

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL:	Puesta en marcha de célula robotizada de soldadura por arco
AUTOR:	Juanjo Coca Garcia
TITULACIÓ:	Ingeniería Técnica Industrial Electrónica Industrial
DIRECTOR:	Pere Ponsa Asensio
DEPARTAMENT:	Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial
DATA:	Juny de 2009

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: Sí No

PROYECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

El cliente necesita realizar una operación de soldadura cíclica, con varios cordones de soldadura por pieza para realizar piezas de la estructura de la puerta de un modelo de coche que se fabrica en España.

Las técnicas de soldadura han evolucionado en los últimos años hacia la automatización mediante la robótica industrial a nivel mundial, siendo esta aplicación uno de los mercados en que más robots se emplean mundialmente. La mejora de los robots y los elementos empleados junto con el propio robot, así como la mejora de los equipos de soldadura, han impulsado en gran medida la implantación de células robotizadas para todo tipo de soldadura en la industria mundial.

Los distintos tipos de soldadura por arco, con o sin aportación de material a la soldadura que se emplean en la actualidad (MIG/MAG, TIG, Plasma), permiten realizar soldeos en distintos tipos de metales, ya sean férricos o no, con un buen aspecto y unas características de dureza, penetración y calidad muy altas.

La necesidad de robotizar el proceso de soldadura viene dada por las exigencias y especificaciones de calidad que la robótica proporciona al producto por tratarse de un automatismo con una versatilidad, programabilidad y repetibilidad muy satisfactorias para esta tarea.

La célula robotizada permite tener varias referencias seleccionables, con distintos programas para la realización del trabajo de soldadura deseado.

La inserción de las piezas que forman una parte de la estructura de la puerta del coche en los utillajes, así como la extracción de las mismas una vez han sido soldadas por el robot es totalmente manual.

El proyecto expone el proceso que se sigue desde que el comercial de la empresa de robótica, recibe por parte de un cliente una demanda de mejora de su proceso mediante la robótica hasta que se ejecuta el proyecto de la célula de soldadura, incluyendo la programación del robot, incluyendo un proyecto real de soldadura por arco.

Cuando un cliente tiene una necesidad de robotizar un proceso, hay que tener en cuenta que elementos son necesarios para llevar a cabo su necesidad, ya que la elección correcta de los elementos que deben ser

empleados en la célula de soldadura puede facilitar la soldadura, mejorar los tiempos de ciclo e incluso una buena elección de éstos, puede abaratar el coste de la inversión por parte del cliente. En este proyecto se exponen los distintos elementos útiles para las células de soldadura en la industria.

Paraules clau (màxim 10):

Robot	Célula	Soldadura	Automatismo
Arco	Soldeo	MIG/MAG	TIG
Plasma	Robótica		

ÍNDICE

ÍNDICE.....	5
1. PRESENTACIÓN	8
1.1. Descripción de la empresa:.....	8
1.2. Descripción de mi responsabilidad en la empresa:.....	10
1.3. Objetivos del proyecto:.....	11
1.4. Estructura de la memoria:.....	11
2. IMPLEMENTACIÓN HARDWARE DE LA CÉLULA ROBOTIZADA.....	13
2.1. Robots:.....	13
2.1.1. Estructura del robot antropomórfico:.....	13
2.1.2. Robot antropomórfico de seis ejes:.....	16
2.1.3. Robot antropomórfico de seis ejes con brazo superior hueco:.....	20
2.1.4. Sistemas de robots múltiples (Twin, Triple y Cuádruple):.....	21
2.1.4.1. Sistema Twin:.....	22
2.1.4.2. Sistema Triple:.....	22
2.1.4.3. Sistema Cuádruple:.....	22
2.2. Ejes de base:.....	23
2.2.1. Track neumático transversal:.....	24
2.2.2. Track transversal servo-controlado:.....	24
2.2.3. Sistema Gantry:.....	25
2.3. Ejes externos (Posicionadores para piezas):.....	27
2.3.1. Mesa neumática:.....	27
2.3.2. Eje externo de un motor (Mesa giratoria):.....	28
2.3.3. Eje externo de un motor embragable:.....	29
2.3.4. Eje externo de dos motores:.....	31
2.3.5. Ejes externos de tres motores:.....	32
2.3.6. Ejes externos de cinco motores:.....	33
2.4. Computadora:.....	34
2.4.1. Sistema de refrigeración de la computadora:.....	34
2.4.2. Especificaciones de la computadora utilizada en el proyecto:.....	36
2.4.3. Descripción de la computadora:.....	38
2.4.3.1. Unidad de contactores:.....	40
2.4.3.2. Bastidor CPU:.....	41
2.4.3.3. Fuente de alimentación:.....	41
2.4.3.4. Placa de control de ejes principales:.....	42
2.4.3.5. Placa de entradas/salidas:.....	43
2.4.4. Servopacks:.....	44
2.4.5. Convertidor de tensión:.....	44
2.4.6. Tarjetas opcionales:.....	45
2.5. Consola de programación (Teach Pendant):.....	45
2.6. Máquina de soldadura (Fuente de potencia):.....	48
2.6.1. Interfaz con robot.....	50
2.7. Equipamiento de soldadura para robot:.....	51
2.7.1. Antorcha de soldadura:.....	52
2.7.1.1. Antorcha estándar refrigerada por aire:.....	53

