



Universidad de Valladolid



Universidad de Valladolid

E.T.S.I. TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE
TELECOMUNICACIÓN, MENCIÓN EN SISTEMAS DE
TELECOMUNICACIÓN

PROCESO DE APLICACIÓN DE MÁSTICO SOBRE CARROCERÍA

Autor:

D. Mario Curiel Nieto

Tutor:

D. Javier Manuel Aguiar Pérez

Valladolid, 6 de Julio de 2015

UVa

Universidad de Valladolid





TÍTULO: Proceso de Aplicación de Mástico sobre Carrocería

AUTOR: D. Mario Curiel Nieto

TUTOR: D. Javier Manuel Aguiar Pérez

DEPARTAMENTO: Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática

TRIBUNAL

PRESIDENTE: D. Alonso Alonso Alonso

VOCAL: D. Jaime Gómez Gil

SECRETARIO D. Javier Manuel Aguiar Pérez

SUPLENTE Dña. María Ángeles Pérez Juárez

SUPLENTE Dña. Beatriz Sainz de Abajo

FECHA: 6 de Julio del 2015

CALIFICACIÓN:





Resumen de TFG

El presente TFG se centra en los procesos que se llevan a cabo en la carrocería de un vehículo, correspondientes al departamento de pintura, y que incluyen TTS-KTL, másticos, aprestos, base y barniz. Dichos procesos, excepto en el caso TTS-KTL, son aplicados mediante robots. Debido a que es un proceso muy amplio el trabajo se centrará en el proceso de másticos, de forma que el principal objetivo del TFG será la programación de dichos robots incluyendo tanto el propio código de programación como la optimización de las técnicas para la correcta aplicación del producto sobre la carrocería. También destacar que de todo el proceso de másticos se dará un poco más de importancia a la etapa del capot de la carrocería, la cual es algo más especial que las demás debido a que el robot lleva incorporado una cámara de visión en 3D para su perfecta aplicación.

Abstract

This TFG focuses on the processes taking place in the bodywork of a vehicle, for the painting department, and include TTS-KTL, mastics, primers, base and varnish. Such processes, except in the case TTS-KTL, are applied by robots. Because it is a very extensive process work will focus on the process of mastic, so that the main objective of the TFG will be programming such robots including both programming code itself as optimization techniques for the correct application of product on the bodywork. Also note that the whole process of mastic will be a little more importance to stage the hood body, which is more special than the others because the robot incorporates a view camera 3D for perfect application.

Palabras clave

Carrocería, mástico, programación, robot y visión artificial.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por estar todos estos años apoyándome, dándome ánimos día a día, y aprendiendo siempre de ellos, los cuales son los que me animaron a empezar esta carrera y sin ellos esto jamás habría sido posible.

A mi novia Marta que también ha estado apoyándome, escuchándome y ayudándome tanto en los buenos como en los malos momentos.

También agradecer a mis compañeros y grandes amigos de la carrera (Pope, Carro, Rubén, Javi, Isma, Javichu, Elena y Jairo) que han estado desde el principio y con los que unos a otros nos hemos ayudado en todo momento.

A mi tutor de la escuela Javier que ha estado ayudándome, dándome muchos consejos y estando siempre muy pendiente, y porque sabía que desde el primer momento que hablamos para que fuera mi tutor sabía que sería una excelente elección.

Y para finalizar a mi tutor de la empresa Francisco, con el que he aprendido mucho y me ha ayudado a poder llevar a cabo este trabajo fin de grado.

MUCHAS GRACIAS A TODOS.





ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN, MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS.	10
I.1 INTRODUCCIÓN	11
I.1.1. <i>HISTORIA</i>	11
I.1.2. <i>INFORMACIÓN GENERAL</i>	13
I.1.2.1. <i>MODELOS FABRICADOS</i>	14
I.1.3. <i>PROCESO PRODUCTIVO</i>	17
I.1.4. <i>DATOS DE FABRICACIÓN</i>	22
I.2 MOTIVACIÓN	24
I.3 OBJETIVOS	24
CAPÍTULO II: CONOCIMIENTOS PREVIOS.	25
II.1 TALLER DE PINTURA	26
II.1.1. <i>INTRODUCCIÓN</i>	26
II.1.2. <i>INFORMACIÓN GENERAL</i>	27
II.1.3. <i>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</i>	28
II.1.3.1. <i>LAVADO TTS</i>	29
II.1.3.2. <i>CATAFORESIS KTL</i>	29
II.1.3.3. <i>APLICACIÓN DE MÁSTICO</i>	30
II.1.3.4. <i>APRESTO</i>	31
II.1.3.5. <i>BASES AGUA</i>	31
II.1.3.6. <i>BARNIZ</i>	32
II.1.3.7. <i>TERMINACIÓN BASES AGUA</i>	33
II.1.3.8. <i>CERAS</i>	33
II.2 PROVEEDORES	37
II.2.1. <i>ABB</i>	37
II.2.2. <i>KUKA</i>	39
II.2.3. <i>ISRA</i>	41
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	43
III.1 LIMPIEZA	44
III.2 REPETITIVIDAD	45
III.3 COMPLEJIDAD	45
III.4 AHORRO ECONÓMICO	46
III.5 CALIDAD	47



CAPÍTULO IV: ELEMENTOS PRINCIPALES. 48

IV.1 EL MÁSTICO 49

 IV.1.1. COMPOSICIÓN..... 49

 IV.1.2. FUNCIONES 53

 IV.1.3. TIPOS..... 56

IV.2 ROBOT ABB..... 58

 IV.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA 58

 IV.2.1.1. EL MANIPULADOR 58

 IV.2.1.2. EL CONTROLADOR..... 59

 IV.2.1.3. EL PANEL DE MANDO..... 59

 IV.2.1.4. EL PUPITRE MÓVIL 60

 IV.2.1.5. PARTES DEL ARMARIO DE CONTROL 61

 IV.2.2. MANEJO BÁSICO DE LA UNIDAD DE PROGRAMACIÓN 63

 IV.2.3. PILOTAJE MANUAL DEL ROBOT 68

 IV.2.3.1. INTRODUCCIÓN 68

 IV.2.3.2. TIPOS DE MOVIMIENTOS MANUALES..... 70

 IV.2.3.3. OTROS PILOTAJES 72

 IV.2.4. PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT EN PRODUCCIÓN 74

 IV.2.4.1. PUESTA EN MARCHA DEL ROBOT 74

 IV.2.4.2. SELECCIÓN DEL MODO DE FUNCIONAMIENTO 75

 IV.2.4.3. ACTIVACIÓN DE LOS MOTORES 76

 IV.2.4.4. ARRANQUE DEL PROGRAMA 76

 IV.2.4.5. PARADAS DEL ROBOT 77

 IV.2.4.6. CARGAR UN PROGRAMA..... 78

 IV.2.4.7. LA VENTANA DE PRODUCCIÓN..... 79

 IV.2.4.8. ERRORES 82

 IV.2.5. INSTRUCCIONES Y PARAMETRÓS..... 83

 IV.2.5.1. INSTRUCCIONES 83

 IV.2.5.2. PARÁMETROS..... 87

IV.3 ROBOT KUKA 89

 IV.3.1. ESTRUCTURA Y FUNCION DE UN SISTEMA DE ROBOT KUKA 89

 IV.3.1.1. INTRODUCCIÓN 89

 IV.3.1.2. MECÁNICA DE UN ROBOT KUKA..... 90

 IV.3.1.3. UNIDAD DE CONTROL (V)KR C4..... 92

 IV.3.1.4. EL KUKA smartPAD..... 93

 IV.3.2. INSTRUCCIONES Y PARÁMETROS..... 97

 IV.3.2.1. INSTRUCCIONES 97

 IV.3.2.2. PARÁMETROS..... 99



CAPÍTULO V: DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	101
V.1 LÍNEA DE MÁSTICOS 1	103
V.1.1. INTERIORES.....	104
V.1.2. BAJOS.....	107
V.2 LÍNEA DE MÁSTICOS 2	114
V.3 ESTUFA DE MÁSTICOS	117
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	118
VI.1 LIMPIEZA	119
VI.2 REPETITIVIDAD, COMPLEJIDAD Y CALIDAD	120
VI.3 AHORRO ECONÓMICO.....	122
CAPÍTULO VII: PRESUPUESTO ECONÓMICO.....	124
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	127
VIII.1 CONCLUSIONES	128
VIII.2 LÍNEAS FUTURAS.....	129
CAPÍTULO IX: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	130



CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

MOTIVACIÓN

OBJETIVOS

I.1 INTRODUCCIÓN

I.1.1. HISTORIA

En los primeros años de los 70 la Dirección de la *Régie Nationale de Usines Renault* (RNUR) decide ampliar la capacidad productiva en España, poniendo en servicio una nueva factoría de FASA-Renault.

El lugar elegido tiene una superficie de 1.903.869 m² de terreno rústico, conocido como “Pago Punta espada”, un lugar excepcional en el término municipal de Villamuriel de Cerrato (Palencia), en la zona noroeste del Valle de Cerrato como podemos ver en la Ilustración I-1. Se escoge dicho término municipal por los siguientes motivos:

- Proximidad de las factorías de Valladolid.
- Distancia a Valladolid (45 Km) y a Palencia (8 Km).
- Más próxima a la frontera francesa.
- Muy próxima a la ruta internacional Paris – Lisboa.
- Mayor servicio ferroviario: proximidad a Venta de Baños.
- Posibilidad de alimentación de agua potable desde la red de Palencia y de agua industrial, desde el canal que bordea los terrenos, así como desde el río Carrión.

La puesta en marcha se lleva a cabo de una manera progresiva, aprovechando la cercanía y la experiencia de la factoría vallisoletana. Por un lado, el personal proviene básicamente de esa factoría, es decir, se trata de personas con alta experiencia en la fabricación de automóviles y una gran motivación por el reto que representa la puesta en marcha de unas nuevas instalaciones.

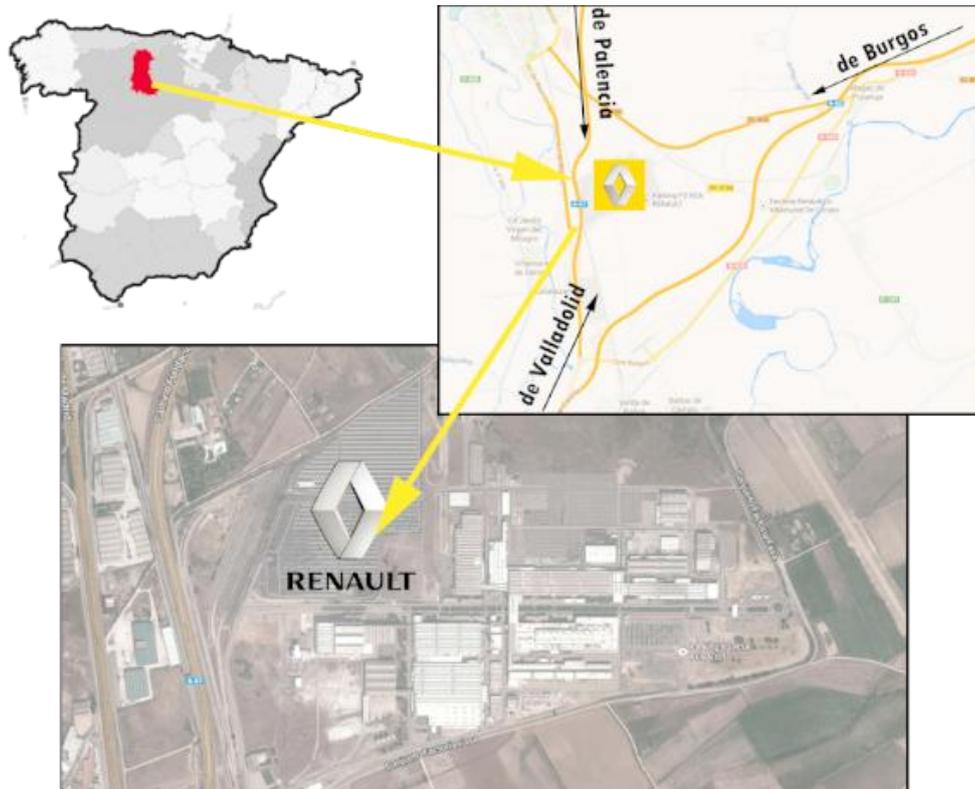


ILUSTRACIÓN I-1. LOCALIZACIÓN FACTORÍA RENAULT PALENCIA.

En cuanto al producto, se hace de manera progresiva: primero arranca el Taller de Montaje (02/01/1978) con carrocerías de R12 pintadas en Valladolid; después se pone en marcha el Taller de Pintura (01/04/1978) con carrocerías ensambladas en Valladolid y finalmente se ponen en marcha los Talleres de Embutición (07/07/1978) y Soldadura (04/12/1978).

Entre el 2 de enero de 1978 y el 13 de mayo de 1979 se trabaja a un solo turno. El 15 de mayo de 1979 pasa a trabajar a dos turnos y el 6 de octubre de 1997 pasa a tres turnos, siendo la 1ª fábrica del Grupo Renault en trabajar a ese ritmo en todos los talleres. Desde entonces la fábrica seguirá un continuo camino de desarrollo que le permitirá situarse en cabeza de las fábricas del Grupo Renault a partir de 1997.

I.1.2. INFORMACIÓN GENERAL

Las instalaciones de esta factoría son las propias de una factoría de montaje de vehículos. Su actividad principal comprende desde la embutición de la chapa hasta la expedición del vehículo terminado, para lo que cuenta con las correspondientes áreas de trabajo de Embutición, Soldadura, Pintura, Montaje, Grupo Motopropulsor (GMP) y “Bout de montaje” (aceptación y retoques), dotadas de las más modernas tecnologías.

A continuación se detallan algunos datos de interés:

- Inauguración: 2 de enero de 1978.
- Superficie total: 1.896.852 m² (304.286 construidos).
- Capacidad de fabricación: 1 vehículo cada 57 segundos.
- Exportación: 89%.
- Efectivos: 1809 (14% mujeres).
- Edad media: 42 años.
- Formación: 72 h por persona.
- Certificaciones externas:
 - Calidad: ISO 9001 desde 1994.
 - Medio Ambiente: ISO 14001 desde 1999.
 - Sistema de Prevención de Riesgos Laborales.
 - Empresa altamente protegida, desde 1996.

I.1.2.1. MODELOS FABRICADOS

Actualmente se están produciendo cinco vehículos que aun siendo diferentes, poseen características estructurales similares. Cuatro de ellos pertenecen a la familia *Mégane* y el quinto se incorpora actualmente al sistema productivo. La similitud existente entre los diferentes modelos provoca ventajas a la hora de generar sinergias en su fabricación, puesto que comparten los diferentes puntos de paso dentro del proceso productivo, solo aplicándose pequeñas excepciones según el modelo. Se puede decir por tanto que la factoría está plenamente optimizada a la producción en serie de vehículos, aun fabricando diferentes modelos.

- **Mégane III Berlina**

El Nuevo Renault *Mégane* Berlina, Ilustración I-2, es una auténtica promesa de dinamismo y de solidez. Con sus perfilados faros delanteros, sus líneas fluidas y enérgicas, el equilibrio de sus proporciones, etc., no oculta en absoluto sus excepcionales cualidades en carretera. Sorprende por la precisión de sus líneas y por la extrema calidad de su acabado.



ILUSTRACIÓN I-2. RENAULT MÉGANE III BERLINA.

- **Mégane III Coupé**

Un auténtico *coupé* ha de tener una fuerte personalidad. El Nuevo *Mégane Coupé*, Ilustración I-3, con su parte delantera de acabado cromado satinado y su gran toma de aire, luce un estilo decididamente deportivo. Este potente diseño provoca grandes sensaciones de deportividad.



ILUSTRACIÓN I-3. RENAULT MÉGANE III COUPÉ.

- **Mégane III Sport Tourer**

Para unirse a la carretera y ofrecer máximo placer, confort y seguridad, el *Mégane Sport Tourer*, Ilustración I-4, se construye sobre un chasis perfectamente equilibrado y una dirección precisa. Asociado a una amplia gama de motores gasolina o dCi, sus cualidades le garantizan una experiencia de conducción llena de sensaciones.



ILUSTRACIÓN I-4. MÉGANE III SPORT TOURER.

- **Mégane III Sport RS**

Digno heredero de la larga tradición de la Marca Renault en materia de vehículos deportivos, el Nuevo *Mégane R.S.*, Ilustración I-5, es presentado en primicia en el Salón de Ginebra. Se distingue por unas prestaciones y una estabilidad en carretera excepcionales. Con un motor de 250 CV, una oferta de dos chasis con diferencial de deslizamiento limitado, el Nuevo *Mégane R.S.* ofrece un placer de conducir extremo.



ILUSTRACIÓN I-5. MÉGANE III SPORT RS.

- **Kadjar**

El Renault *Kadjar* llegará al mercado español a finales de junio de 2015. Es un vehículo con aspecto de todoterreno que mide 4,45 metros de longitud, 1,84 m de anchura y 1,60 m de altura. Encuadrado en el segmento C (crossover), el nuevo Renault *Kadjar*, Ilustración I-6, presenta un habitáculo deportivo y refinado, gracias en parte a la gran calidad de los materiales y los acabados con los que está fabricado.



ILUSTRACIÓN I-6. RENAULT KADJAR.

I.1.3. PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo de un vehículo consta de multitud de etapas que le van dando forma hasta el final.

- **Embutición**

En este taller se construye la carrocería propiamente dicha. Mediante el proceso de embutición, Ilustración I-7, se utilizan bobinas de chapa para obtener las diferentes piezas que componen la carrocería (lados de caja, capot delantero, portón trasero, piso, etc.).

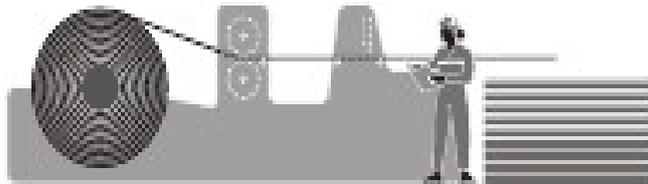


ILUSTRACIÓN I-7. PROCESO DE EMBUTICIÓN.

- **Soldadura**

La carrocería toma forma en una línea de ensamblaje, con las piezas de Embutición, gracias a la realización de aproximadamente 4.000 puntos de soldadura por vehículo, efectuados en su mayoría por robots, Ilustración I-8.

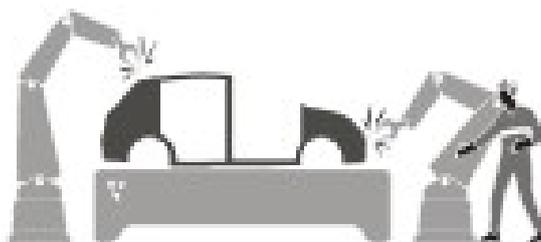


ILUSTRACIÓN I-8. PROCESO DE SOLDADURA.

- Lavado TTS / KTL

Procedentes del taller de soldadura, las carrocerías son sometidas a un proceso de lavado y tratamiento anticorrosivo de la chapa, Ilustración I-9.

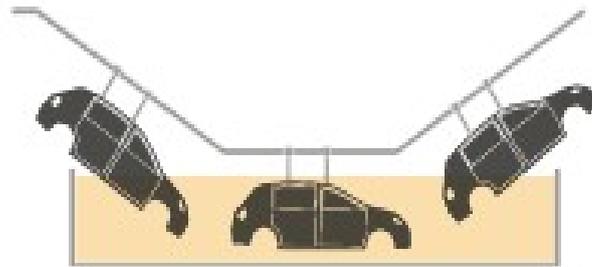


ILUSTRACIÓN I-9. PROCESO DE LAVADO TTS/KTL.

- Pintado

Varios robots pulverizadores se encargan de pintar las carrocerías aplicando las diferentes capas de laca, así como los aislantes necesarios para asegurar la estanqueidad de las mismas. Ilustración I-10.



ILUSTRACIÓN I-10. PROCESO DE PINTADO.

- Montaje

Es el proceso de fabricación final, Ilustración I-11, donde son ensambladas las diferentes piezas que componen el automóvil (motor, accesorios, lunas, ruedas, etc.). Resulta el más complicado debido a la precisión exigida en el ensamblaje de algunas partes así como la logística aportada a pie de cadena, necesaria por el gran número de piezas que son incorporadas al automóvil en cada puesto.



ILUSTRACIÓN I-11. PROCESO DE MONTAJE.

- Distribución

Se realiza la entrega de los vehículos terminados a una empresa logística, que será la encargada de transportarlos a la red comercial Renault, extendida por todo el mundo, Ilustración I-12.

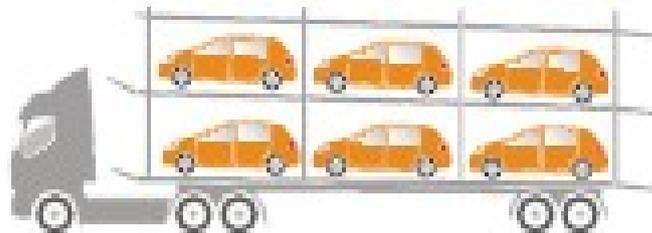


ILUSTRACIÓN I-12. DISTRIBUCIÓN.

A lo largo de todo el proceso productivo, Renault trabaja con los proveedores y con los departamentos de fabricación para que los componentes conformes estén listos en el momento adecuado y en el lugar correcto. Existe un continuo movimiento de piezas a lo largo de toda la fábrica cumpliendo una sincronización muy estudiada. Ilustración I-13.

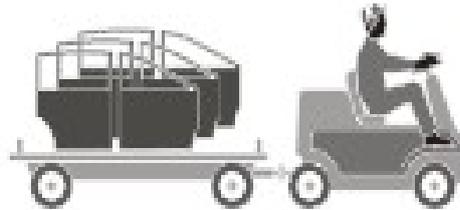


ILUSTRACIÓN I-13. OPTIMIZACIÓN DE LOS ÚTILES DE FABRICACIÓN.

En cada etapa se garantiza la conformidad de los vehículos para que respondan a las exigencias de Renault y a la satisfacción del cliente a través de diversos controles y auditorías. Ilustración I-14.



ILUSTRACIÓN I-14. REVISIÓN Y PUESTA A PRUEBA DE VEHÍCULOS.

De esta manera ya sabemos cómo se lleva a cabo todo el proceso productivo de Renault, pero para comprender mejor este sub-capítulo podemos ver la disposición espacial y funcional de las diferentes secciones dentro de la fábrica en la Ilustración I-15.

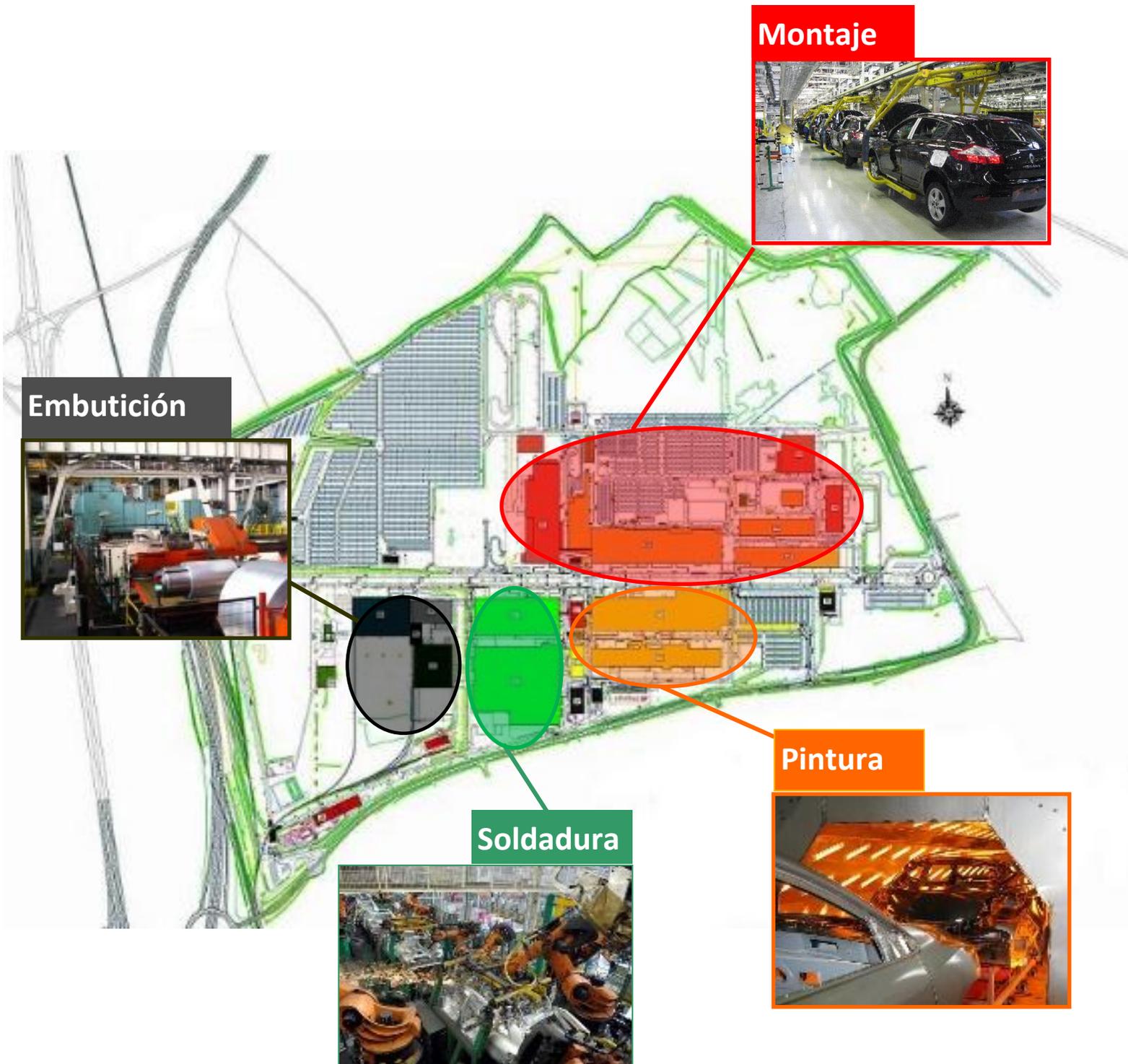


ILUSTRACIÓN I-15. PLANO FUNCIONAL DE LA FACTORÍA.

