

ROBINT

ROBOTIZACIÓN INTELIGENTE

ENTREGABLE E2.1

“ANÁLISIS DE OPERACIONES”

CENTROS DE INVESTIGACIÓN:



1 Contenido

2	Introducción	3
3	Proceso de selección de operaciones	4
3.1	Descripción del proceso de selección de operaciones.....	4
3.2	Criterio de selección	4
3.3	Aplicaciones sector del juguete	5
3.4	Aplicaciones sector del calzado.....	9
4	Estudio de viabilidad	12
4.1	Estudio de viabilidad económica.....	12
4.2	Estudio de viabilidad técnica.	15
5	Definición de la estrategia de control a implementar	22

2 Introducción

Este documento resume el proceso y la toma de decisiones llevadas a cabo por el consorcio para la selección de las operaciones a automatizar y la valorización de aplicaciones en empresas que puedan ser objetivo de transferencia de la tecnología desarrollada en este proyecto.

En la propuesta del proyecto, se analizaron varias operaciones posibles para realizar la implementación de sistemas que permitan la integración de entornos de trabajo colaborativos hombre-máquina, basadas en sistemas de sensorización avanzada que permitan establecer entornos de trabajo seguros en los sectores del zapato y juguete.

Las operaciones a tener en cuenta se centran en el estudio de desbarbados de productos fabricados mediante el uso de distintas técnicas para la fabricación de piezas de plástico que generan rebabas y que han de ser eliminadas para obtener el acabado final deseado. Entre los procesos a tener en cuenta se destacan los siguientes:

- *Soplado.*
- *Rotomoldeo.*
- *Inyección*

El contenido de este documento puede resumirse en los siguientes capítulos:

- Análisis previo de operaciones.

Las distintas operaciones implicadas en la cadena productiva son analizadas con el objetivo de determinar cuáles son las necesidades que presentan en cuanto a materiales implicados, herramientas, manipulación y los parámetros que influyen de forma decisiva en el resultado final de dicha operación.

- Evaluación de viabilidad.

Estudio de las diferentes operaciones preseleccionadas como automatizables para evaluar la viabilidad, tanto técnica como económica, de abordar el proceso de robotización, así como los efectos en el resto de las operaciones de la cadena de producción.

- Definición de la estrategia de control a implementar.

Para los procesos seleccionados se analizan las soluciones y estrategias de control para la implementación del proceso automatizado.

Para el desarrollo de los puntos anteriores se han realizado visitas durante todo el año a empresas que se dedican a la producción de piezas de plásticos mediante procesos de soplado, rotomoldeo e inyección para distintos sectores. Estas visitas se realizan con el objetivo de identificar de forma personalizada los problemas en cada una de las empresas y valorar la viabilidad de transferencia de la tecnología desarrollada en el proyecto.

3 Proceso de selección de operaciones

3.1 Descripción del proceso de selección de operaciones

La selección de las operaciones es el resultado de un profundo análisis realizado por ambos institutos. En resumen, el proceso ha sido el siguiente:

- Fase 1: grupo de trabajo en INESCOP (fecha 2016).

Visita a fábricas para analizar todos los procesos de fabricación del calzado, centrándonos en las operaciones de eliminación de rebabas y procesos de acabado.

- Fase 2: grupo de trabajo en AIJU (fecha 2016)

Visitas a fábricas para analizar todos los procesos de fabricación de piezas de plásticos realizadas mediante procesos de soplado, inyección y rotomoldeo:

En este caso se ha venido trabajando en el estudio de las líneas de producción, en el que se analizaron todos los procesos empleados para la eliminación de rebabas tras el proceso de fabricación de las piezas a analizar. En la selección de operaciones se ha tenido en cuenta todos los procesos de la línea de producción, sin limitarse a los incluidos en la propuesta.

- Fase 3: reuniones del consorcio (fecha 2016)

Reunión para realizar la selección de operaciones a tratar y puesta en común de operaciones a realizar.

3.2 Criterio de selección

Los criterios que se han tenido en cuenta en la selección de las operaciones son los siguientes:

- Tengan un impacto positivo en los requisitos iniciales
- Mejora de la calidad del producto final
- Modificaciones mínimas en los medios de producción actuales
- Reducción del tiempo de fabricación
- Aumentar la flexibilidad de la producción
- Compatibilidad producción manual
- Reducción del esfuerzo laboral
- Mejora de las condiciones de trabajo
- La reducción de costes de producción global
- El sistema tiene que ser fácil de usar
- El sistema tiene que ser fácil de mantener
- Los robots podrían ser utilizados para otras operaciones durante los periodos de inactividad (por ejemplo por la noche.)
- Novedad: ¿la operación ya está hecha por robots?

- En la Industria del Calzado o juguete
- En otras aplicaciones
- ¿Como solución industrial o investigación?
- ¿Significa una innovación en el proceso?
- ¿Se aplica la operación en la mayoría de las referencias producidas en la línea?
- ¿Hay muchas variantes en la forma de hacer el proceso? ¿Podemos hacer frente a la mayoría de ellas?
- ¿La solución propuesta es adecuada para ser utilizada en otras operaciones?