2.7.1.2.	<i>Antorcha estándar refrigerada por agua:</i>	54
2.7.1.3.	<i>Antorcha para robot de brazo superior hueco:</i>	56
2.7.2.	<i>Sistema anticolidión:</i>	57
2.7.3.	<i>Paquete energético:</i>	58
2.7.4.	<i>Devanadora de hilo (arrastre de hilo):</i>	59
2.7.5.	<i>Sistema automático de limpieza:</i>	60
2.7.6.	<i>Sistema de calibración automático:</i>	61
2.8.	<i>Ustillajes:</i>	62
2.9.	<i>Seguridades:</i>	64
2.10.	<i>Sistema de extracción de humos:</i>	66
3.	SITUACIÓN DE LAS APLICACIONES DE ROBÓTICA EN LA SOLDADURA (TÉCNICA):	68
3.1.	Introducción a la soldadura:	68
3.1.1.	<i>Partes de la soldadura:</i>	70
3.1.2.	<i>Métodos de operación en la soldadura:</i>	71
3.2.	Métodos de soldadura por arco:	73
3.2.1.	<i>Soldadura por electrodo consumible protegido (MIG/MAG):</i>	74
3.2.1.1.	<i>Transferencia por arco corto:</i>	77
3.2.1.2.	<i>Transferencia por arco globular:</i>	78
3.2.1.3.	<i>Transferencia por pulverización axial:</i>	78
3.2.1.4.	<i>Transferencia de material por arco pulsado:</i>	79
3.2.1.5.	<i>Electrodo en la soldadura MIG/MAG</i>	81
3.2.1.6.	<i>Selección del gas de protección en la soldadura MIG/MAG:</i>	82
3.2.2.	<i>Soldadura por electrodo no consumible protegido (TIG):</i>	85
3.2.2.1.	<i>Polaridad de la corriente en soldadura TIG:</i>	87
3.2.2.1.1.	<i>Corriente continua, polaridad directa (TIG):</i>	87
3.2.2.1.2.	<i>Corriente continua, polaridad inversa (TIG):</i>	88
3.2.2.1.3.	<i>Corriente alterna (TIG):</i>	89
3.2.2.2.	<i>Tipos de gas de protección en la soldadura TIG:</i>	89
3.2.2.3.	<i>Electrodos de tungsteno:</i>	91
3.2.2.4.	<i>Forma de los electrodos:</i>	93
3.2.3.	<i>Soldadura por arco plasma (PAW):</i>	94
4.	FASES DE UN PROYECTO DE CÉLULA DE SOLDADURA POR ARCO ROBOTIZADA:	98
4.1.	Necesidades por parte del cliente:	98
4.1.1.	<i>Cliente de la empresa de robótica:</i>	98
4.1.2.	<i>Lanzamiento de un aviso:</i>	99
4.1.3.	<i>La empresa de robótica crea la necesidad al cliente:</i>	99
4.2.	Estudio de la necesidad, ¿se trata de un proceso robotizable?:	100
4.3.	Realización de una oferta a un cliente:	104
4.3.1.	<i>Apartados necesarios en la elaboración de la oferta comercial:</i>	105
4.3.1.1.	<i>Carta de presentación:</i>	105
4.3.1.2.	<i>Oferta técnica:</i>	105
4.3.1.3.	<i>Oferta comercial:</i>	106
4.4.	Pedido y ejecución del proyecto:	107
4.5.	Servicio post-venta:	109
5.	APLICACIÓN: CÉLULA ROBOTIZADA DE SOLDADURA POR ARCO	110
5.1.	Necesidad por parte del cliente:	110
5.2.	Estudio de la necesidad del cliente:	110

5.3.	Ofertas de proveedores:	112
5.4.	Oferta (Cotización y descripción de los suministros):.....	113
5.5.	Previos a la puesta en marcha:.....	124
5.6.	Puesta en marcha (Montaje y programación):.....	129
5.6.1.	<i>Montaje de la célula:</i>	129
5.6.2.	<i>Pasos previos a la programación de la célula robotizada:</i>	133
5.6.2.1.	<i>Programación de la fuente de potencia:</i>	133
5.6.2.2.	<i>Introducción de la programación de robots y posicionador:</i>	135
5.6.2.2.1.	<i>Movimientos en modo TEACH (manual):</i>	138
5.6.2.2.2.	<i>Movimientos en modo PLAY (automático):</i>	142
5.6.2.3.	<i>Comunicación entre robot y máquina de soldar:</i>	147
5.6.3.	<i>Programa de la célula robotizada:</i>	151
5.7.	Formación y aceptación de la célula robotizada:.....	159
6.	CONCLUSIONES	161
6.1.	Conclusiones:	161
6.2.	Líneas futuras:	161
7.	BIBLIOGRAFÍA:.....	162
7.1.	Libros de consulta:	162
7.2.	Sitios de Internet:.....	162
7.3.	Anexos (En formato digital):.....	163

1. PRESENTACIÓN

1.1. Descripción de la empresa:

La empresa que me ha permitido la realización de este proyecto y de la cual formo parte es MOTOMAN ROBOTICS, en particular su sucursal para España y Portugal, Motoman Robotics Ibérica, S.L.

MOTOMAN ROBOTICS, es la división de robótica de la empresa japonesa YASKAWA ELECTRICS, número uno mundial en la producción de motores eléctricos y variadores de corriente, y también fabricante de autómatas programables y controles numéricos de alta velocidad. Motoman Robotics como empresa se dedica a nivel internacional, a la fabricación y distribución de robots y equipos adicionales (posicionadores, ejes de base, controladoras, equipamiento para robots, etcétera.) para células robotizadas para múltiples aplicaciones, entre ellas la que se trata en este proyecto.

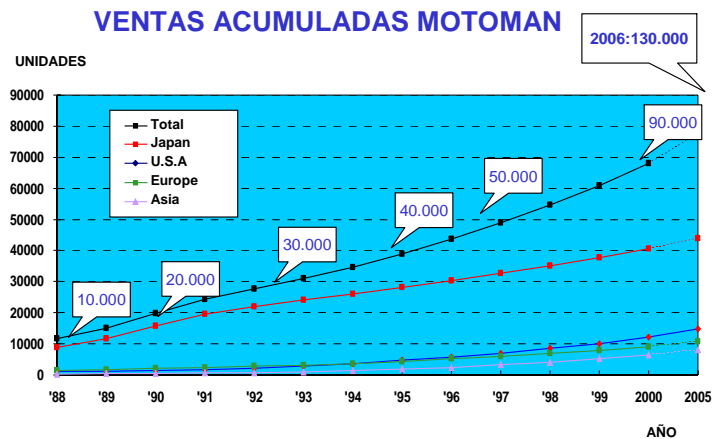
Motoman Robotics, lidera el mercado mundial en robótica industrial y abarca aproximadamente el 30% del mercado de la robótica mundial, siendo el principal productor de robots industriales. En la Península Ibérica, debido a su tardía entrada en el mercado español, sigue estando un paso por detrás de otras firmas de robótica industrial, aunque en constante aumento número de unidades ventas anuales.

Algunas fechas importantes para Motoman Robotics como compañía:

1. En 1972: Desarrollo del primer robot industrial MOTOMAN.
2. En 1977: Primera remesa de robots verticales articulados MOTOMAN-L10. Primer acuerdo corporativo de ventas firmado con TORSTEKNIK (Suecia). Para desarrollo de posicionadores servocontrolados sincronizados. Se produce el cambio de los robots hidráulicos a los robots eléctricos.
4. En 1988: Las ventas de Robots MOTOMAN excedieron las 10.000 unidades.
5. En 1990: El emperador y la emperatriz de Japón visitaron el centro MOTOMAN para desarrollo de la línea de robots.
6. En 1995: La planta de robots consigue la certificación ISO9001. Empieza la producción local de controladores de robots en Törsås (Suecia).
7. En 1996: Las ventas de robots MOTOMAN exceden las 40.000 unidades.
8. En 2005: Se alcanzan las 100.000 unidades con la serie NX100.



A nivel mundial, Motoman Robotics incrementa las ventas de robots cada año, debido a las mejoras que la robótica representa para las empresas, su precio realmente económico a nivel industrial. En la grafica, a continuación, aparecen las ventas de robots acumuladas desde 1988 que se consiguió la cifra de 10000 implantados (desde 1972) hasta 2006 año en el cual se alcanzó la cifra de 130000 robots implantados. Por divisiones, se puede apreciar, que el mayor consumidor de robots es Japón, seguido por EEUU, Europa, y el resto de Asia (sin la participación de Japón).