I.1.4. DATOS DE FABRICACIÓN

La evolución de la fabricación a lo largo de los últimos años responde y se adapta al ciclo de vida del producto presente en cada época. En la Ilustración I-16 podemos comprobar cómo los mínimos anuales de producción se dan aproximadamente cada cinco o seis años, coincidiendo con el agotamiento del plan de producción de cada vehículo. Cuando comienza el nuevo plan y la fabricación en masa del nuevo modelo es cuando se logran alcanzar los picos máximos de producción (años 1998, 2004, 2010). Con lo cual podemos concluir que la fabricación en la factoría de Renault en Palencia responde a un modelo de producción planificada y modificable según la vida útil prevista y su comportamiento comercial en el mercado.

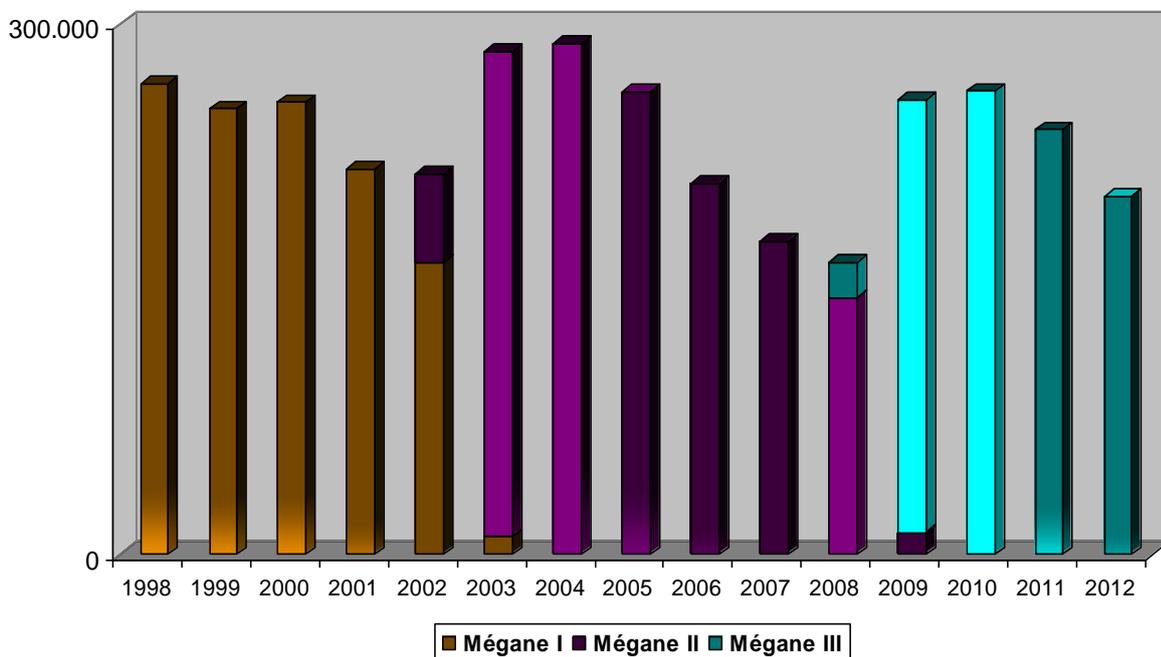


ILUSTRACIÓN I-16. EVOLUCIÓN PRODUCCIÓN ANUAL 1998 – 2012.

Atendiendo a la Ilustración I-17 podemos comprobar la amplia estacionalidad de la producción, donde los picos de producción se encuentran en meses ausentes de festivos, o por motivos de dirección estratégica se decide producir más o menos (dependiendo de *stocks*, previsión de ventas, distribución, etc.). Los meses de menor producción son aquellos que se relacionan directamente, con un mayor número de festividades: Semana Santa en Abril, vacaciones estivales y de Navidad en Agosto y Diciembre respectivamente.

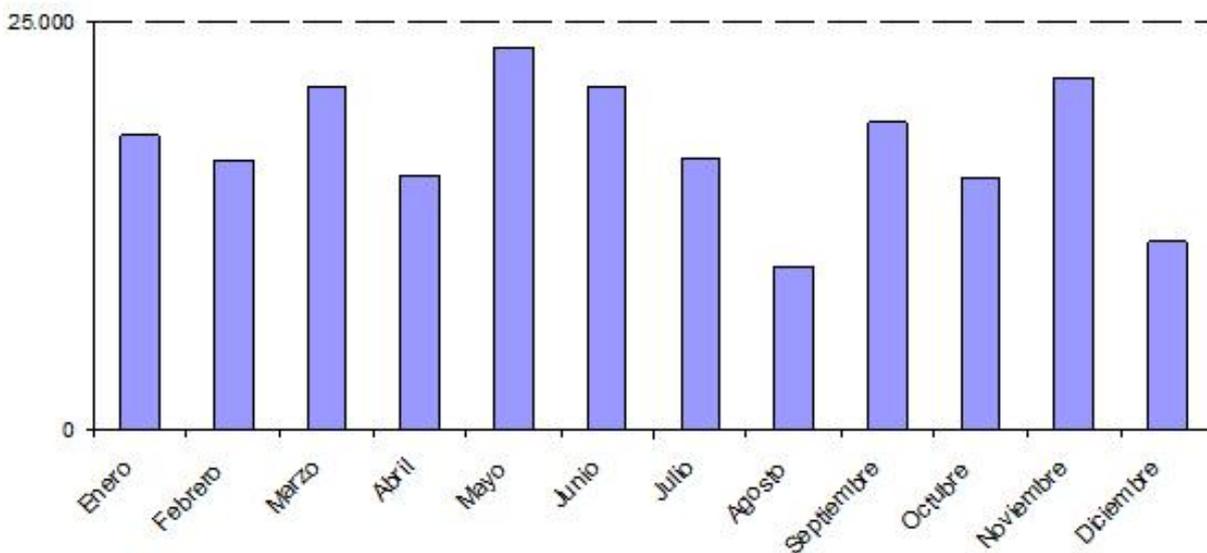


ILUSTRACIÓN I-17. EVOLUCIÓN MENSUAL DE LA PRODUCCIÓN EN 2012.

Sin embargo hay otras razones de carácter extraordinario que pueden provocar que la producción no se complete, como es el caso de averías, fallos de funcionamiento general, cortocircuitos, falta de piezas en cualquier parte del proceso productivo, defectos o descuidos del personal, que provocan los denominados “cuellos de botella” que generan grandes pérdidas en tiempo y material a la factoría.



I.2 MOTIVACIÓN

En este trabajo fin de grado se pretende solucionar un problema que ha englobado día a día a una industria como la de automoción, este problema se puede dividir en cinco factores clave: limpieza, repetitividad, complejidad, calidad y ahorro económico. Estos factores no repercuten únicamente en la empresa sino que también a sus trabajadores, la repetitividad, complejidad y calidad son factores que afectan al trabajador, ya que son los que hacen que su trabajo de aplicación de mástico no sea sencillo a la hora de realizar de forma correcta. La limpieza también afecta al trabajador pero influye algo más a la empresa que es la encargada de que ese factor se pueda cumplir plenamente. Todos ellos finalmente los podemos traducir en el ahorro económico que es uno de los primeros factores a tener en cuenta no solo en una industria de automóviles sino en toda industria o empresa, ya que una manera de poder hacer avanzar es progresar en la economía.

I.3 OBJETIVOS

La manera de poder solucionar y alcanzar todos estos problemas se basa en la implantación de robots para poder cumplir esos factores. Con los robots conseguimos mayor limpieza, mayor facilidad para realizar ciertos trabajos que por los trabajadores u operarios eran mucho más complicados debido a la zonas o lugares de aplicación de mástico en la carrocería y finalmente un mayor ahorro económico porque este último al final afecta no solo al dueño de la empresa sino a toda ella, porque cuanto mayor sea el desarrollo económico, mayor será su implantación en el mercado y mayor será su necesidad de emplear.



CAPÍTULO II.

CONOCIMIENTOS PREVIOS



II.1 TALLER DE PINTURA

II.1.1. INTRODUCCIÓN

Dentro del proceso de fabricación de automóviles juega un papel importante el proceso de pintado de las carrocerías, puesto que además de proteger la chapa frente a agentes externos, es uno de los aspectos más llamativos en los que se fija el cliente de cara a la estética de su vehículo.

El proceso de pintado supone un difícil reto en la fabricación de un vehículo por diversos motivos, estos son algunos de ellos:

- **Localización:** Al encontrarse después del taller de soldadura pueden pasar defectos de chapa provocando retrasos indeseados.
- **Responsabilidad:** Si el coche se envía a montaje con algún defecto puede suponer un gran problema debido a que en este último proceso no existen salidas de flujo de la cadena hasta el final y el coche podría no recuperarse, generando importantes pérdidas de dinero y tiempo.
- **Automatización:** Como gran parte de aplicaciones de producto se realiza con máquinas es inevitable que se produzcan acontecimientos no esperados (averías, desconfiguraciones, etc.) repercutiendo en la fabricación con retrasos.

II.1.2. INFORMACIÓN GENERAL

Antes de conocer cuál es el proceso productivo del taller de pintura, es conveniente saber algunos datos de interés.

La superficie de la nave es de 47.000 m² y su capacidad máxima es de 1.450 vehículos a lo largo de todo el proceso, ya sea en la línea, stocks o las diversas estufas. Esto último es importante debido a que permite una menor pérdida de producción ante “cuellos de botella” anteriores o posteriores, o para una mejor reordenación de los coches, algo de vital importancia para montaje, taller al que se envían los vehículos una vez ya pintados.

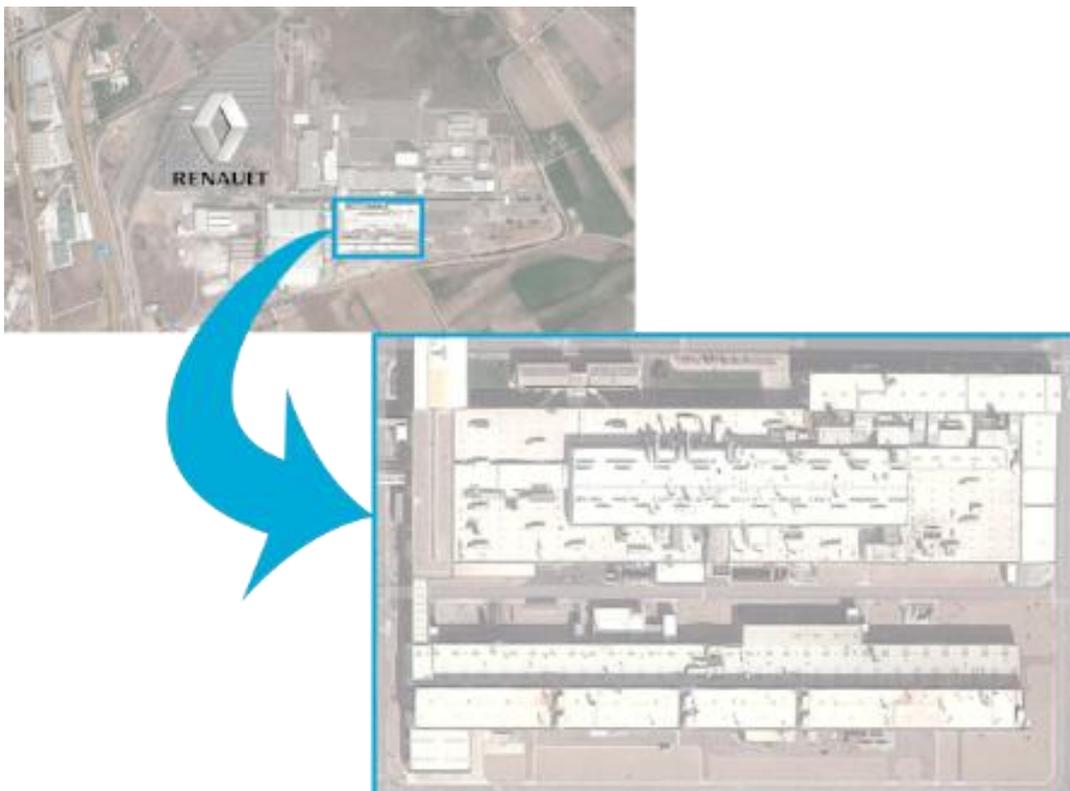


ILUSTRACIÓN II-1. LOCALIZACIÓN DEL TALLER DE PINTURA.

La capacidad productiva de la nave de pintura es de 950 vehículos a dos turnos completos de 16 horas en total. Ello indica que pueden fabricarse, descontados periodos ociosos, cerca de 65 vehículos a la hora.

La línea de producción se encuentra profundamente automatizada, llega a alcanzar el 93% de las operaciones en serie. Es por ello que el taller cuenta con 59 robots y 84 controles programables o autómatas. Véase Ilustración II-2.



ILUSTRACIÓN II-2. ROBOT PINTADO DE INTERIORES VEHÍCULO Y AUTÓMATA.

II.1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Anteriormente expresábamos cada una de las diferentes fases dentro del proceso productivo global: Embutición, Soldadura, Pintura, Montaje; ahora vamos a centrarnos única y exclusivamente en describir cómo funciona pintura, y cada una de sus etapas:

II.1.3.1. LAVADO TTS

Una vez las carrocerías terminan de soldarse, entran en el taller de pintura. A fin de eliminar las impurezas de la chapa como pueden ser aceites, partículas de polvo, etc., se introduce la carrocería en varios baños de agua fría y caliente con diversos detergentes, además se le da una primera protección anticorrosiva sumergiéndola en un baño, Ilustración II-3, que contiene diversas sales, principalmente fosfatos.



ILUSTRACIÓN II-3. PROCESO LAVADO TTS.

II.1.3.2. CATAFORESIS KTL

La electrodeposición catódica o cataforesis es un proceso de pintado por inmersión, Ilustración II-4, totalmente automatizado y basado en el desplazamiento de partículas cargadas dentro de un campo eléctrico (pintura) hacia el polo de signo opuesto (pieza metálica a pintar). El objetivo principal del tratamiento es la protección de superficies contra la corrosión, campo en el que sus propiedades lo convierten en el tratamiento idóneo para tal finalidad. Este tratamiento permite el pintado de zonas de difícil acceso como son las zonas huecas, tubos, etc. La pintura aplicada en esta fase suele denominarse “cata”.



ILUSTRACIÓN II-4. PROCESO CATAFORESIS KTL.

II.1.3.3. APLICACIÓN DE MÁSTICO

Los másticos, también llamados aislantes, son necesarios para garantizar la estanqueidad de la carrocería. Estos pueden ser aplicados en forma de cordones de masilla mediante personas y robots; o en forma de obturadores plásticos que encajan en diferentes uniones de las chapas. Para asegurar la colocación correcta tanto de los cordones como de los obturadores se realizan diferentes pruebas de estanquidad comprobando que no se producen entradas de agua. En la Ilustración II-5 podemos ver los cordones de mástico en la parte inferior del vehículo.



ILUSTRACIÓN II-5. PROCESO APLICACIÓN MÁSTICO.

II.1.3.4. APRESTO

Es una capa de pintura que se le da a la carrocería antes de aplicarle ya la base de su color, esta capa puede tener varios colores dependiendo de la base que se vaya a aplicar encima. Sirve para la protección superficial de la chapa frente a corrosiones además de para garantizar una adhesión duradera de la capa de color que se le dará posteriormente. La Ilustración II-6 nos muestra un vehículo con la capa de apresto ya aplicada.



ILUSTRACIÓN II-6. PROCESO APLICACIÓN APRESTO.

II.1.3.5. BASES AGUA

En esta parte se le da ya a la carrocería su color definitivo, es el proceso más delicado puesto que es la que dará la apariencia definitiva al coche, así que son necesarias unas condiciones muy exigentes dentro de las cabinas que permitan una correcta aplicación sin la aparición de defectos. Se utiliza agua como disolvente mayoritario, éste requiere un secado especial así como unas condiciones de temperatura y humedad más exigentes. Esta capa es aplicada por robots, tal y como nos muestra la Ilustración II-7.



ILUSTRACIÓN II-7. PROCESO APLICACIÓN BASES AGUA.

II.1.3.6. BARNIZ

Después del secado de la base de color se le aplica una capa de barniz que le da el acabado superficial a la pintura. Las condiciones en la cabina de pintado, al igual que en el caso de las bases, han de ser muy exigentes para la correcta aplicación del barniz. En la siguiente imagen (Ilustración II-8) podemos ver dos de los robots encargados de aplicar esta capa.



ILUSTRACIÓN II-8. PROCESO APLICACIÓN BARNIZ.

II.1.3.7. TERMINACIÓN BASES AGUA

En la salida del anterior proceso se encuentra una zona acondicionada con una gran cantidad de luz, Ilustración II-9, donde varios operarios se encargan de observar los posibles defectos en la pintura. Existen herramientas de retoque (lijadoras, pulidoras, etc.) a lo largo de toda esta línea de terminación para reparar 'in situ' lo que sea posible. Si se observan defectos que requieren más atención, las cajas afectadas se derivan a diferentes puestos dependiendo del tiempo que requiera el retoque. En algunos casos, la solución a un defecto es repintar la caja y para ello, desde esta zona, puede enviarse de nuevo a la cabina de bases agua.



ILUSTRACIÓN II-9. LÍNEA DE TERMINACIÓN BASES AGUA.

II.1.3.8. CERAS

Es la última etapa del proceso de pintado y consiste en la aplicación de un producto aceitoso anticorrosivo en el interior de los cuerpos huecos de las diferentes piezas del vehículo (capot, puertas, portón, piso, etc.) asegurando en todo caso la protección contra la oxidación de cualquier parte de la carrocería. Esta etapa se realiza conjuntamente con robots y personas como muestra la Ilustración II-10.



ILUSTRACIÓN II-10. PROCESO APLICACIÓN CERAS.

Como vemos en la Ilustración II-11, cada uno de estos sub-talleres proporciona a la chapa del vehículo una capa diferente:



ILUSTRACIÓN II-11. DIFERENTES CAPAS DE PINTADO.



Además de los procesos citados anteriormente, existen estufas intermedias en las que se introducen las carrocerías para proceder al secado de la capa aplicada en cada momento. Estas estufas son:

- **Estufa de Cataforesis:** Se encuentra tras el proceso de cataforesis y su función es el secado de la capa aplicada mediante convección con aire caliente.
- **Estufa de Másticos:** Localizada tras el proceso de aplicación de mástico se utiliza para el polimerizado del citado producto que se utiliza para asegurar la estanqueidad del coche mediante convección con aire caliente.
- **Estufa de Aprestos:** A la salida del proceso de aplicación de aprestos se encuentra esta estufa que, al igual que la anterior, utiliza el fenómeno de la convección con aire para el secado de la carrocería.
- **Estufa Intermedia:** Es la situada después de la aplicación de la base y antes de aplicar el barniz, dependiendo de la tecnología utilizada en la pintura se utilizará una forma u otra de secado. Para las pinturas con disolvente orgánico se puede utilizar también la convección con aire caliente, sin embargo para las nuevas tecnologías de disolvente agua es necesario la aplicación de infrarrojos para el secado de la capa de pintura.



ILUSTRACIÓN II-12. EXTERIOR DE LA ESTUFA INTERMEDIA.

- **Estufa Final:** Se coloca después de la aplicación de la capa de barniz, es en la que más tiempo permanece la carrocería ya que es el secado definitivo. Debido a la alta emisión de compuestos orgánicos volátiles en el secado, se procede a la incineración de los mismos en un gran quemador de gas que nos permite calentar el aire para el secado de la carrocería. Finalmente los humos procedentes del incinerador se expulsan al exterior todavía con un nivel térmico bastante alto.



ILUSTRACIÓN II-13. INTERIOR DE LA ESTUFA FINAL.



II.2 PROVEEDORES

Dentro de este trabajo fin de grado hay que destacar a tres empresas proveedoras que juegan un papel fundamental debido a que son las que suministran los dos tipos de robots y la cámara para la visión en 3D utilizados en este TFG. Las empresas que suministran los robots son ABB y KUKA, y la empresa que suministra la cámara es ISRA. A continuación se hará una explicación de las tres compañías para conocer de dónde provienen y a qué se dedican cada una de ellas.

II.2.1. ABB

ABB (acrónimo de *Asea Brown Boveri*) es una corporación multinacional, cuya sede central queda en *Zürich*, Suiza y cuyos mayores negocios son los de tecnologías en generación de energía eléctrica y en automatización industrial. ABB opera en más de cien países y emplea a más de 124.000 personas [1].

ABB es el resultado de la fusión empresarial, en 1988, de la empresa sueca ASEA y de *Brown, Boveri & Cie* (BBC), industria suiza que había adquirido previamente a *Maschinenfabrik Oerlikon* en 1967.

Este sector ofrece productos como controladores de velocidad, motores y generadores eléctricos, controles para baja tensión, instrumentación y electrónica de potencia.

El objetivo de este sector es el suministro de soluciones integrales de control, optimización de plantas y procesos y aplicación de soluciones automáticas de conocimiento específico para la industria.

Su producto actual para control de plantas y sistemas es el *System 800xA*. Este sistema permite integrar todos los controladores (PLC) propiedad de ABB e incluso de otros fabricantes gracias al protocolo OPC.

Sus controladores más actuales son el AC800M para control de procesos continuos, AC800PEC para control rápido (conmutadores de tensión, etc). Entre los PLCs de antigua generación pero que actualmente se encuentran en servicio encontramos el AC450, MP200 y el AC80.

También cuenta este sector con la fabricación de Turbocompresores, para motores diesel y a gas de combustión interna para el sector de generación eléctrica, minería y marino.

ABB posee, además, una de las mayores bases de robótica industrial instalada en el mundo, suministrando software, equipos periféricos y celdas de fabricación modular para tareas específicas como soldadura, ensamblaje, pintura, empaque y otros.



ILUSTRACIÓN II-14. LOGOTIPO EMPRESA ABB.



II.2.2. KUKA

La compañía fue fundada en 1898 en *Augsburg*, Alemania, por Johann Josef Keller y Jacob Knappich. Al principio, el enfoque de *Companys* fueron la casa y las luces de la calle, pero pronto la empresa se centró en otros productos, para convertirse en el líder del mercado en vehículos comunes en Europa, en 1966 - *Keller y Knappich GmbH* se fusionaron con parte de *Industrie-Werke AG Karlsruhe* para convertirse en *Industrie-Werke Aktiengesellschaft Karlsruhe* Augsburgo, finalmente KUKA, para abreviar [2].

En 1973 KUKA creó *famulus* que fue el primer robot industrial del mundo. En ese momento la empresa pertenecía al grupo *Quandt*. Sin embargo, en 1980 la familia *Quandt* se retiró y se estableció una empresa de propiedad pública.

En 1995 se dividió en dos: *KUKA Robotics Corporation* y *KUKA Schweianlagen GmbH*. Hoy en día, KUKA está centrada en crear soluciones progresivas para la automatización de procesos de fabricación industrial.

Datos Corporativos

La sede de la empresa se encuentra en Augsburgo, Alemania. KUKA empleados de más de 3.150 trabajadores. Los clientes de la empresa se encuentran principalmente en la industria del automóvil, pero cada vez más en otras industrias también.

Hitos notables

- 1971 - Primera línea de transferencia de soldadura en Europa construida para Daimler-Benz.
- 1973 - Primer robot industrial de seis ejes impulsado electromecánicamente, conocido como *famulus*.
- 1976 - Se crea completamente un nuevo robot de seis ejes impulsado electromecánica y una pulsera de desplazamiento.
- 1989 - Se desarrolla una nueva generación de robots industriales (motores sin escobillas de accionamiento para un bajo mantenimiento y una disponibilidad técnica superior).
- 2007 - KUKA *titan* "- en este momento el más grande y más fuerte robot industrial de seis ejes, entrada en el Libro *Guinness* de los Récords.
- 2010 - Como la única familia de robots, el robot serie KR QUANTEC cubre completamente el rango de carga de 90 hasta 300 kg con un alcance de hasta 3,100 mm por primera vez.
- 2012 – Se pone en marcha la nueva serie de robots pequeños KR *Agilus*.

