 to 5.5 in
Object diameter for encompassing grip	43 to 85 mm	1.7 to 3.3 in	90 to 140 mm	3.5 to 5.5 in
Gripper weight with mechanical coupling	900 g	2 lbs	1000 g	2.2 lbs
Maximum recommended payload 0.3 friction coefficient between finger and steel part, safety factor of 2.6	5 kg	11 lbs	2.5 kg	5.5 lbs
Grip force**	20 to 235 N	1.1 to 49.45 lbf	10 to 125 N	2.2 to 24.7 lbf
Closing speed	20 to 150 mm/s	0.8 to 5.9 in/s	30 to 250 mm/s	1.2 to 9.8 in/s
Operating temperature	-10°C to 50°C	14°F to 122°F	-10°C to 50°C	14°F to 122°F
Parallel grip repeatability	0.05 mm	0.002 in	0.08 mm	0.003 in

* Using Flat Silicone Fingertips for 2-Finger 85 and 2-Finger 140 Adaptive Grippers

** ±15%, varies with speed and force parameters

Figura 70: Especificaciones de pinzas paralelas ROBOTIQ.

3. Conclusiones

La extracción de piezas desde un molde de inyección se presenta como una tarea compleja que implica la necesidad de aplicar fuerzas en posiciones muy concretas, con espacios restringidos y trayectorias no necesariamente simples.

En estas condiciones, dada la gran oferta de robots existentes en el mercado, parece necesario realizar un análisis previo a partir de los diferentes modelos disponibles en INESCOP, como prueba experimental para verificar los requerimientos del sistema definitivo.

Los robots disponibles abarcan una amplia gama de posibilidades, tanto como robots colaborativos como industriales, que pueden convertirse en colaborativos con la incorporación de la sensórica y sistemas de control adecuados:

- Universal Robots UR5 (colaborativo)
- Kuka KR16 (industrial)
- ABB IRB2400 (industrial)
- Comau NM45 (industrial)
- Comau SIX (industrial)

Paralelamente, dadas las especiales características de la zona de trabajo y de los ahorros existentes en el área de talón de los pisos inyectados, parece necesario el desarrollo de garras específicas adaptadas a las restricciones de espacio y a las características propias de los materiales.

Observando la amplia gama de actuadores de agarre disponible en el mercado se considera oportuno seleccionar un accionamiento neumático, diseñando, en su caso, las mordazas que cumplan con las necesidades de una suela representativa de ahorros y los acoplamientos necesarios para su adaptación a los distintos robots.

4. Referencias y bibliografía

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=T9ivIsTbW8E>

² Bowen Ida Josefina, Mendoza de Sosa Dilcia. Valores de la fuerza de mano en adultos sanos, Bol Méd Post 2001; XVII(2)

³ Patente ES2365671 B1: Molde para fabricar suelas para calzado y método de fabricación.

⁴ http://www.desmopur.com/productos/desmoldeantes_calzado.htm

⁵ M. Beltrán y A. Macilla. Tecnología de polímeros.

⁶ Fuente: Proto Labs

⁷ Fuente: EGA Master.

⁸ Fuente: DEPRAG CZ a.s.

⁹ Fuente: DEPRAG CZ a.s.