



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

*TRABAJO FINAL DEL*

*REALIZADO POR*

*TUTORIZADO POR*

*FECHA:* Valencia,

# ÍNDICE

1. Memoria.....	3
1.1 Objeto del proyecto .....	3
1.2 Introducción .....	5
1.3 Factores a considerar .....	10
1.3.1 Condiciones exigibles .....	10
1.3.2 Estudio de necesidades .....	11
1.4 Soluciones alternativas.....	37
1.4.1 Primera solución alternativa: .....	38
1.4.2 Segunda solución alternativa .....	39
1.4.3 Tercera solución alternativa.....	39
1.4.4 Cuarta solución alternativa: .....	40
1.5 Descripción detallada de la solución.....	41
1.6 Justificación detallada de los componentes.....	43
2. Planos. ....	54
2.1 Plano 1: Vista en alzado del conjunto de maquinaria.....	54
2.2 Plano 2: Vista en planta del conjunto de maquinaria.....	54
2.3 Plano 3: Vista en perfil derecho del conjunto de maquinaria.....	54
2.4 Plano 4: Vista isométrica del conjunto de maquinaria.....	54
2.5 Plano 5: Rediseño del utillaje máquina soldadura M137.....	54
2.6 Plano 6: Parametrización soldadura por resistencia a .....	54
3. Pliego de condiciones.....	55
3.1 Pliego de condiciones técnicas.....	55
3.1.1 Aluminio .....	55
3.1.2 Bridas de amarre en forma de V .....	56
3.1.3 Actuadores neumáticos Festo .....	56
3.1.3 Componentes neumáticos .....	56

3.2 Pliego de condiciones de la ejecución.....	57
3.2.1 Orden de ejecución. ....	57
3.3 Pliego de condiciones facultativas. ....	58
3.3.1 Derechos y obligaciones del contratista .....	58
3.3.2 Dirección técnica .....	58
3.3.3 Realización y condiciones de la ejecución de los trabajos .....	58
3.3.4 Deficiencias y modificaciones en fase de montaje.....	58
3.3.5 Prueba funcional .....	59
4. Presupuesto.....	59
4.1 Precio unitario .....	59
4.1.1 Material de la instalación .....	59
4.1.2 Elaboración proyecto .....	60
4.2 Presupuesto de fabricación e instalación del utillaje.....	60
4.3 Amortización inversión .....	61
5. Bibliografía .....	62

## 1. Memoria

En este documento se van a definir las características y criterios utilizados para el diseño de los elementos necesarios con los que se llevará a cabo el proyecto de rediseño de un utillaje con el fin de mejorar la productividad de una de un proceso.

### 1.1 Objeto del proyecto

El presente proyecto surge durante la estancia en régimen de prácticas en la empresa KH Vives SL, a la cual surge la necesidad de rediseñar y fabricar el utillaje de una máquina de soldadura que durante su producción recibe varillas de acero de un determinado diámetro. Dicha necesidad proviene del número de varillas NOK debido a su soldadura. Esto quiere decir que debido a un mal ajuste de la varilla sobre el utillaje del robot soldador, la soldadura en dichas varillas no es la correcta provocando así un gran número de piezas inservibles.

Dichas varillas corresponderán a elementos constructivos de la estructura metálica que poseen los asientos de los automóviles. Sin embargo, no solamente se fabrican las varillas destinadas a los asientos, sino que también existen otras aplicaciones como los *arm rest* comúnmente conocido como la posa brazos del automóvil.

El objeto del proyecto será puramente académico puesto que el utillaje empleado para ajustar la varilla previamente a ser soldada fue diseñado por la empresa fabricante de la máquina. La comprobación del resultado final provocó a KH una nueva idea de poder realizar nuevos proyectos orientados a la fabricación de varillas soldadas. Por consiguiente, tras la puesta en marcha de nuevos proyectos KH Vives asumirá la responsabilidad de realizar el nuevo diseño adaptado a la geometría de la nueva varilla, así como las pruebas de ajuste pertinentes para poder validar si el utillaje es el correcto dependiendo del número de varillas OK y la calidad del anillo de soldadura.

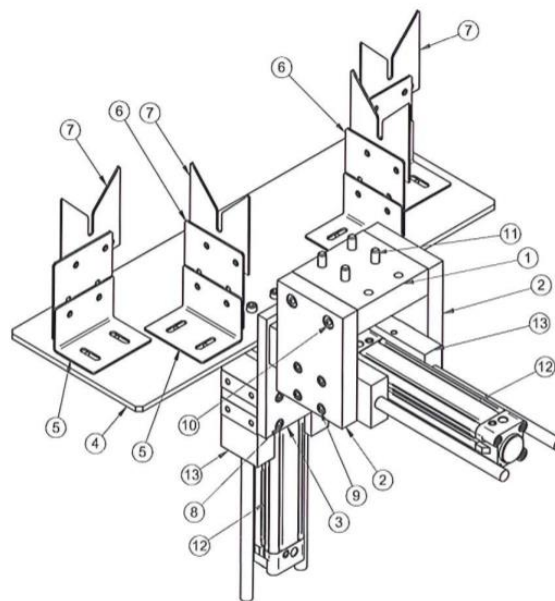
El objetivo del presente proyecto será, por lo tanto, llevar a cabo el rediseño del utillaje original montado actualmente con el fin de mejorar o incrementar el rendimiento de producción evitando los defectos en la soldadura de varillas. La misión principal es reducir al máximo el número de piezas mal soldadas denominadas NOK.

La problemática que ha decantado el comienzo de rediseño del utillaje se debe a que, durante el turno de producción, la referencia **EM2BR632A34AA** presenta un gran número de soldaduras

no válidas. Una vez llegado a un consenso en el que la CNC dobla la varilla de forma correcta se descartó el posible fallo ocasionado en dicho proceso de doblado. Definitivamente el error se encontraba sobre la máquina de soldadura, es decir en el momento en que la posición de caída de la varilla sobre el utillaje no es el correcto la soldadura fallará.

En consecuencia, la producción, entre otros muchos factores, se ven afectados negativamente.

La imagen que se muestra a continuación corresponde con la representación del utillaje en cuestión extraído del manual del fabricante de la máquina.



**Figura 1.** Utillaje propuesto a rediseñar.

Este proyecto abarca el modelado en 2D del utillaje mediante la aplicación de herramientas informáticas de dibujo asistido por ordenador como puede AutoCAD. Identificar el material a emplear para cada elemento constructivo y el posterior cálculo de herramientas empleadas para subsanar el error que se produce en un gran número de varillas.

El utillaje actual en funcionamiento en el proceso productivo se muestra en la siguiente imagen:



**Figura 2.** Utillaje actual referencia: EM2BR632A34AA.

## 1.2 Introducción

En este apartado se definirá y situará en el contexto de la planta y la instalación o maquinaria sobre la que se embarca el proyecto.

Para dar comienzo a la introducción, se comenzará con la descripción de la empresa a la que pertenece. Este proyecto se ha desarrollado en el departamento de mantenimiento de la empresa KH Vives SL.

La empresa KH fue fundada en el año 1998, situada en el polígono industrial Juan Carlos I de la localidad Valenciana de Almussafes. Desde sus comienzos, *KH Logistics* se dedicaba al sector de la logística y ofrecer almacenamiento a empresas proveedoras del gran fabricante automovilístico, Ford.

Tras el transcurso de los años y una serie de cambios de dirección e inversiones a vista de futuro, el actual gerente Guillermo Vives, mandó construir una nave de más de 7000m<sup>2</sup> formando posteriormente el Grupo KH.



**Figura 3.** Nave industrial KH Vives.

El grupo KH es una importante empresa española especializada en diseñar, desarrollar y producir componentes y servicios para la industria de la automoción.

En 1998 comenzó su andadura como proveedor de servicios. En cuanto a sus productos, se comienza desde la fase de diseño y fabricación de estructuras metálicas o los aislamientos técnicos y acústicos del vehículo hasta la especialización en montajes de submódulos en secuencia, pasando por la implantación de acciones de contención e ingeniería aplicada.

Actualmente KH suministra de forma directa o indirecta a fabricantes del sector de la automoción como pueden ser Ford, Renault, Opel y el grupo VW. Cabe destacar uno de los factores por los que se reconoce a KH y es la gran capacidad de reacción del equipo ante situaciones adversas o problemas, haciéndose valer gracias a su forma de solucionar problemas proponiendo soluciones innovadoras, entre otras. Por todo ello, en el año 2016 recibió la calificación Q1, la cual designa a KH como proveedor del mundo automovilístico.

El certificado Q1 de Ford se corresponde a un reconocimiento por exceder los estándares de calidad requeridos por la automotriz alrededor del mundo y al trabajo en equipo.

Profundizando detalladamente en las tareas realizadas en KH, se pueden diferenciar tres áreas de trabajo.

Una de las más importantes y el hecho de crecimiento de la empresa ha sido el área de cristales y parabrisas.

- **Parabrisas:** el área de cristales de la empresa KH Vives corresponde con una gran parte de la dedicación de la empresa. Indistintamente, se realizan trabajos de preparación y secuenciación de cristales para automóviles. Entre los diferentes tipos de cristales con

los que se suele trabajar se encuentran, principalmente parabrisas, lunetas, puertas, custodias y ventiletas de diferentes modelos de automóvil del fabricante automovilístico Ford. Tanto los modelos: Kuga, Mondeo, Smax, Cmax, entre otros son los que se secuencian en la empresa.

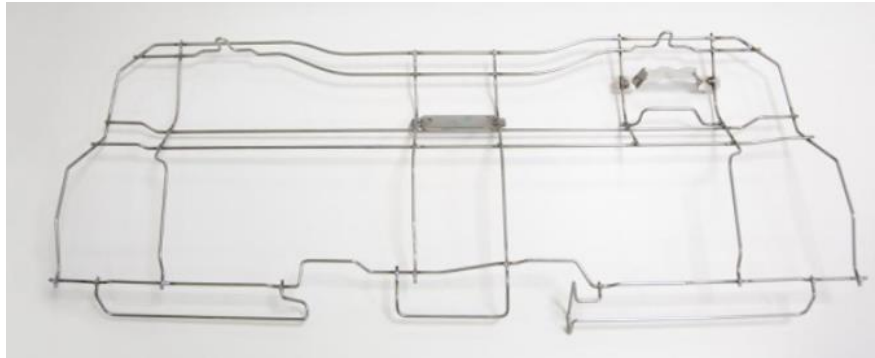
Dicha área de parabrisas está dotada de un sistema de automatización cualificado, el cual permite a KH poder realizar las tareas de preparación de cada cristal y finalmente introducirlo a través de los racks en una secuencia. Dicha secuencia de trabajo al cabo de un corto periodo de tiempo se estará colocando sobre los automóviles.

El sistema P2V “Pick to voice” es un dispositivo que funciona a través de la interacción de instrucciones implantadas en programación y del humano. Desde KH el sistema P2V se emplea en la mayor parte de las tareas de secuenciación. Dicho sistema emitirá una secuencia de instrucciones paso a paso que indicarán al operario la acción a realizar en cada momento. Gracias a esta implementación del P2V el operario sabe en todo momento que pieza debe colocar en el utillaje o qué comprobaciones debe realizar en los parabrisas sin permitir margen de error. Una vez que cada punto haya sido validado por el operario, el sistema continuará la secuencia de nuevas instrucciones.

- **Estructuras metálicas o varillas:** La constante inversión en maquinaria y tecnologías CAD han convertido a KH en líder de diseño y fabricación de estructuras metálicas para asientos de automóviles. Entre las principales funciones de esta área se encuentran el doblado de varillas y soldado.

Uno de los principales logros promovidos por la empresa se encuentra en la resolución de un problema alargado durante mucho tiempo en la fabricación de asientos de Ford. KH encontró la solución a un gran quebradero de cabeza que Ford no había conseguido subsanar. En 2010 KH Vives desarrolló y patentó un sistema que redujo el coste de producción de asientos de automóvil en un 50% eliminando los puntos de soldadura y coste de utillaje. El modelo le encantó a Ford, básicamente porque le suponía una reducción del 50% en el coste de las varillas, eso sin contar el ahorro en herramientas y soldaduras. Además, al tratarse de una máquina de control numérico computarizado, era posible reprogramarla cada vez que hiciera falta adaptar los alambres a un cambio en el diseño o las medidas de los asientos, evitando así el uso de moldes.





**Figura 4.** Frame o estructura metálica asiento Ford Mondeo.

Hoy en día KH se encuentra inmersa en un nuevo proyecto que tendrá redundancia en el extranjero. Ford, el cliente principal ha considerado que KH Vives comience a producir una serie de anclajes para el modelo Transit Connect. Esta gama de vehículos corresponderá a una flota de taxis que servirán en Nueva York. Sin embargo, el ensamblaje de los mismos se realizará en México. Se prevé que la producción de los anclajes denominados *taxi braket* comience durante el segundo trimestre del año 2019. Este proyecto donará a KH grandes competencias en el ámbito del corte por láser y estampación CNC.

El *taxi braket* se trata de una pieza con elevados requisitos de seguridad dentro del vehículo, formada por más de 30 componentes o piezas soldados con gran precisión. Durante su proceso productivo se seguirán una serie de instrucciones predefinidas con el fin de evitar errores que finalmente afectarán a la pieza.

Comenzando por el corte por láser hasta la parte final de soldadura. El proceso de soldadura está planificado siguiendo el sistema P2V nombrado anteriormente.

El proyecto del *taxi braket* supone un gran salto al mercado exterior evitando los riesgos de exposición a un único mercado, provocando un crecimiento de la facturación de la compañía desde los 17 millones de euros a unos valores de 25 millones.

KH es una empresa en constante desarrollo e interesada en nuevas tecnologías, es por ello por lo que, desde 2017 se están llevando a cabo una serie de inversiones de más de 2 millones de euros destinados en tecnologías de fabricación de última generación y en nuevas aplicaciones informáticas.

En 2018, el Grupo KH cerró contratos para fabricar piezas para más fabricantes del sector automovilístico como pueden ser Opel, Toyota, Grupo VW entre otros. Cumpliendo así con el plan estratégico 2015-2020 enfocado en la apertura de nuevos mercados.

Actualmente, desde el mes de marzo se lleva a cabo un nuevo proyecto denominado K0. está destinado a la fabricación de piezas de alambre, en concreto, frames: estructuras metálicas formadas por varillas aplicadas a los asientos de los automóviles. La producción de estructuras va destinada hacia los próximos lanzamientos de VW Polo y Seat León. KH subsana las nuevas necesidades de este proyecto llevando a cabo la instalación de una estación robotizada de última tecnología diseñada íntegramente por el equipo de innovación de KH. La instalación está dotada de una noria compuesta por tres posiciones en la que se instalarán mesas de trabajo, JIG, donde se introducen las varillas. Además de la noria contamos con dos robots de soldadura de gran envergadura capaces de soldar simultáneamente con tecnologías diferentes como son la soldadura por resistencia y MIG respectivamente.

Actualmente KH se encuentra sumergida en otros proyectos. El fabricante de automóviles Ford sigue depositando confianza en KH para el lanzamiento del nuevo Kuga. Lo que supondrá una incorporación de personal y un crecimiento del 10% en facturación.

Por otra parte, el Grupo KH ha logrado posicionarse en un buen puesto en el mercado destinado a la fabricación de asientos automovilísticos. KH fabrica piezas para compañías europeas como Lear, Copo o Proseat.

Haciendo hincapié en la fabricación de varillas, durante los últimos meses KH ha instalado dos nuevas máquinas especializadas en fabricación CNC de doblado y soldado de estructuras metálicas.

Durante el mes de abril se ha instalado una mejora en la extracción de piezas en una máquina dobladora de alambre. El equipo de desarrollo de la empresa ha escogido la máquina más antigua de la planta y la ha convertido en una unidad autónoma y robotizada. Hablamos de un robot de la marca ABB, que permite, a través de una mordaza recoger la pieza y descargarla sobre un utillaje determinado. Gracias a esta nueva implementación patentada por KH, se evitarán que las varillas se depositen en el suelo provocando paros durante la producción.

- **Troquelados:** aparte del área de fabricación de varillas y la secuenciación de cristales, encontramos el área de troquelados. KH ofrece servicios de estampación de textiles para empresas del sector automovilístico.

Actualmente KH dispone de más de 100 troqueles de diferentes geometrías capaces de producir un gran número de piezas en un periodo de tiempo bastante reducido. Además de ello, esta área de troquelados dispone de un conjunto de maquinaria de última tecnología, por una parte, la máquina extendedora que permite cortar 4 capas del mismo textil. Por otro lado, la máquina cortadora que a través de un diseño CAD, es capaz de reproducir el diseño sobre el textil.

### 1.3 Factores a considerar

#### 1.3.1 Condiciones exigibles

- Real Decreto: 1435/1992 - Máquinas, componentes de seguridad. Marcado "CE". Define las características que definen las máquinas y condiciones de seguridad.
- Real Decreto 56/1995 que modifica parte del texto del R.D. 1435/1992. R.D.: 1215/1997- Equipos de trabajo. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud.
- Real Decreto 26 mayo 1986, núm. 1495/86. MAQUINAS. Aprueba Reglamento de Seguridad en las Máquinas. Necesario para garantizar el funcionamiento de la maquinaria.
- Real Decreto: 1435/1992 - Máquinas, componentes de seguridad. Marcado "CE". Garantiza el Certificado Europeo a las máquinas adquiridas.
- Real Decreto 1644/2008. Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. Condiciones para la compra de maquinaria.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Ley de Industria: 21/1992 - Seguridad y calidad industrial. Fija las normas de actividades industriales.
- Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006. Es relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición).

Para conseguir el objetivo nombrado anteriormente, no solamente hace falta estudiar y trabajar sobre el utillaje de la máquina de soldadura, sino que se necesitará realizar un estudio de necesidades comenzando por el primer paso de este proceso productivo hasta el punto final, la extracción de la pieza soldada.