KUKA

ILUSTRACIÓN II-15. LOGOTIPO EMPRESA KUKA.



II.2.3. ISRA

Los inicios de la empresa ISRA VISION empezaron en el año 1985 en la Universidad Técnica de *Darmstadt*. *EnisErsü* fundó junto con otros expertos en robótica y procesamiento de imágenes la empresa *ISRA SystemtechnikGmbH* para convertir rápidamente los conceptos científicos conseguidos en soluciones económicas de alta tecnología. Este concepto tuvo un gran éxito, tal como muestran los principales avances mundiales en tecnología [3]:

1988: Primer sistema de medición frontal de superficies para el desarrollo de vehículos de motor - distinguido con el premio de innovación de Hesse.

1990: Primer sistema Robot Vision en el mundo basado en contornos para la industria del automóvil. Primer sistema de robots de doble brazo basado en Robot Vision, pensado para líneas de producción.

1994: Primer sistema para la definición de posiciones en 3D por medio de fotogrametría - nominado para el primer puesto en el premio de innovación de Hesse.

1995: Primer uso de Robot Vision 3D en monitores.

1997: Un grupo de directivos recopiló la experiencia de largos años acumulada alrededor de *EnisErsü*, y fundó como empresa externa ISRA VISION S.A. concentrándose en el núcleo de la competencia "*VisionSystems*"

1998: Primer sistema estéreo 3D Robot Vision. ISRA está hoy ya consecuentemente orientada en sentido global hacia una empresa especializada en sistemas de procesamiento de imágenes, a través de ISRA VISION Inc. *InsightIntegration*, *Lansing*, *Michigan/USA*, por medio de ISRA VISION FRANCE en Lyon así como por medio de diferentes empresas mixtas internacionales en el ámbito de los emplazamientos de producción estratégicamente más importantes en la industria del automóvil.

2002: Contrato marco con el fabricante líder de robots alemán KUKA para el suministro de sistemas Robot Vision.

2005: Introducción al mercado de una cartera completamente nueva de productos para la industria automotriz: seguimiento de Robots en 2D y 3D, medición de la calidad de 3D in-line y la identificación de componentes.

2007: Técnica de medición de primera calidad: La adquisición de *MetronomAutomation* complementa la competencia en técnicas de medición para la industria automotriz y convierte a ISRA en el suministrador del sistema completo en esa área.

2008: Introducción del sensor compacto SGS3D con seguimiento de robot para técnicas de medición 3D in-line.

2010: Introducción del sensor 3D *SHAPEscan*: con él, el futuro se vuelve tangible.



ILUSTRACIÓN II-16. LOGOTIPO EMPRESA ISRA.



CAPÍTULO III.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA



Al comienzo todas las fases de aplicación que sufría la carrocería se realizaban de forma manual a través de un trabajador, pero como ocurre en todas las industrias con el tiempo se va progresando y avanzando en el mundo de la tecnología y el desarrollo, lo cual todo esto nos lleva a mejorar.

En este capítulo veremos el porqué de la implantación de robots sustituyendo las aplicaciones manuales por automáticas, veremos cuáles son todas esas ventajas que antes eran un problema. Todos estos problemas se pueden definir de manera sencilla en cinco palabras: limpieza, repetitividad, complejidad, ahorro económico y calidad.

Todos estos factores se verán más detallados con ilustraciones para su mejor apreciación en el CAPÍTULO VI.

III.1 LIMPIEZA

Debido al gran número de aplicaciones que se realicen sobre la carrocería añadiendo los productos que se utilizan es corriente que la suciedad vaya apareciendo, además esto es algo que hay que corregir día a día y por eso como la mayoría de las industrias tiene contratada una empresa de limpieza para que se haga cargo de todo esto. Pero esto no significa que por tener una empresa de limpieza que se encargue de ello está todo solucionado porque cuanto menos suciedad se produzca se requerirán menos los servicios de dicha empresa, por eso siempre se debe intentar buscar la forma para que la zona de aplicación sea lo más higiénica posible y no solo por la industria sino por sus trabajadores que están allí día tras día. Por ello con la implantación de robots se ha avanzado mucho en este factor, con las aplicaciones manuales en algunas ocasiones se desperdicia mas producto y obviamente esto conlleva a mayor suciedad en la zona de trabajo, con los robots ganamos en limpieza porque están programados para aplicar lo justo y necesario para su correcta aplicación.



III.2 REPETITIVIDAD

Este es un factor importante debido a que afecta única y directamente a los trabajadores, los cuales durante su jornada diaria realizan una serie de operaciones que repiten numerosas veces al día, esto supone un problema cuando la repetitividad puede hacer que el trabajador derive en cansancio y aquí es cuando se puede ver afectada la aplicación que realiza lo que nos lleva a algo clave que son los errores de operación. Que ganamos con un robot, su propio nombre lo indica es un robot, una máquina que realiza sus operaciones de forma automática, jamás se cansa, en cambio puede tener averías o desgaste de piezas, las cuales con su correspondiente arreglo o cambio están solucionadas y está en funcionamiento de nuevo, el factor repetitividad nunca estará presente en él de manera negativa, todo lo contrario cuantas más veces realiza un robot una operación mejor la ira realizando gracias a la fluidez de sus movimientos repetitivos.

III.3 COMPLEJIDAD

Este factor junto que el anteriormente comentado (repetitividad) afecta también de manera directa al trabajador. Todas las operaciones que realizan dichos trabajadores no son nada sencillas, por ello conllevan una preparación, todo empleado que se encarga de realizar aplicaciones en la carrocería pasa primeramente por lo que se denomina 'escuela', allí pasan un periodo de tiempo entrenando y practicando dichas operaciones con el fin de aprenderlas de manera perfecta. No es posible poner a un a trabajador a aplicar sin haber sido instruido anteriormente porque seguro habrá errores y esto es algo que siempre se quiere evitar. Después del paso por la escuela el trabajador se pondrá a aplicar sobre la carrocería en la vida diaria pero claro esto no quiere decir que siempre sea perfecto porque todas las operaciones no tienen el mismo nivel de dificultad, porque aunque sea haya practicado durante mucho



tiempo o se tenga mucha experiencia hay zonas de la carrocería donde es muy difícil realizar la aplicación de manera correcta. Por ello la implantación de robots nos facilita muchísimo, lo único complejo sería la programación de dicho robot para llegar a aquellas zonas donde manualmente no es posible, una vez hecho esto, ya estaría todo solucionado porque gracias al tamaño y diferentes ejes del robot (como veremos en el apartado IV.2 y IV.3) veremos que la aplicación es posible en cualquier zona por muy compleja que sea.

III.4 AHORRO ECONÓMICO

Este es uno de los dos factores más importantes, porque veremos que todos y cada uno de los factores se pueden derivar finalmente en ahorro, y una gran industria siempre tiene que tener en el frente este factor no solo para su manutención sino para su avance. Lo primero cuando se quiere implantar tecnología nueva es realizar un estudio de su rentabilidad, está claro que no podemos realizar algo que luego no salga rentable y afecte económicamente de manera negativa a la empresa porque entonces estaremos dando un paso hacia atrás porque no solo habrá pérdida económica sino también pérdida del tiempo de los trabajadores que lo hayan realizado. Por ello antes de la implantación de robots se hace dicho estudio de rentabilidad viendo de cara al futuro cuántos años tienen que pasar para que esa inversión sea amortizada. Está claro que con este estudio se han visto muchas amortizaciones siempre generando ahorro económico para la empresa, de ahí que el número de robots haya ido aumentando cada año. Como se ha dicho al principio finalmente todos los factores acaban derivando en ahorro, la limpieza nos lleva a menor desperdicio de producto la cual se acaba traduciendo en ahorro de producto y también económico claramente. Como hemos visto la repetitividad y complejidad afectan directamente al trabajador y también dicho antes al realizar la sustitución de la operación manual por automática con el tiempo habrá amortización y ahorro económico. Con sustitución no significa que el robot quite



el trabajo al empleado sino que al empleado se le asignará otra operación en la que el factor humano sea más determinante.

III.5 CALIDAD

Este es el otro factor de los dos más importantes junto con el ahorro económico, es uno de los más importantes porque también todos los anteriores factores se pueden ver traducidos en él, y también porque es el que finalmente se hace ver, porque la calidad del producto que ofrece la empresa tiene que ser siempre alta, de ahí que triunfe en el mercado que es la finalidad de toda compañía. La forma de ver la importancia de los otros factores en la calidad es sencilla, es claro que la limpieza siempre incluye un cuidado y mantenimiento siempre que éstos sean altos nos influirá en la calidad de lo que se quiere ofrecer. En cuanto a la repetitividad y complejidad, como se ha dicho previamente ambos pueden llegar a derivar en errores e imprecisión porque son realizados por personas que sufren cansancio o fatiga. Con el robot, esa máquina automática, no se realizan únicamente operaciones sin importar las veces que haya que realizarlas sino que la minuciosa manera de hacerlo hace que la calidad aumente siendo la aplicación del producto más perfecta y precisa.



CAPÍTULO IV.

ELEMENTOS PRINCIPALES

En este capítulo se realizará una explicación de los componentes principales utilizados en este Trabajo Fin de Grado para poder conocer más a fondo su funcionamiento. Ellos son: el mástico (el producto que se aplica sobre la carrocería) y el robot (la herramienta con la que se aplica el producto). De los dos tipos de robots (ABB y KUKA) se dará más importancia y se explicará con más detalle ABB debido a que de los 23 robots que hay en la nave de másticos, 22 pertenecen a ABB (incluido el que lleva incorporado la cámara de visión 3D) y únicamente 1 pertenece a KUKA, por lo que de este último se hará una explicación mucho más breve.

IV.1 EL MÁSTICO

IV.1.1. COMPOSICIÓN

Materias primas y sus efectos

- **PVC:** Cloruro de Polivinilo (-CH₂-CHCl-)_n

Los PVC empleados se presentan bajo forma de finas partículas blancas, con un diámetro medio de unas 40µm. El PVC puede obtenerse por polimerización en emulsión o suspensión [4].

Proceso de emulsión: permite obtener un PVC muy pseudoplástico con unas propiedades mecánicas muy adecuadas, una buena resistencia al envejecimiento y al deslizamiento. Es el tipo de PVC más utilizado. Proporciona viscosidades muy elevadas.

Proceso de suspensión: Los PVC en suspensión presentan propiedades generalmente inferiores a los PVC's emulsionados, pero proporcionan al producto final viscosidades más bajas. Normalmente la mayoría de las formulaciones llevan mezclas de ambos PVC's.

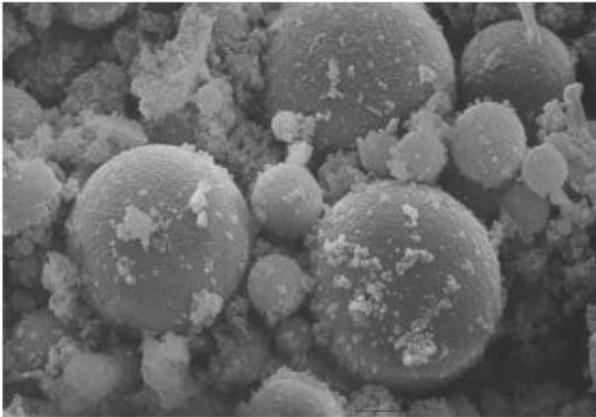


ILUSTRACIÓN IV-2. PVC EMULSIÓN.

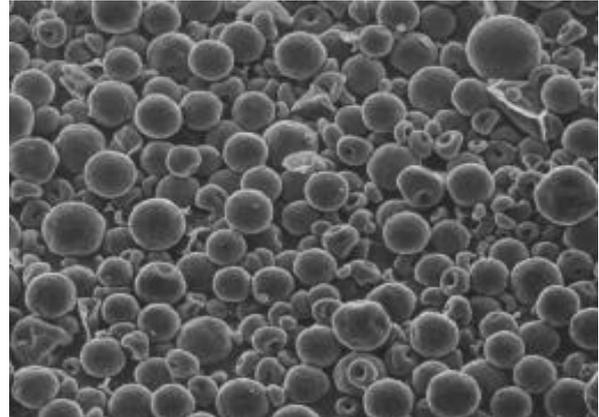


ILUSTRACIÓN IV-1. PVC SUSPENSIÓN.

- **Plastificantes**

Los másticos son conocidos también con el nombre de plastisol de PVC, ya que mayoritariamente se trata de una mezcla PVC/plastificante.

Los plastificantes son líquidos que se pueden mezclar de manera homogénea con el PVC combinándose a alta temperatura, es lo que se conoce como gelificación del mástico.

- **La gelificación de los plastisoles**

La gelificación es el proceso por el que se pasa de un estado líquido a un estado plástico. Esto se traduce en la disolución en caliente del PVC en el plastificante. Posteriormente, tras enfriamiento, se obtiene una materia plástica más o menos flexible según la cantidad de plastificante determinada. No se trata de una reacción química sino de una transformación física.

La gelificación comienza aproximadamente a 50°C, pero para obtener las propiedades mecánicas deseadas, es necesario un estufado a 140°C durante 20 minutos.

Un producto gelificado a temperatura más baja (ej: 110-120°C) será sólido pero no tendrá las propiedades mecánicas óptimas.

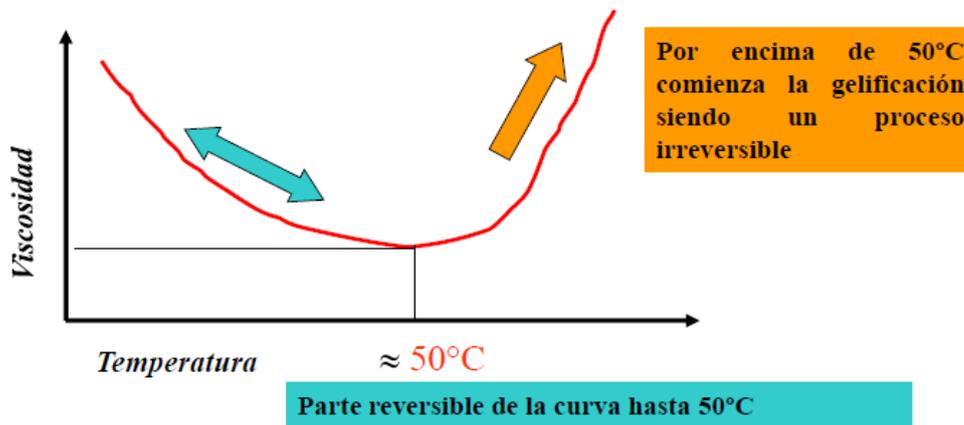


ILUSTRACIÓN IV-3. GRÁFICA VISCOSIDAD/TEMPERATURA.

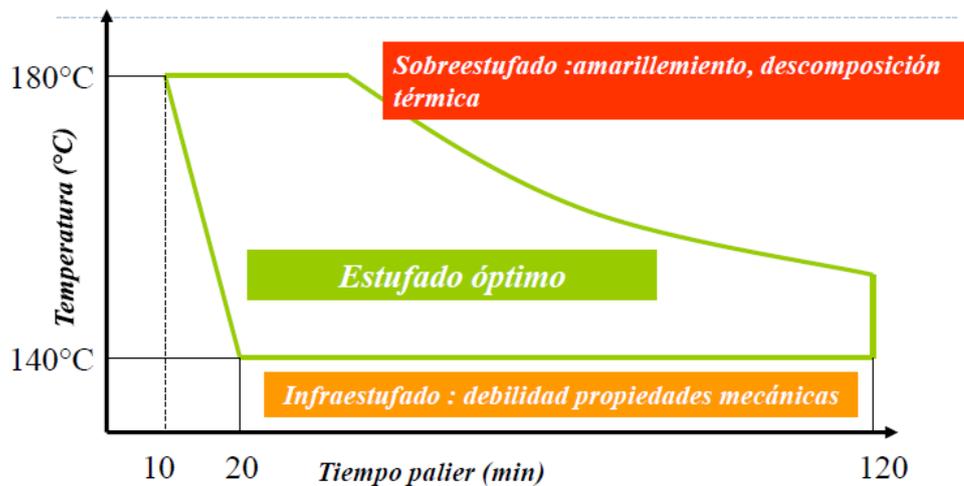


ILUSTRACIÓN IV-4. GRÁFICA TEMPERATURA/TIEMPO.

- **Las cargas**

Las cargas más empleadas son los Carbonatos de Calcio.

CaCO₃ natural: micronizado (diámetro medio de partícula 0.7-3.0µm), responsable de la dureza, modula la cohesión.

CaCO₃ natural encapsulado: similar pero revestido de un estearato, lo que permite disminuir la absorción de plastificante y por tanto disminuir la viscosidad.

CaCO₃ precipitado: obtenido por reacción química del óxido de calcio con dióxido de carbono. Son partículas más finas lo que confiere excelentes propiedades de resistencia al descolgamiento.

CaCO₃ precipitado encapsulado: Proporciona viscosidades inferiores.

- **Los promotores de adherencia**

Los plastisoles PVC, por si mismos, tienen muy poca adherencia sobre cataforesis. Por ello se añaden los promotores de adherencia que puede pertenecer a diferentes familias químicas:

Silanos.

Isocianatos.

Epóxidos.

Poli aminoamidas (más empleados).

Las poli aminoamidas (empleadas como promotores de adherencia) tienden a aumentar el deslizamiento/descolgamiento del plastisol. Para contrarrestar este efecto, se pueden añadir sílices pirogénicas.

- **Los disolventes**

Se emplea para disminuir la viscosidad del plastisol, de manera que se permita su pulverización con presión a través de boquillas muy finas (ej: cerámicas).

Generalmente los disolventes empleados son fracciones no aromáticas del petróleo.

El disolvente es el compuesto más volátil y que más se pierde durante el estufado del mástico.

- **Óxido de cal y pigmentos**

Óxido de calcio (o cal): permite la eliminación de las trazas de humedad contenidas en las cargas y en los PVC's, que podrían dar lugar a la aparición de cráteres durante el estufado del mástico.

Pigmentos: ajuste del color. Los más empleados son pigmentos negros (negro de carbono), blancos (óxido de titanio), amarillo (óxido de hierro), etc.

Pigmentos anti-corrosión: El óxido de zinc puede ser empleado para reforzar la anti-corrosión de las formulaciones.

IV.1.2. FUNCIONES

Para diseñar un coche y hacerlo a la vez duradero, fiable, seguro, agradable, etc., la aplicación de diferentes tipos de selladores es una de las operaciones críticas y esenciales para garantizar:

- La conexión entre los diferentes elementos metálicos.
- La protección contra la infiltración (aire, agua, vapor, polvo, etc.).
- La protección contra la corrosión (agresión por los productos químicos, aire salino, polvo, gravilla, etc.).
- La insonorización interior (acústico).

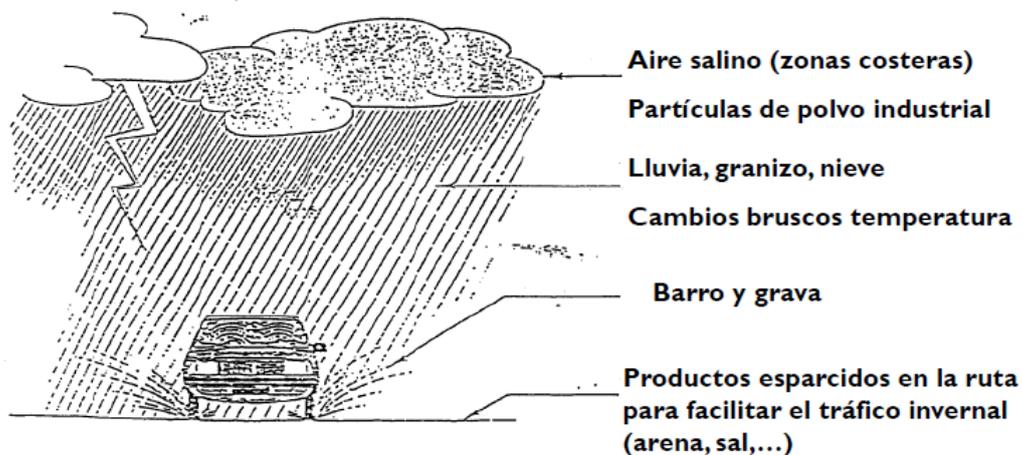


ILUSTRACIÓN IV-5. CAUSAS PRINCIPALES DE CORROSIÓN.

Las cinco funciones principales del mástico

- **Rigidez**

El objetivo es aumentar la rigidez de elementos de la carrocería (capot, pavillon, portón trasero) evitando asimismo su vibración.

- **Estanqueidad**

El objetivo es proteger el habitáculo evitando:

- Las entradas de agua.
- Las entradas de olores procedentes del compartimento motor (aceite, humos, etc.).
- Las corrientes de aire.
- La entrada de partículas (polvo).

- **Anti-gravillonado**

El objetivo es “hacer de pantalla” de la chapa (aplicada cataforesis) contra agresiones de agua, gravilla u otras proyecciones.

- **Anti-corrosión**

El objetivo es proteger los bordes y uniones entre chapas contra la corrosión. Algunas de estas aplicaciones son consideradas de aspecto.

- **Insonorización**

El objetivo es insonorizar el habitáculo interior. Se puede aplicar en zonas como:

- Suelo.
- Techo.
- Puertas, etc.

IV.1.3. TIPOS

- **Extruido blanco**

Su nombre técnico es *BETAPHON EP 4000*, se aplica a través de una boquilla con una ranura plana y a una determinada presión para que al ser aplicado sobre la carrocería quede como una especie de cordón pero más grueso, éste se aplica en las juntas de la chapa de la carrocería de ahí el porqué debe ser grueso. Con él evitamos que haya filtraciones de líquidos a través de la chapa y también quedan las juntas más selladas evitando vibraciones.

- **Pulverizado blanco**

Es el mismo producto que el extruido blanco (*BETAPHON EP 4000*), su diferencia es que éste se aplica a mucha más presión que el extruido y con una boquilla con forma redondeada creando una aplicación en abanico, de ahí su nombre de pulverizado. Con este producto nos centramos más en la protección de la chapa por eso se aplica en la parte de los bajos de la carrocería.

- **Pulverizado negro**

Su nombre técnico es *BETAGUARD DC 200ES*, este producto es mucho más consistente, más denso y más caro que el blanco, por eso se utiliza en zonas determinadas de la carrocería. La forma de aplicar el pulverizado negro es prácticamente similar al pulverizado blanco, pero con la diferencia que debido a su densidad hay que generarle más presión a la hora de aplicarle. Este producto se aplica en las zonas de los bajos de la carrocería donde existe más riesgo de deterioro de la chapa.



- **Techo**

Su nombre técnico es *BETAGUARD DC 431 R*, a diferencia de todos los demás éste no aplica sino que coloca una plancha de PVC que contiene un adhesivo en una determinada zona del techo de la carrocería, su función es mantener estable la rigidez del techo evitando concavidades.

- **Insonorizante**

Su nombre técnico es *BETAGUARD SP 400*, su forma de aplicar es similar al pulverizado negro al igual que su color, pero este producto tiene diferentes funciones, su principal función es la de insonorizar la zona de los pasajeros de ahí su nombre, y por eso se aplica en la parte interior de la carrocería.

IV.2 ROBOT ABB

IV.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

IV.2.1.1. EL MANIPULADOR

Características más importantes [5]:

- Manipulador de tipo antropomórfico de 6 ejes.
- Motores síncronos de CA con frenos electromecánicos incorporados.
- Cables eléctricos y neumático por el interior.

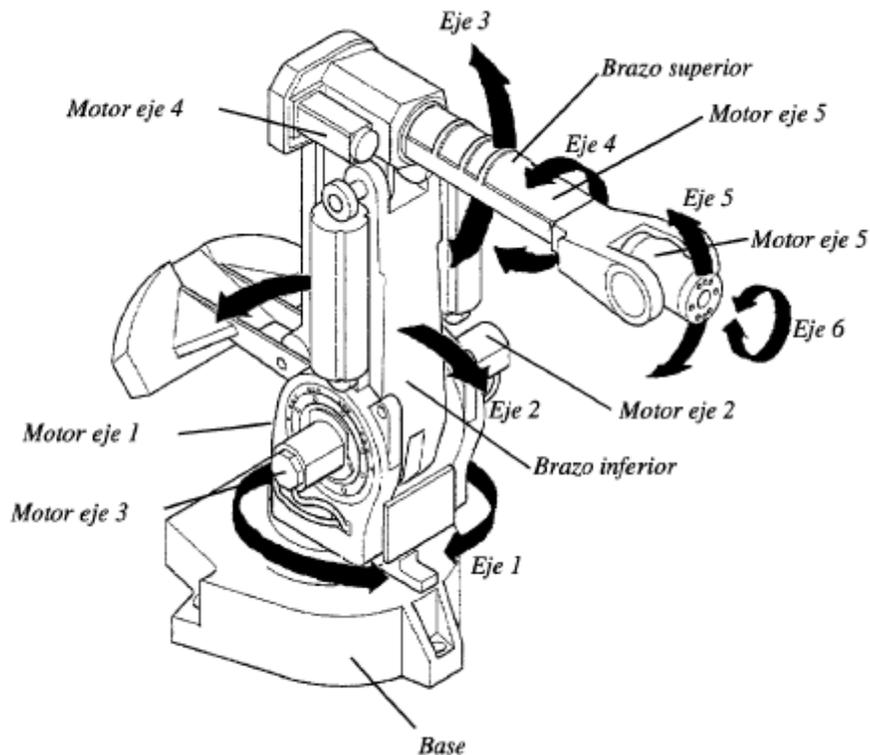


ILUSTRACIÓN IV-6. MANIPULADOR.