1.2. Descripción de mi responsabilidad en la empresa:

El cargo que ocupo en la organización de Motoman Robotics, es la de “Responsable del Departamento de Formación” de Motoman Robotics Ibérica.

Mi cometido es variado y dinámico, ya que el cargo que ocupo, me permite estar en continuo aprendizaje en todos los campos que abarca la robótica, ya que yo soy la persona que ha de desplazarse a las centrales europeas de Motoman Robotics en Suecia y Alemania, para ser formado, y así poder formar al personal de Motoman Robotics Ibérica.

Además de formar a nuestro personal, me encargo de las formaciones a otras empresas e ingenierías que utilizan o disponen de nuestros robots y/o equipos, a parte de dar soporte técnico a nuestros clientes e ingenierías, siendo mi responsabilidad la realización de ofertas, la recepción de pedidos de formación, el desarrollo de los elementos didácticos necesarios para dar una formación de alta calidad, con clases dinámicas y de la cual nuestros clientes obtengan un aprovechamiento óptimo.

Mi máximo objetivo con las formaciones que se realizan en Motoman Robotics es que el cliente obtenga una base sólida del conocimiento de nuestros equipos, por este motivo, las clases se realizan con grupos pequeños, siempre de menos de seis asistentes por formación.

Como responsable de formación, también he de desarrollar tareas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), para nuevas y futuras aplicaciones. Como es el reciente caso de la introducción pionera de robots en el sector del vidrio artesanal, con control remoto mediante Ethernet, del robot y los hornos industriales.

Si la empresa lo requiere, también he de realizar proyectos de robótica con distintas aplicaciones y que van desde dar soporte técnico al departamento comercial y al departamento de proyectos, hasta la programación, formación y aceptación del proyecto en cuestión.



1.3. Objetivos del proyecto:

El principal objetivo marcado para este proyecto es la implementación real de un proyecto de soldadura robotizada mediante el uso de robots de la firma MOTOMAN ROBOTICS.

- . Distintos equipos que se pueden utilizar en un proyecto de soldadura.
- . Tipos de soldadura por arco que se utilizan en industria mediante células robotizadas para tal efecto.
- . Fases de un proyecto de soldadura por arco robotizada en general.
- . Proyecto e implementación real de soldadura por arco robotizada, desde el punto de vista de la empresa de robótica, desde que empieza la acción comercial, hasta la finalización del proyecto en cuestión.

Todos los objetivos marcados para este proyecto se han cumplido con éxito, puesto que la célula en cuestión, es un proyecto real de MOTOMAN ROBOTICS IBÉRICA S.L. para un cliente del sector de la automoción, que está en funcionamiento.

El cliente al cual se le ha instalado esta célula robotizada de soldadura por arco, espera volver a invertir el próximo año en dos estaciones más de similares características. Por este motivo, dado que la competencia en robótica es muy grande, no se me ha permitido poner el nombre del cliente en este proyecto, y algunos documentos han sido modificados.

Como responsable del departamento de formación de Motoman Robotics Ibérica, un objetivo personal, que queda un poco al margen del proyecto en si, pero que deseo incluir en esta memoria de forma explícita, es que este proyecto pueda ser utilizado por el profesorado de la escuela, para dar a conocer las posibilidades que ofrece la soldadura a los alumnos mediante la robótica, además de ser un buen resumen explicativo de los distintos tipos de soldadura por arco con o sin robots.

1.4. Estructura de la memoria:

Este proyecto se estructura en forma de capítulos y sus respectivos sub-capítulos, además de un CD en el que se encuentran los anexos que completan la memoria.

Las siete partes principales del proyecto son:

- . Capítulo 1: Presentación de la empresa, cargo que ocupo en la empresa y objetivo del proyecto.

. Capítulo 2: Presentación de los distintos equipos que pueden ser utilizados en la implementación de una célula de soldadura por arco en general, y sus posibilidades.

. Capítulo 3: Se exponen los distintos y principales tipos de soldadura por arco utilizados en células de soldadura robotizada, mencionando sus ventajas y desventajas.

. Capítulo 4: Descripción de las fases de un proyecto de una célula robotizada de soldadura por arco en general.

. Capítulo 5: Se expone una implementación real de un proyecto de célula robotizada de soldadura por arco compuesta por dos robots y un eje externo como posicionador de pieza, siguiendo los pasos explicados en el capítulo 4.

. Capítulo 6: Se hace mención de las conclusiones del proyecto y de posibles mejoras para líneas futuras.

. Capítulo 7: Se citan distintos libros de consulta, sitios de Internet que han sido consultados para la elaboración de este proyecto, así como los manuales y documentos que aparecen en los anexos.

2. IMPLEMENTACIÓN HARDWARE DE LA CÉLULA ROBOTIZADA

Una célula robotizada de soldadura al arco, tiene varios elementos Descripción de equipos utilizados en las células robotizadas para la aplicación de soldadura al arco.

2.1. Robots:

En los últimos años se ha introducido en la industria el concepto robótica el cual ha venido a revolucionar la automatización de su clasificación denominada "fija" que consistía en la realización de la producción automática de piezas, elementos y productos en grandes cantidades o de manera repetitiva a su denominación actual "automatización flexible" que estriba en adaptar la producción a la demanda de un mercado en constante cambio por medio de un sistema de producción programable y adaptable como lo es un robot.

2.1.1. Estructura del robot antropomórfico:

Todos los robots son sistemas, es decir, constan de componentes que forman un todo. El sistema robótico se puede analizar de lo general a lo particular utilizando el análisis sistemático. El primer paso es considerar al sistema como una "caja negra", no sabemos qué hay en su interior, pero podemos identificar la entrada y salida del sistema. La entrada genuina al robot está constituida por las órdenes humanas; la salida está formada por diversos tipos de trabajo realizado automáticamente.

La segunda etapa o paso de análisis es mirar dentro de la caja negra donde encontramos los subsistemas o unidades funcionales del robot. Cada unidad funcional realiza una función específica y tiene su propia entrada y salida. Los robots tienen las siguientes unidades funcionales principales:

- Estructura mecánica
- Transmisiones
- Sistema de accionamiento (actuadores)
- Sistema sensorial (sensores)
- Elementos terminales
- Sistema de control (controlador)
- Alimentación

La función del controlador es gobernar el trabajo de los actuadores (los dispositivos que originan el movimiento) y las transmisiones (modificadores del movimiento). La alimentación proporciona la energía necesaria para todo el sistema. Además de estos tres subsistemas, los robots de segunda generación incorporan sensores que reciben la señal de realimentación procedente de los actuadores pasando la información al controlador, que debe calcular la corrección del error. El entorno proporciona también información que reciben los sensores y se envía de nuevo al controlador para hacer los ajustes necesarios para la realización de la tarea.

Los robots utilizados para las aplicaciones en células robotizadas de soldadura al arco, son robots antropomórficos de seis ejes por norma general, en la actualidad.