Cabe destacar, que el proyecto a realizar está relacionado con la fabricación y solado de varillas de diferente geometría y diámetro. Este proceso productivo se encuentra vinculado a las asignaturas correspondientes al grado de Ingeniería Mecánica puesto que no solamente se debe tener en cuenta el rediseño del utillaje en sí, si no que es primordial conocer el material de trabajo, los factores que afectan antes y después del doblado de varillas entre otros muchos.

Sin embargo, se realizará un estudio de necesidad del proceso productivo, es decir, se estudiará cada parte de dicho proceso que entre en funcionamiento en la fabricación de la pieza puesto que cualquier fallo no detectado durante el transcurso de cada proceso/paso puede determinar el fallo que ocurre finalmente, es decir, detectar una mala colocación de la varilla doblada sobre el utillaje y por consiguientemente realizar una mala soldadura en máquina. Debido a ello sin más remedio se procede a retirar la pieza no pudiéndose trasladar al área de rework “retrabajos” y así poder recuperar la pieza finalizando el proceso de forma positiva.

En adición, el presente proyecto alberga también una etapa de diseño mediante el uso de aplicaciones CAD. Dichas herramientas de diseño son habituales en el sector industrial y de gran importancia ya que permiten realizar modificaciones con gran facilidad adaptándose a las necesidades de cada proyecto.

Por ello, el estudio de necesidades estará formado tanto por el material empleado en la varilla hasta la tipología de soldadura empleada. Este estudio de necesidad estará definido a la forma producción deseada. En primer lugar, encontramos uno de los factores que determinará la geometría de la varilla.

### 1.3.2 Estudio de necesidades

#### 1.3.2.1 Bobina de alambre

KH es una empresa innovadora en constante crecimiento y desarrollo. Dispone de un área de varillas constituida por más de ocho máquinas especializadas en el conformado de alambre de diferentes diámetros.

El material empleado para la fabricación de varillas dependiendo de la referencia a fabricar varía en función de parámetros, primordialmente el diámetro de alambre y características mecánicas

como ductilidad o dureza. Sin embargo, la elección del material estará totalmente influenciada por la finalidad de la pieza dependiendo del lugar donde forma parte y especificaciones del cliente.

Haciendo hincapié en el tipo de bobina con los que trabajan las máquinas, se encuentran alambres desde 2mm de diámetro galvanizado hasta 6.5mm fosfatado. En este caso, la máquina a la que surge la problemática del soldado trabaja constantemente con un bobinado de alambre de 5mm.

Resulta peculiar que una CNC que dispone una gran capacidad de doblado únicamente trabaje con el utillaje de 5mm. Este hecho se debe a que gracias a la gran disponibilidad de maquinaria de KH se evitarán cambios de utillaje evitando efectuar paros de producción debido al tiempo que se emplea. Los cambios de utillaje en máquina repercuten también en mayores paros efectuados en el cambio de bobina, ajuste de enderezado posterior y prueba de SPC. Dicha prueba SPC consiste en realizar 5 varillas para comprobar que el enderezado es el correcto.

Una vez que el alambre guarda condiciones de rectitud la CNC comenzará a doblar la varilla en función de la geometría. En caso de que la pieza deba ser soldada se procede al ajuste del utillaje del soldador.

Finalmente, todos estos factores retrasan la producción de varillas, debido a ello se presentó la solución de emplear el alambre del mismo milimetrage para evitar cambio de utillaje, y por lo tanto especializarse únicamente en trabajar enderezado y ajuste del soldador.

En este caso, la máquina que presenta la problemática fabrica la referencia **EM2BR632A34AA**. El material empleado en la producción de esta varilla es alambre de acero no galvanizado de diámetro 5mm brillante. Este tipo de acero posee un alto porcentaje en carbono comúnmente conocidos como acero al carbono, constituye una proporción importante de los aceros producidos en las plantas siderúrgicas. A pesar de ello, también se engloba en la industria automovilística.

En cuanto a la composición química de esta tipología de aceros se encuentra un material complejo debido a las proporciones de carbono y otros materiales como: azufre, fósforo, oxígeno e hidrógeno. Cabe destacar que el aumento de %C elevará los esfuerzos de tracción del material, uno de los factores clave en el ámbito del doblado de varillas. Por otro lado, las proporciones de aditivos precipitarán una disminución de tenacidad y ductilidad.

La norma UNE – 36010 trata sobre la normalización o clasificación de aceros para que sea posible conocer las propiedades de estos. Esta norma indica la cantidad mínima o máxima de cada componente que forma parte de cada acero, así como las propiedades mecánicas que debe tener cada uno de ellos.

Teniendo en cuenta dicha clasificación indicada por la norma UNE – 36010 el acero empleado corresponde con la Serie 1 subdivido en el Grupo 1 denominados Aceros al Carbono

Clasificación de los Aceros según la Norma UNE-36010			
Serie	Grupo	Denominación	Descripción
Serie 1	Grupo 1	Aceros al carbono.	Son aceros al carbono y por tanto no aleados. Cuanto más carbono tienen sus respectivos grupos son más duros y menos soldables, pero también son más resistentes a los choques. Son aceros aptos para tratamientos térmicos que aumentan su resistencia, tenacidad y dureza. Son los aceros que cubren las necesidades generales de la Ingeniería de construcción tanto industrial como civil y comunicaciones.
	Grupos 2 y 3	Aceros aleado de gran resistencia.	
	Grupo 4	Aceros aleado de gran elasticidad.	
	Grupo 5 y 6	Aceros para cementación.	
	Grupo 7	Aceros para nitruración.	

Figura 5. Clasificación de aceros.

En el grado de ingeniería Mecánica se estudian los materiales y sus diferentes tratamientos, por lo tanto, la obtención del alambre de las bobinas requiere de una serie de procesos tanto físicos como químicos, comúnmente conocidos como tratamientos.

Una vez obtenido el acero en bruto se procederá a mecanizar el alambre. Principalmente se diferenciarán entre trefilado y recocido.

El trefilado es una operación que consiste en reducir la sección de un alambre o varilla haciéndolo pasar por una serie de mandriles hasta conseguir el diámetro deseado. Dicho fenómeno se realiza con el alambre en frío. Tras la reducción de sección el material adquiere una cierta acritud, propiedad mecánica que adquieren los metales como consecuencia de una deformación en frío. Las propiedades mecánicas aumentadas son dureza, fragilidad y resistencia. Sin embargo, existen otras propiedades como ductilidad o maleabilidad que se ven afectadas.

Una vez obtenida la bobina de alambre trefilado se someterá al material a un tratamiento térmico, el recocido. El objetivo de este tratamiento es tanto eliminar tensiones internas producidas por tratamientos anteriores (trefilado) y aumentar plasticidad, ductilidad y tenacidad. El método de trabajo del recocido consiste en calentar el material hasta la temperatura de recocido, seguidamente se mantiene dicha temperatura durante un tiempo. Por último, se deja enfriar lentamente.

Dentro de los tipos de recocido, correspondería con el recocido de eliminación de tensiones: por medio de la deformación en frío el material presenta tensiones que pueden provocar deformaciones en las piezas, por lo tanto, tras la aplicación del recocido calentando el metal entre 550 y 650 °C, manteniendo la temperatura durante 30-120 minutos y posteriormente un enfriamiento de forma lenta, dichas tensiones desaparecerán.

Ambas propiedades mecánicas nombradas anteriormente ofrecen grandes ventajas para conformar, curvar y doblar el alambre.

En general los tratamientos térmicos de los aceros presentan una serie de objetivos:

- Conseguir estructuras de menor dureza y mayor maquinabilidad.
- Eliminar acritud debido al trabajo en frío.
- Eliminar tensiones como consecuencia de deformaciones.
- Eliminar tensiones internas.
- Conseguir estructuras homogéneas.
- Conseguir máxima dureza y resistencia.

La ductilidad permite al material deformarse plásticamente de manera progresiva y sostenible sin llegar a producir rotura. Cabe destacar que este tipo de materiales rompen bajo altas cargas aplicadas tras haber experimentado grandes deformaciones. Por otro lado, la tenacidad, según ciencia de materiales, es la energía de deformación total que es capaz de absorber o acumular un material antes de alcanzar la rotura en condiciones de impacto, por acumulación de dislocaciones.

Una vez recopilada la información acerca de la obtención de la bobina de alambre recocido empleada en la maquinaria. El siguiente paso es indicar la ficha técnica del alambre en cuestión.

Díámetro (mm)	Rm (MPa)	A <sub>50mm</sub> (%)	Tolerancia del Díámetro
≥ 1.25 hasta 3.00	300 hasta 450	30 hasta 40	± 0.060
> 3.00 hasta 4.00			± 0.075
> 4.00 hasta 6.00			± 0.075
> 6.00			± 0.090

**Figura 6.** Ficha técnica alambre.

Antes de comenzar con el doblado y curvado de la varilla, se debe tener en cuenta que el alambre se encuentra totalmente enrollado en una bobina. Recordando previamente la necesidad de que el alambre se encuentre totalmente en condiciones de rectitud antes de proceder al doblado. El material en bruto, sin realizar ningún procedimiento previo tenderá a alimentar a la máquina CNC con una forma curvada obtenida en la bobina lo que impedirá completamente trabajar con facilidad y pudiendo provocar la rotura de cualquier grupo constructivo de enderezado, corte o incluso cabezales dobladores.

#### 1.3.2.2 Enderezado

El paso previo para realizar debe ser un enderezado de alambre, para ello existe una parte constructiva de la máquina que realiza esta función. El enderezador está formado por una serie de rodillos regulables por los cuales el alambre cruzará. Los rodillos están dispuestos de forma perpendicular para así poder actuar en las dos dimensiones del plano sobre el alambre. Diferenciando el enderezador en horizontal y vertical. La metodología empleada consiste en proporcionar al alambre una serie de deformaciones alternantes producidas por los rodillos para que, a la salida del enderezador, el alambre se encuentre completamente recto para finalmente poder ser doblado en máquina. Uno de los principales factores que determina la dirección del alambre depende de la reacción del último rodillo de cada parte tanto horizontal como vertical.

El ajuste del enderezador se trata de una labor en la que la mano del hombre y su propio criterio entran en juego. Normalmente dicho procedimiento comienza en una posición en la que los rodillos no ejercen fuerza sobre el alambre. Seguidamente se irán apretando los rodillos sucesivamente para así poder ver la reacción que tiene el alambre ante esas reacciones a las que se somete.



En el momento en el material cumple las condiciones de rectitud las posibles desviaciones se corregirán ajustando el último rodillo que ejerce fuerza. Habrá que diferenciar la dirección de la desviación puesto que puede ser tanto vertical como horizontal.



**Figura 7.** Grupo enderezador.

### *1.3.2.3 Doblado*

En este subapartado de doblado se tratará tanto la información de la máquina encargada de conformar el alambre hasta profundizar en la teoría de doblado en sí.

El doblado de alambre es un proceso bastante natural y habitual. En principio no parece que esta operación sea complicada y difícil. No obstante, el plegado de varillas no es tan simple como parece.

El alambre es el único filamento flexible (varilla) de metal fabricado mediante procesos de trefilado a través de una matriz. El conformado o doblado de alambre se puede definir como cualquier pieza de alambre a la cual se le ha aplicado una serie de cargas o fuerzas para fabricar piezas. Es decir, el alambre es conformado mediante la aplicación de fuerzas que cambian su contorno, es decir, tras aplicar las cargas sobre el material se generarán una serie de tensiones internas que deformarán permanentemente la varilla.

Yendo un paso más allá, en cuanto a las asignaturas estudiadas en el grado, encontramos la teoría de formado y conformado de materiales. Dicha teoría consta de una serie de operaciones aplicadas en chapa o cualquier otro material cuya finalidad sea realizar un doblado.

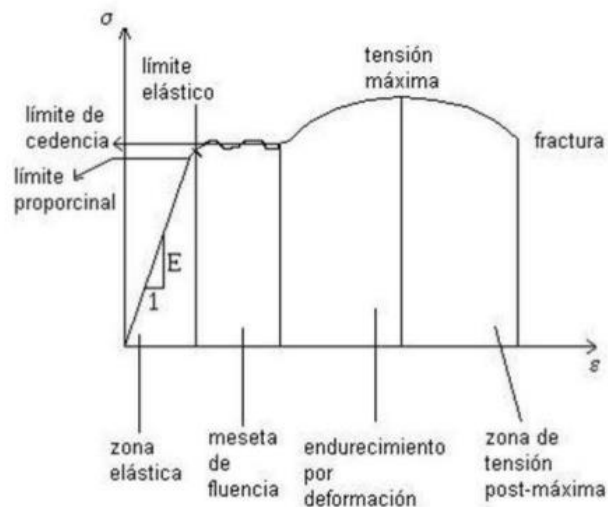
Entre las principales características de la teoría de doblado se encuentra la gran maleabilidad que presentan los metales sobre los que se trabaja. Por ello se obtendrán distintas piezas con geometrías particulares.

Como nombrado anteriormente, este procedimiento consiste en aplicar una serie de esfuerzos que provocarán variaciones en la red cristalina del material. Tras la aplicación de cargas sobre la

varilla, internamente, se generarán una serie de tensiones internas que provocarán una deformación. Esa deformación generada abarca la posibilidad de ser estudiada desde diferentes puntos de vista.

Haciendo hincapié sobre el diagrama tensión-deformación, obtenido tras ensayar una probeta de acero aplicando esfuerzos de tracción sobre sus extremos, comúnmente conocido como ensayo de tracción. Este proceso consiste en analizar la respuesta de una probeta normalizada del material deseado y aplicar cargas de tracción que incrementarán su magnitud de manera progresiva. Finalmente dado el punto en que el material produzca la fractura, se recopilarán los datos del ensayo junto con una gráfica que relacionará fuerzas aplicada junto con la deformación producida.

Únicamente no se estudian fuerza y deformación, sino que también tensiones, dicha tensión, nombrada anteriormente se obtendrá relacionando la fuerza de tracción aplicada y la deformación en cada momento.



**Figura 8.** Diagrama Tensión-Deformación.

**Relación de Tensiones:** 
$$\sigma = \frac{F}{S}$$

Analizando el diagrama anterior, en el eje de abscisas se detalla la deformación producida en la probeta. En dicho diagrama se generarán dos zonas de trabajo claramente diferenciadas. Dependiendo del tipo de carga aplicada se diferenciará entre zona plástica y elástica.

Consiguientemente enfocando sobre la deformación producida igualmente se generarán dos tipos de deformaciones:

- Elástica: Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Debido a ello, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.
- Plástica: Modo de deformación en que el material no recupera su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica.

Una vez analizadas las definiciones anteriores, lo más lógico, desde el punto de vista del conformado de varillas, es generar al material deformaciones plásticas que no permitan recuperar su posición o forma inicial. Aunque este proceso de deformación plástica no es totalmente ideal, si no que se presentan una serie factores que afectarán sobre el resultado final de la pieza.

Una de las principales problemáticas encontradas durante la realización de este proyecto se encuentra en el conformado de varillas. Es decir, el material presenta una recuperación de la forma inicial tras ser doblado.

Para evitar la recuperación del material se encuentra en aumentar la fuerza de doblado. Una vez aumentada esa fuerza, la zona de trabajo en la que no encontramos puede provocar grandes deformaciones provocando incluso grandes grietas internas finalizando tras la aplicación en la industria de una rotura.

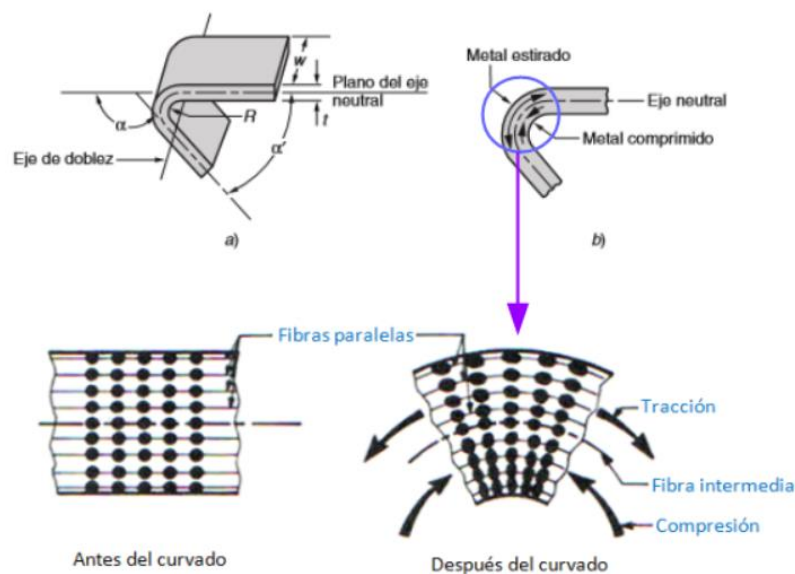
La reducción de la velocidad de doblado en el momento de curvar longitudes de mayor tamaño consistía en una posibilidad no factible debido a que tanto el tiempo de ciclo como pandeo de la pieza provocaban que el proceso no fuera constante.

Uno de los principales factores por los que sí afectaba era la zona de trabajo. Durante el proceso de doblado de varillas en la estructura interna del material se podrá diferenciar dos fibras. La primera de ellas, la fibra a tracción corresponde con la zona de radio exterior del curvado, por lo tanto, al producirse la rotura de fibras en esa parte el material superará correctamente el

límite elástico produciéndose consiguientemente una deformación elástica casi sin producir recuperación.

Por otro lado, se encuentra la zona de compresión correspondiendo al radio interior del curvado. La mayor parte de recuperación elástica se encuentra en estas fibras de material comprimidas, la principal razón es que al doblar no se supera completamente el límite elástico por lo que la varilla tenderá a recuperar su forma inicial.

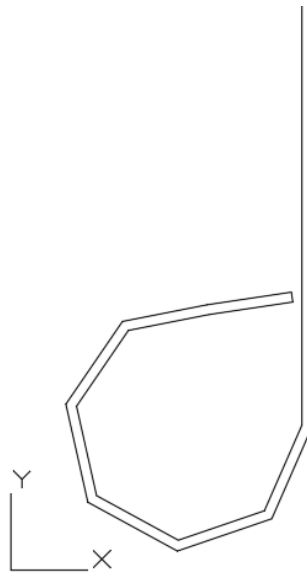
Con el fin de evitar los fenómenos nombrados anteriormente, se decidirá trabajar teniendo en cuenta el diagrama tensión- deformación aplicando una serie de cargas situadas en una zona próxima, superando la fluencia del material, en la que se experimentarán grandes deformaciones sin incremento de la fuerza. Gracias a ello se conseguirá fabricar varillas deformadas permanentemente sin riesgo de recuperación elástica.