3.3 Aplicaciones sector del juguete

El proceso de selección en el sector del juguete parte de trabajos realizados anteriormente durante el desarrollo del proyecto SIRA en el que se realizaron estudios iniciales para identificar procesos de desbarbado adecuados para piezas de plástico. En este estudio se llegó a la conclusión de que el desbarbado mediante el uso de procesos de lijado era adecuado para el tratamiento de acabado de este tipo de piezas frente a otros procesos (flameado, desbarbado criogénico y granallado).

Entre las piezas estudiadas inicialmente para el desarrollo de este proyecto en el sector del juguete se encuentran piezas de mobiliario infantil para jardín, piezas para vehículos infantiles y maniqués (ver Figura 1).

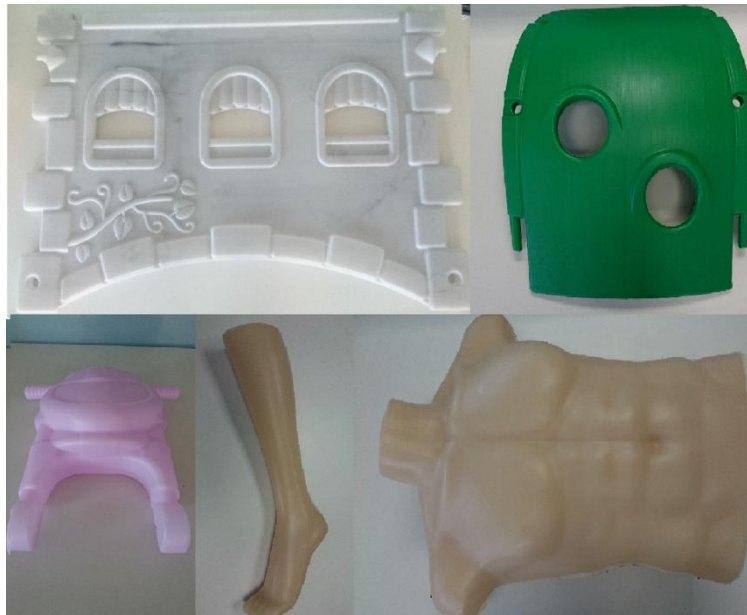


Figura 1: Selección de piezas.

Durante el desarrollo del proyecto ROBINT se ha continuado con el proceso de estudio de distintas piezas con el objetivo de identificar de manera más exhaustiva los problemas de

automatización con los que se encuentran las empresas. Por lo que se siguió realizando visitas a empresas para la identificación de piezas susceptibles de ser tratadas con la tecnología desarrollada en este proyecto, y por lo tanto realizar la transferencia de la misma. Esto ha obligado a seguir con el estudio de distintas líneas de producción en empresas del sector, realizando una clasificación de las piezas según la precisión, destreza, tipo de material y operación que se presenta en la

Respaldos asientos		MEDIO	MEDIANO	RIGIDO	3D
Mobiliario de diseño		ALTO	GRANDE	RIGIDO	3D
Mobiliario para hospitales		ALTO	MEDIANO	RIGIDO	3D

Tabla 1.

Pieza	Imagen	Destreza	Tamaño	<i>Tipo de material</i>	<i>Tipo de operación</i>
Moto corre pasillos		ALTO	MEDIANO	RÍGIDO	3D
Peldaños		MEDIO	MEDIANO	RÍGIDO	2D

Pierna maniquí		ALTO	PEQUEÑO	RÍGIDO	3D
Busto maniquí		ALTO	MEDIANO	RÍGIDO	3D
Casa infantil		MEDIO	GRANDE	RÍGIDO	2D
Mobiliario infantil		MEDIO	GRANDE	RÍGIDO	3D
Piezas de diseño		MEDIO	PEQUEÑO	RIGIDO	3D
Mobiliario espacio público		MEDIO	GRANDE	RIGIDO	2D
Moto corre pasillos		ALTA	GRANDE	RIGIDO	3D
Respaldo Asiento.		MEDIO	GRANDE	RIGIDO	3D








Pierna Maniquí		ALTA	MEDIANO	RIGIDO	3D
Asiento		MEDIO	MEDIANO	RIGIDO	3D
Menaje hogar		MEDIO	PEQUEÑO	RIGIDO	2D
Horquilla corre pasillos		ALTO	MEDIANO	RIGIDO	3D
Respaldos asientos		MEDIO	MEDIANO	RIGIDO	3D
Mobiliario de diseño		ALTO	GRANDE	RIGIDO	3D
Mobiliario para hospitales		ALTO	MEDIANO	RIGIDO	3D

Tabla 1: Clasificación de piezas.

Tras la realización del estudio de complejidad a la hora de automatizar el proceso de desbarbado se decidió continuar trabajando con la pierna de maniquí para mejorar el proceso iniciado en el proyecto SIRA, ya que durante el desarrollo de dicho proyecto se obtuvieron trayectorias de desbarbado para el tratamiento de la pieza, pero no se llegaron a optimizar estas debido a la necesidad de implementar nuevas tecnologías que permitieran la integración de todo el sistema en tiempo real. La pierna de maniquí se seleccionó inicialmente como pieza a tratar por las siguientes razones:

- Tamaño y peso reducido que permite ser manipulado por el robot utilizado en el desarrollo del proyecto.
- Continuidad con proyectos realizados anteriormente.
- Tiempo de manipulación empleado por operarios en línea de producción alto.