Fig. 1. Brazos robot antropomórficos

Se le llama robot antropomórfico por simular la forma del brazo humano, con seis ejes que permiten posicionar la herramienta de la aplicación, que en el caso de la soldadura al arco se trata de una pistola de soldadura, en la posición deseada para la realización de un trabajo, es decir, el robot simula el brazo humano del soldador al realizar un cordón de soldadura.

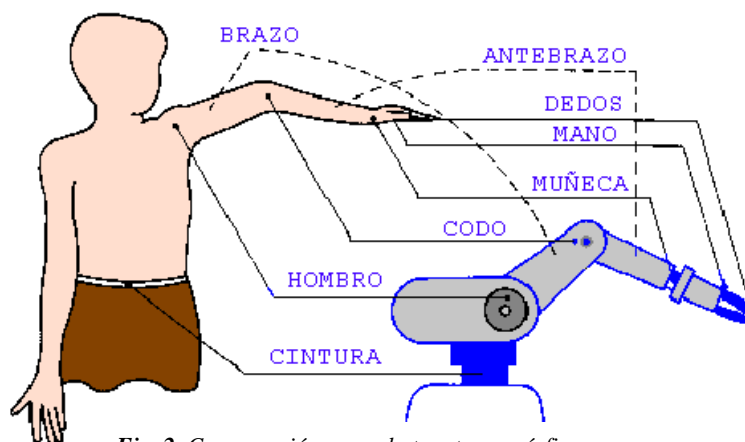


Fig. 2. Comparación con robot antropomórfico

Los robots están articulados verticalmente. Los seis ejes de que disponen, les proporcionan a éstos, seis grados de libertad para realizar los movimientos deseados mediante la programación de los robots. El objetivo de los robots es situar objetos o herramientas en el espacio en la posición deseada, que consiguen con los seis grados de libertad de que disponen, tres grados de libertad para posicionar y tres grados de libertad para orientar.

Cada uno de los seis ejes de cada conjunto de partes mecánicas móviles que forman el robot utiliza un motor eléctrico como fuerza motriz para lograr movimiento del brazo, ya sea independientemente, o con un movimiento coordinado de todos los ejes.

Los ejes de los robots siempre se nombran partiendo desde la base del cuerpo hasta la muñeca en todas las compañías de robots industriales a nivel mundial. Es de uso normal, nombrar a los ejes con los números del uno al seis, partiendo desde la base del robot, o también mediante letras, como en el caso de Motoman, que los llama con las letras S, L, U, R, B y T, también partiendo desde la base hasta la muñeca del robot.

Esta nomenclatura utilizada para los robots Motoman, viene por abreviaciones del inglés.

Eje S: Swing
Eje L: Lower Arm
Eje U: Upper Arm
Eje R: Wrist Rotation
Eje B: Wrist Bending
Eje T: Tool Rotation

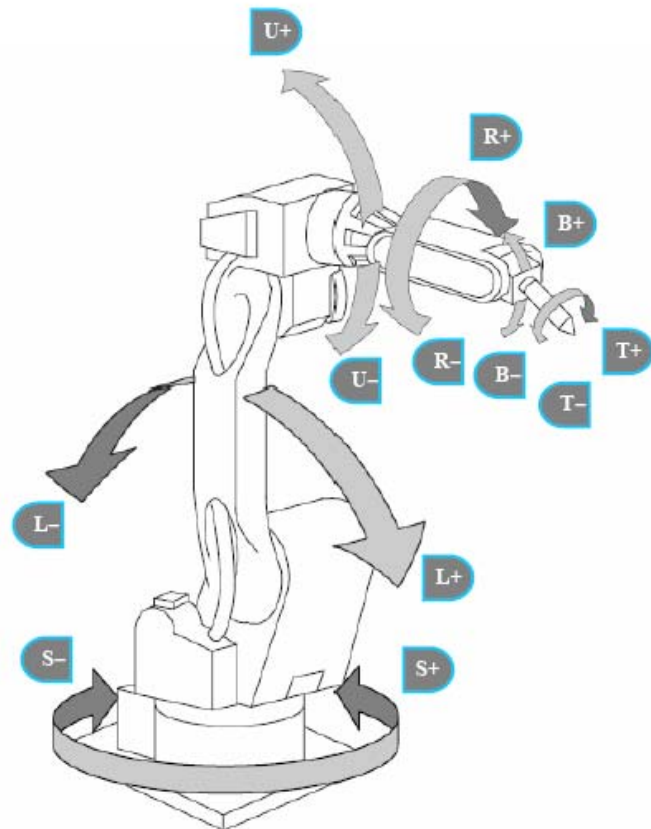


Fig. 3. Direcciones y nomenclatura de los seis ejes de un robot Motoman

Dependiendo de la marca del brazo robot, los nombres de los ejes varían, ya que cada empresa de robótica utiliza su propia nomenclatura.

Comúnmente son utilizados para esta aplicación una gama de robots con un rango de trabajo que oscila entre los 700mm a los 3 metros de radio, además otra característica que se tiene en cuenta a la hora de seleccionar el robot adecuado para una aplicación es la carga máxima que puede sostener en el punto de trabajo, también llamado, “carga disponible en la muñeca” o “punto P”, entendiéndose se como muñeca el último de los seis ejes (eje T).

Los robots empleados para la soldadura al arco son comúnmente robots que pueden soportar entre 3Kg y 20Kg de peso en el punto P.

Los robots más comúnmente utilizados en aplicaciones de soldadura al arco son robots de 3Kg a 6Kg de carga, puesto que la equitación de soldadura que ha de cargar el robot en el punto P, es de unos 2Kg generalmente. Además de la carga, los robots más utilizados para esta aplicación tienen entre 1400mm y 3100mm de rango de trabajo, siendo los robots de alcance entre 1400mm y 2000mm los más comúnmente utilizados, aunque en algunas aplicaciones menos estandarizadas, por exigencias especiales de alcance, o simplemente, por el espacio disponible del cliente se opta por otros robots con distinto alcance.

Existen varias opciones en el momento de escoger que tipo de robot o de sistema, es el ideal para realizar una aplicación de soldadura al arco. Hay que tener en cuenta que hay distintos tipos de robots y de configuraciones con los que poder realizar la célula robotizada de soldadura.

Cuando un cliente tiene la necesidad de implantar una célula robotizada para soldadura al arco, hay que tener en cuenta distintos factores para la correcta elección del robot.

2.1.2. Robot antropomórfico de seis ejes:

Este tipo de robots son los más comunes para todos los fabricantes de robots industriales.

Se trata de brazos robot antropomórficos de seis ejes con unas características muy similares entre los distintos fabricantes.

Este tipo de robots, son muy comunes en la industria metalúrgica para este tipo de trabajo, ya que tiene ciertas características que resultan muy atractivas para los clientes.

En primer lugar, son robots que, aunque se pueden emplear en cualquier otra aplicación, han sido desarrollados en buena parte para la aplicación de soldadura al arco en especial, y pensando en los requerimientos de esta aplicación industrial, con varios alcances, y con una capacidad de carga suficiente para el equipamiento de soldadura al arco, compuesto por un sistema de anticollisión, la pistola de soldadura (o antorcha) y el paquete energético de soldadura.