**Figura 9.** Teoría del doblado.

A modo de compresión, en KH se dispone de un gran número de máquinas destinadas al doblado de varillas. En concreto, en gran parte de la producción el alambre empleado es de 2mm de diámetro bien sea galvanizado o fosfatado. Este tipo de alambre presenta dificultades para ser maleado, dureza y poca flexibilidad. Sin embargo, en máquina los factores nombrados anteriormente no suponen ninguna dificultad. El problema comienza en el momento de realizar loops cerrados.

En el momento en que se intenta programar un loop en un solo paso, las fibras de material, al producirse el doblado, no rompen completamente, superando el límite elástico. Debido a ello, el loop quedará totalmente abierto. A pesar de que una pieza en ese estado no es aceptable, el cliente ofreció la posibilidad de programar con el concepto multibending. Esta tecnología permite realizar el loop en diferentes pasos, es decir, el utillaje realizará un primer doblado, se recogerá, se colocará en su nueva posición y realizar un segundo doblado, finalmente, repetirá el proceso para juntar el extremo del loop con la varilla. Gracias a esta solución las fibras del material rompen completamente y el doblado queda totalmente deformado.



**Figura 10:** Loop doblado en modo multibending.

La fuerza ejercida en el curvado supone un factor clave en la teoría de doblado y conformado, sin embargo, dependerá totalmente de la máquina en cuestión. En este caso la fuerza de la máquina no supondría un gran problema, la razón por la que no presenta ninguna deficiencia es que, desde el comienzo del diseño de este equipo, el fabricante ha determinado que materiales y dimensiones de alambre puede emplearse y por tanto confirmar que, trabajando en el rango de posibilidades por las que ha sido diseñada no se producirá ningún tipo de problema, bien sea fuerza de doblado o cualquier otro factor mecánico.

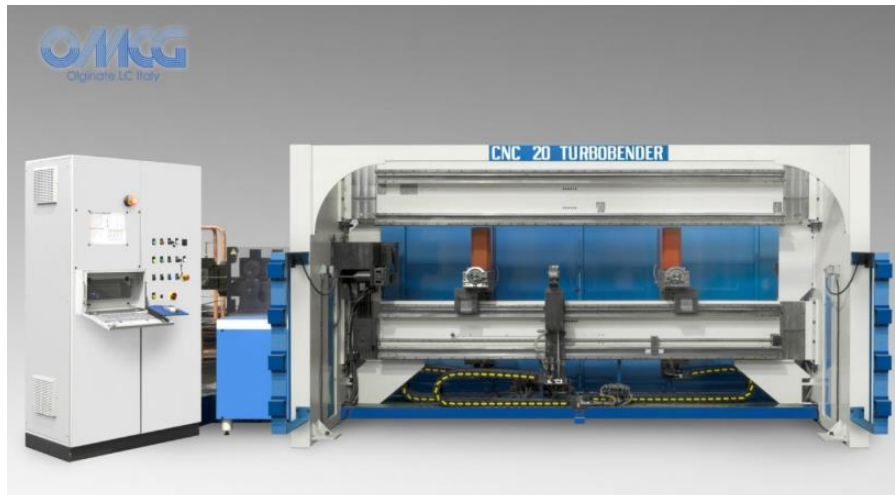
En consecuencia, entran en juego otros factores que determinarán la correcta geometría de la pieza. Durante el proceso de doblado, en el momento en que los platos dobladores entren en acción para curvar el alambre si la velocidad de actuación o rotación, fuerza y ángulos, entre otros factores, no sean los correspondientes, el material una vez acabada la pieza recuperará

una parte de su forma inicial. Dicho problema se trasladará en la validación, puesto que, al comprobar las tolerancias de pieza en galga, molde de la pieza con respecto a plano, presentará una serie de curvados y torsiones que no corresponderán con las tolerancias permitidas.

Cabe destacar que el principal objetivo de este proyecto consiste en diseñar un utillaje que reciba perfectamente la varilla, pudiendo adaptarla a su geometría teórica para así tener las condiciones esenciales de soldadura y la distancia de mordazas se guarden perfectamente. Por ello, adaptarse al utillaje de la máquina de soldar y realizar una soldadura correcta son los principales factores para resolver en este proyecto. Indefinidamente se debe subsanar cualquier tipo de problema que pueda surgir previamente en el doblado bien sea por actuación de fuerzas, radios de curvado o cualquier otro tipo.

#### 1.3.2.4 Maquinaria

La máquina sobre la que se realizará el proceso de conformado o doblado de la varilla trata de uno de los principales factores intervinientes en este proyecto puesto que determinará si la pieza encaja correctamente en el utillaje del soldador. Partiendo de la base en que la máquina fabrique piezas NOK, la soldadura se imposibilitará provocando grandes ineficiencias en el proceso productivo.



**Figura 11.** Máquina CNC Turbobender.

La Turbobender es un control numérico desarrollado y producido por la empresa italiana OMCG, encargada de llevar a cabo el procesado de hilo metálico. Se trata de una máquina destinada al doblado de metales cuya finalidad es la a fabricación de varillas de una determinada geometría que formarán parte del grupo constructivo de los asientos del sector automovilístico en otros.

Profundizando acerca de los componentes de la máquina en cuestión, se encuentra un enderezado plano en dos direcciones, sistema de corte neumático, dos cabezales y platos dobladores que permitirán realizar movimientos en tres direcciones X,YZ para facilitar al máximo el doblado de la varilla. Además de ello se dispone de un cabeza central, un gripper que permitirá amarrar la varilla y dar sentido a las torsiones. Supone uno de los factores más importante y delicado de esta máquina.



**Figura 12.** Cabezal central o gripper de CNC Turbobender.

Los platos dobladores son capaces de trabajar con alambre de 5mm de diámetro y generar curvas de diferente radio interno. Entre ellos encontramos radios interiores de 2mm.

En lo relacionado al desarrollo de la CNC, cabe destacar que el controlador u ordenador y cabina eléctrica se encuentra separado de la máquina. Alimentado eléctricamente por cableado cuadripolar, es decir, tres fases y una toma tierra, siendo el mínimo de sección de 4mm<sup>2</sup>.

Una de las principales ventajas de esta máquina es su gran disponibilidad y capacidad de doblado, puesto que consta de 9 ejes o motores capaces de realizar movimientos que el hombre sería incapaz. Por otro lado, comparando con las máquinas más actuales, se encuentra maquinaria con más de 20 ejes y movimientos.

### *TECHNICAL FEATURES*

Wire diameter -700 N/mm <sup>2</sup> tensile strength	3 mm to 10 mm
Wire diameter -600 N/mm <sup>2</sup> tensile strength	3 mm to 11 mm
Wire diameter -400 N/mm <sup>2</sup> tensile strength	3 mm to 12 mm
Variable feed speed	10 to 2000 mm/sec.
Feed accuracy	+/- 0,1 mm
Table length	3000 mm
Maximum wire length	3000 mm
Feeding centre line	1350 mm
Minimum straight line on the part	300 mm

### *BENDING AXIS*

Maximum distance between servowinder or servoslides	2700 mm
Winders can bend CW and CCW at speed of :	
• For small wire	90° in 0,5 sec.
• For large wire	90° in 0,8 sec.

### *AXES*

Axes able to move simultaneously or by interpolation	9
--	---

### *SPECIFICATIONS*

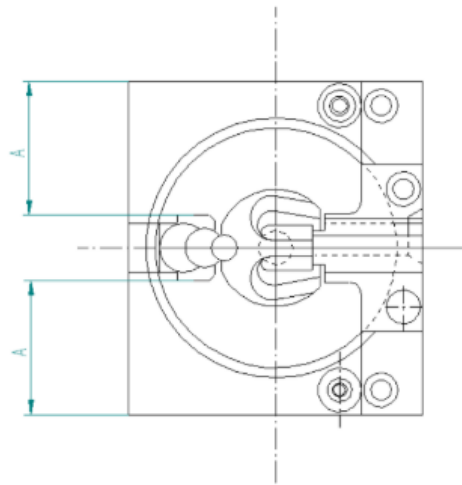
Required power	10 Kw
Hydraulic power pack	3,5 Kw
Power supply	400 V - 3ph - 50 Hz
Dimensions without decoiler (L x W x H)	4000 x 1800 x 2260 mm
Net weight	7.350 Kg

Seguidamente, uno de los principales factores intervinientes en el doblado de varillas son los platos o pivotes dobladores. Se trata de un tipo de utillaje diseñado explícitamente para el doblado de alambre que permiten trabajar, en este caso con bobinas de 5mm de diámetro. Dependiendo de las especificaciones de plano, radios internos, curvas y torsiones, el utillaje empleado variará.

La máquina consta de dos platos dobladores capaces de doblar alambre de 5mm de diámetro y generar curvas de diferente radio interno. Entre ellos encontramos radios interiores de 2mm.



La representación gráfica de los mismos es la siguiente:





**Figura 13.** Representación gráfica platos de dolado.

En KH Vives, se disponen de una gran variedad de utillajes de diversos milimetrajés par a las máquinas CNC. Sin embargo, por razones de productividad, como se ha nombrado anteriormente, solamente en esta máquina siempre se trabaja con alambre de 5mm de diámetro. Esta decisión se optó ya que los cambios de utillaje suponían un gran atraso de planificación.

Una vez identificada la maquinaria encargada de producir la referencia deseada, cabe destacar el tipo de alambre con el que se trabaja. En el momento en que se alimenta un dispositivo con un determinado hilo o alambre, obligatoriamente se debe identificar el material con un documento llamado HU. Dicho documento contiene toda la información correspondiente al material: nombre técnico, dimensiones, proveedor entre otros.

El hecho de implantar este tipo de documentación se debe a que cualquier problema acaecido durante la producción o posteriormente puede ser referenciado a través del departamento de Calidad y encontrar con facilidad la orden fabricación para así poder identificar todo el lote de producción.

El HU correspondiente al alambre de 5mm empleado en la Turbobender:

RECEPTOR	BAY / DOOR		
DOCUMENT NR. (N)	ADDRESS		
 N70070	NET WGT (KG) 0.0	GROSS WGT	NR BOXES 1
PART CODE (P)	<b>6106</b> 		
QUANTITY (Q) 1.485		DESCRIPTION CABLE ACERO NO-GALVA DIAMETRO-5MM C90 BRILLANTE	
SUPPLIER (S) 0361	SUPPLIER PART NO (SA) 6106		
CONTAINER NO (B) BOBINA	PRINT DATE 17/07/19	INC DELIVERY	
	HU NR. (H) WH0830591		

**Figura 14.** HU del material empleado en CNC Turbobender.

Una vez colocada la bobina en la máquina, se realizará una prueba de 5 piezas (SPC) sin doblar para comprobar que el enderezado del alambre es el correcto. En caso de las piezas no estén derechas, se ajustará el enderezador y alimentador de la máquina. Se repetirá sucesivamente hasta que el resultado del enderezado sea el requerido.

Tras realizar los diferentes ajustes correspondientes a enderezado, el siguiente paso consistirá en cargar la pieza en la CNC Turbobender. Dicho proceso no presenta dificultad puesto que esa referencia ya ha sido programada por el departamento de ingeniería. Sin embargo, en la mayoría de las veces la pieza no guarda la misma geometría que en anteriores ordenes de fabricación. Dicho esto, tras lanzar una pieza en máquina se procederá a comprobar bien sea en plano o en una galga 3D los diferentes puntos clave de la pieza. En el momento en que exista alguna torsión, longitud o ángulo fuera de las tolerancias permitidas se deberá reprogramar la pieza observando los puntos clave.

La interfaz implementada por OMCG, los fabricantes de la máquina, actualmente se encuentra desactualizada comparando con las nuevas maquinarias que dispone KH Vives. A pesar de la interfaz, por el contrario, el software permite trabajar y programar de la misma forma que en la maquinaria moderna. Esta CNC tras cargar la pieza, representa en pantalla la geometría de la pieza a fabricar indicando puntos clave sobre los que se trabajará en la programación.

De forma de ejemplo, la programación de la pieza a fabricar correspondería

Este proceso de programación se verá afectado por las decisiones del ingeniero a programar, puesto que decidirá comprobando con la galga qué torsiones, curvas, longitudes modificar y en qué medida para poder validar la pieza correctamente. Se trata de un proceso lento y de prueba constante.

La programación de piezas en esta CNC Turbobender se realizará siguiendo una serie de pasos previos. Antes de comenzar a trabajar directamente con la maquinaria, es preciso y de vital importancia diseñar la pieza a través de herramientas de dibujo asistido por ordenador. En este caso, en KH Vives se emplea el programa Catia V5 el cual permitirá diseñar las varillas solidas con respecto al plano que indica el cliente, Ford. Además de indicar todas las dimensiones, ángulos y torsiones que debe guardar la varilla, se encuentra las tolerancias permitidas.

Una vez diseñada la varilla en Catia, se identificarán una serie de puntos clave, dicho punto consiste en una zona crítica de la varilla, es decir, zona en la que existe cualquier tipo de rotación, curvado o incluso longitud. A modo de explicación de este concepto se podría decir que se corresponden con los vértices de una pieza.

En el momento de programar la pieza en máquina, el fichero de diseño guardado se abrirá en el programa CNC. En dicho programa encontraremos diferentes pantallas que permitirán ajustar la pieza no solamente en geometría si no modificar velocidades de giro e incluso rotaciones para colocar o extraer la pieza con la mayor eficiencia posible.

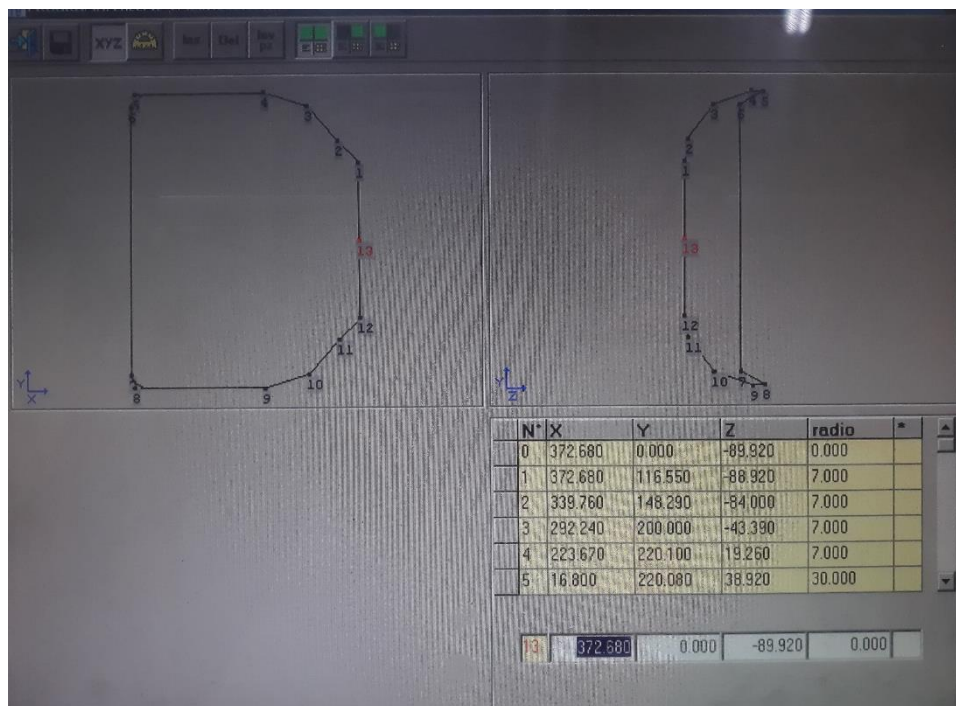
Independientemente de las velocidades del proceso, una vez que el programa esté cargado en la CNC, será el momento de lanzar una pieza. Esa primera pieza se comprobará en galga que ha diseñada conforme a plano y tolerancias. Una de las principales problemáticas que presentan este tipo de máquinas es que al cambiar de referencia o incluso durante una orden de fabricación de gran envergadura cabe la posibilidad de que se tengan que rectificar algunos de los puntos clave para que la pieza coincida perfectamente en galga.

Dicho esto, normalmente al lanzar la primera pieza se observarán, gracias a la comprobación en galga qué puntos modificar y en qué medida.

Actualmente la primera referencia sobre la que se aplicará la realización de este proyecto es la siguiente: **EM2BR632A34AA**.

Seguidamente tras realizar las primeras comprobaciones pertinentes en galga y en caso de tener que modificar cualquier punto, se abrirá el programa CNC para modificar geometrías.

En este caso encontramos el modelado de la pieza en 3D sobre el cual tenemos la capacidad de girar la pieza y una tabla con los distintos puntos clave sobre los que se trabajará.