A medida que se avanza en el desarrollo del proyecto se plantea el procesamiento de otras piezas debido a la demanda, por parte de empresas del sector, de soluciones de eliminado de rebabas en este tipo de productos. Por lo que se plantea la automatización de desbarbado sobre otras piezas como por ejemplo asientos de estadios, piezas para camas de hospital, etc.

Finalmente se seleccionan piezas para cama de hospital (Figura 2) para realizar el tratamiento de desbarbado ya que puede ser manipulado por el robot.



Figura 2: Lateral cama hospital.

3.4 Aplicaciones sector del calzado

Entre las piezas estudiadas inicialmente para el desarrollo de este proyecto en el sector del calzado se tuvieron en cuenta suelas y piso de calzado de montaña y calzado de seguridad (ver Figura 3).



Figura 3: Selección de pisos.

Para realizar la selección de las distintas piezas se realizó un estudio de distintas líneas de producción en empresas del sector y se clasificaron estas según la precisión, destreza, tipo de material y operación en función de la Tabla 2.

Pieza	Imagen	Destreza	Tamaño	Tipo de material	Tipo de operación
Suela zapato montaña		MEDIO	PEQUEÑO	rígida	3d
Bota seguridad		MEDIO	PEQUEÑO	rígida	3d
Calzado seguridad Unión piso y corte		MEDIO	PEQUEÑO	rígida	3d


Calzado seguridad Inyección piso		ALTO	PEQUEÑO	flexible	3d
-------------------------------------	---	------	---------	----------	----

Tabla 2: Clasificación de operaciones.

Tras la realización del estudio de complejidad a la hora de automatizar el proceso de desbarbado se seleccionó el calzado de seguridad con piso inyectado como pieza a tratar por las siguientes razones:

- Tamaño y peso reducido que permite ser manipulado por el robot utilizado en el desarrollo del proyecto.
- Tipo de calzado con cadenas de fabricación con un grado de automatización superior al calzado de moda.
- Tiempo de manipulación empleado por operarios en línea de producción alto.

4 Estudio de viabilidad

4.1 Estudio de viabilidad económica.

Tras el análisis de varias líneas en distintas empresas, tanto en el sector del juguete como del calzado, se llega a la conclusión de que el proceso de desbarbado supone un coste muy elevado, que en gran medida se debe al coste de mano de obra. En cada línea, y según datos facilitados por distintas empresas, este proceso puede emplear hasta 8 operarios para realizar tareas de desbarbado en función del volumen de producción. Estos costes son inasumibles para productos de bajo coste por lo que la práctica habitual es externalizar la producción de estos productos y centrarse en la fabricación de aquellos productos en los que la demanda de calidad es un factor diferenciador. Para solventar este problema las empresas necesitan incorporar sistemas de automatización que les permita abaratar costes de producción sin tener que desembolsar cantidades inasumible durante la inversión inicial.

Por ello se han realizado varios estudios de viabilidad económica para la implementación de una célula robotizada para el desbarbado. En los estudios se tienen en cuenta la información facilitada por empresas de ambos sectores (no se proporciona el nombre por confidencialidad), y se asume que el tiempo empleado por un robot para el tratamiento de las piezas es equiparable al empleado por un operario de línea de producción.

En el primer estudio se considera la pierna utilizada en el sector del juguete y se determina que para la automatización del proceso será necesario emplear un robot adecuado para la implementación del sistema de desbarbado. Uno de los datos a tener en cuenta, es que las piezas que componen el maniquí tienen un peso máximo de 5 Kg. Otro de los parámetros importantes a la hora de seleccionar el robot está directamente vinculado con el tamaño de las piezas que se desea desbarbar. La altura máxima que se contempla es de 1.300 mm y el ancho de 820 mm, por lo que el robot ha de tener un alcance de al menos 1,6 metros para la implementación de un sistema de desbarbado adecuado para entornos de producción industrial.

Teniendo en cuenta estos datos se estima que el coste medio de un robot que cumpla con los requisitos adecuados es de 27.000€ y que el coste total de una célula robotizada equipada adecuadamente con los sistemas de sensorización adecuados para realizar procesos de desbarbado estaría entorno a los 55.000€.

Por otro lado, se tiene en cuenta que el coste medio de un operario es de 15,79 € por hora y que este realiza 1.760 horas anuales, por lo que el coste ascendería a 27.790,4 € por año y operario. Además, se tiene en cuenta que a lo largo del año en la planta se realiza un turno durante seis meses y dos turnos el resto del año. Esto implica que una célula robotizada podría realizar las tareas de 1,5 operarios si se asume que el robot desempeñará las tareas en el mismo tiempo que un operario.