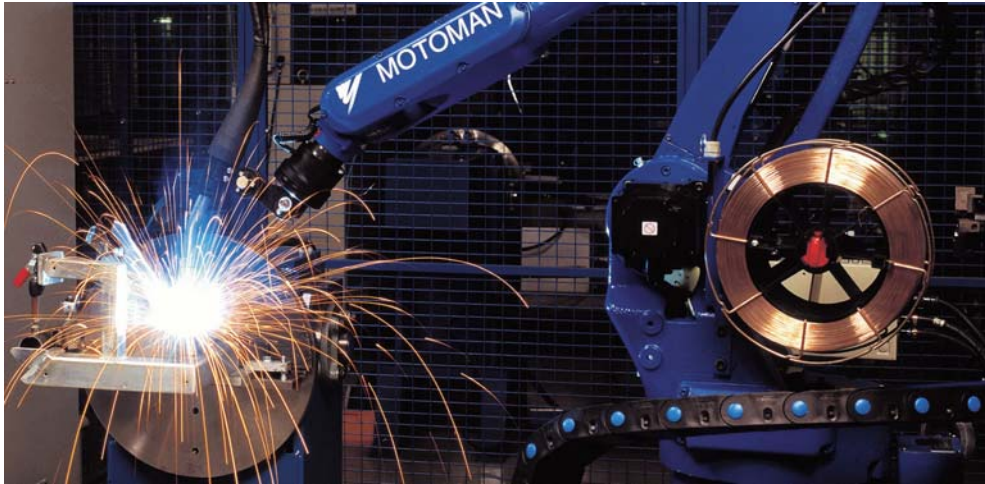


Fig. 4. Robot antropomórfico estándar con equipamiento de soldadura al arco.

Los seis grados de libertad de que disponen los robots industriales, permiten una gran manejabilidad y precisión en las posiciones deseadas para el soldeo, además de satisfacer las posturas deseadas para que la soldadura resultante del movimiento del robot sea óptima en su ejecución.

Mecánicamente, estos robots han sufrido en la última década una gran evolución, ya que se han logrado ciertas características realmente reseñables en cuanto a especificaciones técnicas, así como morfológicas del propio robot.

La desaparición del paralelogramo entre el segundo y tercer eje de los robots, han dotado a estos una mecánica más ágil para lograr posturas deseadas en los programas de soldadura, ya que estos dos ejes dejan de depender el uno del otro, para pasar a ser independientes entre si en cuanto a movimiento se refiere. En la actualidad, los seis ejes de los robots destinados a la soldadura al arco, son independientes en sus movimientos. No es este el caso en otro tipo de aplicaciones, tales como paletizados, y aplicaciones en los que los robots deben cargar grandes pesos. En los robots de grandes carga, el paralelogramo entre el segundo y el tercer eje sigue siendo necesario.

Por este motivo, el rango de movimiento de los robots es una de las características más reseñables en este tipo de manipuladores, así como las velocidades máximas de cada eje, que permiten una gran capacidad en cuanto a movimientos se refiere y una gran velocidad que permite bajar de forma considerable los tiempos de ciclo de ejecución en las programaciones de las células robotizadas, para obtener, por parte del cliente, de una mayor producción sin que se vea afectada la calidad de su producto.

Por norma general, las velocidades máximas de los robots, aseguran una larga vida útil de sus componentes. Las partes mecánicas y eléctricas del manipulador a estas velocidades, no debe de sufrir daños por el hecho de mover el robot a la velocidad máxima.

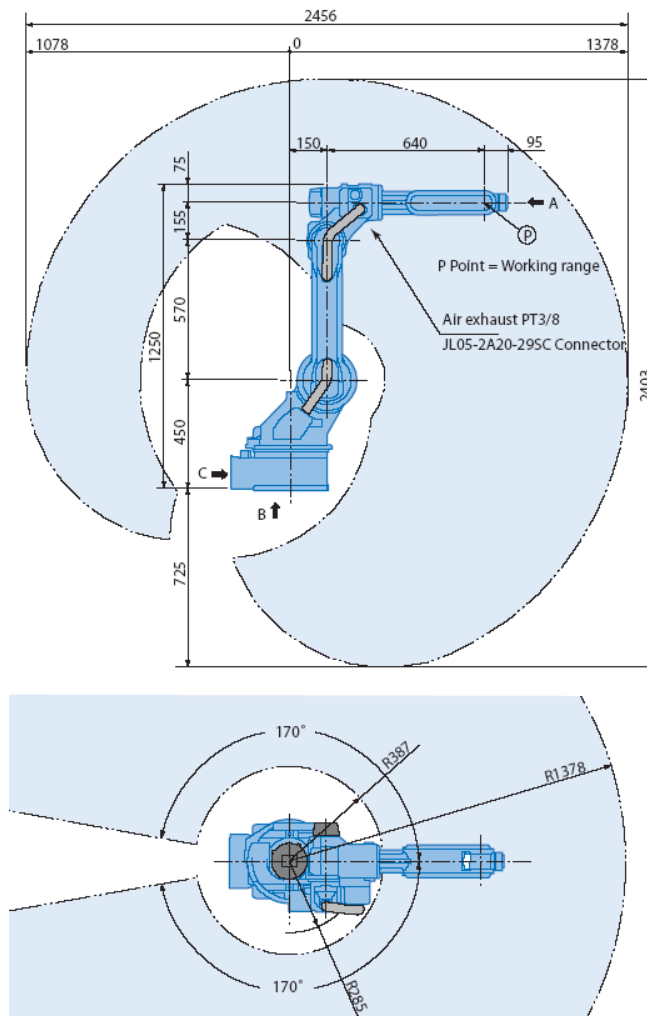


Fig. 5. Rango de trabajo del robot HP-6 de Motoman.

Los fabricantes de robots, suelen tarar estas velocidades, hasta el punto en que no se vean afectadas las partes mecánicas y eléctricas de los robots (reductores, transmisiones, motores, cableado interno, etcétera). Por este motivo, el robot es una solución industrial robusta y que cada vez tiene más aceptación en la industria por parte de las empresas.

Este tipo de robots tienen una característica de gran importancia para la aplicación de soldadura al arco, se trata de la repetibilidad.

La repetibilidad es una característica importantísima, ya que es la que nos dice con qué grado de precisión es capaz el robot de conseguir repetir puntos y trayectorias en los distintos ciclos de reproducción en automático.

Casi todos los fabricantes de robots industriales del mercado ofrecen como característica una repetibilidad en movimientos inferior a $\pm 0,15\text{mm}$.

La repetibilidad es un factor de alta importancia en la robótica, y asegura que un robot pueda ser capaz de repetir trayectorias ciclo tras ciclo con un error de trayectoria incluso inferior a una décima de milímetro en muchos casos.