**Figura 15.** Programa CNC referencia **EM2BR632A34AA**

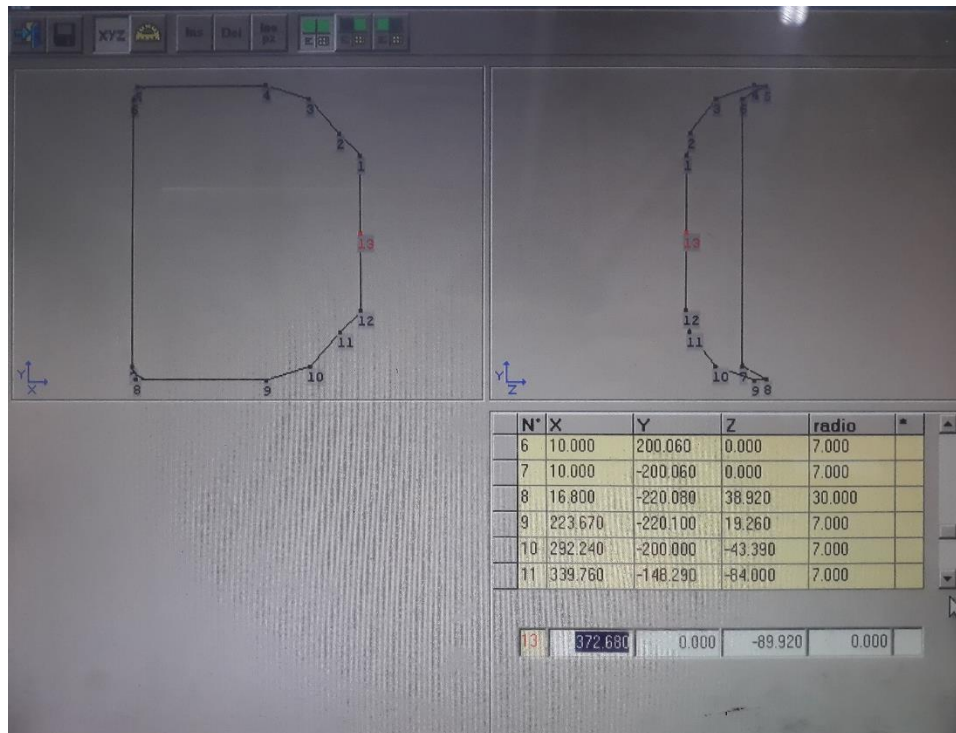


Figura 16. Programa CNC referencia EM2BR632A34AA



Figuras 17 y 18: Comprobación de piza en galga. Soldadura OK.

En el momento en que el ingeniero finaliza las modificaciones en la programación de la pieza y la geometría obtenida es, aparentemente, correcta, se procederá a su validación en galga.

Una vez la pieza sea totalmente correcta para producir, es el momento de comenzar el proceso de soldadura. Dicho proceso de soldadura es el principal objetivo de este proyecto.

El conjunto del proceso productivo se encuentra formado por más una máquina, por un lado, encontramos la máquina CNC TURBOBNEDER encargada de dar la geometría exacta al alambre. Por otro lado, se dispone de una máquina de soldadura por resistencia la cual admitirá las piezas a través de un utillaje, propuesto para rediseñar y mejorar.

Profundizando en la máquina de soldadura, se trata de un grupo constructivo esencial para llevar a cabo la producción. Partiendo de la base de que es uno de los factores primordiales de este proyecto debido a que un mal diseño en el utillaje de colocación de varillas determinará si la pieza encaja correctamente en el utillaje del soldador. A pesar de que el diseño del utillaje de colocación sea totalmente correcto se deberá tener en cuenta una serie de matices que trataremos más adelante.

La Máquina M137 es una unidad completamente independiente, en concreto un robot de soldadura desarrollado y producido por la empresa italiana OMCG. La principal función de este tipo de maquinaria es realizar la soldadura de varillas mediante el método de resistencia.



**Figura 19.** Máquina soldadora M137.

M137 está constituida por una serie de instalaciones completamente diferenciadas, en concreto son tres. La primera de ellas corresponde con el cuadro eléctrico controlador de los movimientos y parámetros del equipo soldador.

En adición, dispone de una instalación neumática completamente equipada con filtros y unidades de presión en constante funcionamiento que indicarán fallo en el momento en que la presión descienda a unos bares determinados.

Por último, cabe destacar el grupo de soldadura BCR, constituido por transformadores de corriente, electrodos y un circuito refrigerante.

Todas estas instalaciones forman parte de una sola unidad en esta máquina. La recogida de piezas, el proceso de soldadura y su posterior descarga se realizada tras una secuenciación de movimientos del robot, el cual realiza movimientos de todo el conjunto de 90º totalmente automáticos.

#### *TECHNICAL FEATURES*

##### *PICK AND PLACE FEATURES*

Electromechanical table rotation	90°
Table rot. Motor power	1.1 Kw
Approach stroke to machine	400 mm
Pick-up claw stroke	160 mm
Pick-up claw power	100 Kg
Electrode width	30 mm
Minimum straight part dimension	130 mm
Minimum piece dimension	140x80 mm
Maximum piece dimension	750x750 mm

##### *WELDING FEATURES*

Transformer power	60 kVa
Max. rod diameter	8 mm
Min. rod diameter	2.5 mm
Electrode locking power	400 Kg
Welding thrust	150 Kg

The unit's time for one cycle is 6 seconds. The production time of piece, putting the unit line, increase by only 7.5 sec. since welding and piece unloading are done while the machine is producing the piece.

##### **GENERAL FEATURES**

Overall size (L x W x H)	1950x1550x1600 mm
Weight	For CNC61 1276 Kg



Electrical power supply	For CNC20 1120 Kg
Power installed	3 cables+earth c/s 25 mm <sup>2</sup>
Electrical line protection	60 kVA
Air supply	0.3 A differential switch with 125 A magnetothermal
Operating pressure	Quick coupling with 11 mm internal diameter pipe
Air consumption at 6 bars/cycle	6 bars
Cooling water supply	4.6 l
Water consumption	With 10 mm internal diameter retinated pipe
Average cycle time	1.5 l/min
	6 sec.

Profundizando detalladamente en las diferentes instalaciones de la máquina soldadora, se pueden diferenciar tres partes constructivas independientes completamente y de vital importancia:

- Equipo soldadura BCR: la soldadura es un proceso de fabricación o escultural empleado para unir dos o más piezas, generalmente metales o inclusive polímeros termoplásticos. Mediante la fusión del material base y por lo general, la adición de un material de relleno.

Focalizando en el tipo de soldadura empleado en M137 corresponde con la soldadura por resistencia, comúnmente conocida por inducción. Esta tipología es considerada un proceso de fabricación termoeléctrico efectuada por el calentamiento que experimentan los metales, llegando hasta la temperatura de forja o fusión. Dicho aumento de la temperatura que presentan los materiales se debe a su resistencia eléctrica: oposición que presentan los materiales para que fluya la corriente eléctrica a través de ellos.

Soldadura de tipo autógena en la que no se precisa la intervención de material de aporte. Consta de electrodos por los que transmitirá la corriente eléctrica a las piezas a soldar. Una vez unidas las zonas deseadas se ejercerá presión por parte de los electrodos y se hará fluir la corriente eléctrica alterna de gran intensidad durante un instante. La zona de unión de las dos piezas, al presentar la mayor resistencia al paso de corriente, sufrirá un gran calentamiento y fundirá el material realizándose la soldadura.

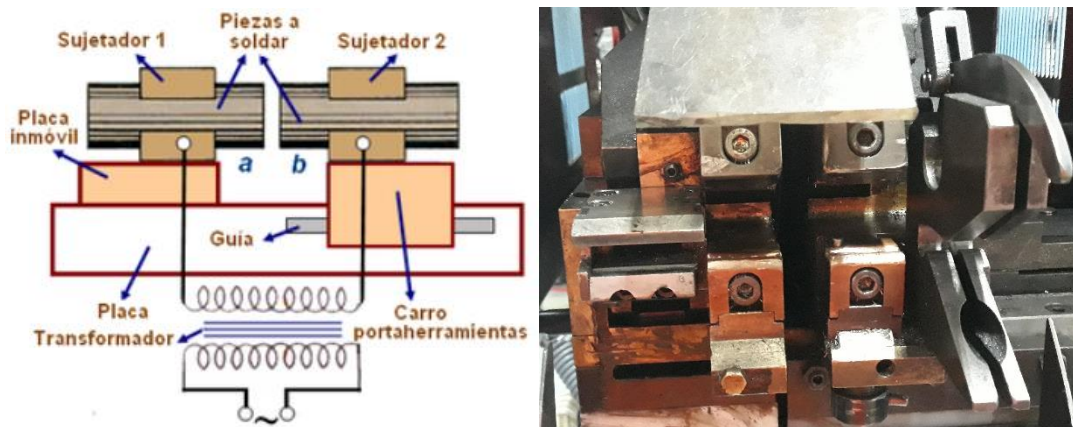


Existen diferentes tipos de soldadura por resistencia:

- Soldadura por puntos.
- Soldadura por proyecciones.
- Soldadura por costura.
- Soldadura a tope.
- Soldadura a chispa.
- Soldadura de hilo aislado.

De entre todos los diferentes tipos de soldadura que emplean la metodología de inducción/resistencia, concretamente la máquina M137 realiza la soldadura a tope.

Como se puede comprobar en la siguiente ilustración, se representa la simulación de la varilla sobre la máquina M137. Los sujetadores de los extremos de la varilla corresponden con los electrodos por los que circulará la corriente alterna. Los electrodos con el fin de facilitar una buena colocación de la varilla, se encuentran mecanizados. En concreto tienen una entalla en forma de semicírculo, la cual aumentará la superficie de contacto entre electrodo y varilla asegurando así que la circulación de corriente sea la correcta.



**Figura 20.** Representación gráfica y real de la soldadura a tope.

Teniendo en cuenta las diferentes instalaciones que forman la máquina M137 e intervinientes en el proceso de fabricación de las varillas estudiadas, únicamente faltaría por dar a conocer la instalación neumática y sus funciones.

Encontramos una instalación neumática que trabaja con una presión máxima de 6 bar. Dicha instalación se encuentra formada por una serie de elementos neumáticos, cilindros de doble efecto y sensores, que permitirán al utillaje de colocación de la varilla efectuar su correcta función.

En concreto la instalación consta de los siguientes elementos:

- Electroválvulas 5/2 con accionamiento eléctrico y retorno por resorte.
- Reguladores de caudal.
- Cilindros neumáticos de doble efecto.

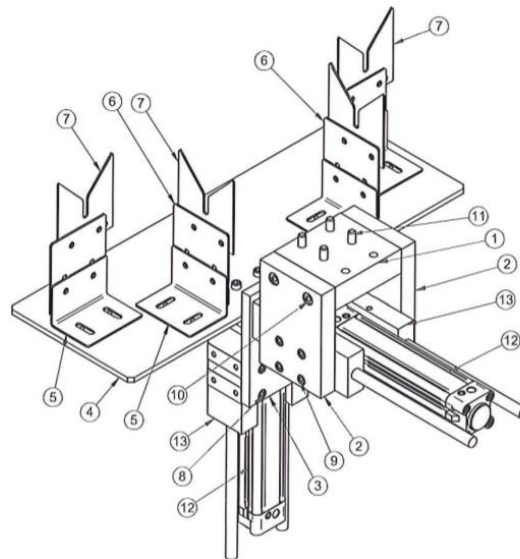
La principal función de la instalación neumática es realizar los movimientos correspondientes del ciclo de trabajo para poder mover la máscara la máscara, es decir, el utillaje por el que se ha pedido el rediseño justificado en este proyecto adquiere el nombre de máscara.

En adición, únicamente no solo se realizan los movimientos competentes de la máscara, sino que además es el encargado de accionar un brazo extensible dotado de una mordaza la cual permitirá amarrar la varilla una vez que ya ha sido posicionada sobre el utillaje. En el momento en que el brazo de transporte ha amarrado la pieza, el circuito neumático se encargará de retirar el utillaje, llevándolo a su posición inicial. Finalmente, si la colocación de la varilla sobre el utillaje es la correcta y se cumplen las condiciones de diseño indicadas en el plano Nº6, el cual indica las distancias que debe tener las varillas frente a los electrodos para proceder a su correcta soldadura.

Profundizando técnicamente en el utillaje de transición entre la máquina CNC Turbobender y la máquina M137, encontramos un grupo constructivo formado por una serie de elementos posicionadores y de amarre. Concretamente se trata de bridas de amarre en forma de V.

La elección de este tipo de amarre por parte del fabricante habrá sido impuesta tras realizar un estudio del plan de procesos, es decir, eligiendo que tipo de utillaje es el indicado para cada función. La función de estos útiles, ya estudiadas en la asignatura del grado de ingeniería mecánica sistemas de producción industrial, proporcionan gran información acerca de lo que realizará la varilla en su movimiento de posicionamiento. Las bridas en forma de V, gracias a su geometría, guiarán a la varilla a colocarse correctamente sobre el utillaje en el momento de la transición entre la máquina CNC Turbobender y el robot de soldadura M137. Dicha colocación debe ser muy precisa puesto que se debe colocar de tal forma que guarden las distancias de este plano perfectamente.

Representación gráfica de la máscara y explicación del proceso:



**Figura 21.** Utillaje propuesto a rediseñar.

Como se puede comprobar en la ilustración se representa la máscara o utillaje de colocación de varillas y dos actuadores lineales encargados de efectuar los movimientos del utillaje al recibir la varilla.

El ciclo de producción de la pieza sucede siguiendo estas instrucciones:

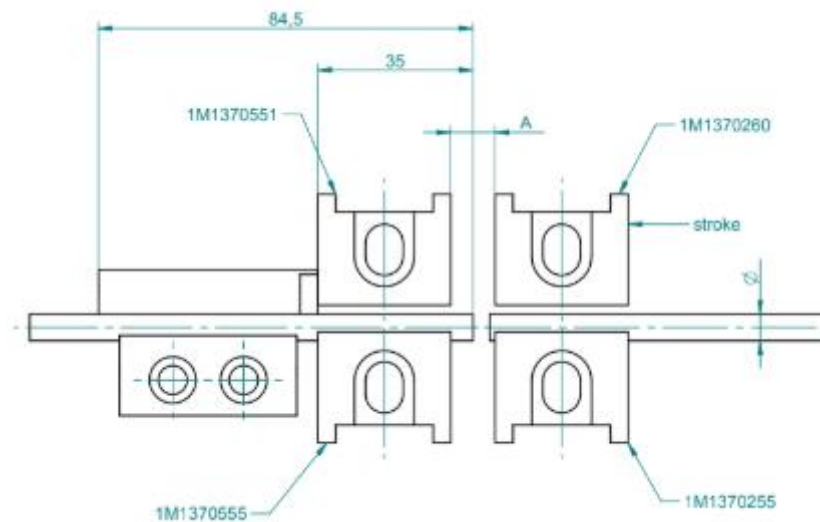
Conformado de varilla: una vez que la máquina CNC Turbobender ha doblado la varilla de forma correcta con respecto a plano y galga el proceso de la máquina soldadora M137 comienza.

Las últimas instrucciones en la macro de la Turbobender corresponden a una secuencia de movimientos realizados por el gripper o cabezal central de la máquina, dichos movimientos permitirán colocar la varilla en un ángulo de 75° aproximadamente. La razón por la que el gripper rota la pieza en ese ángulo es para facilitar el ajuste de la pieza en la máscara y así poder efectuar una descarga con un mínimo de impulso. Además de la rotación de la varilla, la velocidad de rotación se reduce debido a que por geometría de la pieza puede darse el caso de que el gripper pierda agarre y no proporcione el ángulo correcto para la descarga en la máscara.

En caso contrario, en el momento que la pieza no se coloque en posición de 75° sería totalmente imposible colocar la pieza sobre el utillaje.

Por otra parte, el procedimiento de la máquina M137 comienza al recibir la señal rotación por parte de la CNC. La secuenciación tiene lugar con la rotación de la mesa robotizada con un giro completo de 90º para posicionarse y recibir la varilla. Una vez rotada, la instalación neumática comienza su función desplazando en sentido positivos de los ejes cartesianos X e Y la máscara. Seguidamente, como explicado anteriormente, el cabezal central de la maquina impulsará la varilla sobre la máscara. Finalmente, los últimos movimientos de la secuencia corresponderán a los actuadores cilíndricos instalados por los que la varilla recibe el guiado a través de las bridas en forma de V dispuestas en el utillaje. El utillaje deberá proporcionar a la varilla las condiciones medidas correctas para proceder a su soldadura. En caso de que no se guarden las distancias pueden ocurrir dos situaciones. La primera de ellas es que los extremos de la varilla se encuentren muy separados y los electrodos no consiguen unir ambos cantos. Por otro lado, la situación en que los extremos se encuentran muy próximos, esto provocará que los brazos de alambre se monten y provoquen un gran chispazo. Esta segunda situación puede provocar daños tanto en maquinaria como personales, es un factor para evitar.

Cabe destacar que la posición que adquiere la varilla sobre la máscara debe ser preciso, es la principal razón de hacer un buen diseño de este utillaje.



**Figura 22.** Parametrización de distancias.

Dándose el caso de no cumplirse estas condiciones nombradas anteriormente, cabe la posibilidad de que la mordaza colisione con el utillaje en el momento en que se retira el utillaje.

El principal hecho de la realización de este proyecto se debe a la siguiente problemática. La principal razón se debe al gran número de piezas mal soldadas durante las órdenes de fabricación. Comprobando las posibles razones que pueden ocasionar la mala soldadura se encuentran un mal posicionamiento en el utillaje de transición de una máquina a otra, es decir en la máscara. También cabe destacar que otra posibilidad de fallo se encuentra en un mal doblado de la pieza, sin embargo, al realizar una pieza sin el proceso de soldado, al comprobar en galga, la varilla encaja perfectamente en el molde cumpliendo con todas las tolerancias.

Dicho esto, el mayor problema se encuentra en la máscara cuya geometría o diseño no es el adecuado y no permite a la varilla adoptar las dimensiones obligatorias de la Figura 22.



**Figura 23.** Movimientos brazo extensible y mordaza.

## 1.4 Soluciones alternativas

La finalidad de este proyecto se encuentra en suplir, en la mayor medida posible, la fabricación de piezas mal soldadas, piezas NOK.

Durante el transcurso de un turno de trabajo se observaron todos los movimientos del proceso productivo, tanto en máquina como comprobando las piezas y detectando posibles matices que ocasionen el fallo de piezas mal soldadas. Llegando a la conclusión de que el mayor causante de piezas mal soldadas se encontraba en el utillaje de adaptación de la varilla en la máquina M137. Debido a ello se debe poner una solución que provoque una disminución de piezas mal soldadas y poder así aumentar el factor OEE del conjunto de máquinas.

OEE: Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos es un valor porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. Una de las principales ventajas del OEE es que mide todos los parámetros fundamentales en la producción como pueden ser: disponibilidad, eficiencia y calidad. Con el fin de considerar un OEE elevado, todos los departamentos deben trabajar en equipo para garantizar los diferentes factores nombrados anteriormente.