Con estos datos se realiza un estudio considerando que se implementan tres células robotizadas para desbarbado de piezas, y se calcula el tiempo de amortización para un escenario conservador en el que se tiene en cuenta las siguientes condiciones:

- El coste de implementación de cada célula robótica asciende a 55.000 €.
- Se considera un coste energético anual de 0,15 € / Kw (superior al coste real).

- Se considera que se necesita un operario para supervisar la célula y realizar tareas auxiliares.

El coste energético anual se ha calculado teniendo en cuenta que la potencia total instalada en el robot es de 8,8 Kw, y el tiempo estimado que estará el robot trabajando durante el periodo considerado. Teniendo en cuenta los turnos realizados en la planta, se estiman 2.640 horas anuales. Además, se aplica un factor de simultaneidad en los motores instalados en el robot del 0,7 y un factor de utilización del robot en la célula de 0,8. Con estos datos el coste energético anual asciende a 1951,48€.

El coste de operarios para desbarbado se ha calculado teniendo en cuenta los turnos anuales realizados en la planta y en relación a un operario por robot montado en la célula de desbarbado (en este caso 3). Mientras que el coste por operarios auxiliares se ha tenido en cuenta que haría falta un operario para realizar las tareas de supervisión y tareas auxiliares de la célula en cada turno. Estos costes ascienden a 125.056,8 € y 41.685,6 € respectivamente.

Con todos los datos presentados se concluye que la tasa interna de retorno, para una inversión inicial de 165.000 € (montaje de 3 células robóticas para desbarbado), se corresponde con los datos representados en la Figura 4: Tasa interna de retorno de inversión caso 1. Figura 4.

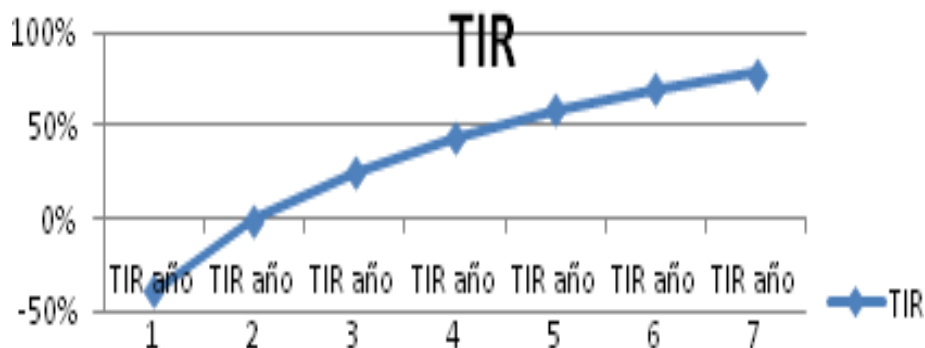


Figura 4: Tasa interna de retorno de inversión caso 1.

Según se observa en la gráfica, tras el segundo año de inversión la tasa de retorno se aproximaría a cero, y en el tercer año ya se obtendría una tasa de retorno del 25%. Este estudio pone de manifiesto que la automatización de los procesos de desbarbado es viable económicamente.

Por otro lado, se realizan los mismos cálculos de viabilidad para otra empresa del sector del juguete. En este caso se plantea la automatización de eliminación de rebabas en una fábrica de rotomoldeo que además de automatizar la eliminación de rebabas, se desea implementar la automatización de procesos de mecanizado en las piezas tratadas para eliminación de partes de las piezas y mecanizado de agujeros de sujeción, ya que en este proceso las piezas que se fabrican son totalmente cerradas.

En este caso las dimensiones máximas de las piezas a tratar son de 2000 mm de alto por 600 de ancho y 500 mm de profundidad. Para la automatización de este proceso se ha

seleccionado el mismo robot que en el caso anterior. Y además se prevé la necesidad de incorporar una mesa de trabajo con un eje externo para facilitar el posicionado de la pieza y que el robot pueda tener acceso a todas las zonas en las que debe trabajar sobre la pieza. También se prevé la incorporación de un intercambiador de herramientas automático, ya que es necesario el uso de distintos tools para realizar los distintos procesos.

El coste de los distintos sistemas se estima en:

- Robot: 27000€.
- Mesa giratoria: 5600€.
- Sensores: 10000€.
- Sistemas para implementación de entorno colaborativo: 10700€.
- Desarrollo de herramientas: 5500€.
- Otros: 4000€

El coste total de la planta piloto sería de 62800€.

Para realizar el coste de operario se considera que se podría prescindir de un operario por turno, manteniendo el mismo nivel de producción, ya que el robot realizaría el trabajo de este operario. El coste de operario en este caso es de 22352€ anuales y se realizan tres turnos diarios por lo que el coste anual de tres operarios es de 67056€ y el número de horas de trabajo del robot se estiman en 5280.

En cuanto al coste energético se consideran un consumo de 8,8 KW montados sobre el robot, con un factor de simultaneidad en los motores instalados en el robot del 0,7 y un factor de utilización del robot en la célula de 0,8. Además se considera que el resto de elementos aportan un consumo extra de 1,2 KW con un factor de utilización del 0,4. Con estos datos el coste energético anual asciende a 4283,13€.

Con los datos anteriores se ha calculado la tasa de retorno para este caso según se muestra en la Figura 5 en la que se puede observar que la amortización de la inversión se realizaría en aproximadamente dos años y medio, por lo que la inversión es muy conveniente.