Elem	Modelo	MOTOMAN-HP6-A00
Configuración		Articulado verticalmente
Grados de libertad		6
Carga		6kg
Repetibilidad		$\pm 0,08\text{mm}$
Rango de movimiento	Eje S (girando)	$\pm 170^\circ$
	Eje L (brazo inferior)	$+155^\circ, -90^\circ$
	Eje U (brazo superior)	$+250^\circ, -175^\circ$
	Eje R (giro de muñeca)	$\pm 180^\circ$
	Eje B (pos. de muñeca)	$+225^\circ, -45^\circ$
	Eje T (ladeo de muñeca)	$\pm 360^\circ$
Velocidad máxima	Eje S	2,62 rad/s, 150°/s
	Eje L	2,79 rad/s, 160°/s
	Eje U	2,97 rad/s, 170°/s
	Eje R	5,93 rad/s, 340°/s
	Eje B	5,93 rad/s, 340°/s
	Eje T	9,08 rad/s, 520°/s

Fig.6. Características de trabajo del robot HP-6 de Motoman Robotics

Como ejemplo, se muestran características del robot HP-6 de Motoman Robotics (Figura 6).

Este ha sido en los últimos años uno de los robots estrella en la aplicación de soldadura al arco, ya que sus características en repetibilidad, velocidad, rango de trabajo y capacidad de carga, le han hecho liderar el mercado mundial en este sector.

Este modelo de robot, proporciona una repetibilidad de $\pm 0,08\text{mm}$ en sus trayectorias, que resulta óptimo para la aplicación de soldadura, ya que resulta de gran importancia que el error de repetición de trayectorias sea mínimo, para que la calidad y la posición de los cordones de soldadura, pieza tras pieza, sea prácticamente igual.

También es de reseñar los datos de las velocidades que se presentan eje a eje, que consiguen que además de un robot preciso, éste sea rápido, para que los tiempos de ciclo sean mínimos y aumenten las producciones de las empresas y clientes que disponen de una célula de soldadura.

Este modelo de robot industrial, es capaz de alcanzar una velocidad lineal de 1600mm/s , lo que representa una gran velocidad en movimientos lineales y asegura poca pérdida de tiempo en los desplazamientos que no forman parte de los movimientos propios del trabajo a realizar, ya que la soldadura requiere de una velocidad mucho más lenta al realizar el cordón de soldadura.

Como evolución al modelo de robot HP-6, se ha presentado en 2008 un nuevo modelo de Motoman, con características morfológicas idénticas al HP-6, pero mejorando un 25% las velocidades que se alcanzaban hasta la fecha. Se trata del SSF2000.

2.1.3. Robot antropomórfico de seis ejes con brazo superior hueco:

Como evolución al modelo HP-6 (que sigue en el catálogo de robots de Motoman), Motoman presentó a finales de 2006 un robot revolucionario y pionero, creado exclusivamente para la aplicación de soldadura al arco, aplicación estrella del mercado mundial.

Se trata de los robots EA1400 y EA1900, pioneros en el mundo de la robótica, comúnmente conocidos como “robot banana”, por su forma y concebidos para mejorar la vida útil de los paquetes energéticos para soldadura al arco. Además, por su morfología, permiten una mayor libertad al realizar movimientos y posturas con la pistola de soldadura, así como mejor accesibilidad entre utillajes.



Fig.7. Modelo EA1400 de Motoman Robotics y detalles del alojamiento del equipamiento de soldadura

Al tratarse de un robot con un brazo superior hueco (figura 7), el equipamiento para la soldadura al arco, queda totalmente alojado en el cuerpo del robot, lo que permite mucha más maniobrabilidad en cuanto a movimientos, y todo ello sumado a un revolucionario sistema de antorcha que va instalada a

continuación del sexto eje del robot, siendo ésta físicamente una prolongación del propio robot, y permitiendo mucha más accesibilidad entre los utillajes.

En cuanto a las características de alcance éstos abarcan unos rangos de trabajo de 1400mm (EA1400) y de 1900mm (EA1900).

Las velocidades que pueden alcanzar, son similares al robot anteriormente descrito HP-6, ya que la característica principal de éstos robots es su morfología, que permite integrar los paquetes energéticos de soldadura en el brazo superior (antebrazo) del robot, y no exteriormente, como se instalaban hasta la aparición reciente de estos modelos.

Como evolución al modelo de robot EA1400, se ha presentado en 2008 un nuevo modelo de Motoman, con características morfológicas idénticas al EA1400, pero mejorando un 25% las velocidades que se alcanzaban hasta la fecha. Se trata del SSA2000.



Item	Model	MOTOMAN-SSA2000
Application		Arc welding
Structure		Vertically articulated
Degree of freedom		6
Payload		3 kg
Repetitive positioning accuracy		±0.08 mm
Range of motion	S-axis (turning)	±170°
	L-axis (lower arm)	+155°, -90°
	U-axis (upper arm)	+190°, -175°
	R-axis (wrist roll)	±150°
	B-axis (wrist pitch/yaw)	+180°, -45°
	T-axis (wrist twist)	±200°
Maximum speed	S-axis	3.67 rad/s, 210°/s
	L-axis	3.32 rad/s, 190°/s
	U-axis	3.67 rad/s, 210°/s
	R-axis	6.98 rad/s, 400°/s
	B-axis	6.98 rad/s, 400°/s
	T-axis	10.47 rad/s, 600°/s

Fig.8. Imagen y características de trabajo del modelo SSA2000 de Motoman Robotics

2.1.4. Sistemas de robots múltiples (Twin, Triple y Cuádruple):

En cuanto a sistemas, es reseñable la posibilidad de disponer de sistemas con múltiples robots.

Motoman introdujo en el mercado la posibilidad de integrar dos, tres o cuatro robots con una sola computadora de control, permitiendo así, también de forma pionera, la posibilidad de sincronizar varios robots para realizar una tarea conjunta.

En la actualidad es factible integrar varios robots para realizar una operación conjunta. A estos sistemas se les denomina como:

2.1.4.1. Sistema Twin:

Conjunto de dos robots integrados bajo un mismo control, es decir, que funcionan bajo una sola CPU de control, con la posibilidad de trabajar de forma coordinada y con sincronismo entre ellos

2.1.4.2. Sistema Triple:

Conjunto de tres robots integrados bajo un mismo control, es decir, que funcionan bajo una sola CPU de control, con la posibilidad de trabajar de forma coordinada y con sincronismo entre ellos

2.1.4.3. Sistema Cuádruple:

Conjunto de cuatro robots integrados bajo un mismo control, es decir, que funcionan bajo una sola CPU de control, con la posibilidad de trabajar de forma coordinada y con sincronismo entre ellos

Este tipo de sistemas son factibles con todos los robots dedicados a la soldadura al arco.