El rediseño del utillaje del soldador M137 se ha realizado siguiendo la misma estructura conceptual, es decir, empleando las mismas bridas de amarre en forma de V, además de los materiales de construcción.

Contrariamente se han realizado distintas comprobaciones de la posición que debe tener cada brida de amarre en forma de V, es decir, dependiendo de la geometría de la varilla y las necesidades de corrección de la posición se han variado tanto en número como colocación.

No es lo mismo que una determinada varilla necesite para su colocación solamente 3 uñas en forma de V y que estén dispuestas una seguida de otra sin efectuar ningún esfuerzo para modificar la posición.

Por lo tanto, la primera necesidad de este rediseño ha sido estudiar correctamente el número de bridas necesarias en cada referencia y la posición que iban a adoptar. Desde este punto de vista resulta una faena de baja complejidad, sin embargo, teniendo en cuenta el gran porcentaje de causar una colisión en máquina y fallos mayores que puedan causar paros en la producción, se debe realizar un estudio detenidamente en el que se deberán considerar una gran variedad de factores.

Entre las diferentes soluciones planteadas para cumplir con el principal objetivo de este proyecto, reducir el número de piezas mal sodadas y por lo tanto aumentar el OEE se realizará un rediseño del utillaje de la máquina M137, se encuentran las siguientes propuestas.

#### 1.4.1 Primera solución alternativa:

La primera solución adoptada llevada a cabo prácticamente in-situ tras haber realizado el estudio de posibles fallos y haber detectado exactamente las causas del fallo de piezas NOK.

De primera mano se intentó solucionar el problema sin realizar ninguna modificación de gran peso. Tras modificar la posición de las vibras en forma de V para ajustar la pieza a la mordaza y pinza del soldador no se consiguió ninguna mejora aparente. El problema se solucionaba en un momento repentino, sin embargo, se cometían los mismos fallos tras realizar 10 o 15 piezas, en el momento que la varilla golpeaba el utillaje, se recuperaban las condiciones iniciales.

Además de ello, se implementaron una serie de imanes colocados sobre las bridas de amarre en forma de V. De antemano, la funcionalidad de dichos imanes se encontraría en forzar a la varilla posicionarse correctamente sobre las hendiduras de las bridas en forma de V. Como en el caso anterior el problema se solucionaba de forma repentina. Tras comenzar la producción en serie, en un momento oportuno la varilla comenzaba a golpear las bridas del utillaje ocasionando deformaciones indebidas y por lo tanto una mala colación de la pieza sobre las mismas. En consecuencia, la gran mayoría de varillas no entraban en el utillaje provocando que ni el brazo de transporte ni la mordaza pudieran amarrar la pieza para dirigirla sobre los electrodos de soldadura a punta.



**Figura 24.** Primera solución adaptativa, imanes.



Como se puede observar en Figura 24, se muestra el sistema de unión del imán con el utillaje. A pesar de que el montaje empleado con una tuerca y un tornillo permitía regular la altura del imán resultaba una tarea complicada posicionar el alambre debido a los grandes golpes que producía la varilla sobre el utillaje. Uno de los hechos detectados era que el imán no conseguía amarrar totalmente la pieza puesto que se producían rebotes de la varilla sobre el utillaje.

#### 1.4.2 Segunda solución alternativa

Con el fin de evitar esos golpes se intentó llevar a cabo una modificación de la macro. Dicha modificación consistía en reducir la velocidad en la que el gripper o cabeza central depositaba la pieza sobre el utillaje. La velocidad del cabezal central se consiguió reducir hasta un punto en el que la varilla no patinaba sobre las mordazas. Finalizando así este procedimiento de mejora evitaríamos que la varilla golpeará y que el imán realizara su correcta función.

A pesar de ello, el par de rotación sufrió tanta reducción que la varilla no conseguía posicionarse sobre el utillaje quedándose apoyada sobre las bridas de amarre, es decir al comienzo del guiado. Debido a ello, el imán no conseguía atraer la pieza, y en caso contrario la posición la varilla no correspondía.

#### 1.4.3 Tercera solución alternativa

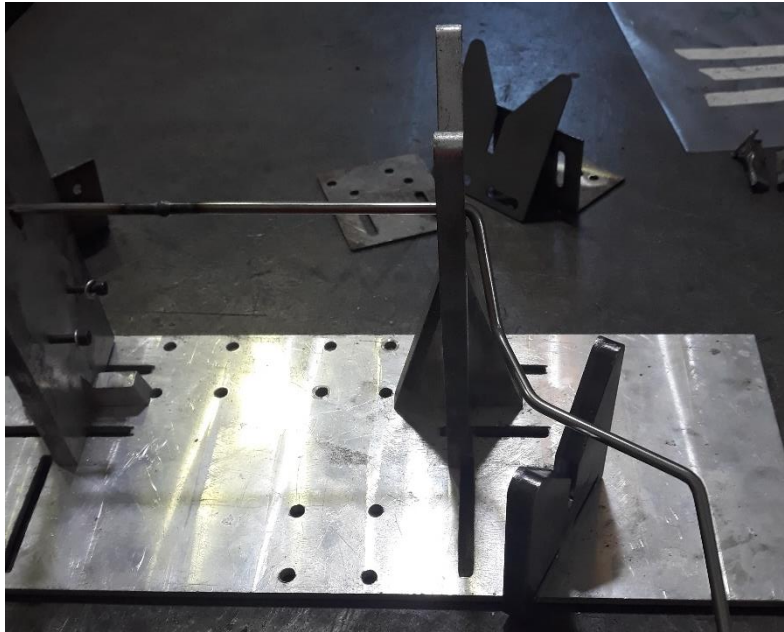
Otra de las soluciones adaptadas y pensadas para evitar la realización de piezas NOK se fundamentaba en cambiar las bridas en forma de V del utillaje. La principal la razón por la que se decidieron realizar cambios se debía al espesor de las misas, una lámina de acero de 2mm de espesor que tras ser golpeada repetitivamente deformaba provocando fallos en la colocación de las varillas. La solución optada fue reemplazar estas bridas por otras de mayor espesor, en concreto, el mismo material y mecanizadas en una sola pieza. Provisionalmente las piezas nuevas no deformarían al ser golpeadas por la varilla, guardando su posición y evitando mala colocación en el utillaje. Cabe destacar que la implementación de imanes se consideraba. Además de la mejora del espesor de las bridas, otro factor importante se encuentra en la superficie de deslizamiento de las varillas sobre toda la canal de guiado. Sin embargo, tras realizar una serie de pruebas fuera de máquina, resultaba ser una solución complicada, básicamente por dos factores principales.

El primero de ellos y más complejo era la imposibilidad de realizar ajustes manuales de la máscara. A modo de explicación, los técnicos encargados únicamente modifican algunas distancias del utillaje para adaptar la pieza al soldador. Por lo tanto, en el momento en que una



pieza necesitará un par de milímetros de modificación en altura o posición horizontal sería imposible adaptarla.

Otro de los factores a considerar era el peso que debería soportar el sistema de guías que permite elevar y mover el utillaje de la máquina soldadora para adaptarlo a la correcta posición en el momento de la recepción de la varilla.



**Figura 25.** 3ª Solución adaptativa.

En el momento en que tras intentar varias soluciones para evitar el problema que se estaba produciendo y sin conseguir el objetivo, fue el momento oportuno para realizar un consenso en grupo para dar una solución duradera y constructiva.

#### 1.4.4 Cuarta solución alternativa:

La cuarta solución por la que se había optado no corresponde demasiado con las anteriores propuestas, sin embargo, tras estar barajando diferentes opciones, se llegó a un consenso de implementar una serie de pistones neumáticos que permitieran o efectuaran la colocación de la varilla sobre el utillaje, es decir, con la ayuda de elementos exteriores proceder a la colocación correcta.

Con esta solución se pensaba que evitaríamos la realización de piezas NOK gracias a la disposición de una instalación exterior que favorezca a la correcta posición de la pieza sobre las bridas en forma de V. Cabe destacar que se trata de una solución mucho más laboriosa en la que se debe estudiar perfectamente las limitaciones que encontramos. En máquina se deben tener en cuenta factores tanto mecánicos como espacial, es decir, es necesario verificar la posibilidad

de poder conectar los nuevos pistones la instalación neumática interna sin la necesidad implementar nuevos dispositivos. Además de ello, el espacio disponible debe estar bien definido con el fin de evitar posibles colisiones que dañen las bridas de amarre o incluso la máquina.

### 1.5 Descripción detallada de la solución.

Tras identificar todos los factores que afectaban al proceso productivo de las varillas, se llegó a la conclusión de enfocar la visión del utillaje de otra forma. Esta solución consistía en realizar una serie de una serie de modificaciones sobre el utillaje que evitaran la realización de piezas NOK. Esta serie de piezas no válidas estarán determinadas por la forma en que se produzca la soldadura por resistencia a la que se someten las varillas fabricadas. La metodología empleada en el proceso de soldadura consiste en la tipología “a punto” por lo que los extremos de las varillas serán unidos.

Una de las grandes limitaciones que se dispone sobre este utillaje es guardar las distancias correctas para favorecer el proceso de soldadura, como se muestra en la Figura 22. Actualmente una de las actuaciones que producen grandes paros de tiempo corresponde a la preparación previa a producción. Mayoritariamente los ajustes manuales son unos de los factores que se pretende evitar con este proyecto.



**Figura 26.** Ajustes manuales sobre el utillaje.

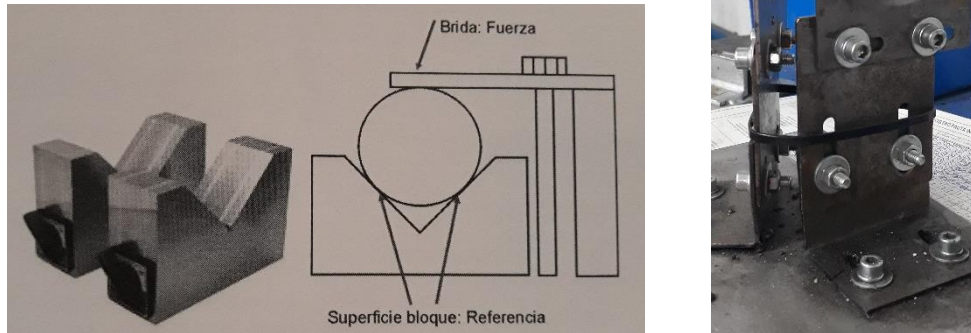
Por ello, como las anteriores soluciones optadas conseguían reducir o incluso evitar el problema acaecido, pero sin conseguir repetitividad de producción OK, se optó por la implementación de un sistema neumático formado por una serie de pistones bien sea de tipología rotativa o lineal.

La principal función de estos pistones consiste dirigir la varilla hacia las guías de las bridas en forma de V. Estos movimientos se efectuarán una vez que la máquina Turbobender haya depositado el alambre sobre el utillaje del soldador. En concreto la forma de actuación se efectuará previamente a la salida del brazo extensible encargado, a través de su mordaza de amarrar la pieza y proceder a su soldadura, como se puede observar en la Figura 23. Por lo tanto, es de vital importancia conocer qué partes de la instalación neumática accionan los movimientos del brazo de transporte o extensible puesto que el movimiento necesario para llevar a la varilla a su correcta posición en el utillaje debe producirse antes de la salida de este brazo.

En el momento en que dicho brazo y mordaza actúen sobre la varilla, el accionamiento de los pistones resultará una acción inapropiada puesto la varilla no habrá sido guiada hasta su posición óptima. En consecuencia, es muy probable que las distancias obligatorias a guardar sean incorrectas.

A pesar de realizar un rediseño del utillaje implementando una nueva instalación, el tipo de amarre diseñado por el fabricante de la máquina no se ha de modificar. Desde el punto de vista de la planificación de procesos teniendo en cuenta las diferentes posibilidades de amarre de piezas cilíndricas la mejor posibilidad se encuentra en las bridas y bloques en V. Gracias a la aplicación de los bloques en V se disponen de dos superficies de referencia o apoyo, tal y como se muestra en la Figura 27. Sin embargo, en KH los bloques en V que disponemos presentan una hendidura, es decir, una guía adaptada al grosor de la pieza permitiendo un milímetro de tolerancia. Cabe destacar que el acabado no es pico, por lo tanto, obtendremos una superficie de apoyo de media circunferencia de varilla.

Gracias a la colocación de las bridas de amarre en la posición determinada favoreceremos, por lo tanto, obligando la varilla con los pistones a guardar la correcta posición repetidas veces.



**Figura 27.** Bloque en V teórico e instalado.

En el momento en que obtengamos una repetitividad en la correcta colocación de la varilla sobre el utillaje, sabremos de antemano que las piezas soldadas serán todas OK puesto que el robot soldador M137 trabaja en un régimen constante provocando errores mínimos durante las ordenes de fabricación.

Además de la implementación de los pistones en el utillaje, se decidió reestructurar en la medida de lo posible la colocación y el número de bridas de amarre en forma de V. La finalidad de esta modificación consiste en que por razones de peso debemos montar las bridas de 2mm y por lo tanto la necesidad de que esas bridas trabajen perfectamente sobre los puntos clave. Es decir, necesitamos ver más allá y colocar las bridas de forma que efectúen la mayor fuerza posible para dirigir la varilla a su correcta posición.

### 1.6 Justificación detallada de los componentes

Una vez conocida la propuesta de la solución a realizar y sabiendo cuál es el objetivo del proyecto se comienza con las primeras labores de este proyecto.

En concreto se explicará de forma detallada el procedimiento de actuación para solventar este proyecto.

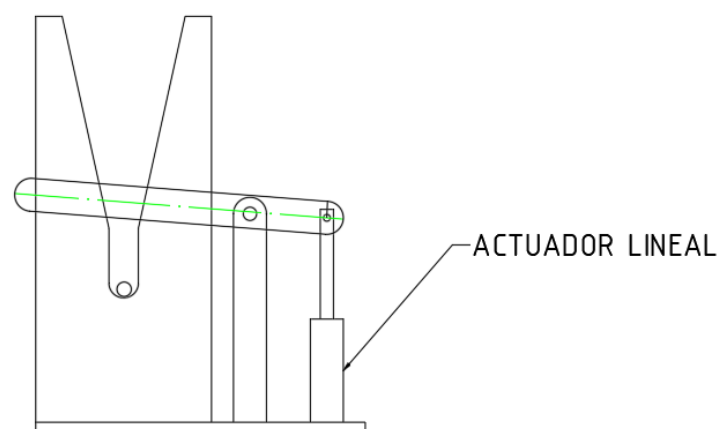
Principalmente la primera labor a realizar consistía en realizar mediciones y comprobaciones en el utillaje propuesto a rediseñar. Los primeros datos de partida se extraían trabajando directamente sobre el utillaje montado en máquina. Debido a la gran variedad de referencias y utillajes es de vital importancia conocer la planificación de producción para saber en qué

momento la referencia a estudiar finalizaba su producción para poder comenzar tranquilamente con las mediciones de todo el utillaje. Además de las mediciones, se realizó una observación detenida del estado del utillaje. Las zonas detectadas cuyo estado era desfavorable se tuvieron en cuenta para trasladarlo posteriormente a la fase de diseño.

Seguidamente, una vez obtenida todas las dimensiones, el siguiente paso consistía en trasladar la información obtenida al ordenador. Gracias a las herramientas de dibujo asistido por ordenador se consiguió realizar el diseño actual del utillaje. Partiendo de esa base actual limitaciones en distancia, hipótesis y formas de resolución, con la ayuda de AutoCad se realizaron diferentes rediseños del utillaje.

Concretamente el primero de ellos, consistía en una restructuración de las bridas de amarre en forma de V. En concreto, se aumentaron en número y modificada su posición. La estrategia de modificar la posición se encuentra en administrar de la mejor forma posible el espacio y poder así obligar a la varilla a adaptarse a una posición determinada. Uno de los principales problemas detectados se encontraba en que las bridas, suficientes en número, actuaban una tras otra dejando muy poca longitud de separación, por lo que no se conseguía perfectamente orientar la varilla.

Seguidamente, pensando en instalaciones neumáticas lo primero que se viene a la mente son los pistones de actuación lineal. Aparentemente la solución que implementaba pistones lineales parecía correcta. Este tipo de instalación necesitaría de la mecanización de piezas especiales y amarres que simularan el efecto palanca sobre el pistón para así poder orientar la varilla.



**Figura 28.** 1º Diseño. Efecto palanca.

En el momento de imprimir en escala real, 1:1 el primer utillaje diseñado, se detectó que, por razones de espacio y posibilidad de colisión con partes constructivas de la máquina, suponía imposible emplear esa concepción de pistón lineal. Además de esas limitaciones, la mecanización de piezas conllevaba la fase de estudio, diseño y fabricación, provocando aún más costes en el proyecto. Principalmente, se quería evitar la instalación de un gran número de componentes sobre el utillaje.

A partir de ese momento, comencé a realizar investigaciones en diferentes fabricantes de actuadores neumáticos. Existen otros tipos de actuadores: giratorios, en concreto los de tipo DRVS del fabricante Festo. A través de su eje de giro, permiten accionar cualquier tipo de movimiento. Se consideran como uno de los actuadores giratorios más ligeros del mercado, además de resistir polvo y altas temperaturas, como podría ser el caso de la soldadura.

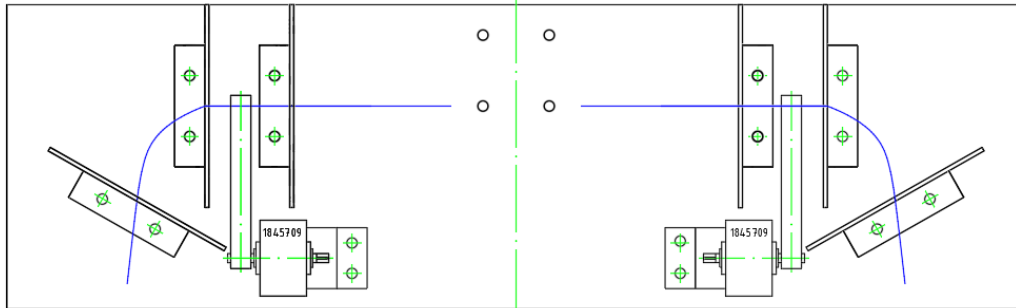
La principal función de estos actuadores consiste en la rotación de un eje debido a la entrada y salida de aire. De primera mano parecía una solución poco común, sin embargo, tras estudiar y rediseñar el utillaje siguiendo las indicaciones CAD del fabricante, la posibilidad de implantar dichos pistones rotativos resultaba bastante eficiente bien sea tanto en espacio, funcionalidad y posibilidad de amarre.