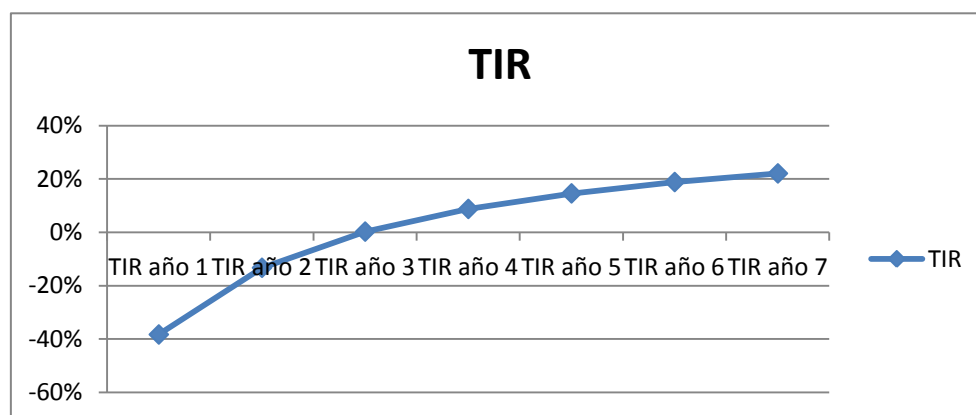


Figura 5: Tasa interna de retorno de inversión caso 2.

A continuación, se incluye un análisis del beneficio del uso de robot para las empresas del sector calzado. En el sector del calzado se estima que la celda robótica tendría un coste de 61.000 euros. Las variables que se emplean para el cálculo son:

- Amortización: se aplica un periodo de amortización de 5 años, esto implica una cuota de amortización de $61.000 \text{ euros} / 6 = 10.167 \text{ euros/año}$.
- Coste medio de un operario: 12 €/hora

- Horas anuales (según convenio): 1.800 horas

SIN ROBOT

Horas / día operario: 8 horas (jornada completa)

Coste operario/año: $1.800 \times 12\text{€/hora} = 21.600\text{€/año}$

TOTAL COSTE ANUAL: 21.600€/año

CON ROBOT

Horas / día operario: 1/2 hora (tareas auxiliares, mantenimiento...etc.) (112 horas al año)

Coste/año operario: $112 \text{ horas} \times 12\text{€/hora} = 1.344 \text{ €/ año}$

Amortización: $10.167 \text{ €/año} \times \text{factor productividad } 30\% = 7.117 \text{ €}$

TOTAL COSTE ANUAL: 8.461 €/año

Por tanto, el ahorro que supone la implantación del robot frente a la de no implantarlo es más del 50%. Esto implica un ahorro de 13.139 €/ año, recuperándose de este modo la inversión en 4 años. Además, no se ha sumado el beneficio que se obtiene por la optimización de la operación, ni el beneficio de realizar tareas de mayor valor, por lo que los años de retorno de la inversión se podrían reducir incluso a 3.

4.2 Estudio de viabilidad técnica.

El problema principal a la hora de implementar sistemas de automatización y/o robotización en el sector del juguete y del calzado es que los procesos de producción se han realizado tradicionalmente de forma manual. Esto es debido a la gran complejidad que lleva asociada la automatización en este sector, ya que en muchos casos se trabaja con materiales no rígidos y con variaciones dimensionales importantes en piezas de una misma referencia. Esto es debido al proceso de fabricación utilizada habitualmente en estos sectores (soplado, rotomoldeo, inyección, etc....).

Por ello, el principal reto tecnológico que se plantea con el desarrollo de este proyecto es conseguir implementar un sistema con características de entorno seguro y que permita automatizar el acabado final de piezas fabricadas mediante dichos procesos, dando solución a problemas que hace años no eran viables ni técnica ni económicamente.

Las operaciones que se pretenden automatizar en el sector del juguete, como ya se ha indicado anteriormente, es la eliminación de rebabas que tienen las piezas después de extraerse de las máquinas de soplado. Estas rebabas se deben a que por las características del proceso de producción se debe eliminar gran cantidad de material sobrante. Esto se realiza en dos fases, la primera se realiza a pie de máquina tal y como pueden observar en la Figura 6 en la que un operario elimina las rebabas tras la extracción de una pieza de la máquina de soplado.



Figura 6: Recorte de rebabas con cuchilla.

Tras este proceso de eliminación de rebabas en las que se recorta el material sobrante, la pieza se debe enfriar, y posteriormente se traslada a las líneas de montaje y envasado en las que se le somete a un segundo proceso de desbarbado para conseguir un acabado óptimo. En este segundo proceso de desbarbado se terminan de eliminar las imperfecciones de las piezas utilizando cuchillas o herramientas rotativas para desbarbado de forma manual. En la Figura 7 se observan las imperfecciones presentes en las piezas al llegar a las líneas de montaje.