La gran ventaja de estos sistemas, es que para piezas en las que hay que realizar un gran número de cordones de soldadura y además se trata de piezas de mayor tamaño, con un sistema múltiple de robots, se consigue realizar piezas con muy buen tiempo de ciclo de trabajo, ya que el trabajo a realizar se reparte entre dos, tres o cuatro robots a lo largo de la pieza, y trabajando de manera coordinada.

Los sistemas de robots múltiples, son muy aconsejables, para piezas grandes con cordones de soldadura que no son de grandes longitudes. De esta manera, el reparto de trabajo durante la pieza de los robots que componen la célula mejora en gran medida los tiempos de ciclo de la pieza, además de representar una ventaja económica para el cliente, ya que un sistema doble, triple o cuádruple, es un sistema de menor coste que dos, tres o cuatro robots por separado.



Fig.9. Sistema múltiple de robots (Sistema Triple)

2.2. Ejes de base:

Los ejes de base en la robótica, han supuesto un gran avance porque hacen las veces de extensión del propio robot, permitiendo incrementar el rango de trabajo del robot de varias formas.

Es indispensable en soldadura al arco, cuando se trata de soldar piezas grandes, como es el caso de la industria de astilleros, aeronáutica, etcétera. Este tipo de industria precisa del soldeo de grandes piezas o de cordones de soldadura continuos en grandes tramos, que pueden llegar a ser de varios metros. Es en estos casos cuando es necesario incrementar los rangos de trabajo de un robot con un eje de base.

Existen varios tipos de ejes de base utilizados en la aplicación de soldadura al arco.

2.2.1. *Track neumático transversal:*

El track neumático transversal, es un eje de base en el cual el robot va embarcado, de modo que el alcance del robot y su rango de trabajo aumenta considerablemente.

Se trata de un posicionador, de dos o tres posiciones, con movimiento lineal y controlado mediante la gestión mediante salidas del robot de las electroválvulas de que dispone, que sitúe al robot en uno de los dos extremos del posicionador, según se desee, además de un presostato de control de presión de aire.



DATOS TÉCNICOS	TRD
Carga máxima	600 kg
Distancia útil	1200 mm 2000 mm 2600 mm 3200 mm
Distancia total	A + 850 mm
Suplemento altura	200 mm 600 mm 900 mm
Número de paradas	2 o 3

Fig.10. Imagen y características del track neumático transversal

2.2.2. *Track transversal servo-controlado:*

El track transversal servo-controlado, es un eje de base servo-controlado que aparece como evolución al track neumático transversal, pero con un motor de 1,3KW de potencia, controlado por un variador de frecuencia para controlar la posición de éste durante toda la carrera del track mediante el encoder absoluto acoplado al motor de translación.

Este track permite posicionar el robot en la posición deseada de cualquier punto de la carrera del track para lograr un rango de trabajo de grandes dimensiones, ya que el track puede tener una longitud variable entre 3 y 24 metros, proporcionando al robot de una distancia útil de unas dimensiones entre de entre 2 y 23 metros.

El control de la posición y el movimiento del track se realiza desde la consola de programación del propio robot, facilitando de gran manera la programación de un sistema formado por un robot embarcado en un track.



DATOS TÉCNICOS	TSK-1000	TSK-1500
Carga máxima	1000 Kg.	1500 Kg.
Velocidad máxima	22 m/min	17 m/min
Distancia útil	2100-23100 3)	2100-23100
Distancia total	3060-24060 3)	3060-24060

Fig.11. Imagen y características del track transversal servo-controlado

2.2.3. Sistema Gantry:

Los sistemas Gantry, aparecen como ejes de base de los robots por la necesidad de abarcar grandes áreas de trabajo con un mismo robot en la industria pesada.

La industria naval, aeronáutica, agrícola, eólica, de construcción de vigas para puentes, grúas y demás, son los demandantes de estas estructuras para posicionar los robots en las posiciones deseadas, ya que los cordones de soldadura que se precisan en este tipo de industria suele ser de grandes recorridos y además de manera continua.

El sistema gantry, sigue la filosofía del track servo-controlado, aunque con notables diferencias.

Como diferencia principal, los sistemas gantry están pensados para que el robot se sitúe en posición invertida para abarcar un gran espacio de trabajo.

El sistema gantry se compone de tres ejes servo-controlados que permiten posicionar el robot en un área de grandes dimensiones, ya que proporciona a éste de un posicionamiento adicional en las direcciones X, Y, Z.

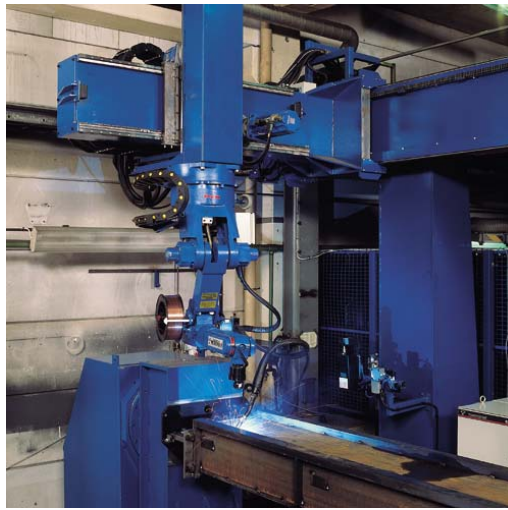


Fig.12. Sistema gantry, véase posición invertida del robot

Se trata de motores servo-controlados con un encoder absoluto acoplado a cada uno de los ejes para controlar en todo momento las posiciones que adopta el sistema gantry así como sus movimientos.

El sistema gantry se controla y se programa directamente desde la consola de programación del propio robot, como en el caso del track servo-controlado, lo que facilita enormemente su programación.



Fig.13. Célula robotizada para soldeo de grandes piezas con sistema gantry y posicionador

2.3. Ejes externos (Posicionadores para piezas):

Para posicionar las piezas, a veces es necesario mover, girar o voltear las piezas a soldar para colocarlas en una posición óptima para realizar la soldadura. A estos movimientos y/o giros de las piezas, se les conoce como posicionamiento.

Los posicionadores permiten múltiples posibilidades en cuanto a posicionamiento de piezas en el espacio de trabajo del robot, además de otorgar a la célula robotizada de la posibilidad de zona de carga/descarga para el operario y zona de trabajo para realizar la soldadura por parte del robot.

Existen dos sistemas de control para posicionadores, éstos pueden tener un control neumático, o un servo-control de uno o varios motores en los que se colocan mediante unos platos de sujeción, los utillajes que sujetan la pieza para ser soldada.

El posicionador servo-controlado, está formado por uno o varios ejes, según el modelo de posicionador. A estos ejes se les conoce con la denominación de ejes externos, ya que a diferencia de los ejes de base, éstos no se encuentran en contacto con el robot.

La programación de los ejes externos, así como su movimiento, se realiza desde la consola de programación del robot.

Una célula puede tener varios posicionadores, ya que la computadora del robot, en el caso de Motoman, permite mover y programar hasta 12 ejes externos, y 32 ejes en total, entre ejes de base, ejes externos y ejes del robot o robots de la célula.