**Figura 29.** Actuador neumático giratorio DRVS Festo.

En el momento en que nos decantamos por este tipo de actuadores giratorios, se realizó de nuevo la fase de diseño del utillaje, empleando la misma metodología que en la propuesta anterior. El resultado de la instalación de los dos actuadores giratorios se puede observar en la Figura 30. Sin embargo, esta opción no resulta del todo correcta, debido a que la posición en la que se encuentran situados los pistones imposibilita la extracción de la pieza. En el momento en el que el pistón no esté actuando, su posición será de 180° (abierto) por lo tanto la varilla al ser

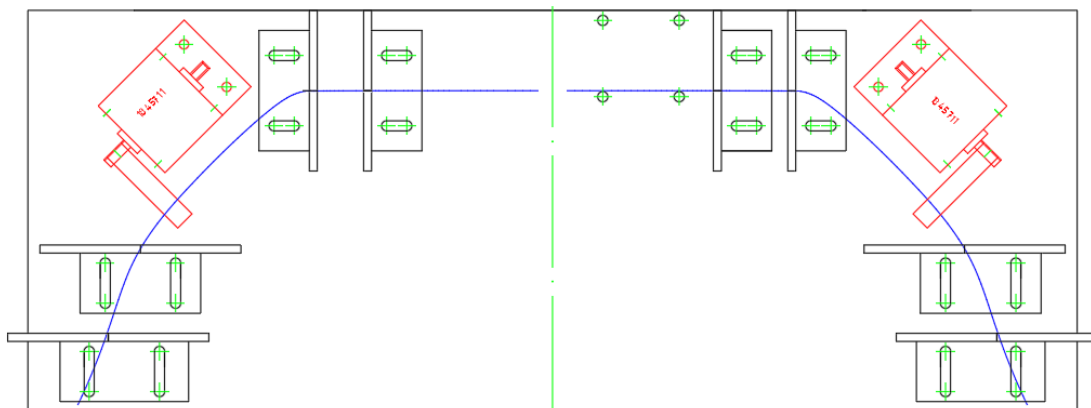
expulsada golpeará sobre el accionador provocando así una mala descarga o extracción de piezas.



**Figura 30.** 2º Diseño propuesto.

A partir de este momento, se estudió la posibilidad de reordenar los componentes del utillaje.

Una vez en que el 3º diseño propuesto, Figura 31, estaba aprobado, comprobado y validado. El siguiente paso consistía en elegir qué tipo de pistón emplear. La marca FESTO, proveedor mundial de soluciones de automatización mediante tecnología neumática, electrónica y de redes para todo tipo de procesos y actividades disponía de una gran variedad de actuadores rotativos.



**Figura 31.** Diseño definitivo del utillaje.

Desde un primer momento el objetivo principal resultaba elegir un pistón lo más reducido en tamaño posible, para ello se adaptaron los diseños CAD del utillaje a las dimensiones de dichos pistones.



La elección del pistón no podía realizarse escogiendo el más reducido de todos Figura 31, en el momento que eliges un pistón inadecuado cabe la posibilidad que no efectuó las labores por las que ha sido diseñado.

Desde la web del fabricante Festo se disponen de todas las fichas técnicas de los productos que fabrican. La necesidad de determinar la fuerza y dimensiones de cada sensor suponía un factor de gran importancia. Un actuador neumático muy reducido en tamaño, pero sin fuerza para dirigir la varilla de 5mm sobre las guías de las bridas resulta una pérdida de tiempo y dinero.

La necesidad de conocer la fuerza que se debe ejercer sobre la varilla para introducirla sobre la guía del bloque en V resultaba una labor complicada. Aparentemente colocando la varilla sobre las V del utillaje y simulando el movimiento del pistón resultaba imposible identificar numéricamente la fuerza o peso a realizar.

Entre las diferentes dimensiones de actuadores giratorio permitidas en el diseño del utillaje, los pistones que podrían implementarse son los siguientes:


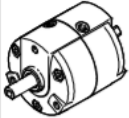
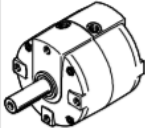
Referencias	Tamaño	Ángulo de basculamiento	Sin certificación ATEX	
			Nº art.	Tipo
	6	90°	★ 1845706	DRVS-6-90-P
		180°	★ 1845707	DRVS-6-180-P
	8	90°	★ 1845708	DRVS-8-90-P
		180°	★ 1845709	DRVS-8-180-P
	12	90°	★ 1845710	DRVS-12-90-P
		180°	★ 1845711	DRVS-12-180-P
		270°	★ 1845712	DRVS-12-270-P
	16	90°	★ 1845713	DRVS-16-90-P
		180°	★ 1845714	DRVS-16-180-P
		270°	★ 1845715	DRVS-16-270-P
	25	90°	★ 1845716	DRVS-25-90-P
		180°	★ 1845717	DRVS-25-180-P
		270°	★ 1845718	DRVS-25-270-P
	32	90°	★ 1845719	DRVS-32-90-P
		180°	★ 1845720	DRVS-32-180-P
		270°	★ 1845721	DRVS-32-270-P
	40	90°	★ 1845722	DRVS-40-90-P
		180°	★ 1845723	DRVS-40-180-P
		270°	★ 1845724	DRVS-40-270-P

Figura 32. Catálogo de actuadores neumáticos Festo.

Cursando el grado en ingeniería mecánica en una práctica del Fenómeno de Vuelco de la asignatura de Física de Especialidad, se empleó un dinamómetro que simulaba y provocaba el vuelco de un bloque de madera. Aplicando la misma filosofía de trabajo en este proyecto se podría calcular la fuerza de forma correcta. Con la ayuda de un dinamómetro digital se pudo determinar con certeza la fuerza necesaria para adaptar la varilla.



El modo de actuación de las mediciones se realizó de la siguiente forma: colocando la varilla de igual forma en que la deposita la máquina y actuando con el gancho del instrumento de medida sobre la misma.



**Figura 33.** Medición dinamómetro digital.

Se realizaron tres mediciones para verificar la validez de los valores de fuerza en N obtenidos y así poder reducir las desviaciones debido a la medición.

Datos obtenidos en el experimento:

RESULTADO EXPERIMENTAL		
MEDICIÓN	FUERZA N	FUERZA KG
1	7,6	0,77
2	6,2	0,63
3	6	0,61

Tras identificar la fuerza necesaria, resultaba importante, conocer la distancia de actuación del cilindro sobre la varilla. Debido a ello, se determinaría el par mínimo necesario de actuación. Según las 3ª Ley de Newton se conoce como momento o par a la combinación de una fuerza aplicada por la distancia al punto de la estructura donde se aplica.

Matemáticamente el momento se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M = F \cdot d$$

Donde **F** es el módulo de la fuerza aplicada en el punto, en este caso correspondería a la fuerza necesaria para que la varilla, una vez apoyada sobre los bloques en forma de V deslicen hacia el guía final. Por otro lado, **d** correspondería a la distancia de aplicación entre el eje del actuador rotativo y el punto de aplicación de la fuerza.

A modo de reflexión, cabe destacar que cuanto más distancia haya entre el pistón y varilla se obtendrá mayor momento o par. Por condiciones de diseño se limitó la distancia de actuación a 5 cm.

Una vez determinada tanto distancia y fuerza, con la ayuda de la ficha técnica se realizaron los cálculos pertinentes para determinar qué actuador rotativo era el correcto.

El fabricante Festo, desde su catálogo, proporciona la siguiente ficha técnica.

Fuerzas y pares de giro		6	8	12	16	25	32	40
Tamaño								
Momento teórico de giro								
Con 6 bar	[Nm]	0,15	0,35	1	2	5	10	20
Por bar	[Nm]	0,025	0,058	0,166	0,33	0,83	1,66	3,33
Radio admisible r entre topes	[mm]	10	10	15	17	21	28	40
Fuerza de impacto F máx. admisible en los topes	[N]	15	30	90	160	320	480	650
Fuerza axial dinámica máx. admisible $F_x^{1)}$	[N]	10	10	20	25	40	75	120
Fuerza radial dinámica máx. admisible $F_z^{1)}$	[N]	15	20	25	30	60	200	350
Momento de inercia máximo admisible de la masa	[kgm <sup>2</sup> x10 <sup>-4</sup> ]	6,5	13	50	100	120	200	350

**Figura 34.** Ficha técnica fabricante Festo.

**Datos de partida:**

**Fuerza (F):** 6.6 N

**Longitud actuación (d):** 0.05 m

**Factor de conversión:** 1Kg = 9.8N

$$M = F \cdot d$$

En la ficha técnica de los diferentes actuadores giratorios mostrada en la Figura 34, el dato de partido que se calcular es el Par o Momento. Por lo tanto, la ecuación de momentos mostrada

anteriormente facilitará el cálculo del Par necesario. Una vez obtenido ese par mínimo se tendrá que escoger un pistón que requiera un par mayor.

$$M = 6.6N \cdot 0.05m$$

$$M = 0.33 Nm$$

La presión máxima de trabajo de la máquina y los actuadores neumáticos coinciden en un mismo valor, 6 bar.

Haciendo referencia a los datos obtenidos y los mostrados en la ficha técnica, el actuador giratorio que cumple con las condiciones mínimas de par corresponde al cilindro tamaño 8, el cual ofrece un momento o par máximo de  $0.35 Nm$ . Teniendo en cuenta los posibles fallos cometidos durante la medición se decide emplear el cilindro de tamaño 12 correspondiendo a  $1 Nm$ . La elección de este pistón permitirá ofrecer más fuerza sobre la varilla y así poder asegurar la buena colocación de la varilla sobre el utillaje.

A modo la aclaración, la obtención de la fuerza aplicada sobre la varilla entre el punto de contacto sería:

$$F = \frac{M}{d} = \frac{1}{0.05} = 20N$$

Tras aplicar el correspondiente factor de conversión, la fuerza aplicada resultaría:

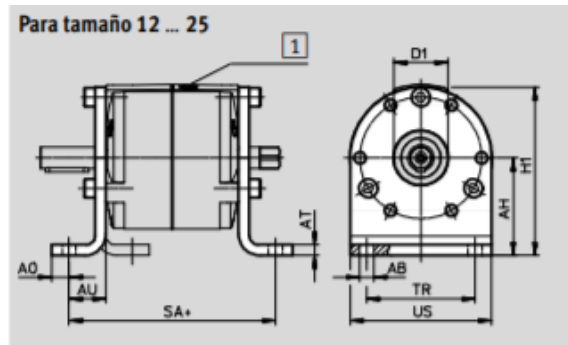
$$20N = 2.04 Kg$$

A partir de ese momento que se sabe con certeza que el actuador neumático dirigirá la varilla, es el momento de plantear cuál introducir en el diseño. Por las condiciones de tamaño el pistón más reducido corresponde con el de tamaño **12**.

El actuador neumático giratorio **DRVS-12-180-P** ofrece un momento o par de  $1 Nm$  trabajando a una presión nominal de 6 bares. Cabe destacar que el movimiento giratorio de este cilindro es de  $180^\circ$  lo que facilitará totalmente dirigir la varilla y volver a su posición de forma instantánea.

Una vez implantando en el diseño del actuador neumático definitivo y comprobado a escala 1:1 se procederá a determinar qué tipo de amarre establecer.

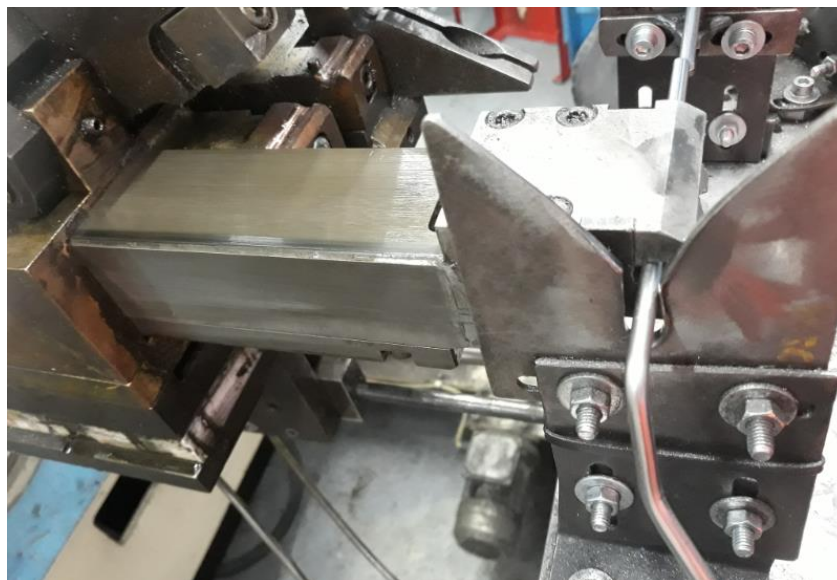
El fabricante Festo ofrece una gran variedad de utillajes para amarrar los actuadores. El amarre elegido se corresponde con una chapa que ofrece la posibilidad de colocarse en dos posiciones.



**Figura 35.** Amarre definitivo.

El último factor a tener en cuenta en esta instalación se corresponde con la metodología empleada para suministrar el aire comprimido a estos actuadores neumáticos. Puesto que la máquina soldadora M137 consta de una instalación neumática, la cual que efectúa los movimientos de los diferentes pistones y mordazas que forman parte del ciclo. La alimentación neumática de estos pistones no necesita una nueva instalación. Solamente es necesario conocer el esquema de la instalación neumática y determinar cuáles son los movimientos.

Los actuadores giratorios deberán efectuar su movimiento segundos antes de que el brazo extensible y mordaza amarren la pieza. Por el contrario, en el momento en que la mordaza actúe por delante de los pistones el trabajo de los mismos será ineficaz.



**Figura 36.** Brazo extensible y mordaza extendidos.

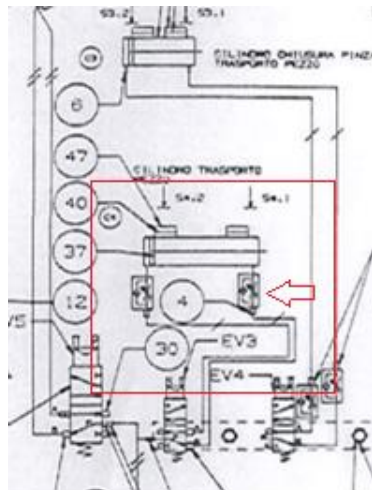
De los planos de instalación neumática de M137 en la representación de la Figura 38, se puede observar el esquema de los movimientos del brazo extensible y mordaza. La zona C4 correspondiente al movimiento del brazo extensible son los puntos sobre los que se efectuará la nueva instalación. Una vez el final de carrera detecta que el brazo está totalmente extendido la mordaza cierra y amarra la pieza. Cabe destacar que el movimiento de extensión que realiza el brazo de transporte es muchos más lento que el de los nuevos actuadores neumáticos. Con ello se evitará cualquier tipo de interferencia.

Por ello, la instalación neumática de los nuevos actuadores se realizará empleando la zona C4 ya existente. La alimentación y salida de aire comprimido se efectuará empleado unos racors en forma de T aplicándolos sobre las vías del cilindro de transporte. Se emplearán todos los componentes compatibles necesarios para la nueva instalación de los pistones, como pueden ser: gomas del mismo diámetro y racors para alimentar rápidamente. Además se comprobará la presión neumática de 6 bares a la entrada de ambos pistones y la posibilidad de detectar fugas.

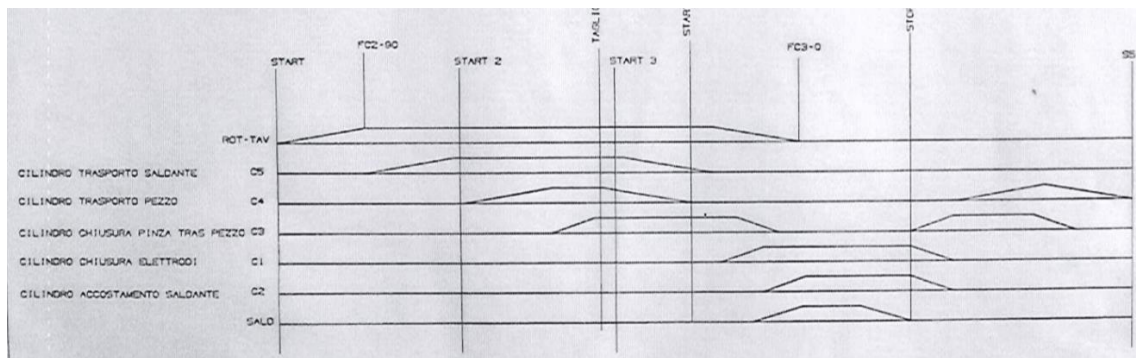


**Figura 37.** Actuador neumático accionador brazo extensible.

Una de las grandes ventajas que presenta la opción decidida viene derivada directamente al coste económico, puesto que cabe la posibilidad de tener que realizar una nueva instalación contando con autómatas que interactúen con las señales eléctricas y neumáticas de los sensores de los pistones y el programa del PLC. Resulta de una solución óptima pero mucho más complicada que necesitaría de horas de programación.