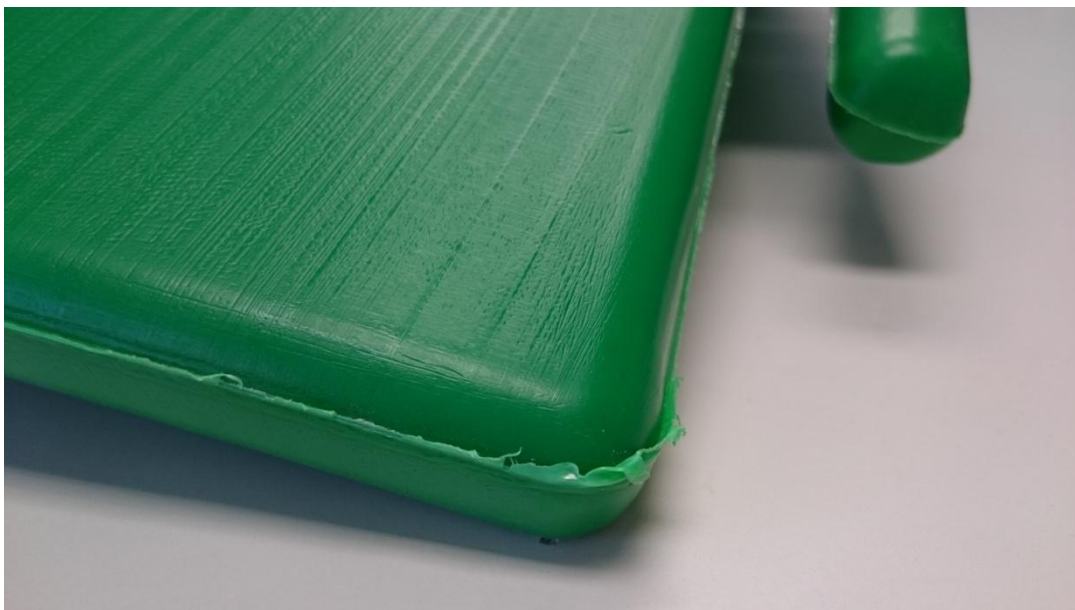


Figura 7: Imperfecciones de piezas en la línea de montaje.

El procesado final de estas piezas es muy tedioso y necesita mucha mano de obra para llevarse a cabo. Además, este proceso influye de forma considerable en la calidad del producto final y no garantiza una terminación homogénea entre las distintas piezas debido a la intervención de varios operarios en el proceso. En la Figura 8 se observa el procesado de las piezas en la línea de montaje mediante el uso de herramientas manuales (rotolin en la figura 'a' y cuchilla en la figura 'b').



Figura 8: Desbarbado en línea de montaje.

Durante el desarrollo de proyectos anteriores y pruebas realizadas en distintas piezas fabricadas mediante procesos de soplado para identificar métodos de desbarbado alternativos a los utilizados manualmente, se ha llegado a la conclusión de que, aunque la automatización de estas tareas es compleja, con los avances tecnológicos actuales es viable técnicamente. En este caso se optó por la utilización de una lijadora de banda para realizar los procesos de desbarbado.

Durante el desarrollo de proyecto ROBINT en la anualidad 2016, y teniendo en cuenta la experiencia adquirida en proyectos anteriores, se ha llegado a la conclusión de que este sistema es eficiente, pero tiene limitaciones ya que la forma de las piezas a tratar no puede ser excesivamente complejas.

Además, durante el desarrollo de este proyecto se ha detectado la necesidad de implementar sistemas de desbarbado para piezas de gran tamaño. En estos casos la pieza no puede ser manipulada por el robot y es necesario manipular la herramienta de desbarbado. Esto ha obligado a desarrollar herramienta de pequeñas dimensiones ya que para manipular la lijadora de banda industrial sería necesario utilizar un robot para cargas elevadas. Esto implicaría que el sistema a implementar aumentaría considerablemente de tamaño y sus costes se dispararían siendo inasumibles para la automatización de procesos de desbarbado. Además, al aumentar el tamaño del robot y la carga que este debe manipular disminuiría la precisión del manipulador, por lo que probablemente no sería técnicamente viable la implantación de un sistema de desbarbado con este tipo de robots.

Por esta razón se ha planteado la adaptación de herramientas manuales utilizadas habitualmente en procesos de desbarbado cuyo tamaño es mucho menor y permiten

obtener sistemas más flexibles. Para ello se han desarrollado nuevas herramientas, más ligeras y que permiten ser manipuladas por el robot directamente que aumenta en gran medida la flexibilidad del sistema implementado. Estas herramientas se basan en el uso de cuchillas para la eliminación de pequeñas rebabas o eliminación de rebaba por corte. Y herramientas rotacionales neumáticas para la eliminación de rebabas de mayor tamaño tal y como se observa en la Figura 9.