IV.2.1.2. EL CONTROLADOR

Contiene la electrónica que controla el robot.

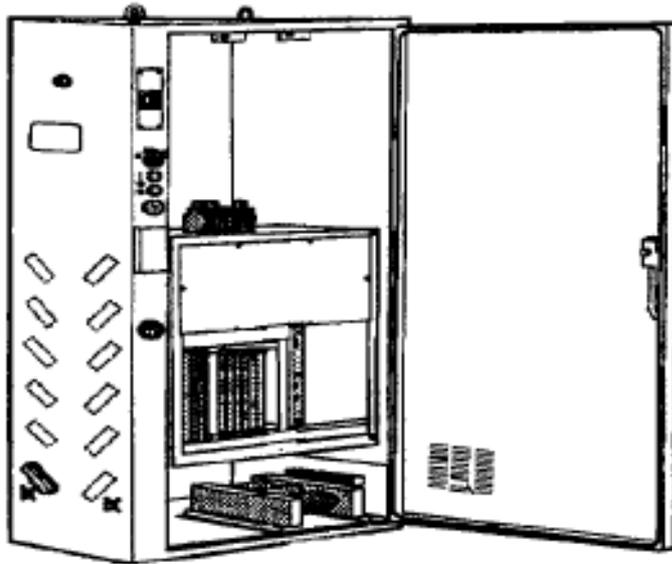


ILUSTRACIÓN IV-7. CONTROLADOR.

IV.2.1.3. EL PANEL DE MANDO

Situado en la parte frontal del armario de control, permite seleccionar el modo de funcionamiento del robot y realizar la puesta en servicio del mismo.

Mediante el selector con llave, el usuario puede bloquear el robot en cada uno de los modos de funcionamiento:

- MANUAL <math><250\text{ mm/s}</math> (modo programación).
- MANUAL 100% (modo test).
- AUTOMÁTICO (modo producción).

El botón de MOTORES ON realizará la activación de los motores, siempre que las condiciones de las cadenas de seguridad lo permitan.

El botón de MOTORES OFF desactiva los motores. Además se utiliza para otras 2 funciones: validar defecto tras una parada de emergencia y neutralizar las sobrecarreras.

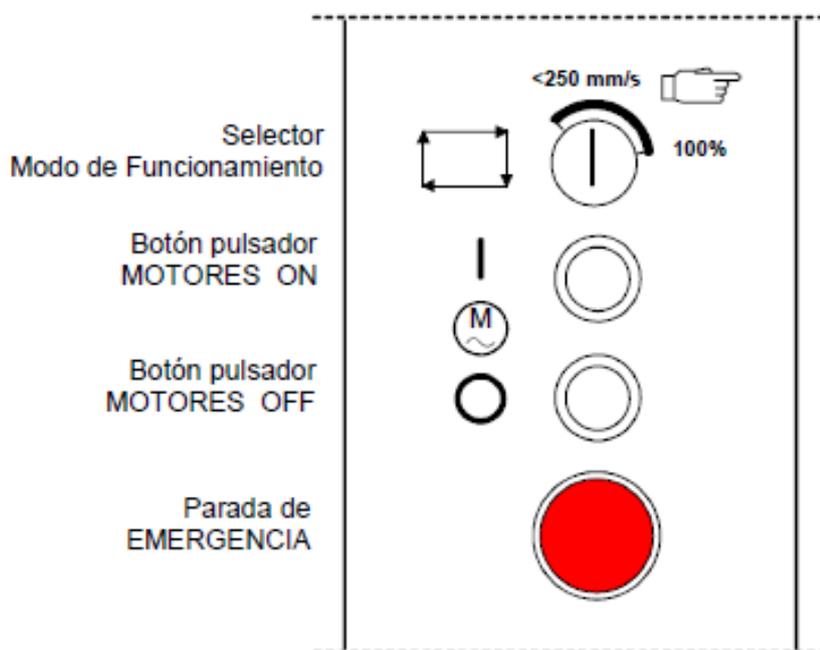


ILUSTRACIÓN IV-8. PANEL DE MANDO.

IV.2.1.4. EL PUPITRE MÓVIL

La programación y el pilotaje manual del robot se realizan desde el pupitre móvil o unidad de programación. La información aparece en un visualizador de 16 líneas (40 caracteres por línea) en el que se presentan ventanas, menús en cascada, diálogos y teclas de función. Se dará información más detallada en el apartado "IV.2.2".

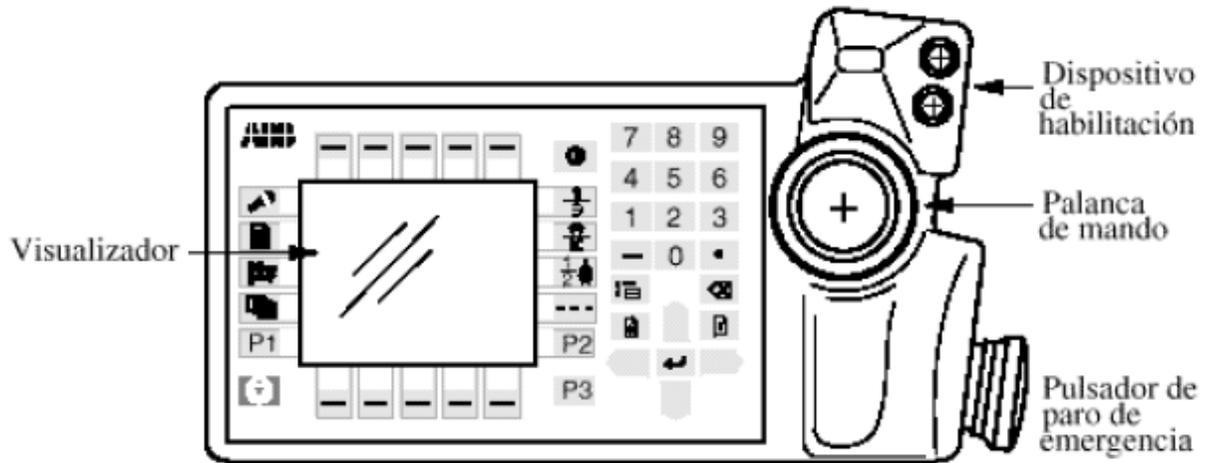


ILUSTRACIÓN IV-9. PUPITRE MÓVIL.

IV.2.1.5. PARTES DEL ARMARIO DE CONTROL

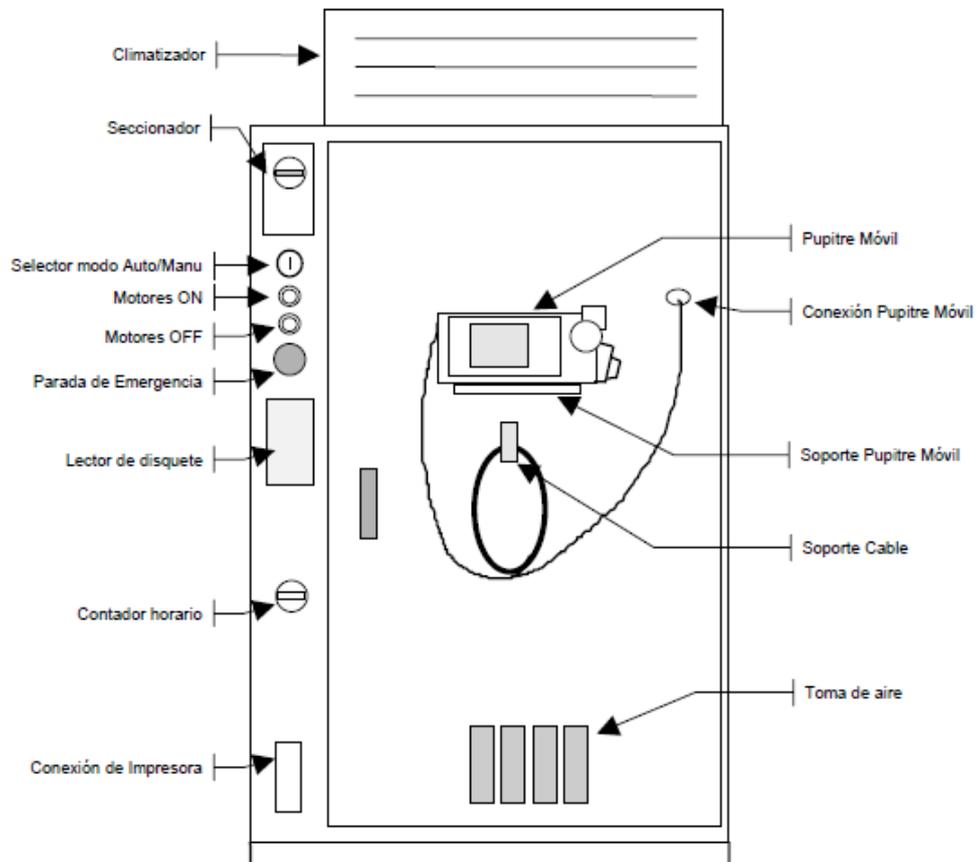


ILUSTRACIÓN IV-10. ARMARIO DE CONTROL.



Toda la electrónica de control y de supervisión, excepto la tarjeta de medida serie, que se encuentra dentro del robot, está localizada en un rack abatible situado en el interior del armario.

La unidad electrónica consta de las siguientes partes:

- CARTA COMPUTADOR PRINCIPAL (CPU): contiene el computador principal del robot que controla el sistema entero del robot y parte de la memoria RAM.
- CARTA COMPUTADOR ROBOT: contiene el procesador de ejes, que controla el manipulador y el procesador de entradas y salidas.
- CARTA DE EXTENSIÓN DE MEMORIA: contiene la memoria RAM adicional: 4, 6, 8 o 16 Mb.
- CARTA DE SISTEMA o DE SEGURIDADES: reúne y coordina todas las señales que afectan a la seguridad operacional y personal.
- CARTAS DE E/S: permite la comunicación con el equipo externo mediante entradas y salidas digitales o analógicas de 24 V. Hay 6 emplazamientos.
- FUENTE DE ALIMENTACIÓN: con 4 salidas de tensión reguladas y protegidas contra cortocircuitos (+5V, +15V, -15V y +24V).
- TARJETA DE MEDIDA SERIE: reúne los datos del resolver y los transfiere a la carta computador robot. La información está salvaguardada por batería. Está situada en la base del robot.
- RECTIFICADOR: convierte la corriente alterna trifásica en corriente continua.
 - UNIDADES DE ACCIONAMIENTO o VARIADORES: regulan el par de los motores del robot.

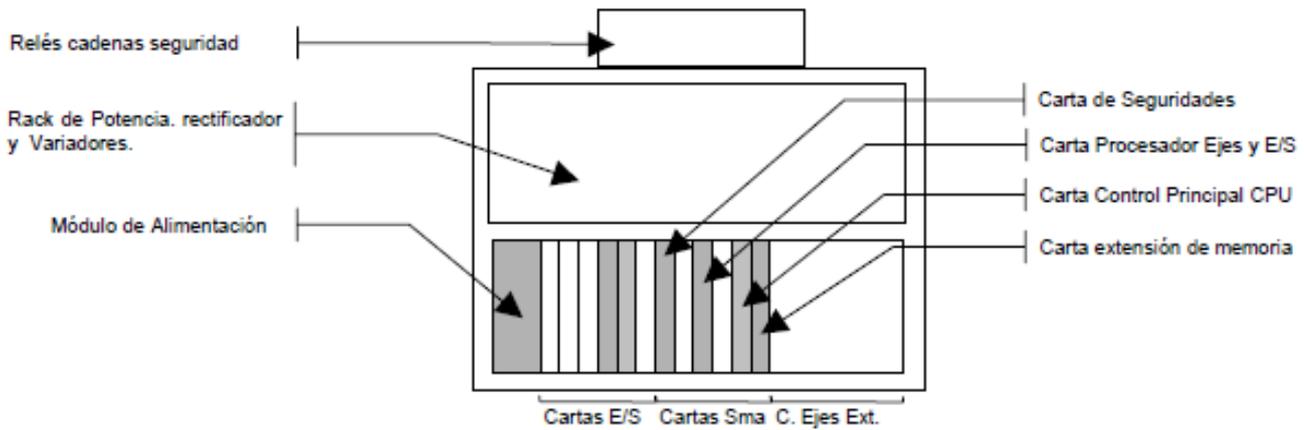


ILUSTRACIÓN IV-11. UNIDAD ELECTRÓNICA.

IV.2.2. MANEJO BÁSICO DE LA UNIDAD DE PROGRAMACIÓN

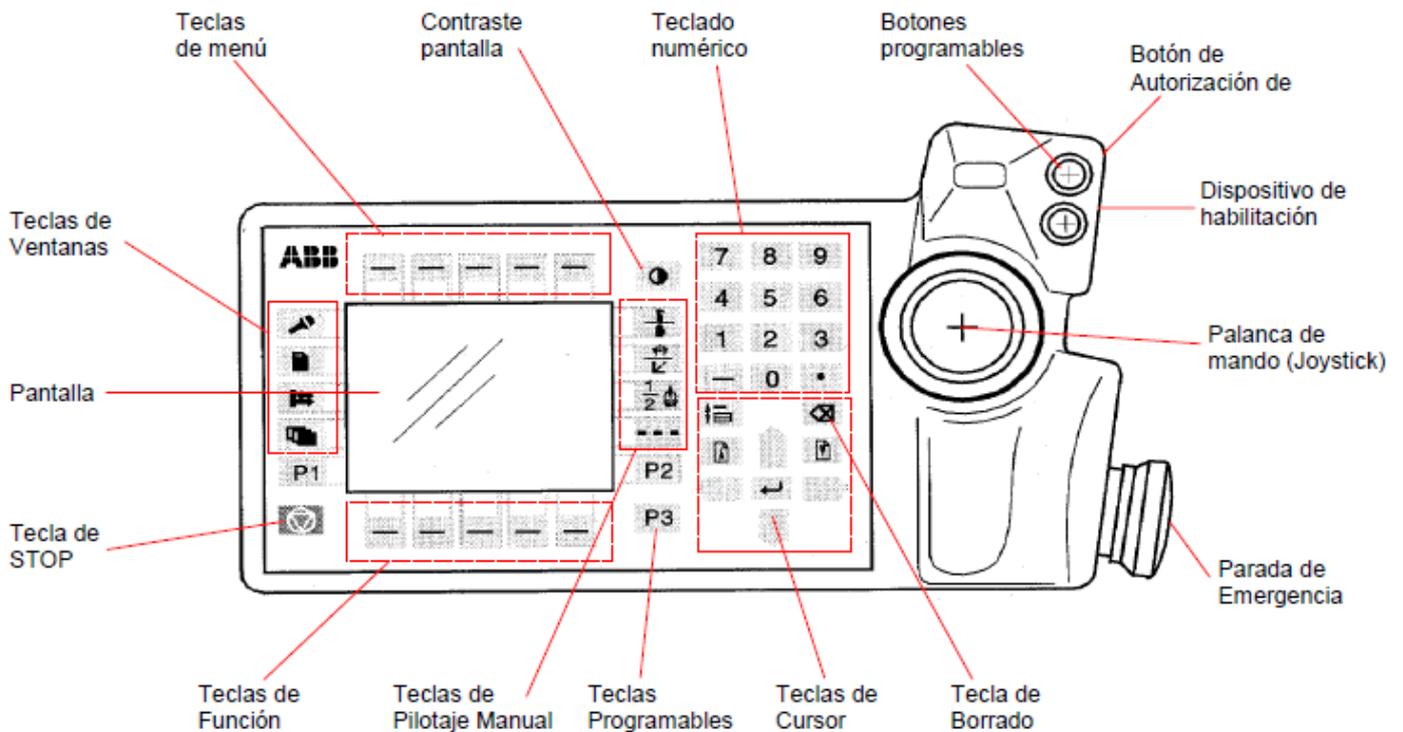


ILUSTRACIÓN IV-12. UNIDAD DE PROGRAMACIÓN O PUPITRE



Visualizador

Tiene una capacidad de 16 líneas de texto con 40 caracteres cada una. Sirve para visualizar todo tipo de información durante la programación o ejecución de programas.

Parada de Emergencia

Al pulsarla, el robot se detiene inmediatamente. Será necesario que el pulsador vuelva a su posición inicial para poder pasar a modo MOTORES ON.

Palanca de mando o JOYSTICK

Sirve para mover el robot manualmente, por ejemplo, para realizar la programación del robot.

Dispositivo de habilitación

También llamada “palanca de hombre muerto”. Debe estar activada para poder mover el robot o ejecutar programas en modo MANUAL <250 mm/s o MANUAL 100%.

Botón de Autorización de evolución o Control de Funcionamiento sostenido

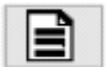
Es necesario que esté pulsado para mover el robot en modo MANUAL 100%.

Teclas de ventana

Hay 4 teclas de ventana que conmutan a las diferentes pantallas de utilización del robot:



- PILOTAJE MANUAL: para mover manualmente el robot.



- PROGRAMA: para programar y testear los programas.



- ENTRADAS/SALIDAS: para comandar manualmente las entradas/salidas.



- VARIOS: parámetros de sistema, servicio, producción, administrador de ficheros, etc.

Teclas de desplazamiento

Permiten el desplazamiento del cursor dentro de la ventana del visualizador.



- LISTA: desplaza el cursor de una parte a otra de la ventana de programación. Suelen estar separadas por una línea doble.



- PÁGINA ANTERIOR/SIGUIENTE: para pasar a la página anterior o siguiente.



- FLECHAS DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL: para desplazar el cursor hacia arriba y hacia abajo.



- FLECHAS DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL: para desplazar el cursor hacia la izquierda y hacia la derecha.

Teclas de Pilotaje manual

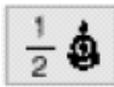
Permiten seleccionar los diferentes modos de movimiento del robot (o ejes externos) durante el pilotaje manual del mismo.



- UNIDAD DE MOVIMIENTO: para elegir entre mover el robot u otra unidad mecánica externa.



- TIPO DE MOVIMIENTO: para seleccionar el movimiento lineal o el movimiento de reorientación.



- TIPO DE MOVIMIENTO: para seleccionar el movimiento eje a eje de los ejes principales (1, 2 y 3) o los ejes de muñeca (4, 5 y 6).



- INCREMENTO: para activar o desactivar el movimiento por incrementos.

Otras teclas



- STOP: sirve para detener la ejecución del programa.



- CONTRASTE: sirve para ajustar el contraste del visualizador.



- TECLAS DE MENÚ: sirven para seleccionar los diferentes menús que aparecen en la parte superior de la pantalla.



- TECLAS DE FUNCIÓN: sirven para seleccionar las funciones que aparecen en la parte inferior de la pantalla.

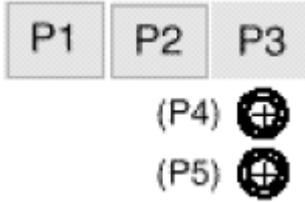


- BORRADO: sirve para borrar los datos seleccionados en el visualizador.



- RETORNO: para la introducción de datos en el sistema.

Teclas programables



Hay 3 teclas y 2 pulsadores cuyas funciones se pueden definir por el usuario, mediante los parámetros del sistema.

Escritura de texto en la ventana

Puesto que sólo existen teclas para caracteres numéricos en la unidad de programación, cada vez que es necesario escribir un texto, el sistema entra automáticamente en una ventana de diálogo como en la Ilustración IV-13.

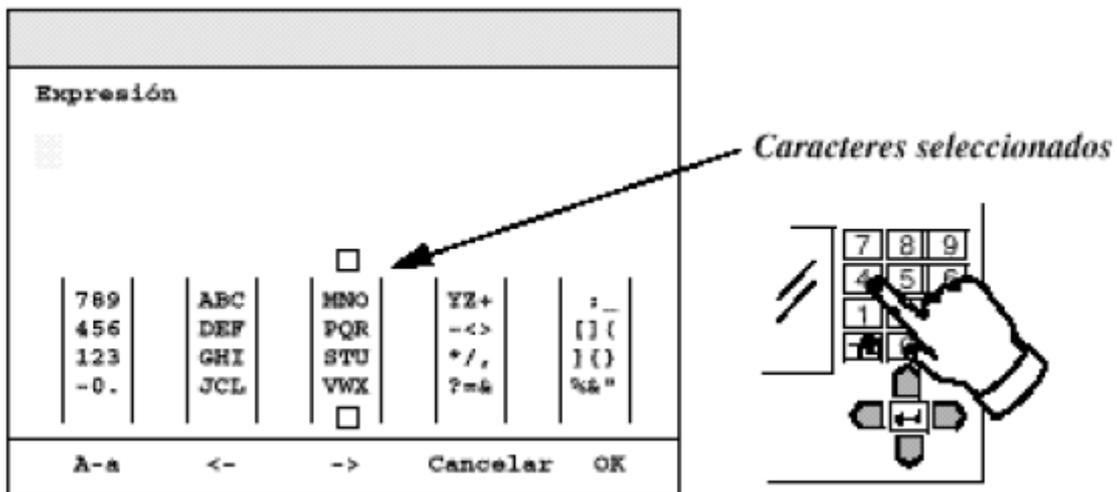


ILUSTRACIÓN IV-13. ESCRITURA DE TEXTO.

Existen 5 bloques de caracteres, que se seleccionan con las teclas de función → y ←. Se distingue el bloque seleccionado por 2 cuadrados con relleno blanco en la parte superior e inferior del bloque.

Los 12 caracteres de ese bloque se corresponden con las 12 teclas del teclado numérico. En la figura por ejemplo, al pulsar la tecla “4”, se escribiría la letra “P”.

IV.2.3. PILOTAJE MANUAL DEL ROBOT

IV.2.3.1. INTRODUCCIÓN

Para mover el robot en modo manual utilizamos el joystick de tres grados de libertad situado en la unidad de programación. La velocidad del robot será proporcional al desplazamiento del joystick, no pudiendo superar nunca ésta los 250 mm/s.

El joystick se puede utilizar sea cual sea la ventana en la que nos encontremos, sin embargo no provocará movimiento alguno del robot en los siguientes casos:

- Si el Robot está en modo AUTOMÁTICO.
- Si el Robot está en modo MOTORES OFF.
- Si se está ejecutando un programa.

Si alguno de los ejes del robot se encuentra fuera de su zona de trabajo, sólo podremos reintroducirlo en la zona de trabajo de forma manual.

Toda la información y opciones referentes al movimiento manual del robot aparecen en la ventana “Pilotaje manual”. En ella podemos ver:

- La unidad elegida: robot u otra unidad mecánica externa.
- El tipo de movimiento: lineal o reorientación.
- El sistema de coordenadas elegido: universal, base, herramienta o pieza.

- El tipo de incremento en el movimiento: ninguno, pequeño, mediano o grande.
- La posición y orientación del robot.
- El resultado que provocará cada uno de los tres grados de libertad del joystick.

Si está seleccionado el tipo de desplazamiento lineal o reorientación, la posición que visualizamos en la ventana es la posición del robot respecto al sistema de coordenadas de la pieza seleccionada en ese momento, independientemente del sistema de coordenadas elegido. Sin embargo, si estamos en desplazamiento eje por eje la posición se visualiza en grados respecto a la posición de calibración de cada eje.

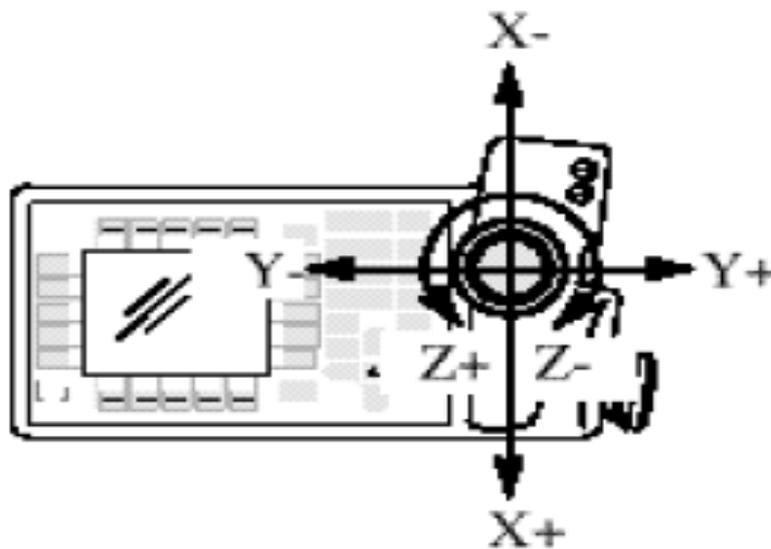


ILUSTRACIÓN IV-14. EJES DE COORDENADAS DEL JOYSTICK.