**Figura 38.** Zona 4. Actuador movimiento brazo extensible e implementación de pistones.



**Figura 39.** Secuencia de actuación neumática.

A modo de conclusión, el método de trabajo establecido tiene como objetivo principal, desarrollar el rediseño del utillaje y emplear una nueva instalación neumática ha consistido en una primera etapa de identificación, tanto reconocimiento de movimientos efectuados por la maquinaria, como la adquisición de cotas a trasladar sobre el plano. Seguidamente, tras la validación del diseño definitivo, se determinaba que tipo de actuadores emplear y en qué medida se produciría la aplicación de las fuerzas. Por último, la última etapa de este proceso consiste en identificar cuáles son los movimientos de la instalación neumática de los que se puede aprovechar para implementar los cilindros actuadores. Posteriormente toda la fase de montaje se realizará por parte de los técnicos y personal desarrollador del proyecto.

## **2. Planos.**

**2.1 Plano 1: Vista en alzado del conjunto de maquinaria.**

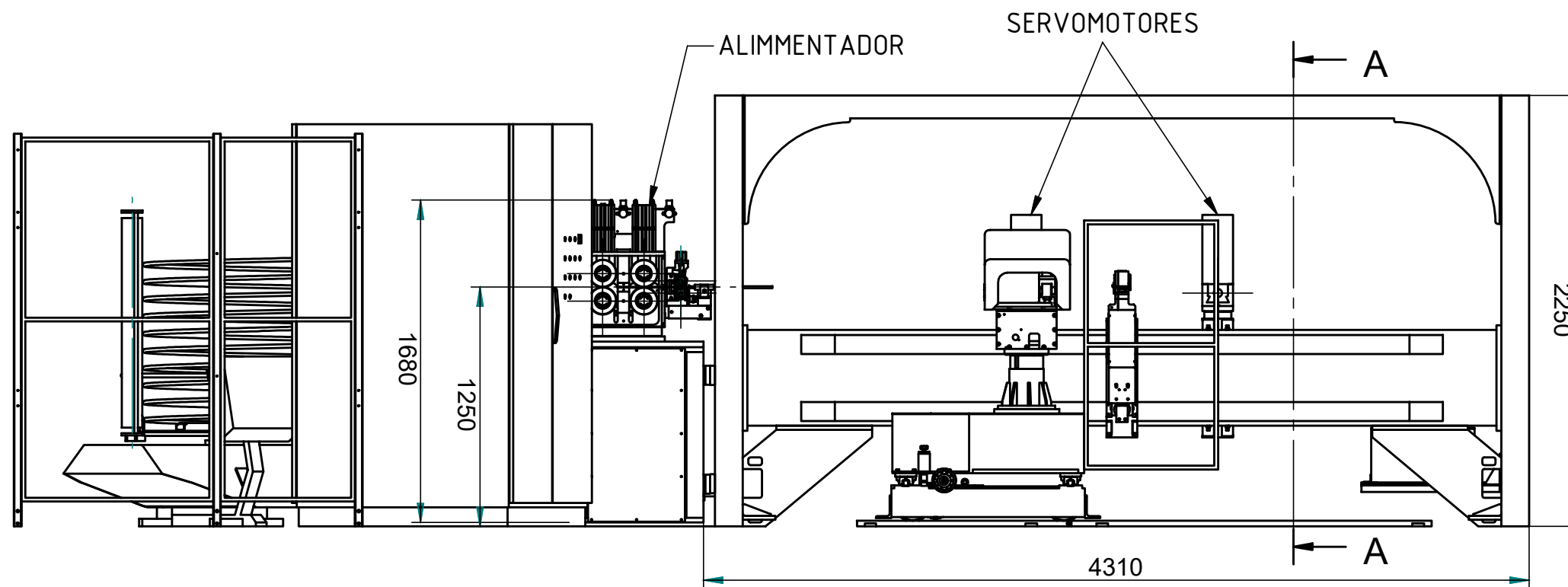
**2.2 Plano 2: Vista en planta del conjunto de maquinaria.**

**2.3 Plano 3: Vista en perfil derecho del conjunto de maquinaria.**

**2.4 Plano 4: Vista isométrica del conjunto de maquinaria.**

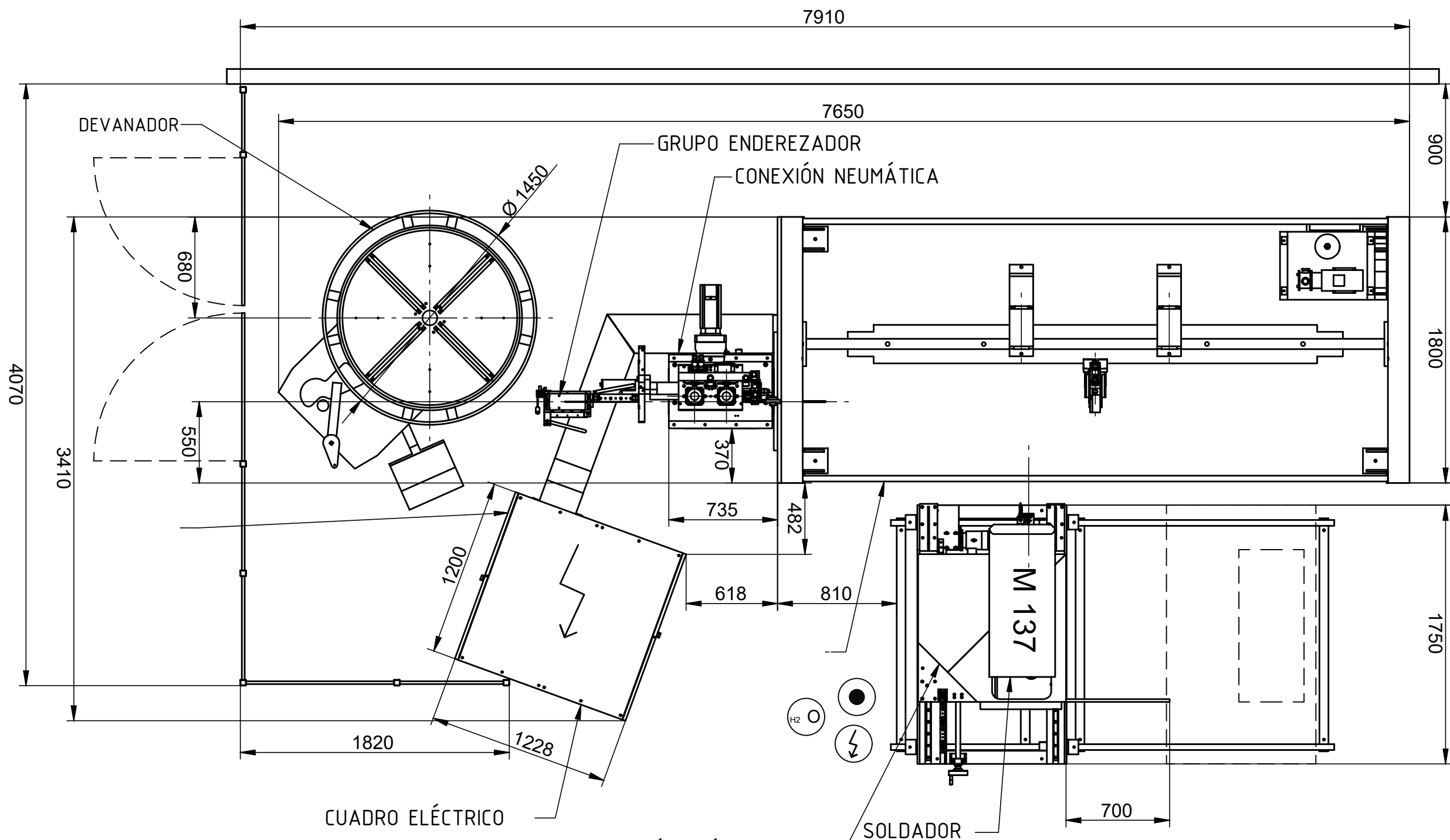
**2.5 Plano 5: Rediseño del utillaje máquina soldadura M137**

**2.6 Plano 6: Parametrización soldadura por resistencia a**



Martín Bañón Azorín		Título Proyecto: Rediseño del utillaje de una máquina de soldadura, para mejorar la productividad y reducir defectos, en una pieza del sector del automóvil.	
		2 de Septiembre 2019	Layout 2019: Alzado Turbobender y M137
		Plano: 1	

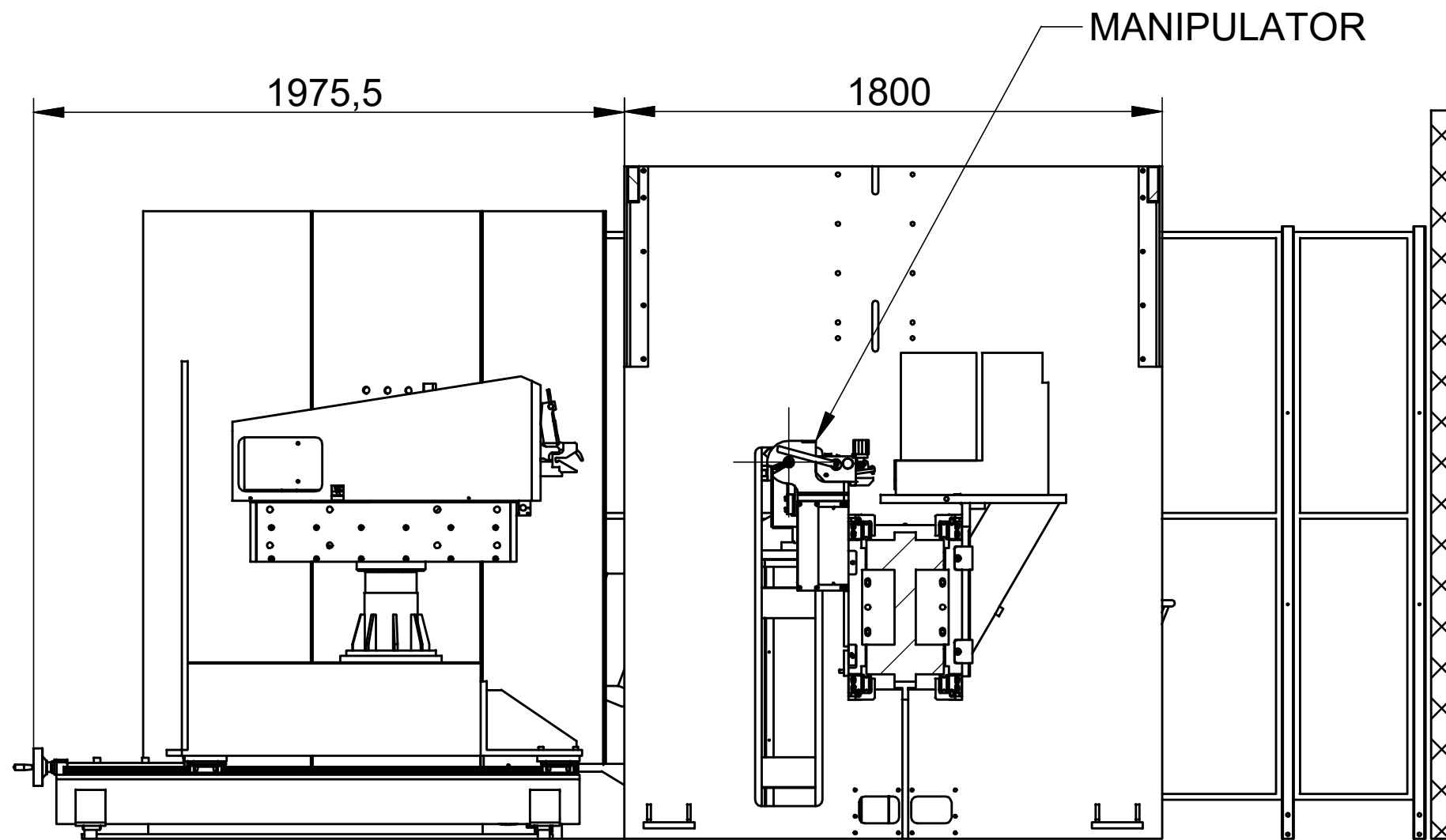




CUADRO ELÉCTRICO

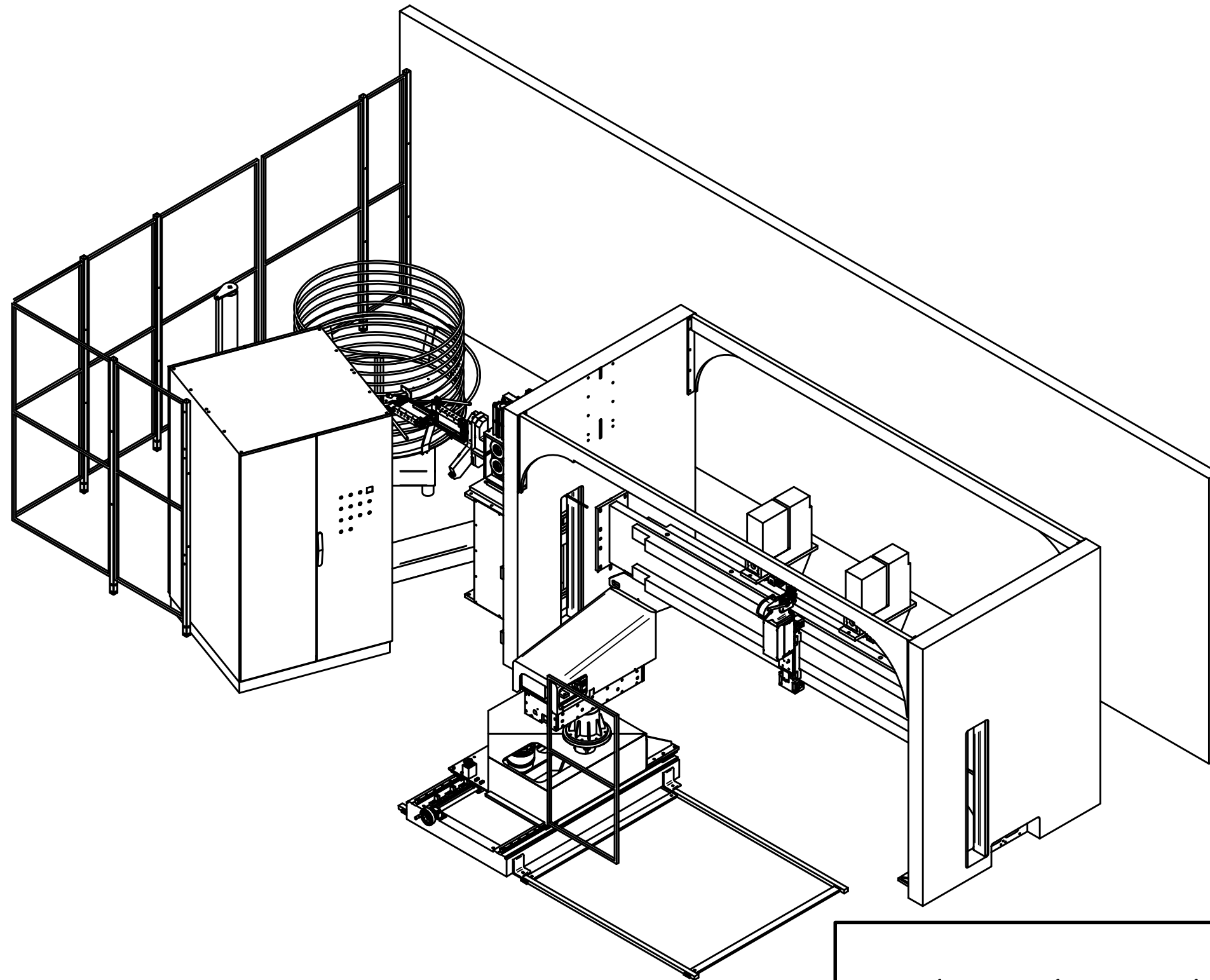
CONEXIÓN ELÉCTRICA  
 CONEXIÓN NEUMÁTICA  
 CONEXIÓN REFRIGERANTE

<p>Martín Bañón Azorín</p>		<p>Título Proyecto:          Rediseño del utillaje de una máquina de soldadura, para mejorar la productividad y reducir defectos, en una pieza del sector del automóvil.</p>	
		<p>2 de Septiembre 2019</p>	<p>Layout 2019: Planta Turbobender y M137</p>
		<p>Plano: 2</p>	



SECCIÓN A-A

<p>Martín Bañón Azorín</p>		<p>Título Proyecto: Rediseño del utillaje de una máquina de soldadura, para mejorar la productividad y reducir defectos, en una pieza del sector del automóvil.</p>
<p>2 de Septiembre 2019</p>	<p>Layout 2019: Perfil derecho Turbobender y M137</p>	<p>Escala 1:20 Plano: 3</p>



Martín Bañón Azorín

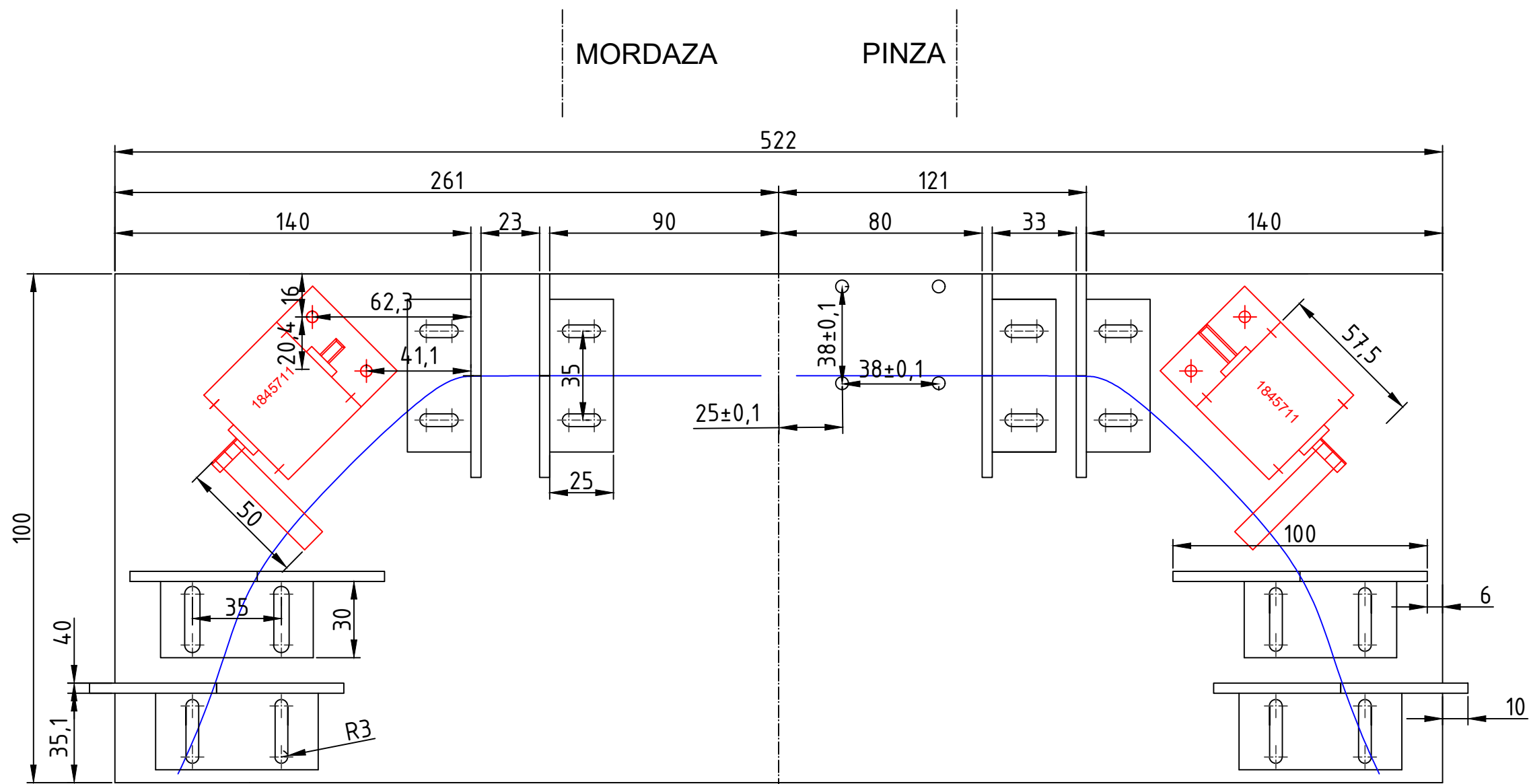
Título Proyecto:  
Rediseño del utillaje de una máquina de soldadura, para mejorar la productividad y reducir defectos, en una pieza del sector del automóvil.