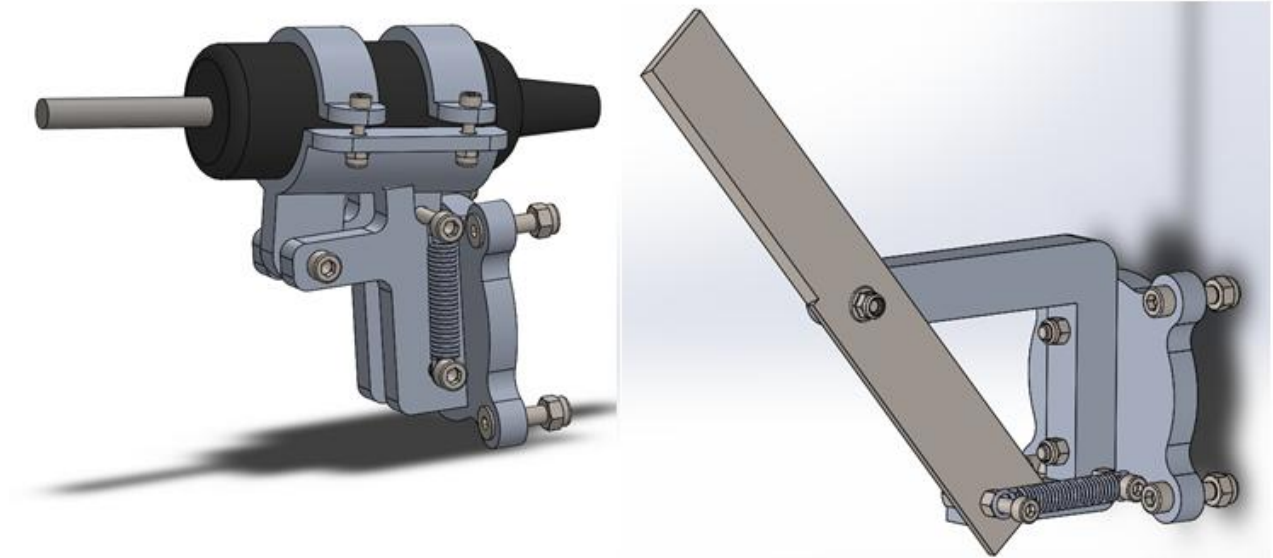


Figura 9: herramientas para eliminación de rebabas.

También se han desarrollado herramientas basadas en ventosas que permiten manipular una amplia gama de piezas ya que se elimina la necesidad de diseñar acoples especiales para cada una de las piezas a tratar tal y como se observa en la Figura 10

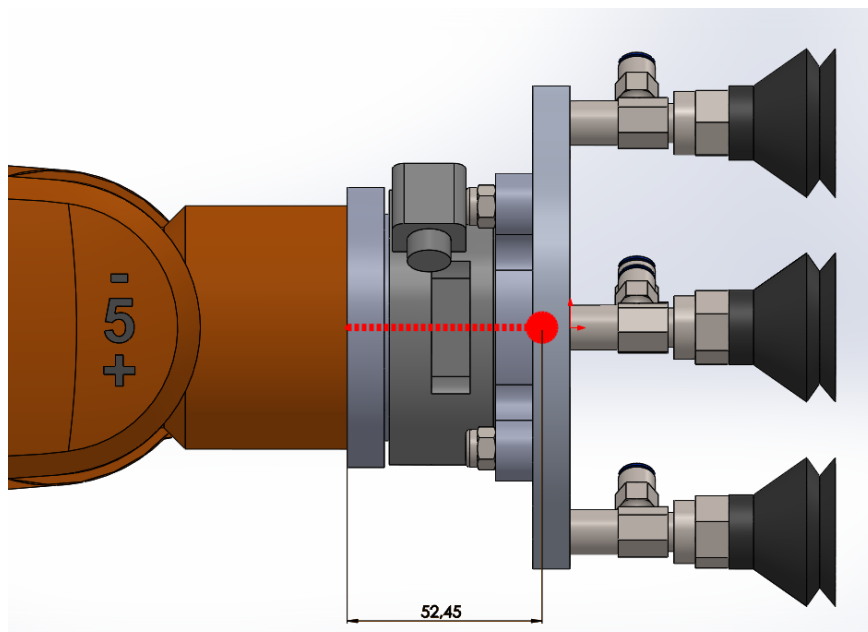


Figura 10: Herramienta basada en ventosas.

Otro sistema implementado para conseguir mayor flexibilidad es una mesa de trabajo a la que se pueden anclar ventosas para sujeción de piezas a tratar o herramientas en el caso de que se desee manipular las piezas a tratar. La mesa se ha diseñado de forma que permite fijar las herramientas diseñadas a esta.

Tras realizar pruebas iniciales los resultados obtenidos durante el procesado de tratamiento superficial fueron buenos por lo que se ha llegado a la conclusión de que técnicamente es viable implementar la planta piloto utilizando este tipo de herramientas.

En el sector del calzado la operación de desbardado se realiza de forma manual, el operario recibe los zapatos sin horma en un cesto y dispone de una herramienta manual para realizar el proceso, tal y como se puede ver en la **Figura 11**.



Figura 11: Eliminación manual de rebabas.

Para el análisis previo de la operación se realizaron pruebas de obtención de geometrías de los pisos de calzado de montaña para obtener el contorno de la suela y determinar las zonas donde habría que eliminar las rebabas.

Para esto se digitalizaron las muestras y se obtuvieron los contornos del piso detectando mediante algoritmos matemáticos de variación de pendientes las zonas de material sobrante.