IV.2.3.2. TIPOS DE MOVIMIENTOS MANUALES

Hay tres teclas que nos determinan el tipo de desplazamiento manual:

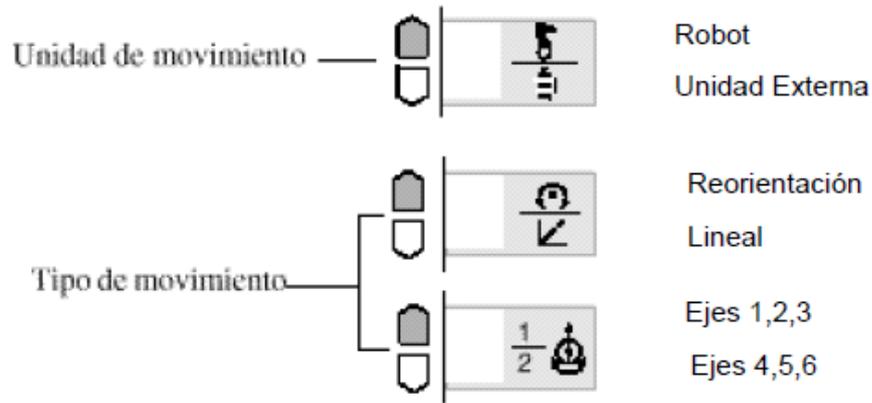


ILUSTRACIÓN IV-15. TIPOS DE MOVIMIENTOS MANUALES.

La primera tecla indica si vamos a actuar sobre el robot o sobre una unidad mecánica externa. La segunda permite elegir entre movimientos lineales o reorientación, y con la tercera elegimos movimientos eje por eje.

Movimientos lineales

El TCP se mueve en línea recta en las tres direcciones de los ejes del sistema de coordenadas que esté seleccionado en ese momento: mundo, base robot, herramienta o pieza. Para cambiar a otro sistema de coordenadas, seleccionar el campo Coord y elegir mediante las teclas de función. La orientación de la herramienta no varía.

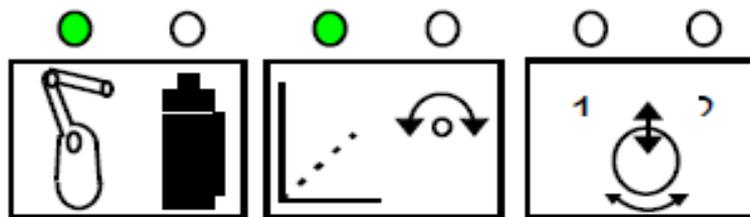


ILUSTRACIÓN IV-16. MOVIMIENTOS LINEALES.

Movimientos de reorientación

El TCP no se mueve, mientras que la herramienta gira respecto a cada uno de los ejes del sistema de coordenadas que esté seleccionado en ese momento: mundo, base robot, herramienta o pieza. Para cambiar a otro sistema de coordenadas, seleccionar el campo Coord y elegir mediante las teclas de función.

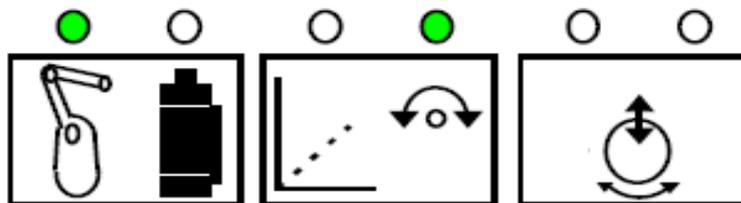


ILUSTRACIÓN IV-17. MOVIMIENTOS DE REORIENTACIÓN.

Movimientos eje por eje

Movemos los ejes principales: 1, 2 y 3. El eje seleccionado girará de acuerdo con el desplazamiento del joystick. El TCP no se desplaza en línea recta.

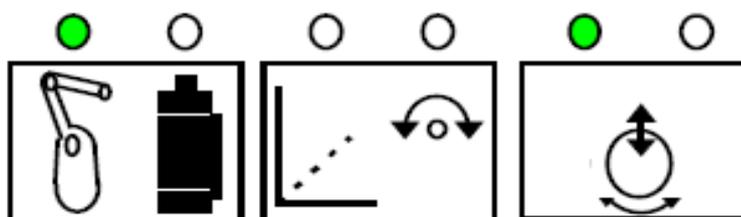


ILUSTRACIÓN IV-18. MOVIMIENTO EJES PRINCIPALES.

Movemos los ejes de muñeca: 4, 5 y 6. El eje seleccionado girará de acuerdo con el desplazamiento del joystick. El TCP no se desplaza en línea recta.

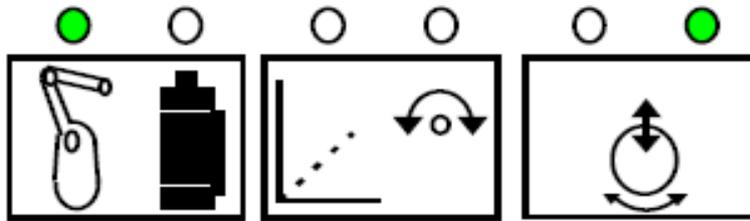


ILUSTRACIÓN IV-19. MOVIMIENTO EJES DE MUÑECA.

IV.2.3.3. OTROS PILOTAJES

Alineamiento de la herramienta

En el menú Especial de la ventana pilotaje manual aparece la opción Alinear. Esta opción permite alinear el eje Z de la herramienta con uno de los ejes del sistema de coordenadas que esté seleccionado en cada momento: mundo, base o pieza. Se alinearé con el eje más próximo a la dirección Z.

Una vez que se pulse el dispositivo de validación y se mueva el joystick, el robot comenzará a alinearse y se parará automáticamente cuando haya alcanzado la posición deseada. El TCP no se mueve.

Ejes no sincronizados

Si el robot no está sincronizado, sólo podremos moverlo utilizando un sólo motor cada vez (eje por eje). En este caso los límites operacionales de cada eje no se verifican, con lo que podríamos hacer avanzar al robot hasta los topes mecánicos.

Ejes externos

Elegimos la posición ejes externos y a continuación en el campo Unidad y con las teclas de función, la unidad mecánica que se quiere manipular.

Si un eje externo está coordinado con el robot, el robot se desplazará también cuando pilotemos el eje externo.

Desplazamiento por incrementos

El desplazamiento por incrementos es utilizado para reglar con precisión la posición del robot: cada vez que se acciona el joystick, el robot se desplaza un incremento. Si el joystick es accionado durante más de un segundo se genera una secuencia de incrementos a ritmo de 10 por segundo.

Podemos elegir el tamaño del incremento en el campo incremento con ayuda de las teclas de función:

- No: desplazamiento normal (continuo).
- Pequeño: incrementos de 0.05 mm. o 0.005 grados aproximadamente.
- Mediano: incrementos de 1 mm. o 0.02 grados aproximadamente.
- Grande: incrementos de 5 mm. o 0.2 grados aproximadamente.



Esta tecla permite conmutar entre movimiento normal y movimiento por incrementos.

IV.2.4. PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT EN PRODUCCIÓN

IV.2.4.1. PUESTA EN MARCHA DEL ROBOT

Tras poner al robot bajo tensión, por medio del interruptor principal, comienza la inicialización del robot. El sistema procede a realizar una comprobación automática del hardware del robot. Una vez finalizada y si no ha habido ningún error, aparecerá el mensaje de bienvenida en la ventana del pupitre.

Si durante la secuencia de puesta en marcha se produjera un error, éste quedará registrado en la lista de errores del robot y aparecerá en la ventana del pupitre.

Cuando se inicializa el robot, el puntero de programa permanece en la misma posición que tuvieron antes de la desactivación del sistema o bien en el valor especificado en los parámetros del sistema.



ILUSTRACIÓN IV-20. MENSAJE DE BIENVENIDA.

IV.2.4.2. SELECCIÓN DEL MODO DE FUNCIONAMIENTO

Mediante el conmutador con llave, seleccionamos el modo de funcionamiento deseado. El conmutador con llave se encuentra en el armario de control.

El modo de funcionamiento normal (producción) es el modo AUTOMÁTICO. Cada vez que se cambia del modo de funcionamiento manual al automático, el sistema presenta una ventana solicitando la confirmación de esta operación. Es necesario pulsar OK para que el modo automático pase a ser efectivo.

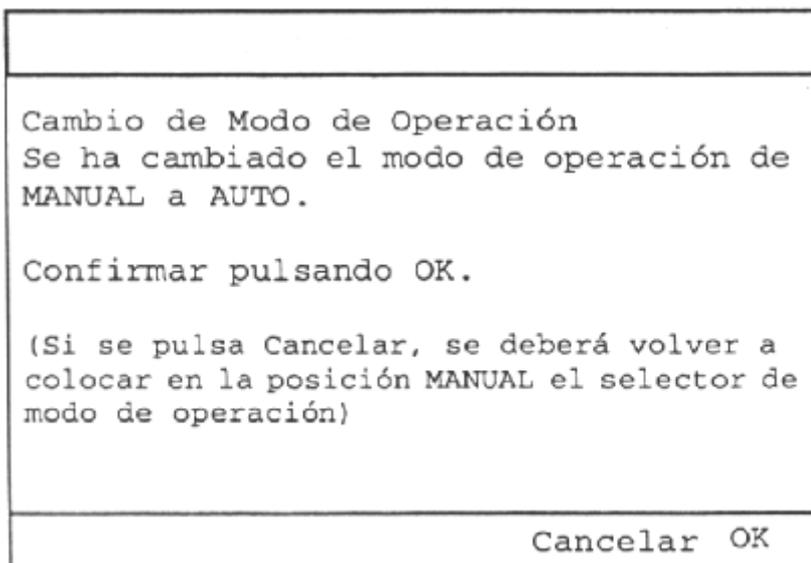


ILUSTRACIÓN IV-21. MENSAJE DE BIENVENIDA.



IV.2.4.3. ACTIVACIÓN DE LOS MOTORES

El siguiente paso, consiste en pasar al modo MOTORES ON.

Posibles estados del indicador luminoso del pulsador de MOTORES ON:

- ENCENDIDO FIJO: el robot está en modo MOTORES ON. Listo, por tanto, para la ejecución del programa.
- APAGADO: el robot no está en modo MOTORES ON.

Para pasar al modo MOTORES ON:

- EN AUTOMÁTICO: pulsar el botón de Motores Off.
- EN MANUAL: apretar el dispositivo de habilitación o “palanca de hombre muerto”.

En ambos casos, la activación de los motores sólo se produce si las dos cadenas de seguridad están cerradas.

IV.2.4.4. ARRANQUE DEL PROGRAMA

El último paso consiste en arrancar el programa de movimientos del robot. Para ello:

1. Pasar a la “Ventana de Producción”.
2. Pulsar la tecla de función “Arranca”.

El programa continuará ejecutándose desde la instrucción en la que se encuentre en ese momento el puntero de programa.

También se puede realizar un arranque de programa remoto mediante la utilización de la entrada de sistema START que provocará el mismo efecto.

IV.2.4.5. PARADAS DEL ROBOT

Parada del programa (STOP)

Mediante la pulsación de la tecla de STOP del pupitre, se realiza una parada controlada del programa de movimientos del robot. Los motores siguen activados.

También se puede realizar una parada de programa remota mediante la utilización de la entrada de sistema STOP que provocará el mismo efecto.

El rearranque tras una parada de este tipo se realiza mediante la tecla de función “Arranca” de la ventana de producción o mediante la entrada de sistema START que permite realizar un arranque distante.

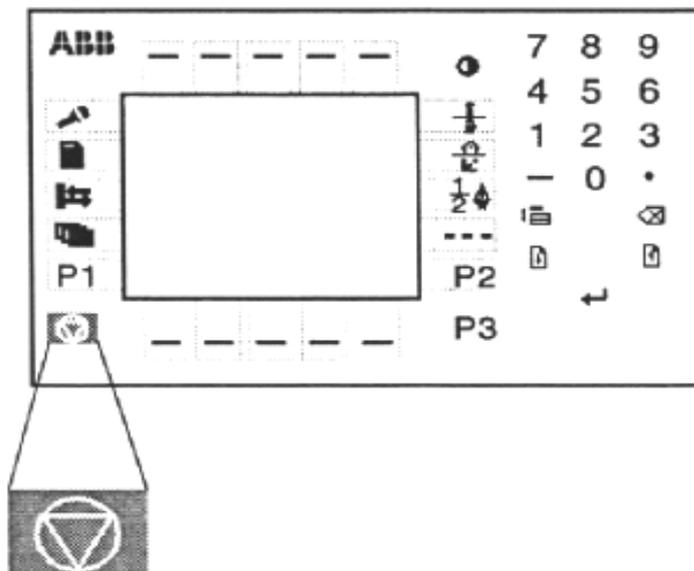


ILUSTRACIÓN IV-22. PARADA DEL PROGRAMA.



Parada de emergencia

Se produce al pulsar alguno de los pulsadores de parada de emergencia: panel robot, pupitre robot o pulsadores externos conectados al robot.

Una parada de emergencia provoca una parada brusca del robot, cortando la alimentación de los motores y pasando al modo MOTORES OFF.

Después de una parada de este tipo, la posición real del robot no coincidirá con la posición teórica que tenía en el instante en que se produjo la parada de emergencia. Esto es debido a la inercia del robot (los frenos no pueden detener el robot de manera inmediata).

Cuando se reanque el programa, el robot regresará lentamente a la trayectoria programada y a partir de ahí continuará normalmente la ejecución del programa.

Una ruptura de la cadena de seguridades y el paso del conmutador de AUTO a MANUAL provocan también una parada de este tipo.

IV.2.4.6. CARGAR UN PROGRAMA

Un programa puede estar almacenado en:

- flp1: un disquete.
- ram1disk: el disco RAM interno del robot.

Pero sólo puede ser ejecutado si se encuentra cargado en la “Memoria de Programa”. Para ello hay que utilizar la opción “Cargar programa” del menú “Archivo”.

Una vez seleccionada, el sistema nos presenta una ventana con el contenido de la ram1disk o el disquete para seleccionar el programa deseado. Con las teclas del cursor y enter, nos podemos mover por el árbol de directorios hasta encontrar el programa que deseamos cargar. Con la tecla de función “Unidad” podemos alternar entre disquete y ram1disk.

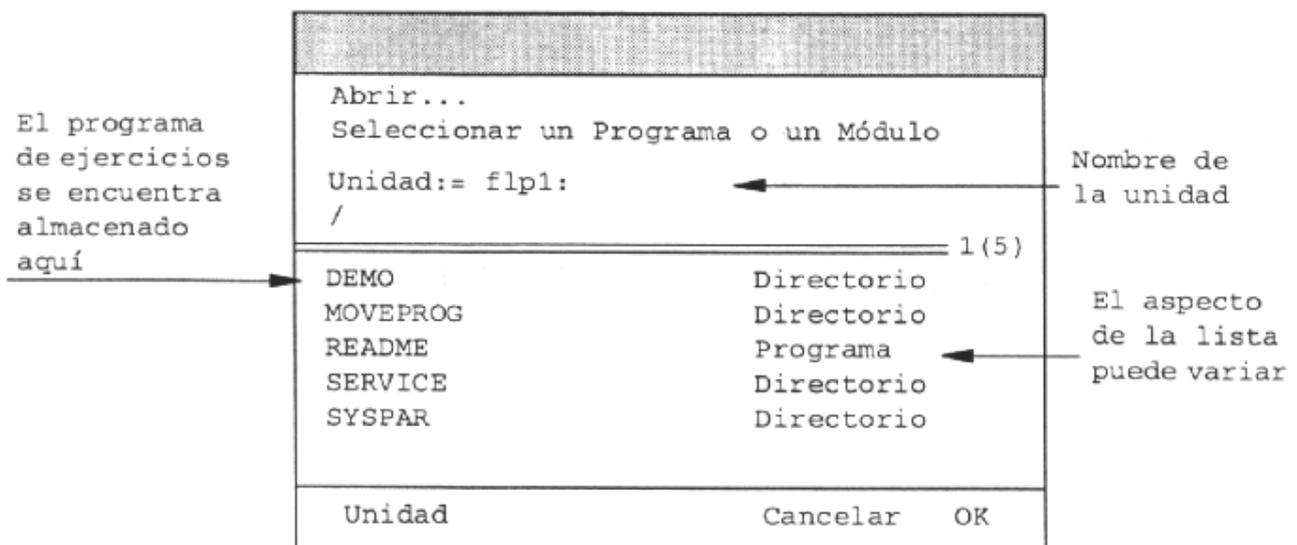


ILUSTRACIÓN IV-23. CARGAR UN PROGRAMA.

IV.2.4.7. LA VENTANA DE PRODUCCIÓN

La ventana de producción aparece automáticamente en la pantalla cuando los motores están activados y el robot está en AUTOMÁTICO. También se puede seleccionar pulsando la tecla de ventana VARIOS y dentro de ella la opción PRODUCCIÓN.

Aspecto de la ventana de Producción:

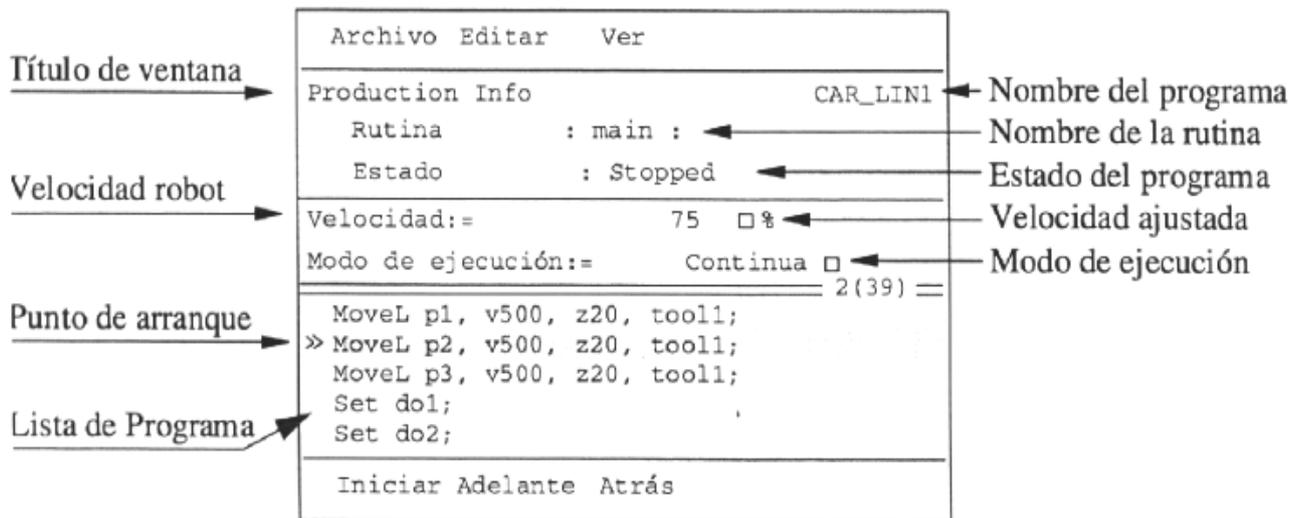


ILUSTRACIÓN IV-24. VENTANA DE PRODUCCIÓN.

En ella se nos presenta la siguiente información:

PARTE SUPERIOR DE LA PANTALLA:

- Nombre del programa cargado o en ejecución.
- Rutina en la que se encuentra el puntero de programa.
- Estado del programa:
 - NO CARGADO: no hay ningún programa cargado.
 - PARADO: hay un programa cargado pero no se está ejecutando.
 - EJECUCIÓN: hay un programa ejecutándose.
 - NO EJECUTABLE: hay un programa cargado pero no puede ejecutarse.



- Velocidad a la que se está ejecutando el programa en % respecto a la velocidad programada.
- Tipo de ejecución:
 - CONTÍNUA: cuando llega a la última instrucción continúa desde el principio.
 - CICLO A CICLO: cuando llega a la última instrucción se para.

PARTE INFERIOR DE LA PANTALLA:

- Si el programa está parado, aparece parte del listado del programa con el indicador o puntero de programa.
- Si el programa está en ejecución aparece el mensaje “Programa en ejecución” así como la instrucción que se está ejecutando en cada momento.

Corrección de la velocidad

La velocidad del robot puede ser ajustada durante la ejecución del programa. Para ello una vez seleccionado el campo “Velocidad” en la parte superior de la pantalla, aparecen las siguientes posibilidades en las teclas de función:

- **-%**: disminuye el valor de la velocidad un 5% (o un 1% si la velocidad es menor que 5%).
- **+%**: aumenta el valor de la velocidad un 5% (o un 1% si la velocidad es menor que 5%).
- **25%**: ajusta la velocidad al 25% del valor programado.
- **100%**: ajusta la velocidad al 100% del valor programado.

Cambio del modo de ejecución del programa

Para cambiar el modo de ejecución de un programa, hay que seleccionar el campo “Ejecución” en la parte superior de la pantalla, aparecen las siguientes posibilidades en las teclas de función:

- **Cont:** modo de ejecución continuo.
- **Ciclo:** modo de ejecución ciclo a ciclo.

Arranque de un programa desde el principio

Para volver a arrancar el programa desde el principio hay que seleccionar la opción “Iniciar desde principio” del menú “Editar”. El puntero de programa se desplaza entonces a la primera instrucción del programa.

IV.2.4.8. ERRORES

Cada vez que se produce algún tipo de error en el sistema, aparece en el visualizador una ventana donde se indica el mensaje de error.

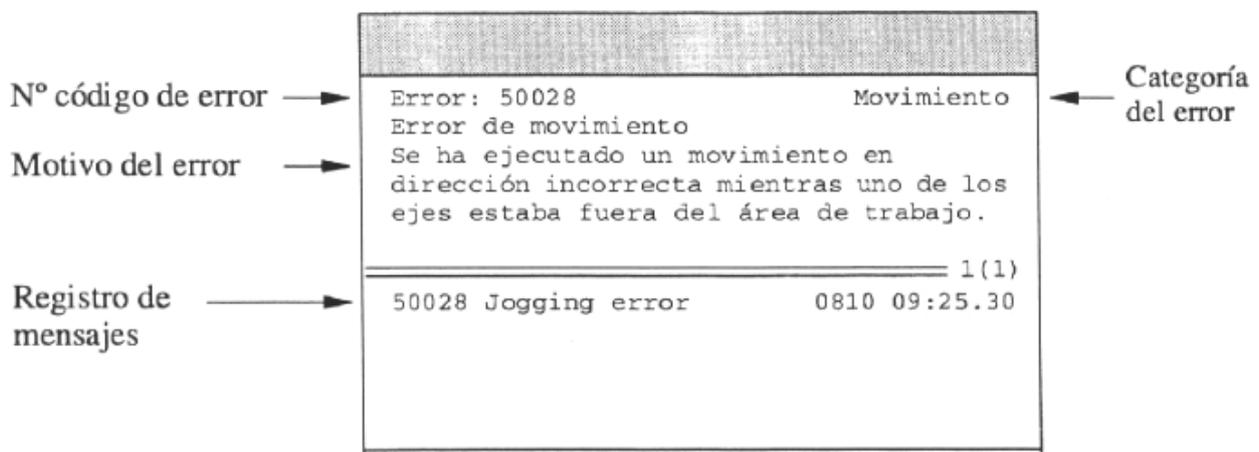


ILUSTRACIÓN IV-25. VENTANA DE ERROR.



- **Nº de código del error:** a cada error le corresponde un número único.
- **Categoría del error:** cada categoría tiene asignado un rango de números de error. Así, los errores del operador están comprendidos entre 6001 y 6999.
- **Motivo:** describe el motivo que ha generado el error. Para más información sobre los fallos de hardware será necesario consultar el “Manual de Producto”.
- **Registro de los mensajes:** muestra los errores más recientes. El que aparece en la primera línea es el visualizado en la pantalla. La lista de errores indica el número de código del error, una breve descripción y la fecha y hora a la que se produjo.

Si se selecciona con el cursor uno de los errores de la lista, la ventana se actualizará con la información correspondiente a ese error.

Pulsando la tecla de función “Compr.” el sistema nos muestra más información sobre la forma de solucionar el error (no siempre). Si se pulsa la tecla de función “OK”, la ventana de mensajes de error desaparece.