2 de  
Septiembre  
2019

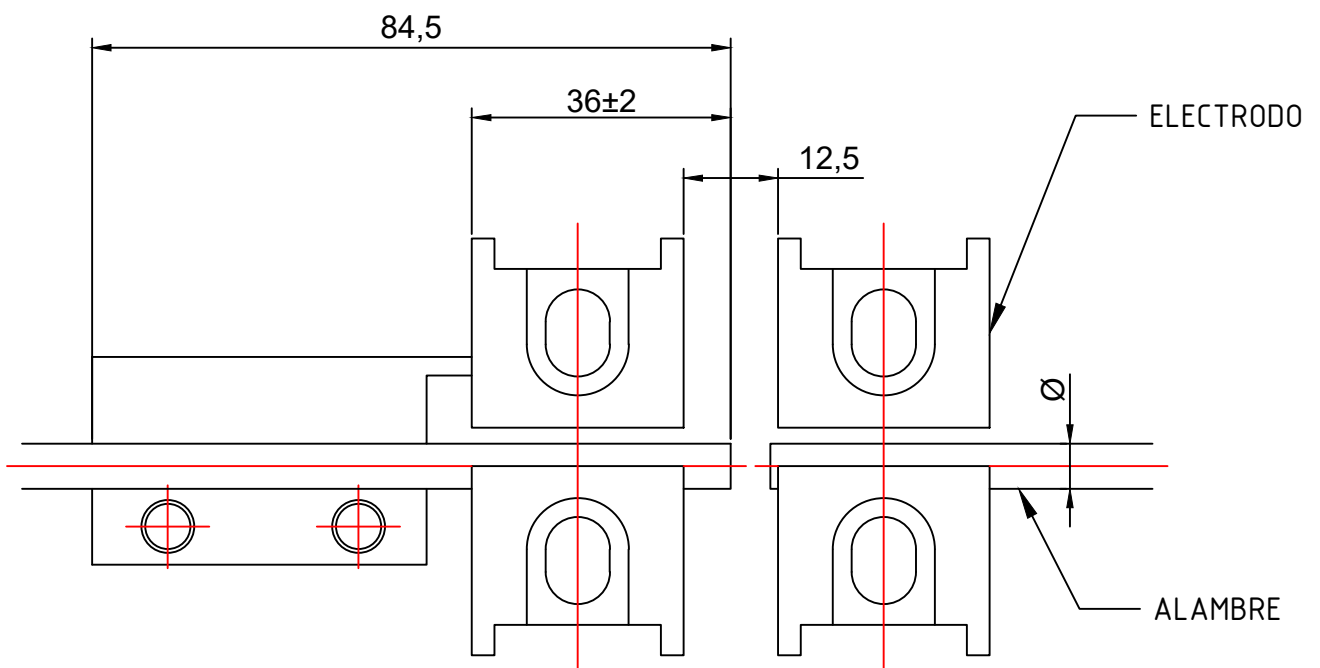
Layout 2019: Vista Isométrica  
Turbobender y M137

Escala 1:30

Plano: 4



Martín Bañón Azorín		Título Proyecto: Rediseño del utillaje de una máquina de soldadura, para mejorar la productividad y reducir defectos, en una pieza del sector del automóvil.	
		2 de Septiembre 2019	Rediseño del utillaje máquina soldadora M137
			Plano: 5



Martín Bañón Azorín

Título Proyecto:

Rediseño del utillaje de una máquina de soldadura, para mejorar la productividad y reducir defectos, en una pieza del sector del automóvil.

2 de  
Septiembre  
2019

Parametrización soldadura por  
resistencia a tope

Escala 1:1

Plano: 6

### 3. Pliego de condiciones.

En el pliego de condiciones se detallarán una serie de exigencias que debe cumplir el proyecto desarrollado. Este documento se divide en tres subapartados comenzando por el pliego de condiciones técnicas, pliego de condiciones de ejecución y, por último, pliego de condiciones facultativas.

#### 3.1 Pliego de condiciones técnicas.

##### 3.1.1 Aluminio

El material empleado para la base del utillaje sobre la que se instalarán los actuadores neumáticos giratorios, bloques de amarre en forma de V y otros componentes corresponde con aluminio serie 1000. Este tipo de material proporciona resistencia a la corrosión, buena capacidad de transformación, resistencia a soldaduras y conductividad.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS			
LÍMITE ROTURA MPA	LÍMITE ELÁSTICO MPA	ALARGAMIENTO %A	DUREZA BRINELL HB
65	-	20	20

COMPOSICIÓN QUÍMICA							
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Otros
0,25	0,4	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,03

El aluminio según U.N.E L-3051 se comprará al proveedor recibiendo en bruto a través de láminas de 1500x1500x5mm.

##### *Calidad de los materiales*

Todo el aluminio empleado para la fabricación de la base del utillaje será de primera calidad y reunirán todas las especificaciones técnicas previamente definidas.

##### *Pruebas y ensayos de los materiales*

Antes de comenzar con las tareas de mecanizado de la base, el material será examinado mediante una inspección visual. En el momento en que se detecte cualquier tipo de anomalía, posibles desperfectos será necesario realizar las pruebas y ensayos pertinentes.

### 3.1.2 Bridas de amarre en forma de V

El hierro empleado en los bloques de amarre en forma de V no es necesario pedir al proveedor ya que actualmente se disponen de un gran número.

#### *Calidad de los materiales*

Todo el hierro empleado para la fabricación de la base del utillaje será de primera calidad y reunirán todas las especificaciones técnicas previamente definidas.

#### *Pruebas y ensayos de los materiales*

Antes de comenzar con la colocación de los amarres en el utillaje, el material será examinado mediante una inspección visual.

### 3.1.3 Actuadores neumáticos Festo

Ambos actuadores neumáticos giratorios corresponderán con el modelo **DRVS-12-180-P** del fabricante Festo. Las especificaciones técnicas que cumplen los actuadores se encuentran en la Figura 34.

#### *Calidad de los materiales*

Todos los actuadores giratorios empleados en el montaje del utillaje del soldador serán de primera calidad, cumpliendo con todas las especificaciones técnicas que se detallan en la Figura 34. Los actuadores instalados deben ser nuevos y en perfecto estado.

#### *Pruebas y ensayos de los materiales*

Previamente a la instalación de los actuadores neumáticos se realizará una inspección visual del componente, así como de comprobar el correcto funcionamiento. Cualquier defecto detectado se procederá a su rechazo.

### 3.1.3 Componentes neumáticos

Todos los componentes neumáticos empleados en la instalación de los pistones: racores, tanto en forma de T como de entrada al pistón, goma neumática M8 se abastecerán gracias a los componentes de almacén de la empresa.

#### *Calidad de los materiales*

Todos los componentes empleados en el montaje del utillaje del soldador serán de primera calidad. Deberán ser nuevos y en perfecto estado.

### *Pruebas y ensayos de los materiales*

Previamente a la instalación de los actuadores neumáticos se realizará una inspección visual de todos los componentes, así como de comprobar el correcto funcionamiento. Cualquier defecto detectado se procederá a su rechazo.

## **3.2 Pliego de condiciones de la ejecución.**

En este segundo apartado del pliego de condiciones se detalla el orden en que se deben llevar a cabo los trabajos para realizar el proyecto en cuestión. Es preceptivo el cumplimiento de estos trabajos en el orden y la forma indicados a continuación.

### 3.2.1 Orden de ejecución.

Todos los trabajos realizados durante la ejecución de la instalación del nuevo utillaje deben seguir la siguiente estructura.

La primera tarea de todas comienza con la interpretación del plano para proceder al corte de la lámina de aluminio. Una vez se haya obtenido la base, con el plano, se realizarán todas las perforaciones pertinentes. El tercer paso a seguir corresponde en montar las bridas de amarre en forma de V según la disposición indicada por el plano. En el cuarto paso, se procederá a amarrar los actuadores neumáticos a la base del utillaje. Quinto paso, trasladar el nuevo utillaje a la máquina y proceder a su fijación en máquina, seguidamente realizar la instalación neumática. Sexto paso, comprobación del funcionamiento de los actuadores según los ciclos esperados. Por último, el séptimo paso consiste en montar la pieza mecanizada sobre el eje del actuador y proceder a los ajustes mecánicos correspondientes. Para finalizar se deberá hacer una prueba de puesta en servicio para comprobar trazabilidad y el cumplimiento del objetivo del proyecto.



### 3.3 Pliego de condiciones facultativas.

#### 3.3.1 Derechos y obligaciones del contratista

Al inicio del proyecto, el contratista deberá recibir toda la documentación necesaria para llevar a cabo la realización del proyecto. Debe reflejar el modo de entrega en el que se ha producido, por escrito o informatizado, a su vez también deberá introducir cualquier aclaración que considere oportuna.

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Jefe de Mantenimiento las posteriores modificaciones de este.

El contratista tendrá la obligación de disponer de todos los medios necesarios, tanto humanos como materiales, para la correcta ejecución de los trabajos.

Todo el personal que participe en la ejecución deberá de tener toda la formación necesaria para ejercer su trabajo, así como ser conocedor y participe del cumplimiento del plan de seguridad, el incumplimiento de alguno de estos puntos podrá ser motivo de suspensión de los trabajos hasta que se vuelvan a dar las condiciones de seguridad adecuadas.

#### 3.3.2 Dirección técnica

El promotor asignará la dirección técnica, que será una persona o un ente encargado de velar por sus intereses, y certificar que se cumplen todos los plazos y las medidas necesarias para que el proyecto pueda concluir de forma adecuada

#### 3.3.3 Realización y condiciones de la ejecución de los trabajos

Las tareas de construcción del nuevo utillaje comenzarán el día previsto por la dirección técnica y seguirán el ritmo marcado por esta, cuyo objetivo será cumplir con el plazo de finalización ya contratado con el promotor. Dicha fecha de conclusión no se podrá prorrogar salvo causas justificadas y aprobado tanto por la dirección técnica y el contratista.

#### 3.3.4 Deficiencias y modificaciones en fase de montaje

En el momento en que se produzca cualquier tipo de problema durante los trabajos de implementación serán asumidos en su totalidad por el contratista.

### 3.3.5 Prueba funcional

Una vez se haya finalizado con las tareas de implementación del nuevo utillaje, se procederá a realizar una prueba de funcionalidad, en la que se verificará el verdadero cumplimiento del objetivo de este proyecto.

## 4. Presupuesto

En el presupuesto detallado a continuación se tienen en cuenta todos los gastos que conlleva la instalación de un nuevo utillaje para la máquina de soldadura. Además de ello, se tendrán en cuenta los costes ejecución y redacción del proyecto.

### 4.1 Precio unitario

#### 4.1.1 Material de la instalación

Aluminio UNE L-3051 .....	1.68€/Kg
Amarre forma V.....	3.50€/Ud
Tornillo M630 SOA2CSS50 .....	0,27€/Ud
Arandela plana DIN-9021 Acero Inoxidable M6.....	0,03€/Ud
Tuerca hexagonal DIN-934 Acero Inoxidable M6.....	0,04€/Ud
Actuadores rotativos DRVS-12-180-P Festo.....	150€/Ud
Pies de fijación DAMH.....	20€/Ud
Racor T Neumática M8.....	1,60€/Ud
Racor recto automático M5 .....	1,86€/Ud
Tubo neumático M8.....	0,68€/m
Tubo neumático M5.....	0.65€/m

#### 4.1.2 Elaboración proyecto

Honorarios Jefe Mantenimiento .....	20€/Hora
Honorarios Técnico Mantenimiento .....	10€/Hora
Honorarios Técnico Instalador .....	15€/Hora
Honorarios Becario Mantenimiento .....	4€/Hora

#### 4.2 Presupuesto de fabricación e instalación del utillaje

	Ud.	Cantidad	Precio	Importe
<b>Material Instalación</b>				
1. Aluminio UNE L-3051	Kg	5	1,68 €	8,40 €
2. Amarre forma V	Ud.	4	3,50 €	14,00 €
3. Tornillo M630 SOA2CSS50	Ud.	16	0,27 €	4,32 €
4. Arandela DIN-9021 M6	Ud.	32	0,03 €	0,96 €
5. Tuerca DIN-394 M6	Ud.	16	0,04 €	0,64 €
6. DRVS-12-180-P Festo	Ud.	2	150,00 €	300,00 €
7. DAMH Festo	Ud.	2	20,00 €	40,00 €
8. Racor T M8	Ud.	4	1,60 €	6,40 €
9. Racor recto M5	Ud.	2	1,86 €	3,72 €
10. Tubo M8	m	2	0,68 €	1,36 €
11. Tubo M5	m	1	0,65 €	0,65 €

<b>Elaboración Proyecto</b>				
1. Honorarios Jefe Mantenimiento	h	3	20,00 €	60,00 €
2. Honorarios Técnico Mantenimiento	h	8	10,00 €	80,00 €
3. Honorarios Técnico Instalador	h	16	15,00 €	240,00 €
4. Honorarios Becario Mantenimiento	h	320	4,00 €	1.280,00 €

Total sin I.V.A.	2.040,45 €
I.V.A. 21%	428,49 €
<b>Total con IVA</b>	<b>2.468,94 €</b>

### 4.3 Amortización inversión

El presupuesto final asciende a una cantidad de 2.468,94€. Por parte de la empresa KH Vives, donde se ha desarrollado todo el proyecto, desean saber en cuánto tiempo esta inversión será rentable.

La forma de correcta de actuación sería realizar el cálculo de amortización lineal. Sin embargo, al no disponer de datos suficientes, se ha enfocado esta amortización desde otro punto de vista.

Tras ponerse en contacto con el departamento de Calidad de la empresa, nos proporcionaron los datos de producción de la máquina Turbobender y Soldador M137. En dichos datos de producción aparecen reflejada todas las piezas OK y NOK.

Todas las piezas OK dan beneficio, por lo tanto, no formarán parte en la amortización. Por otro lado, se realizan 10 piezas NOK (mal soldadas) por turno de la referencia estudiada. Al tratarse de ordenes de fabricación de grandes cantidades, se producen alrededor de 30 piezas malas en un día. Cada pieza mal soldada supone 1.30€ de pérdidas.

La finalidad de este proyecto consiste en reducir o eliminar el número de piezas mal soldadas. Esta inversión se amortizaría en el momento en que se dejen de producir las piezas NOK.

MOVIMIENTOS				
INVERSIÓN	PRECIO NOK	EVITAR NOK	TURNOS	DÍAS
2.468,94 €	1,30 €	1900	190	64

Tras la realización de cálculos en 190 turnos de producción o en 64 días completos donde se produzca se amortizará la inversión realizada. Cabe destacar que todas las piezas producidas son NOK.

## 5. Bibliografía

[1] La varilla en forma de hache que alivió a Ford.

[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/08/19/empresas/1471619625\\_493000.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/08/19/empresas/1471619625_493000.html)

[2] Ford se lleva a la valenciana KH Vives a México para hacer los taxis de Nueva York

<https://www.lasprovincias.es/economia/empresas/ford-lleva-valenciana-kh-vives-20190425182126-nt.html>

[3] Acero al carbono

[https://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_al\\_carbono#Tratamientos\\_t%C3%A9rmicos\\_de\\_los\\_aceros\\_al\\_carbono](https://es.wikipedia.org/wiki/Acero_al_carbono#Tratamientos_t%C3%A9rmicos_de_los_aceros_al_carbono)

Información acerca KH Vives:

<http://grupokh.com/>

<https://www.lasprovincias.es/economia/empresas/ford-lleva-valenciana-kh-vives-20190425182126-nt.html>

Clasificación de aceros y tratamientos térmicos: Asignatura Ciencia de Materiales I y II  
González Contreras, F., & Meseguer Calas, M. (2015). Planificación De Procesos De  
Mecanizado.

Tanto imágenes como documentación empleada para la realización de este proyecto han sido cedidas por la empresa KH Vives.