Figura 12: Piso calzado de montaña

Los resultados obtenidos tanto en tiempo de procesado, así como en la detección previa fueron buenos por lo que se ha llegado a la conclusión de que es viable implementar la planta piloto utilizando la digitalización de las geometrías como información base para la creación de trayectorias y que estas se puedan usar para el guiado de la herramienta de desbarbado usada en esta operación.

5 Definición de la estrategia de control a implementar.

Para la implementación de los sistemas de desbarbado y demostrar su viabilidad en ambos sectores se realizará la implementación de dos plantas pilotos. Una de las plantas estará asociada al sector del juguete y otra a sector de calzado.

La planta implementada en el sector del juguete se montará en las instalaciones de AIJU, y estará desarrollada en torno a un manipulador de KUKA (ver Figura 13). El software de control del robot estará desarrollado bajo el entorno de programación WorkVisual. Este entorno además de permitir la implementación software de control, también permite realizar la configuración del controlador para la comunicación con sistemas de control externos.

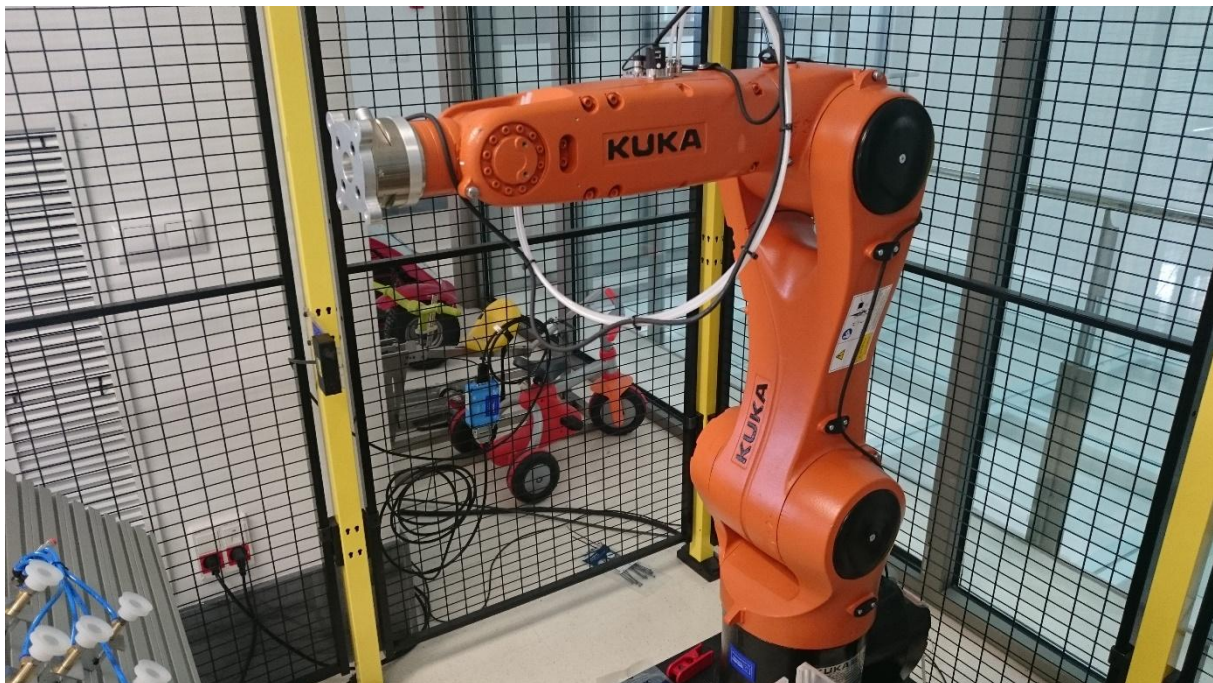


Figura 13: Robot para desbarbado en el sector del juguete.

Para la implementación de los sistemas que permitan la implementación de las plantas en un entorno colaborativo hombre-máquina se ha decidido utilizar sistemas de visión artificial desarrollados a medida a partir de cámaras convencionales o industriales y sistemas de barrera laser. Para la programación de los sistemas de visión se utilizará el entorno de programación Visual Studio de Microsoft. El lenguaje seleccionado para este propósito es el C#, ya que este lenguaje está orientado a la creación de entornos gráficos que permiten interactuar y configurar los sistemas de una forma sencillas y sin la necesidad de reprogramar los sistemas para la adaptación a distintos procesos.

La planta implementada en el sector del calzado se montará en las instalaciones de INESCOP, y estará desarrollada en torno a un manipulador de COMAU. El software de control del robot estará desarrollado bajo el propio lenguaje del entorno de programación de COMAU (PDL).

Para la implementación de los sistemas de visión artificial desarrollados a medida se utilizará el entorno de programación Visual Studio de Microsoft. El lenguaje seleccionado para este propósito es el C#, con este lenguaje controlaremos los sistemas de visión y además nos permitirá la comunicación con el software desarrollado en el control del robot en PDL mediante el envío de comandos por sockets bajo protocolo TCP/IP, controlando así todos los elementos de la celda robótica.