IV.2.5. INSTRUCCIONES Y PARAMETRÓS

IV.2.5.1. INSTRUCCIONES

A continuación se mostrarán unas imágenes (Ilustración IV-26 y Ilustración IV-27) con las instrucciones o comandos existentes, veremos que hay una gran variedad pero de todas ellas aparecerán marcadas en rojo únicamente las más importantes y con las que se han trabajado en este Trabajo Fin de Grado y son las que se explicarán más detalladamente [6].

```
Data := Value
AccSet Acc Ramp
ActUnit MecUnit
Add Name AddValue
Break
CallBy Var Name Number
Clear Name
ClkReset Clock
ClkStart Clock
ClkStop Clock
Close IODevice
! Comment
ConfJ [On] | [Off]
ConfL [On] | [Off]
CONNECT Interrupt WITH Trap routine
DeactUnit MecUnit
Decr Name
EOffsSet EAxOffs
ErrWrite [ \W ] Header Reason [ \RL2 ] [ \RL3 ] [ \RL4 ]
FOR Loop counter FROM Start value TO End value [STEP Step value] DO ... ENDFOR
GOTO Label
GripLoad Load
IDelete Interrupt
IF Condition ...
IF Condition THEN ... {ELSEIF Condition THEN ...} [ELSE ...]
ENDIF
Incr Name
IndAMove MecUnit Axis [ \ToAbsPos ] | [ \ToAbsNum ] Speed [ \Ramp ]
IndCMove MecUnit Axis Speed [ \Ramp ]
IndDMove MecUnit Axis Delta Speed [ \Ramp ]
IndReset MecUnit Axis [ \RefPos ] | [ \RefNum ] | [ \Short ] | [ \Fwd ] | [ \Bwd ] | [ \Old ]
IndRMove MecUnit Axis [ \ToRelPos ] | [ \ToRelNum ] | [ \Short ] | [ \Fwd ] | [ \Bwd ] | Speed [ \Ramp ]
InvertDO Signal
ISignalDI [ \Single ] Signal TriggValue Interrupt
ISignalDO [ \Single ] Signal TriggValue Interrupt
ISleep Interrupt
ITimer [ \Single ] Time Interrupt
IWatch Interrupt
Label:
MoveAbsJ [ \Conc ] ToJointPos Speed [ \V ] | [ \T ] Zone [ \Z ] Tool [ \WObj ]
MoveC [ \Conc ] CirPoint ToPoint Speed [ \V ] | [ \T ] Zone [ \Z ] Tool [ \WObj ]
MoveJ [ \Conc ] ToPoint Speed [ \V ] | [ \T ] Zone [ \Z ] Tool [ \WObj ]
MoveL [ \Conc ] ToPoint Speed [ \V ] | [ \T ] Zone [ \Z ] Tool [ \WObj ]
Open Object [File] IODevice [ \Read ] | [ \Write ] | [ \Append ] | [ \Bin ]
PDispOn [ \Rot ] [ \ExeP ] ProgPoint Tool [ \WObj ]
```

ILUSTRACIÓN IV-26. INSTRUCCIONES_1.

PDispSet DispFrame
Procedure { Argument }
PulseDO [\PLength] Signal
RAISE [Error no]
Reset Signal
RETURN [Return value]
SearchC [\Stop] | [\PStop] | [\Sup] Signal SearchPoint CirPoint ToPoint Speed [\W] | [\T] Tool [\WObj]
SearchL [\Stop] | [\PStop] | [\Sup] Signal SearchPoint ToPoint Speed [\W] | [\T] Tool [\WObj]
Set Signal
SetAO Signal Value
SetDO [\SDelay] Signal Value
SetGO Signal Value
SingArea [\Wrist] | [\Arm] | [\Off]
SoftAct Axis Softness [\Ramp]
Stop [\NoRegain]
TEST Test data { CASE Test value , Test value } : ... } [DEFAULT: ...] ENDTEST
TPReadFK Answer String FK1 FK2 FK3 FK4 FK5 [\MaxTime] [\DIBreak] [\BreakFlag]
TPReadNum Answer String [\MaxTime] [\DIBreak] [\BreakFlag]
TPWrite String [\Num] | [\Bool] | [\Pos] | [\Orient]
TriggC CirPoint ToPoint Speed [\T] Trigg_1 [\T2] [\T3] [\T4] Zone Tool [\WObj]
TriggInt TriggData Distance [\Start] | [\Time] Interrupt
TriggIO TriggData Distance [\Start] | [\Time] [\DOP] | [\GOP] | [\AOP] SetValue [\DODelay] | [\AORamp]
TriggJ ToPoint Speed [\T] Trigg_1 [\T2] [\T3] [\T4] Zone Tool [\WObj]
Zone Tool [\WObj]
TriggL ToPoint Speed [\T] Trigg_1 [\T2] [\T3] [\T4] Zone Tool [\WObj]
TuneServo MecUnit Axis TuneValue
TuneServo MecUnit Axis TuneValue [\Type]
Unload FilePath [\File]
VelSet Override Max
WaitDI Signal Value [\MaxTime] [\TimeFlag]
WaitDO Signal Value [\MaxTime] [\TimeFlag]
WaitTime [\InPos] Time
WaitUntil [\InPos] Cond [\MaxTime] [\TimeFlag]
WHILE Condition DO ... ENDWHILE
Write IODevice String [\Num] | [\Bool] | [\Pos] | [\Orient] [\NoNewLine]
WriteBin IODevice Buffer Nchar

ILUSTRACIÓN IV-27. INSTRUCCIONES_2.



- **MoveJ**

Se utiliza para movimientos curvilíneos entre coordenadas en los que normalmente no se aplica producto.

- **MoveAbsJ**

Se utiliza para que el robot llegue hasta un determinado punto del programa (coordenada) realizando movimientos aleatorios necesarios, no se utiliza para aplicación de producto sino para realizar comprobaciones.

- **MoveL**

Se utiliza para movimientos lineales (rectos) mientras se realiza la aplicación del producto.

- **TriggL**

Se utiliza para activar o desactivar la función de la apertura o cierre de la herramienta.

- **ClkStartClock y ClkStopClock**

Se utilizan para arrancar y parar un reloj (contador) el cual nos indica el tiempo de duración en el que el robot está aplicando. ClkStartClock se coloca justo antes del TriggL de activación y el ClkStopClock se coloca justo después del TriggL de desactivación.

- **ClkResetClock**

Se utiliza para poner a cero el reloj (contador).

- **IfconditionThen**

Se utiliza para establecer una condición para elegir un determinado programa dependiendo de la versión de la carrocería dentro del mismo modelo.

- **Stop**

Se utiliza para que el robot realice una parada automática para tareas de comprobación.

IV.2.5.2. PARÁMETROS

A continuación en la siguiente imagen se mostrará un fragmento de un programa en el que se detectarán los parámetros que aparecen y se hará una explicación de los mismos.

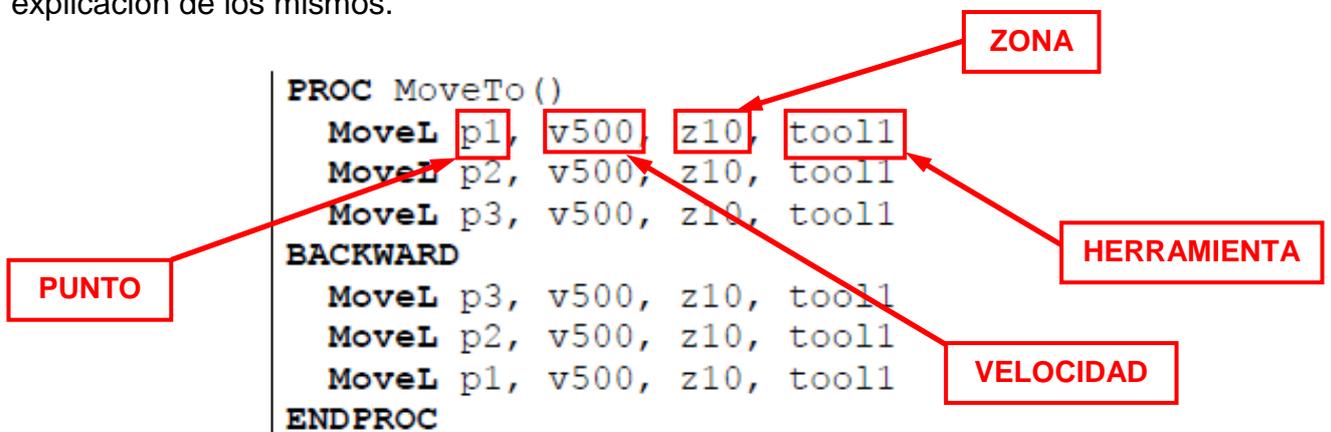


ILUSTRACIÓN IV-28. PARÁMETROS DE PROGRAMA.

- **Punto ('p')**: El punto es la posición en la que se encuentra el robot, las coordenadas, se pone una 'p' seguido de un número para numerar las posiciones diferentes que alcanza el robot, en caso de que queramos que el robot regrese a una posición donde ya estuvo, habría que repetir ese número.
- **Velocidad ('v')**: Se utiliza para designar la velocidad a la que va a moverse el robot entre esos dos puntos, su unidad está en mm/seg.
- **Zona ('z')**: Se utiliza para designar la distancia (en milímetros) a la que queremos que pase el robot de ese punto cuando realiza el movimiento automático. Por ejemplo en la Ilustración IV-29 aparecen tres puntos de coordenadas del robot y designando un valor de z10 por ejemplo en el punto 2 (p2) entonces al realizar toda la trayectoria el robot pasará a 10 milímetros del p2 realizando un movimiento curvilíneo.

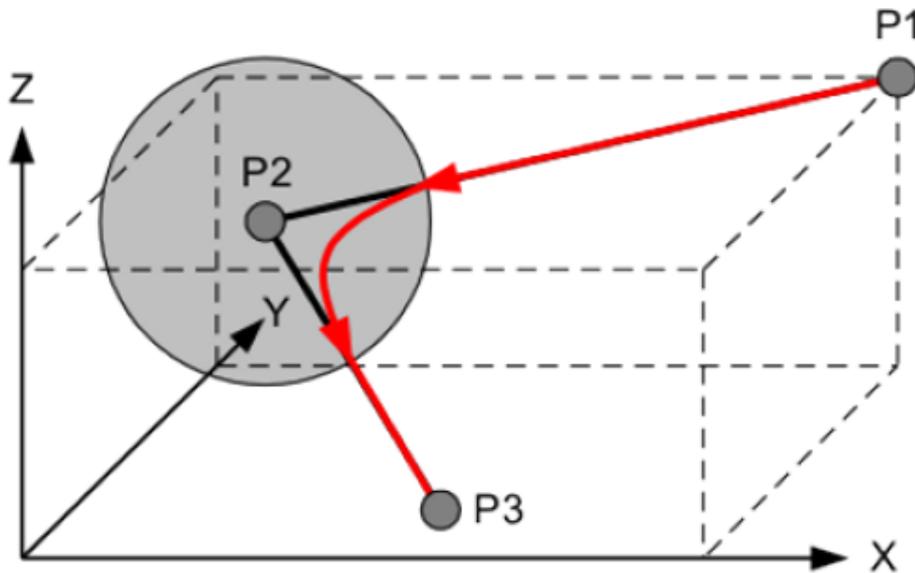


ILUSTRACIÓN IV-29. ZONA.

- **Herramienta ('tool')**: Se utiliza para designar la herramienta que se quiere utilizar, va seguido de un número por si el robot tuviera más de una herramienta.

IV.3 ROBOT KUKA

IV.3.1. ESTRUCTURA Y FUNCION DE UN SISTEMA DE ROBOT KUKA

IV.3.1.1. INTRODUCCIÓN



ILUSTRACIÓN IV-30. ROBOT KUKA.

1. Control (armario de control (V)KR C4) [7].
2. Manipulador (mecánica del robot).
3. Unidad manual de programación y de operación (KUKA smartPAD).

Todo aquello fuera de los límites del propio robot recibe el nombre de Periféricos:

- Herramientas (efector/herramienta).
- Dispositivo de protección.
- Cintas transportadoras.
- Sensores.
- Etc.

IV.3.1.2. MECÁNICA DE UN ROBOT KUKA

El manipulador es la mecánica del robot propiamente dicha. Consta de un número de elementos (ejes) móviles encadenados entre sí. También recibe el nombre de cadena cinemática.

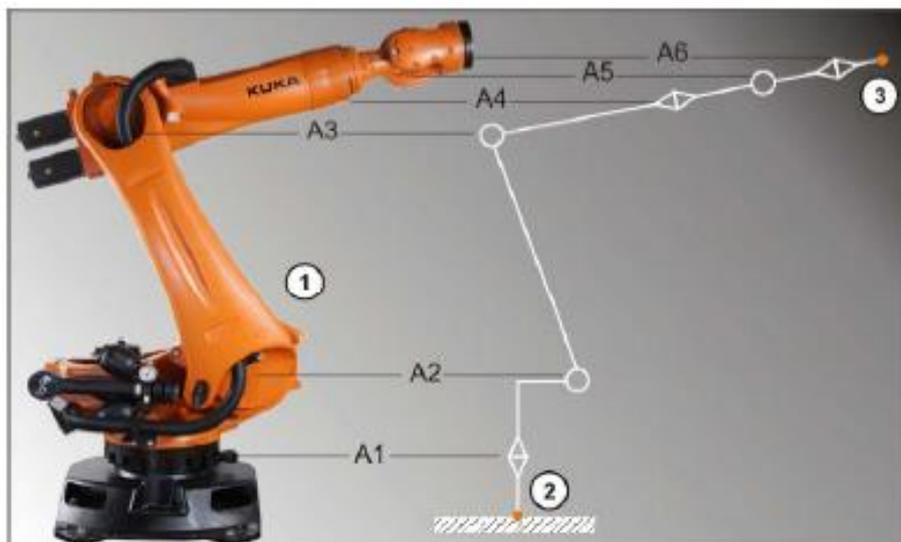


ILUSTRACIÓN IV-31. MANIPULADOR.

1. Manipulador (mecánica del robot).
2. Inicio de la cadena cinemática: Pie del robot (ROBROOT).
3. Final libre de la cadena cinemática: Brida (FLANGE).
- A1...A6. Ejes del robot (del 1 al 6).

El movimiento de los distintos ejes es ejecutado por la regulación selectiva de los servomotores. Éstos están unidos a los distintos componentes del manipulador por medio de reductores.



ILUSTRACIÓN IV-32. COMPONENTES MECÁNICOS DEL ROBOT.

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. Base. | 4. Brazo de oscilación. |
| 2. Columna giratoria. | 5. Brazo. |
| 3. Compensación de peso. | 6. Manual. |

IV.3.1.3. UNIDAD DE CONTROL (V)KR C4

La mecánica del robot se mueve por medio de servomotores regulados por la unidad o armario de control (V)KR C4.



ILUSTRACIÓN IV-33. ARMARIO DE CONTROL.

Características del armario de control (V)KR C4):

- Unidad de control del robot (cálculo de trayectoria): Regulación de los seis ejes de robot y uno o dos ejes externos.
- Control de proceso: Soft PLC integrado según IEC61131.
- Control de seguridad.
- Control de movimiento.

- Opciones de comunicación por medio de sistemas de BUS (ej., ProfiNet, Ethernet IP, Interbus):
 - Unidades de control con memoria programable (PLC).
 - Otras unidades de control.
 - Sensores y actuadores.
- Opciones de comunicación por red:
 - Ordenador principal.
 - Otras unidades de control.

IV.3.1.4. EL KUKA smartPAD

Un robot KUKA se hace controla con una consola de operación: el KUKA smartPAD.



ILUSTRACIÓN IV-34. KUKA SMARTPAD.



Características del KUKA smartPAD:

- Pantalla táctil (interfaz de usuario táctil) para operar con la mano o el lápiz que llega integrado.
- Display de gran formato y dimensiones.
- Tecla de menú KUKA.
- Ocho teclas de desplazamiento.
- Teclas para la operación de los paquetes tecnológicos.
- Teclas para ejecutar el programa (paro/atrás/adelante).
- Tecla para mostrar el teclado.
- Conmutador de llave para cambiar el modo de servicio.
- Pulsador de parada de emergencia.
- Space Mouse.
- Se puede desenchufar.
- Conexión USB.

En la siguiente imagen (Ilustración IV-35) se mostrarán numerados los botones del KUKA smartPAD que se explicarán a continuación en la Ilustración IV-36:

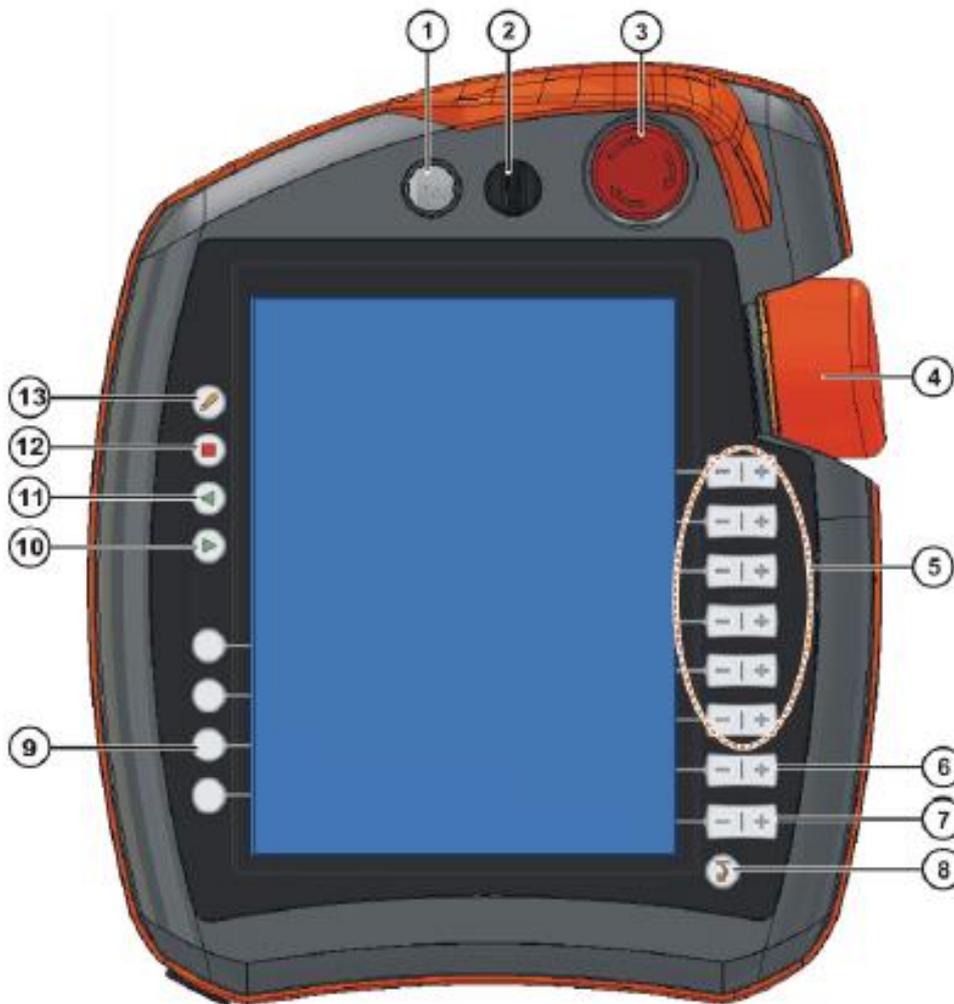


ILUSTRACIÓN IV-35. BOTONES KUKA SMARTPAD.

Pos.	Descripción
1	Botón para desenchufar el smartPAD
2	Interruptor de llave para acceder al gestor de conexiones. El conmutador únicamente se puede cambiar cuando está insertada la llave. El gestor de conexiones permite cambiar el modo de servicio.
3	Pulsador de PARADA DE EMERGENCIA. Para detener el robot en situaciones de peligro. El pulsador de PARADA DE EMERGENCIA se bloquea cuando se acciona.
4	Space Mouse. Para el desplazamiento manual del robot.
5	Teclas de desplazamiento. Para el desplazamiento manual del robot.
6	Tecla para ajustar el override de programa.
7	Tecla para ajustar el override manual.
8	Tecla del menú principal. Muestra las opciones de menú en el smarHMI.
9	Teclas tecnológicas. Las teclas tecnológicas sirven principalmente para ajustar los parámetros de paquetes tecnológicos. Su función exacta depende del paquete tecnológico instalado.
10	Tecla de arranque. Con la tecla de arranque se inicia un programa.
11	Tecla de arranque hacia atrás. Con la tecla de arranque hacia atrás se inicia un programa en sentido inverso. El programa se ejecuta paso a paso.
12	Tecla STOP. Con la tecla de STOP se detiene un programa en ejecución.
13	Tecla del teclado Muestra el teclado. Generalmente no es necesario mostrar el teclado porque el smarHMI detecta cuando es necesario introducir datos con el teclado y lo abre automáticamente.

ILUSTRACIÓN IV-36. DESCRIPCIÓN DE BOTONES.

IV.3.2. INSTRUCCIONES Y PARÁMETROS

IV.3.2.1. INSTRUCCIONES

Como se comentó al principio de este capítulo únicamente hay un robot KUKA en todo el proceso de la aplicación de mástico, por lo cual se ha trabajado muchísimo menos en comparación al robot ABB, por lo tanto se han visto un número menor de instrucciones o comandos. El funcionamiento de las instrucciones que se explicarán a continuación son prácticamente similares que en ABB pero con alguna pequeña diferencia. Las instrucciones utilizadas son: DEF, INI, END, PTP Home, PTP y LIN.

- **DEF**

Se utiliza para designar al programa con un nombre, aparece siempre al comienzo de un programa.

- **INI**

Contiene la activación de los parámetros estándar necesarios para la correcta ejecución del programa, se debe ejecutar siempre en primer lugar.

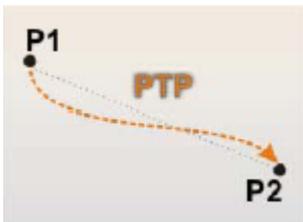
- **END**

Se utiliza para describir el final de un programa.

- **PTP Home**

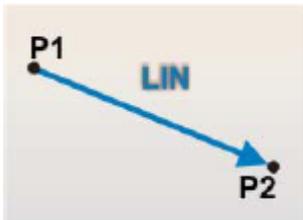
Se utiliza frecuentemente al iniciar y al finalizar un programa, ya que es una posición clara y conocida, es decir, para llevar al robot a su posición de origen.

- **PTP**



Su función es similar al MoveJ en ABB, se utiliza para movimientos curvilíneos entre coordenadas en los que normalmente no se aplica producto.

- **LIN**



Su función es similar al MoveL en ABB, se utiliza para movimientos lineales (rectos) mientras se realiza la aplicación del producto.

IV.3.2.2. PARÁMETROS

A continuación se mostrará una imagen (Ilustración IV-37) con un fragmento de código del cual se explicarán los parámetros que aparecen.

```
1 DEF kuka_rocks( )
2 INI
3 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
4 PTP P1 Vel=100 % PDAT1 Tool[1] Base[0]
5 PTP P2 Vel=100 % PDAT2 Tool[1] Base[0]
6 PTP P3 Vel=100 % PDAT3 Tool[1] Base[0]
7 OUT 1'' State=TRUE CONT
8 LIN P4 Vel=2 m/s CPDAT1 Tool[1] Base[0]
9 PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
10 END
```

ILUSTRACIÓN IV-37. FRAGMENTO PROGRAMA.

Si seleccionamos una de las líneas nos aparecerá como podemos ver en la Ilustración IV-38, los cuales se describen en la Ilustración IV-39.

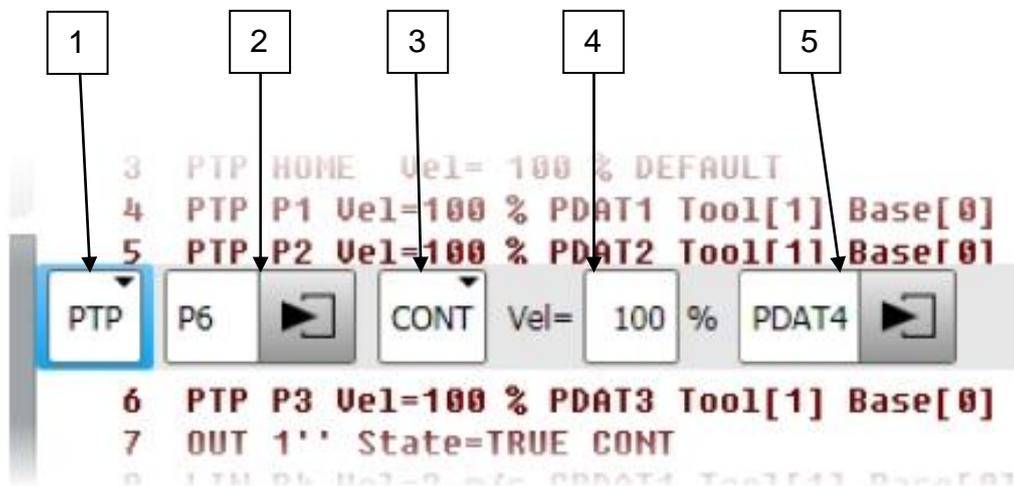


ILUSTRACIÓN IV-38. SELECCIÓN LÍNEA DE PROGRAMA.

Po s.	Descripción
1	Tipo de movimiento PTP,LIN
2	El nombre del punto de destino se determina automáticamente, no obstante, se puede sobrescribir individualmente. Para editar los puntos de datos, debe tocarse la flecha. Se abre la ventana de opciones Vectores .
3	<ul style="list-style-type: none">■ CONT: El punto de destino es de posicionamiento aproximado.■ [vacío]: El punto de destino se alcanza con exactitud.
4	Velocidad <ul style="list-style-type: none">■ Movimientos PTP: 1 ... 100%■ Movimientos de trayectoria: 0,001 ... 2 m/s
5	Juego de datos de movimiento: <ul style="list-style-type: none">■ Aceleración■ Distancia de aproximación (cuando en el campo [3] se haya introducido CONT).■ Control de la orientación (únicamente en movimientos de trayectoria)

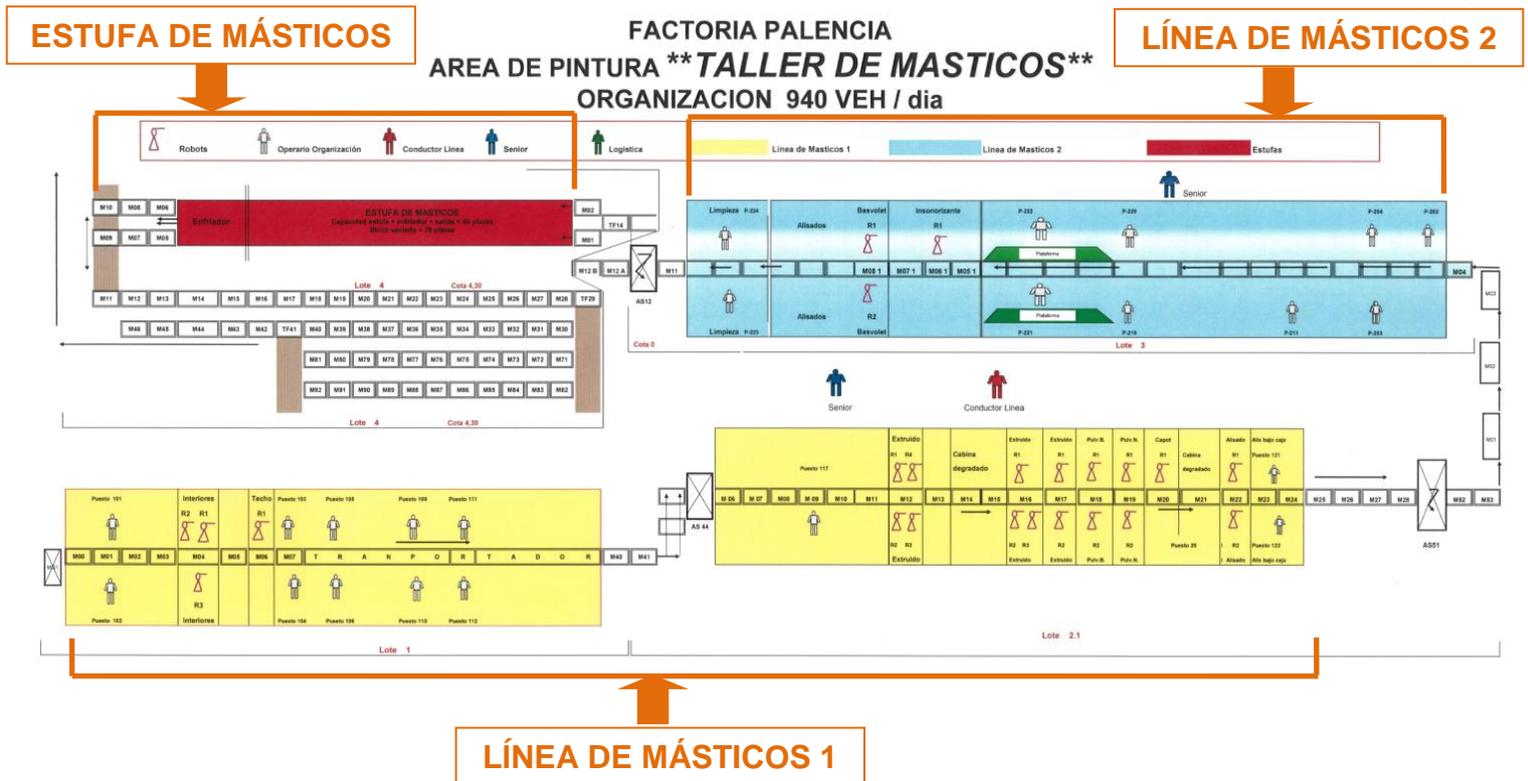
ILUSTRACIÓN IV-39. DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS.

También podemos observar en la Ilustración IV-38 que aparecen otros dos parámetros que son: Tool [] y Base []. Ambos se seleccionan por defecto ya que se refieren a parámetros ya anteriormente creados del propio robot que son la herramienta (Tool) y la base de coordenadas (Base).



CAPÍTULO V.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA



LÍNEA DE MÁSTICOS 1

ILUSTRACIÓN V-1. PLANO TALLER DE MÁSTICOS.

En este capítulo para explicar la resolución del problema, se explicará el proceso de aplicación de la carrocería con todas sus diferentes etapas. En la Ilustración V-1 se muestra el plano de todo el taller de másticos diferenciando el proceso en tres etapas: la **línea de másticos 1** y **línea de másticos 2** que se explicarán detalladamente, y la etapa final que es la **estufa de másticos**.

De cada línea se explicará cuántos robots se utilizan y qué zona aplican de la carrocería, además se hará una breve explicación de qué operaciones manuales se realizan.

Para poder seguir de forma correcta en qué parte del plano se encuentra la carrocería se seguirá a través de **mesas** (“M--” siendo “--” un número) y **puestos** (zonas donde se realizan aplicaciones manuales por los operadores), de esta manera se puede decir en qué zona exacta se encuentra la carrocería y qué se realiza en esa mesa.

V.1 LÍNEA DE MÁSTICOS 1

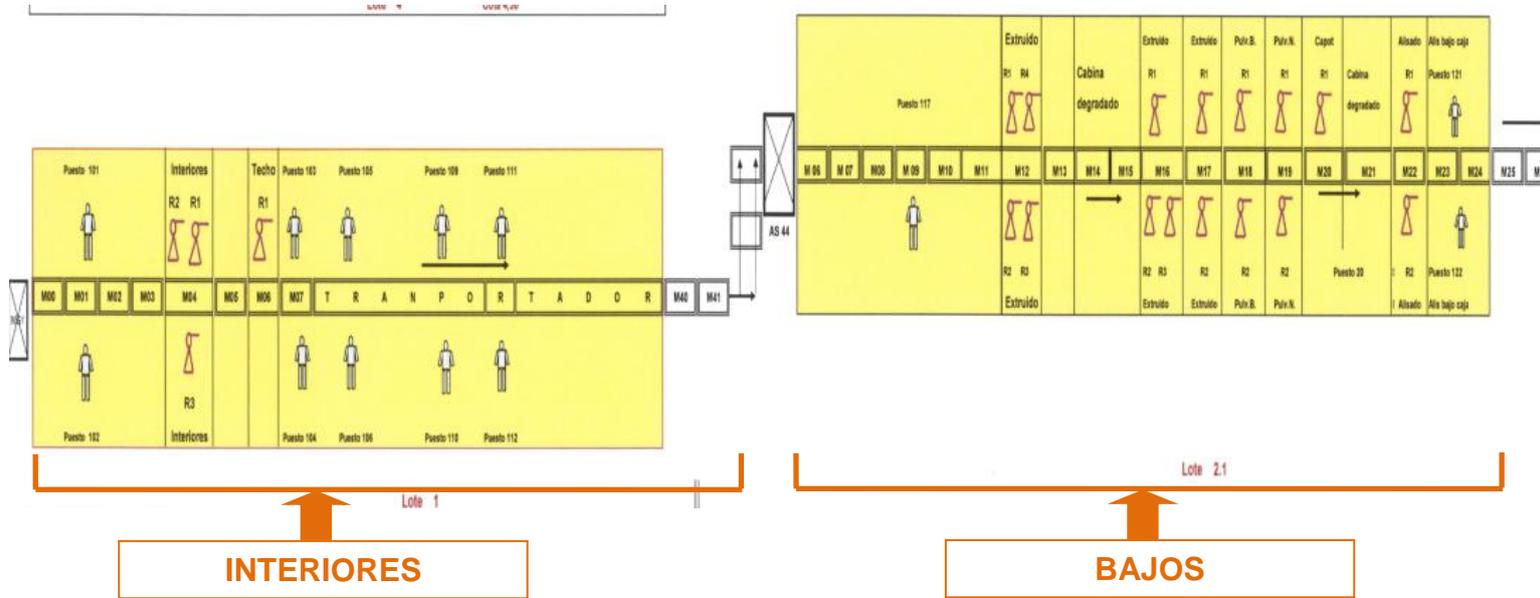


ILUSTRACIÓN V-2. LÍNEA DE MÁSTICOS 1.

En la Ilustración V-2 se muestra la línea de másticos 1 que se dividirá en dos partes para que su explicación sea más inteligible, estas dos partes son: **interiores** y **bajos**. De esta manera se podrá seguir mejor el proceso que sigue la carrocería haciendo un zoom en cada parte y así apreciar mejor la ilustración.

V.1.1. INTERIORES

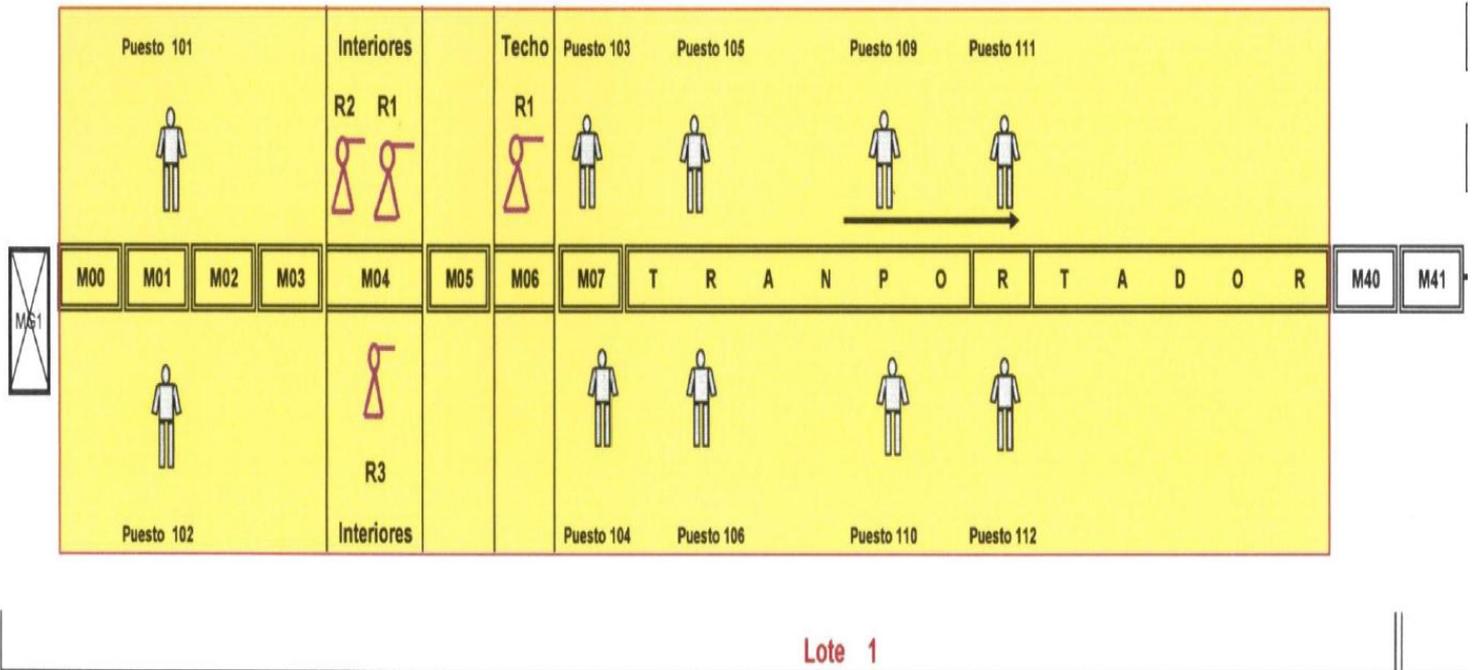


ILUSTRACIÓN V-3. ZONA DE INTERIORES

El sentido que recorre la carrocería es de izquierda a derecha. Se distinguen tres zonas de operaciones manuales y dos zonas de aplicación mediante robots.

Puestos 101-102

En estos puestos los operarios quitan los útiles que vienen de cataforesis, que es justo la etapa anterior a másticos, y colocan los útiles correspondientes de másticos.

Un útil es aquella pieza necesaria para que alguna parte de la carrocería tenga una posición determinada, como por ejemplo levantar un portón o capot.

Robots interiores (M04)

En la mesa 04 se encuentran tres robots ABB que se encargan de aplicar cordones en el interior de la carrocería. Estos robots aplican cordones de extruido, a continuación se muestran dos imágenes (Ilustración V-4 y Ilustración V-5) aunque las puertas aparecen abiertas, durante el proceso tienen que permanecer cerradas, de ahí la dificultad que tendría un operario para poder aplicar estos cordones, sin embargo los robots se introducen por los huecos de las ventanillas y aplican los correspondientes cordones. En la Ilustración V-4 aparecen aplicados cordones en la zona delantera derecha de la carrocería, y en la Ilustración V-5 en la zona trasera derecha.

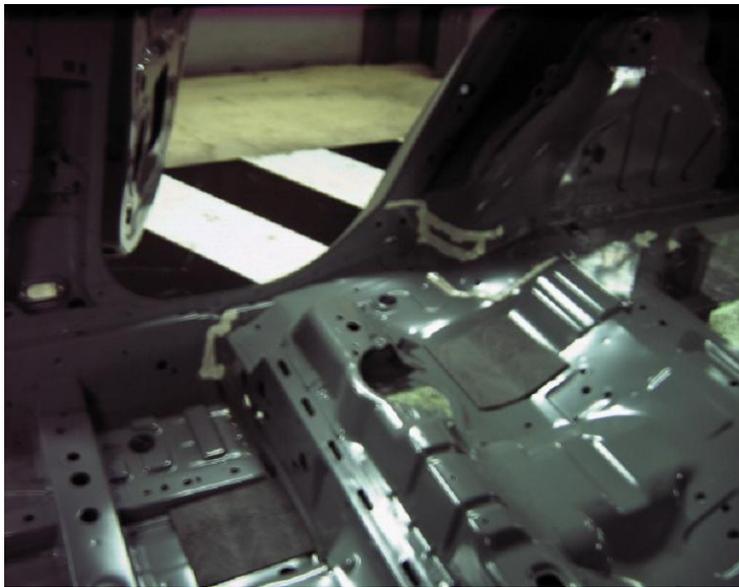


ILUSTRACIÓN V-5. ROBOTS INTERIORES 1

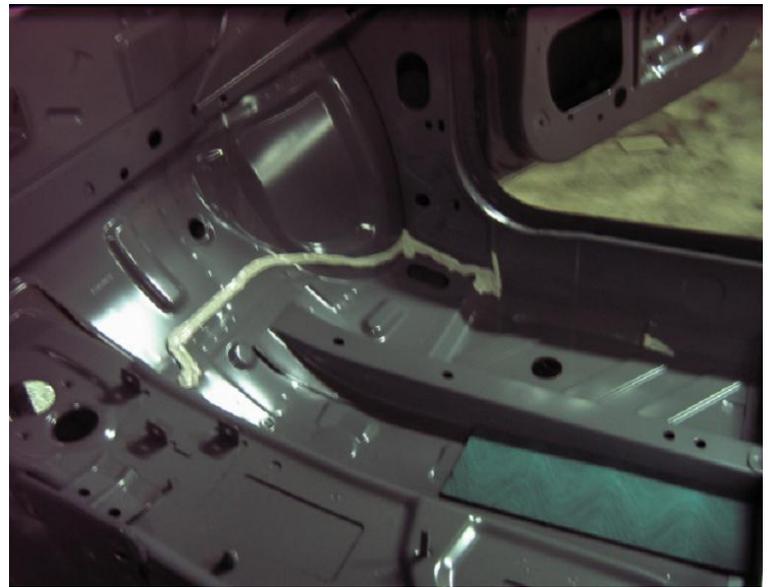


ILUSTRACIÓN V-4. ROBOTS INTERIORES 2

Robot techo (M06)

En la mesa 06 se encuentra un robot ABB que se encarga de colocar unas planchas de mástico, que llevan un adhesivo, en el techo de la carrocería para darle rigidez. En la Ilustración V-6 se aprecia cómo el robot coge las planchas, y en la Ilustración V-7 cómo llega la carrocería para su colocación. Esta operación requiere mucha precisión.



ILUSTRACIÓN V-6. ROBOT TECHO 1



ILUSTRACIÓN V-7. ROBOT TECHO 2

Puestos 103-106

En estos puestos los operarios se encargan de colocar pegatinas y tapones en el interior de la carrocería. Estas pegatinas y tapones se utilizan para tapar determinados agujeros de la carrocería, estos agujeros se realizan para que en la etapa de cataforesis penetre bien la pintura en todas las zonas de la chapa, después dichos agujeros ya no son necesarios, por eso se tapan posteriormente.

Puestos 109-112

En estos puestos los operarios se encargan de aplicar cordones de mástico extruido en el portón y las puertas de la carrocería a través de una pistola con boquilla plana.

V.1.2. BAJOS

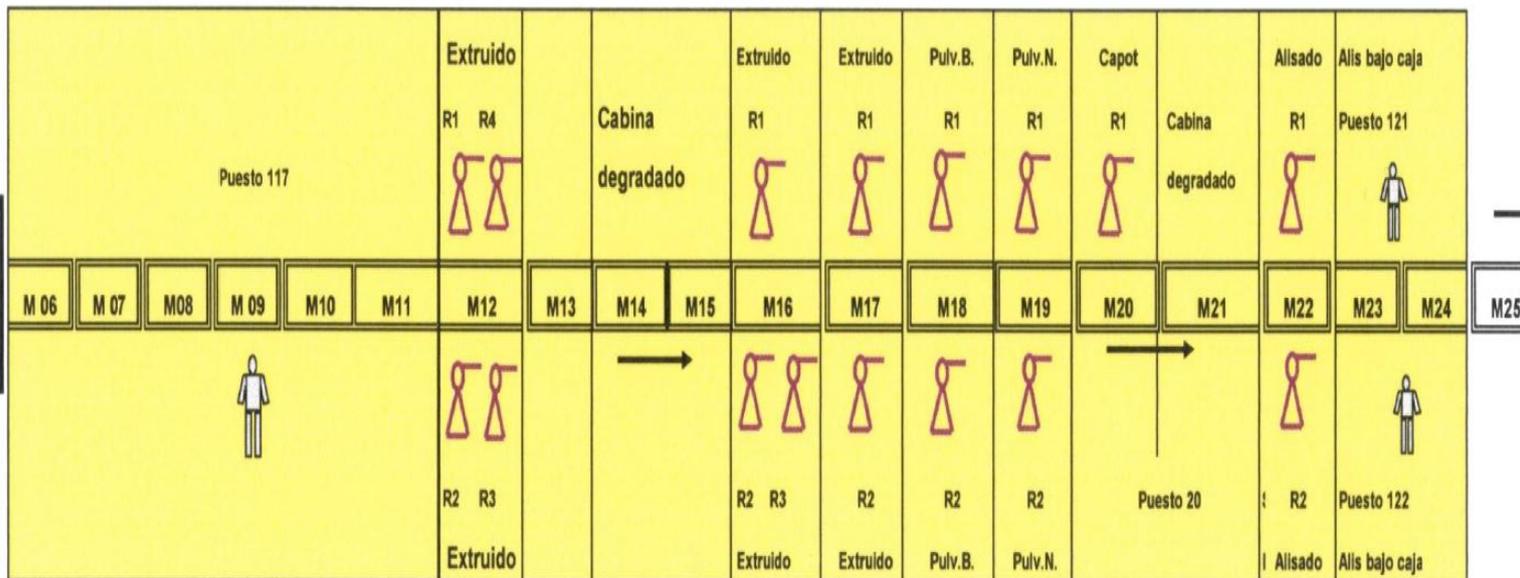


ILUSTRACIÓN V-8. ZONA DE BAJOS.

Puesto 117

En este puesto el operario tiene la misma función que los de los puestos 103-106, pero en vez de colocar las pegatinas en el interior, van colocadas en los bajos de la carrocería.

Robots bajos de extruido

En las mesas 12 16 y 17 se aplican cordones de mástico extruido en los bajos de la carrocería, su función es similar solo que aplican diferentes zonas. Su diferencia es que la M12 tiene 4 robots, la M16 tiene 3 y la M17 tiene 2. Todos los robots son ABB.

Esta zona de la carrocería se aplica con robots debido a que es una zona con difícil acceso ya que la carrocería va colgada, y aplicar para un operario en dichas condiciones sería muy complicado.

En la Ilustración V-9 vemos cómo aplican los cuatro robots de la M12, y en la Ilustración V-10 como aplican los tres robots de la M16. También se puede apreciar algunos de los cordones de extruido que ya han sido aplicados en ambas ilustraciones



ILUSTRACIÓN V-9. BAJOS M12.



ILUSTRACIÓN V-10. BAJOS M16.

Cabina degradado

Tanto en las mesas 14-15 como en la mesa 21, hay cabinas de degradado, estas cabinas se utilizan por si en algún robot se produce alguna avería y hay que pararle, mientras se realiza su reparación un operario se encargaría de aplicar con una pistola aquellas zonas de las que se encargaba el robot.

Robots bajos de pulverizado

En las mesas 18 y 19 se encuentran los robots que aplican mástico pulverizado, ambas poseen dos robots. En la mesa 18 los robots aplican mástico pulverizado blanco y en la mesa 19 mástico pulverizado negro.

ROBOT CAPOT (M20)

En la mesa 20 se encuentra el robot ABB el cual adquiere más importancia en este Trabajo Fin de Grado como se explicó en el resumen al inicio, este robot es el que lleva incorporada la cámara de visión en 3D.

Este robot es especial a los demás, necesita esta cámara porque su aplicación requiere mucha más precisión que el resto, el cordón que aplica de mástico extruido debe ser prácticamente perfecto porque es una zona donde la junta de la chapa esta casi en el borde del capot (Ilustración V-11) y el cordón no puede sobresalir porque si no quedaría visto para el cliente, por ello de la utilización de dicha cámara que es la que ayuda a que este cordón se aplique de forma perfecta.



ILUSTRACIÓN V-11. CORDÓN BORDE CAPOT

En la Ilustración V-12 se muestra donde va colocada la cámara de visión 3D de ISRA en el robot mediante dos perspectivas, está colocada en el eje 6 del robot que es justo donde se coloca la herramienta. También se aprecia en la parte derecha de la ilustración la zona con la que se realizan las fotos, esto se explicará más a fondo junto con su funcionamiento a continuación.

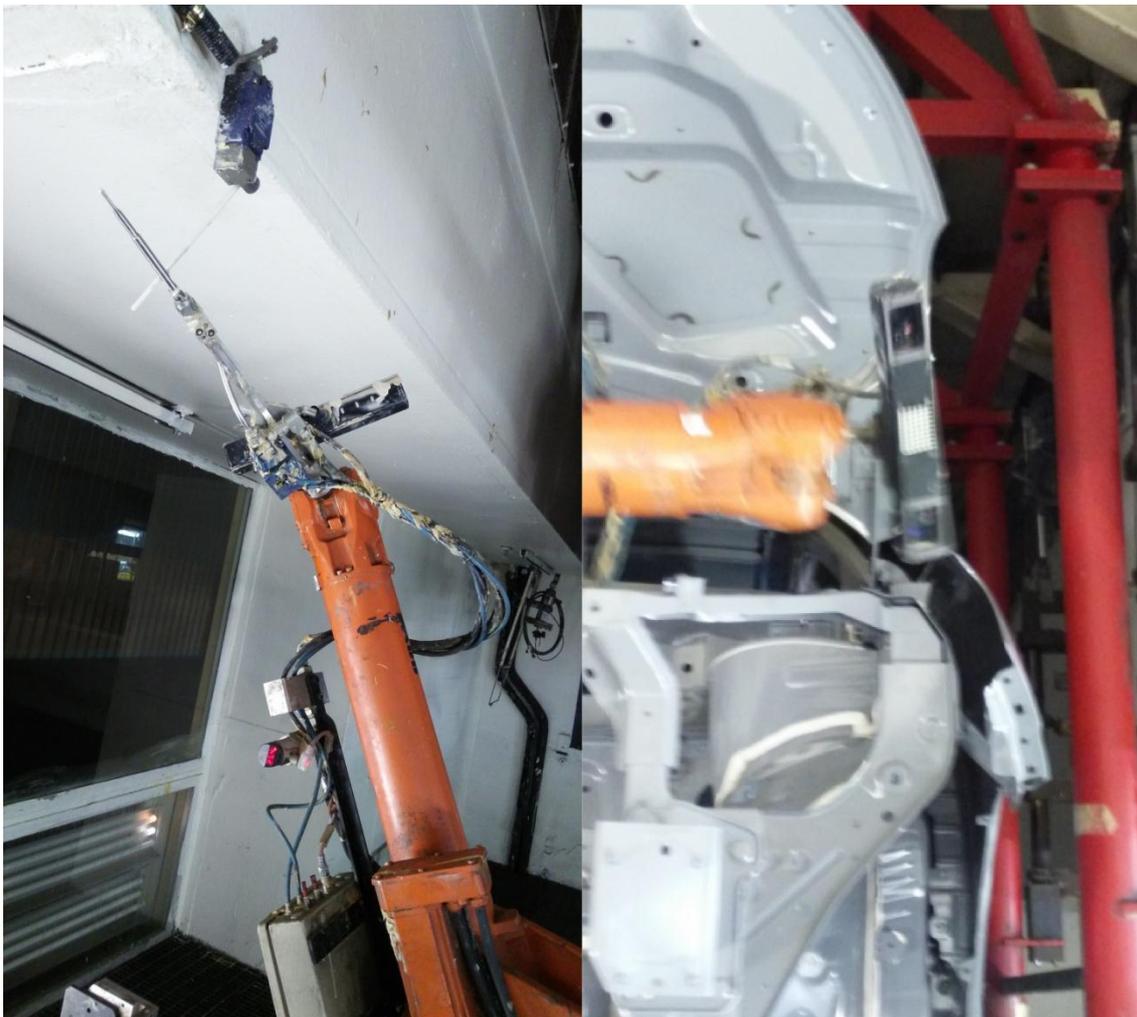


ILUSTRACIÓN V-12. CÁMARA DE VISIÓN 3D

El funcionamiento de la cámara y el robot antes de aplicar el mástico es el siguiente. Primero cuando llega la carrocería el robot se mueve a cuatro posiciones para que la cámara realice cuatro fotos, Ilustración V-13, dos en las partes laterales del capot y otras dos en la parte baja, en la imagen se aprecia una luz de color azul que indica la zona donde está realizando dichas fotos.

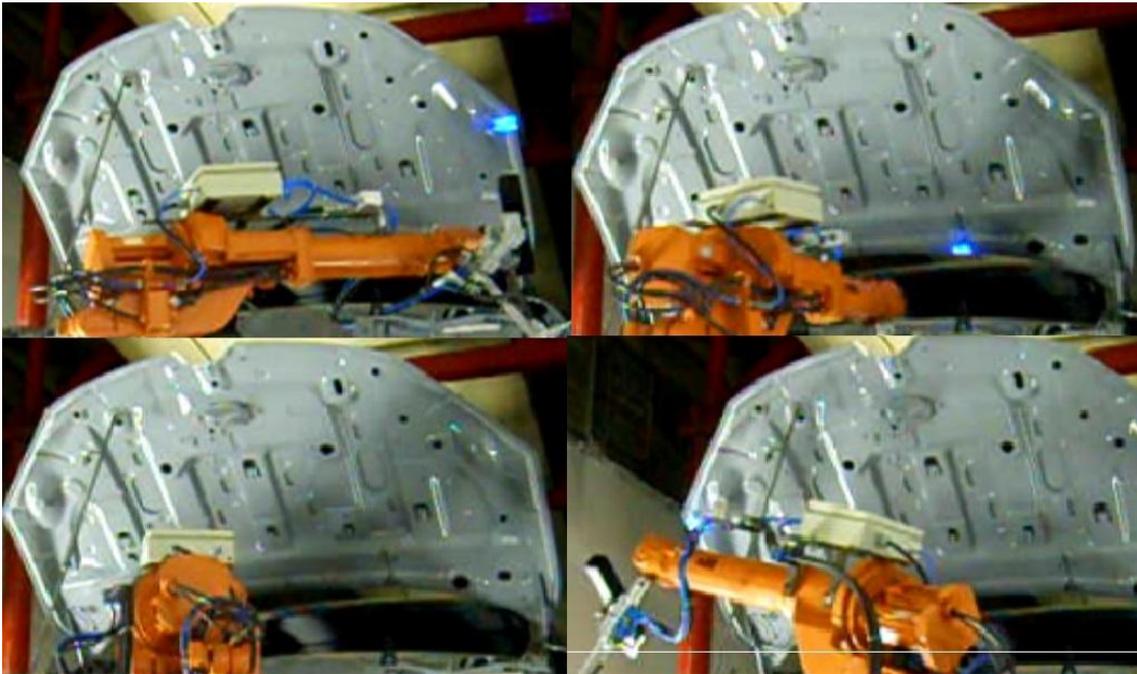


ILUSTRACIÓN V-13. FOTOS CÁMARA 3D

Una vez realizadas las cuatro fotos, la cámara traduce estas imágenes en coordenadas X Y Z y también en sus ejes de rotación RX RY RZ, estos 6 datos son enviados a su unidad de control (Ilustración V-14) el cual compara estos 6 datos que recibe de la cámara con otros 6 datos almacenados en su interior que ya habían sido programados previamente como una posición correcta de la carrocería, una vez comparados muestra la diferencia que hay de distancia entre ambos mostrándola en otros 6 datos (X Y Z RX RY RZ). Que la carrocería llegue siempre en la misma posición exacta es prácticamente imposible por eso la necesidad de utilizar dicha cámara. Una vez analizada la diferencia entre los datos se envían al robot para que toda esa distancia que hay de desplazamiento se le aplique a él mismo corrigiendo su propia posición, de esta manera el robot realizará la aplicación en todos los capots de la misma manera asegurándose que el cordón mástico sea aplicado de forma correcta y precisa.

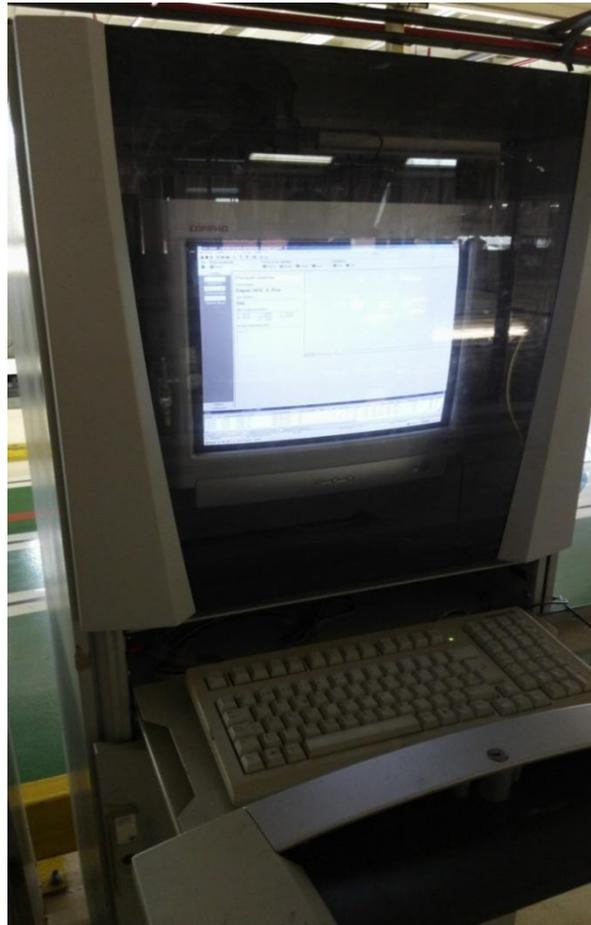


ILUSTRACIÓN V-14. UNIDAD DE CONTROL CÁMARA ISRA

Robots alisado

En la mesa 22 se encuentran 2 robots ABB que como su propio nombre indica se encargan de alisar algunos cordones de mástico extruido. Es necesario alisar algunos cordones porque van vistos de cara al cliente y con esto se pretende que no se aprecie el grosor que deja un cordón de extruido al finalizar su proceso. Los robots tienen una paletilla en el extremo de su herramienta para realizar dicha operación.

Puestos 121-122

En estos puestos los operarios se encargan de alisar algunos rincones donde hay cordones donde los robots de alisado no llegan, y también retocan la carrocería aplicando algún cordón si fuera necesario.

Puestos 221-222

En estos puestos los operarios se encargan de aplicar cordones de mástico extruido en el techo de la carrocería. Como se muestra en la Ilustración V-15 hay una plataforma para facilitar el trabajo de los operarios.

Robot insonorizante

En la mesa 06 1 se encuentra el robot que aplica el mástico insonorizante, aquí es donde está el único robot KUKA de todo el taller de másticos. Este robot se encarga de pulverizar dicho mástico en el interior de la carrocería.

En la Ilustración V-16 se muestra el robot KUKA a la derecha, y el armario de control con el KUKA smartPAD a la izquierda.



ILUSTRACIÓN V-16. ROBOT INSONORIZANTE.

Robot basvolet

En la mesa 08 1 se encuentran los dos robots de basvolet, se encargan de aplicar mástico pulverizado negro en el basvolet de la carrocería, que son las partes inferiores laterales como se muestra en Ilustración V-17; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en la Ilustración V-18 se muestran los dos robots de basvolet

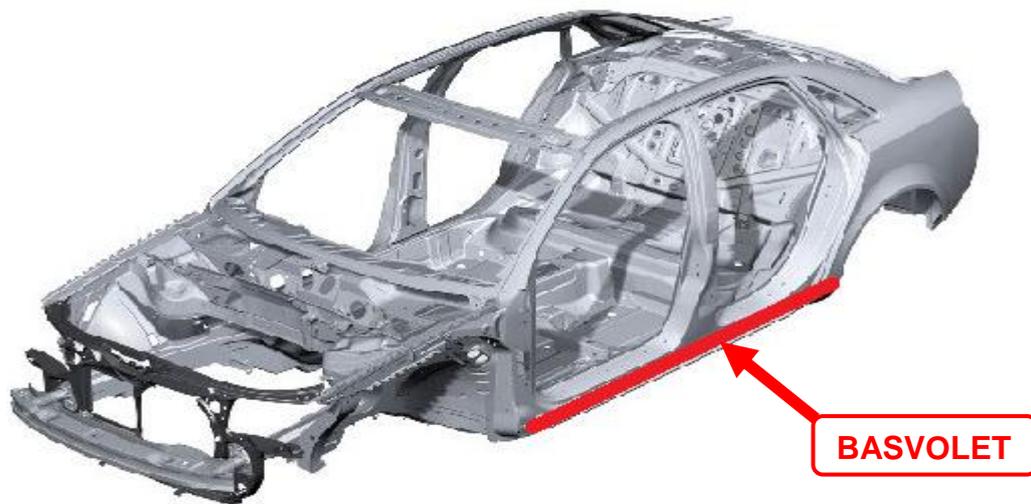


ILUSTRACIÓN V-17. BASVOLET CARROCERÍA.



ILUSTRACIÓN V-18. ROBOTS BASVOLET.

Puestos 223-224

Éstos son ya los puestos finales del taller de másticos, en ellos los operarios se encargan de la limpieza exterior de la carrocería, por si haya quedado algún resto de mástico ensuciando la chapa.

V.3 ESTUFA DE MÁSTICOS



ILUSTRACIÓN V-19. ESTUFA DE MÁSTICOS.

En la Ilustración V-19 se muestra la etapa final del taller de másticos, que es la estufa. El estufado de la carrocería se produce a 170 grados Celsius durante 25 minutos.



CAPÍTULO VI.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se hará un análisis para comprobar qué ventajas se han obtenido realizando una comparación antes y después de la implantación de los robots. Para que esta comparación sea más comprensible se mostrarán imágenes del antes y del después, y además se recordarán cosas del CAPÍTULO III en el cual se hizo la descripción del problema explicando cinco factores: limpieza, repetitividad, complejidad, ahorro económico y calidad. Este capítulo se reducirá a tres factores ya que se explicarán de manera unida repetitividad, complejidad y calidad, lo cual se entrará en detalle más adelante.

VI.1 LIMPIEZA

En el CAPÍTULO III se explicó por qué este factor es tan importante aunque aparentemente no lo parezca, ya que finalmente aparte de la higiene acaba traducido en ahorro económico.

En la Ilustración VI-1 se muestra el estado del “antes” de la mesa 04 que es la que corresponde a la mesa donde se encuentran los robots que aplican los interiores, en la cual se aprecia una cantidad de suciedad proveniente del mástico.



ILUSTRACIÓN VI-1. LIMPIEZA ANTES.

Sin embargo en la Ilustración VI-2 se aprecia claramente con el “después” la diferencia que existe con la implantación de robots, la mejora de limpieza también afecta a los propios robots, los cuales obtienen una mejora de cara a su mantenimiento ya que la suciedad podría penetrar en ellos pudiendo causar problemas como: deterioro de ejes, herramienta, etc.

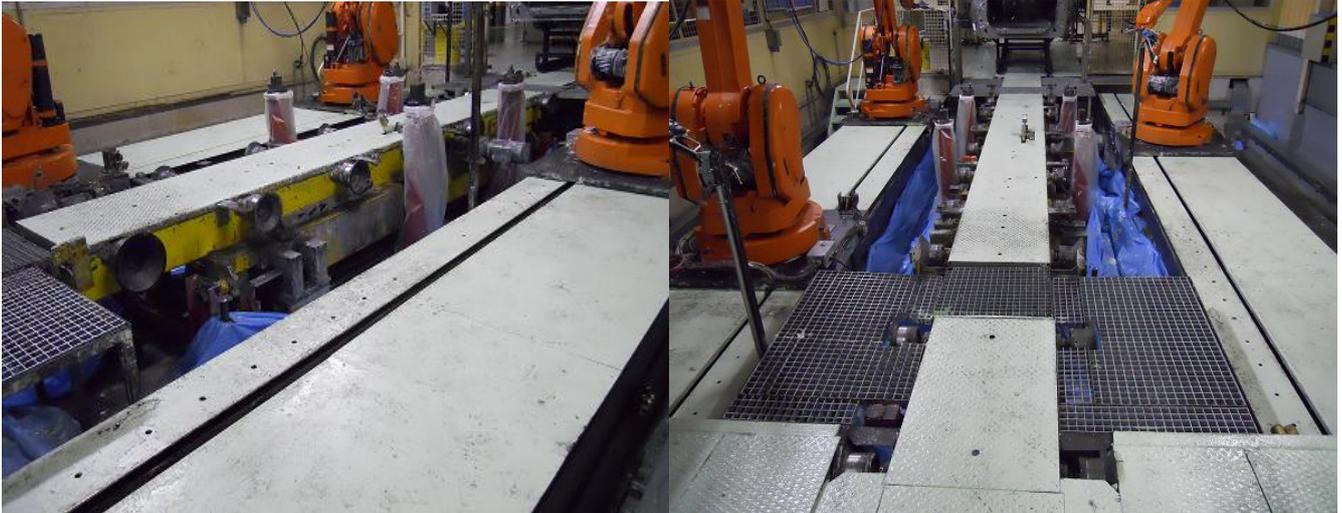


ILUSTRACIÓN VI-2. LIMPIEZA DESPUÉS.

VI.2 REPETITIVIDAD, COMPLEJIDAD Y CALIDAD

En este capítulo estos tres factores aparecen unidos debido a que a la hora de ver el resultado obtenido con los robots se puede resumir en ver las zonas que gracias a los robots se puede aplicar donde antes no se podía debido su dificultad para los operarios por ello engloba repetitividad, complejidad y calidad porque todos ellos afectan directamente al operario. A continuación se muestran tres imágenes (Ilustración VI-3, Ilustración VI-4 e Ilustración VI-5) en las cuales aparece un círculo en rojo destacando aquellos cordones de mástico que han sido añadidos para aplicar en la carrocería

gracias a la capacidad de los robots para poder llegar a esas zonas que parecen inaccesibles.



ILUSTRACIÓN VI-3. NUEVOS CORDONES 1.



ILUSTRACIÓN VI-4. NUEVOS CORDONES 2.

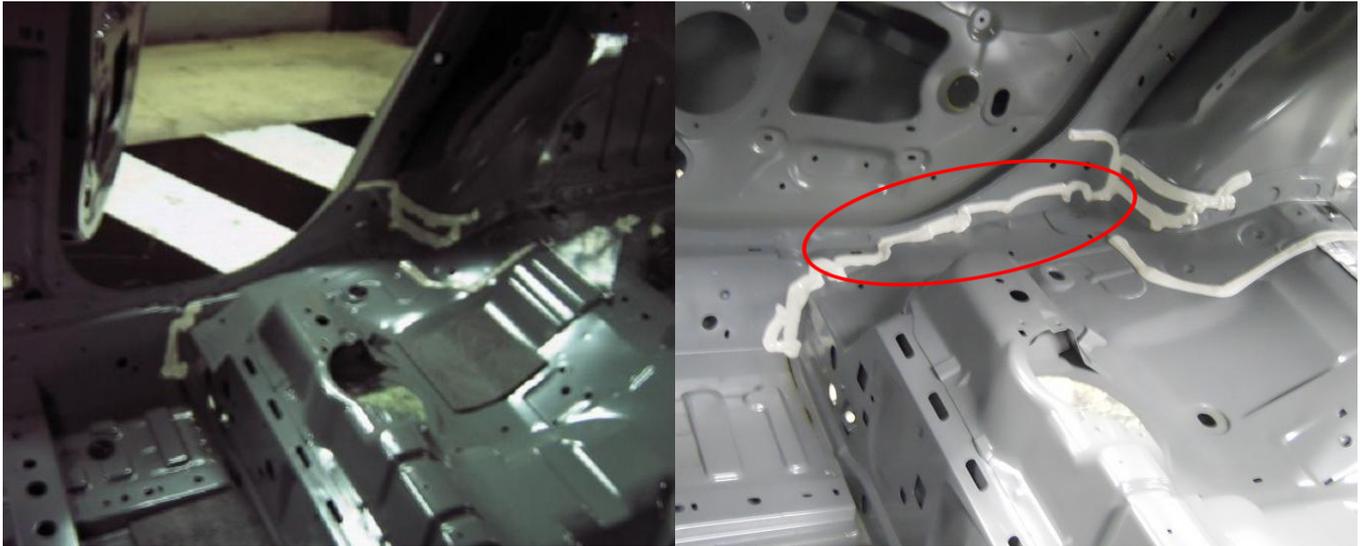


ILUSTRACIÓN VI-5. NUEVOS CORDONES 3.

VI.3 AHORRO ECONÓMICO

Projet : Robotización aplicación de cordones de mastico de estanqueidad
Nº de CPI : **Responsable de projet :** **Jose Antonio Duque**
MI/0480 **Correspondant plan :** **Jesús Gutierrez**

Description du projet : GAMME HORS GAMME **Site :** **PALENCIA**

El proyecto tiene como objetivo la robotización de aplicaciones manuales de mastico de estanqueidad en cofret, capot, linternas, goterones e interior de carrocería:

- 1) Modificar suministro de producto y útiles de aplicación de robot INS-30 a 8 extruido.
- 2) Realizar reprogramación aplicaciones de robots en células de interior y bajo caja, para nueva distribución de cordones de mastico.
- 3) Colocación de nuevo robot + visión artificial en M-20 bajo caja, para aplicación de mastico en capot.

Enjeux : **Motif : Productivité**

Type	Objectif	Indicateur et commentaires	Valeurs	
			Actuelle 13/01/10	Projet 01/09/10
Economi-que	Productivida-d	Reducción de operarios por turno	0.	2.
	Productivida-d	Reducción economica	0.	152K€

Investissements : **130** **Coûts associés :** **9** **Σ :** **139**
Disponibilité budgétaire OUI NON Prévu au budget OUI NON Devise **K EUR**

Pay-back : **0,9 an** **IP :** **3,5** **Subvention :**

	2010	2011	2012	2013	Après	Total
Cash-in :	-139	152	152	152	152	469

ILUSTRACIÓN VI-6. CPI.



Finalmente está el ahorro económico, como ya se dijo en el CAPÍTULO III era uno de los más importante por no decir el más importante ya que todos los anteriores factores se traducían en él. Para poderlo explicar de forma más clara se hará a través de la Ilustración VI-6 que se irá explicando paso a paso. Dicha imagen corresponde a un CPI, que es un estudio económico a largo plazo del proyecto que se va a realizar.

Este proyecto incluye tres fases como se muestran numeradas con **1), 2) y 3)**.

Vemos que aparecen **152.000€** que corresponden a reducción económica, esto es lo que se ahorra al quitar dos operarios por turno, esto no quiere decir que se prescindiera de sus servicios sino que se les asigna otro trabajo en el que son más necesarios.

Después aparecen **130.000€ de Investissements (Inversiones)** y **9.000€ de Coûts associés (Costes asociados)**, un total de **139.000€** que corresponde a la **inversión total del proyecto** a realizar.

Finalmente en el apartado **Cash-in** se calcula cuál sería el ahorro a largo plazo, en este caso hasta 2014 incluido (Aprés), a finales de 2010 se realizaría la inversión por eso aparece un gasto de 139.000€, en los años 2011, 2012, 2013 y 2014 ya no habría gastos, solo se cuenta al ahorro que da el operario. Realizando la suma del gasto con el ahorro finalmente se obtiene un **ahorro de 469.000€ en 4 años** desde que se realizó el proyecto, ya que el 2010 no se incluye porque la inversión fue realizada a finales de dicho año.



CAPÍTULO VII.

PRESUPUESTO ECONÓMICO

El presupuesto económico de este Trabajo Fin de Grado estará relacionado únicamente con el robot de capot, que incluye el robot ABB y la cámara de visión 3D de ISRA. Primeramente se harán dos presupuestos, uno del robot y otro de la cámara, ya que como pertenecen a empresas diferentes se desglosarán de manera distinta juntándoles finalmente.

El presupuesto de cada uno de ellos estará compuesto de 4 partes que serán iguales para ambos: manipulador (robot ABB) o cámara (visión 3D ISRA), armario de control, programación (se contarán las horas que han sido necesarias para programar tanto el robot como la cámara y se multiplicará por el coste de cada hora empleada) e instalación (corresponde a lo necesario para la puesta en marcha, conexiones, cables, etc.).

ROBOT ABB

Manipulador	18.000€
Armario de control	10.000€
Programación	50h×25€/h=1.250€
Instalación	12.000€
<hr/>	
SUBTOTAL	38.250€



VISIÓN 3D ISRA

Cámara	6.000€
Armario de control	20.000€
Programación	20h×30€/h=600€
Instalación	1.000€

SUBTOTAL	27.600€
-----------------	----------------

PRESUPUESTO FINAL

Robot ABB	38.250€
Visión 3D ISRA	27.600€

TOTAL	65.850€
--------------	----------------



CAPÍTULO VIII.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS



VIII.1 CONCLUSIONES

La robótica es un sector que en cuanto a expansión no tiene límites, en sí misma es tecnología y desarrollo por eso gracias a ella se pueden llegar a conseguir grandes cosas y no solo en el mundo de la industria de automoción.

También es cierto que este sector es muy complejo y que su implantación es costosa pero esto se contrarresta gracias a la gran aportación que da la robótica en una industria, gracias a ella se han llegado a alcanzar acciones que una persona sería incapaz de hacer no solo por capacidad sino por peligrosidad.

En este Trabajo Fin de Grado se ha podido comprobar muy detalladamente el beneficio que produce la implantación de robots, ganando en higiene, obteniendo mucha mejor calidad del producto a ofrecer, también apartando al trabajador de esas operaciones complejas y muy costosas, y finalmente que realizando un buen estudio a largo plazo comprobamos que implantar esta gran tecnología también puede llevar a grandes ahorros económicos.

Para concluir cabe destacar algo que es lo que no termina de encajar actualmente de la implantación de la robótica, tiene que quedar claro que no pretende sustituir en ningún caso a los trabajadores, porque el trabajador tiene algo que no tiene un robot que es la capacidad de reaccionar ante los problemas, improvisar, etc., por ello lo que hace la robótica es atribuir una ayuda tanto a la industria como al propio trabajador para su progreso y seguridad.

VIII.2 LÍNEAS FUTURAS

En este apartado se presentan algunas mejoras de cara al futuro, es bastante probable que la líneas futuras que se van a comentar a continuación no sean a largo plazo, sino posibles de aquí a unos pocos años. Claramente estas mejoras afectarán directamente a la robotización y son tres:

- **Robotizar las puertas de la carrocería:** las puertas de la carrocería aun se las aplica mástico de forma manual, por ello una posibilidad sería robotizarlas ya que también poseen zonas de difícil acceso y también con zonas que requieren mucha precisión como son los bordes de las puertas, por eso esta propuesta también requeriría la necesidad de incorporar cámaras de visión 3D de ISRA que se han visto en este Trabajo Fin de Grado para conseguir esa precisión óptima.
- **Incorporar aspirador en los robots de alisado:** como ya se explicó en el apartado V.1.2 los robots de alisado poseen una paletilla para poder alisar el cordón de mástico, en esta paletilla quedan restos de mástico, por tanto la idea sería colocar un tubo aspirador en la herramienta del robot próximo a la paletilla para que según el robot alisa el aspirador se encargue de recoger el mástico sobrante.
- **Soplador de aire caliente en el robot:** esta última idea sería algo más complicada que las dos anteriores pero la cual tendría una gran repercusión positiva, la idea sería colocar un tubo soplador en la herramienta del robot que expulsara aire a mucha temperatura para que según el robot va aplicando el mástico se fuera secando, esto implicaría la no necesidad de la estufa de másticos lo cual supondría un gran ahorro tanto en espacio como económico.



CAPÍTULO IX.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS



- [1] Wix, *ABB sistemas industriales*, <http://jeanpaul-nator.wix.com/empresas#!abb>, Mayo de 2015.
- [2] Docsetools, *KUKA*, http://docsetools.com/articulos-noticias-consejos/article_125991.html, Mayo de 2015.
- [3] Visión ISRA, *Historia*, http://www.isravision.com/HISTORIA-----_site.site..html_dir._nav.1105_likecms.html, Mayo de 2015.
- [4] Axson revocoat, *El mástico*, Factoría Renault Palencia, Noviembre de 2011.
- [5] Robots ABB, *Manual básico del usuario*, Factoría Renault Palencia, 1 de Julio de 2003.
- [6] Robots ABB, *Manual básico de programación*, Factoría Renault Palencia, 1 de Julio de 2003.
- [7] Robots KUKA, *Programación de robots 1*, Factoría Renault Palencia, 16 de Diciembre de 2011.