2.3.1. *Mesa neumática:*

Este tipo de posicionador, es ideal para posicionar piezas en los utillajes, en las que no sea necesario movimientos de reposición. Este tipo de mesa, es para posicionar las piezas siempre en la misma posición, puesto que el control de giro de la mesa es neumático, lo cual no permite movimientos intermedios controlados.

Este tipo de posicionador, está pensado para conjuntos en los que entre el peso de la pieza y el peso de los utillajes, no se superen los 75kg en el caso de la mesa neumática de Motoman Robotics.

La mesa neumática puede tener distintas longitudes de los lados de carga y descarga, que varían entre los 1225mm de la más pequeña, los 1375mm de la medida intermedia y los 1525mm de la mesa neumática más grande.

El posicionador neumático, posee dos estaciones formados por una zona de carga y una zona de trabajo de soldadura de piezas, con una barrera de protección entre medio de las dos zonas con el objetivo de proteger al operario de las proyecciones del lado de la zona de trabajo donde el robot realiza las soldaduras.



Fig.14. Mesa neumática de dos estaciones formada por una zona de carga y una zona de trabajo.

El control de la mesa neumática se realiza desde la consola de programación mediante el pilotaje de salidas digitales para el control de las electro-válvulas.

La mesa neumática dispone de un presostato que conectado a una entrada específica del robot, indica cuando hay falta de presión de aire e impide la ejecución de los programas de soldadura en automático.

2.3.2. Eje externo de un motor (Mesa giratoria):

Este tipo de ejes externos están destinados a posicionar utillajes para piezas en los que se necesita rotar las piezas o realizar reposiciones en el momento del soldeo.

La mesa giratoria, también llamada bancada giratoria, se compone de dos o tres partes, según el modelo de eje externo que se desee.

La primera de estas partes es el lado motriz, en la que hay un plato con un motor, de potencia variable entre los distintos modelos, según la carga que se desee colocar entre platos, teniendo en cuenta tanto el peso de las piezas, como de la estructura de los utillajes y un encoder para el control de los movimientos de la mesa, así como su posición en todo momento.

En el otro extremo del eje externo, se emplaza el contraplato, que es un plato de movimiento libre, sin transmisiones, es decir, lo que se conoce comúnmente como “plato loco”.

Estas dos partes, plato motriz y contraplato, en algunos modelos se pueden emplazar sobre raíles, para lograr que la longitud entre platos pueda ser variable rápidamente.



Fig.15. Eje externo de un motor para posicionar utillajes destinados a la soldadura formado por plato motriz y contraplato montado en raíles, para distintas distancias entre platos.

2.3.3. Eje externo de un motor embragable:

Este tipo de posicionadores se emplea cuando se pretende tener una mesa giratoria con zona de carga/descarga, donde el operario de la célula prepara la pieza y la retira una vez ésta está soldada, y una zona de trabajo, en la que el robot ejecuta los movimientos y acciones para realizar la soldadura.

Se trata de un posicionador patentado por Motoman, que permite mediante un sistema de embrague neumático, el movimiento de un eje central para el cambio de estación, o el plato motriz para reposicionar la pieza que se desea soldar. Este sistema permite abaratar costes, y hace de este posicionador, el producto estrella de la marca en cuanto posicionadores.

Cuando se pretende disponer de zonas de carga y descarga, con control de posicionamiento en la zona de trabajo, este posicionador viene a ser el ideal para posicionar las piezas.

La zona de carga y descarga no es móvil, se queda enclavada mediante un pistón neumático, con el objetivo de que el utillaje quede fijado y en ningún

caso represente un peligro para el operario de la célula en las operaciones de carga y descarga. Como seguridad, entre la zona de trabajo y la zona de carga y descarga de piezas, se coloca una pantalla de protección metálica, con la que el operario queda protegido de las posibles proyecciones producidas por la soldadura.



DATOS TÉCNICOS	RM2-500 TX	RM2-750 TX
Carga máxima	500 kg / estación	750 kg / estación
Capacidad de soldadura, 100%	700 A	700 A
Capacidad de soldadura, 60%	920 A	920 A
Distancia entre platos de fijación	2000 mm	2000 mm
Distancia total	3000 mm	3500 mm
Distancia máxima de giro (diámetro)	A + 1790 mm	A + 1790 mm
Torsión dinámica eje-x	1200 mm	1200 mm
Torsión estática	1030 Nm	1830 Nm
Aumento alcance robot	825 Nm	1470 Nm
Velocidad orbital	168 mm	199 mm
	0-30,9 rpm	0-17,7 rpm

Fig.16. Imagen y características del posicionador de RM2 Motoman con motor desembragable.

Éste es un posicionador horizontal servo controlado de un eje con placa antirreflejante. Con posibilidad de distintas longitudes entre platos, donde se colocan los utillajes necesarios para sujetar la pieza que se desea soldar como se puede apreciar en la imagen anterior (Figura 16), y en los que se puede soportar una carga de hasta 750 Kg., suficiente para soportar grandes utillajes de soldadura.

La utilización de este posicionador es de gran importancia, por sus grandes prestaciones, ventajas, precisión de posicionamiento y por un precio de mercado muy competitivo gracias a su sistema de embrague neumático, que hace que no sean necesarios más motores en los ejes para mover el plato de la zona de trabajo y para realizar un cambio de zona al voltear la mesa por el eje central.

Al tratarse de una mesa con un solo motor, el coste no solo se reduce por la ausencia de éste, sino por lo que ello supone, es decir, menos servos de control, encoders, instalación en cuanto a cableado, tanto en la propia mesa, como en el cuadro eléctrico de la célula robotizada.

En cuanto a los mantenimientos de éste equipo, éstos son más sencillos en su ejecución, más económicos, y representan un menor tiempo para realizarlos, lo cual para el cliente es una gran ventaja.

2.3.4. Eje externo de dos motores:

Existen distintas versiones de posicionadores de dos motores destinados a posicionar piezas para la aplicación de soldadura, aunque su función final y su estructura es similar entre si. Este tipo de ejes se caracteriza por la posibilidad de inclinar y rotar piezas para realizar su soldadura.

Su empleo más extendido es en piezas en la que hay que hacer una soldadura circular a una pieza con un cordón de soldadura continuo, como es el caso de cierto tipo de bidones metálicos, por ejemplo.

Las distintas formas que adoptan entre si estos ejes externos, son debido a sus características de capacidad de carga, velocidad de giro, etc. Pero con un patrón común entre las distintas morfologías de este tipo de ejes externos, ya que se componen de dos ejes que forman un ángulo de noventa grados entre ellos.



Fig.17. Imagen de 2 ejes de 2 motores con unas capacidades de carga de 250 Kg y 500 Kg respectivamente.

En el caso de los ejes externos de este tipo, los de cargas superiores a 1000 Kg. vienen con la posibilidad de instalación de un brazo superior para aguantar los utillajes de las piezas que deben ser soldadas como se muestra en la imagen siguiente (figura 18).

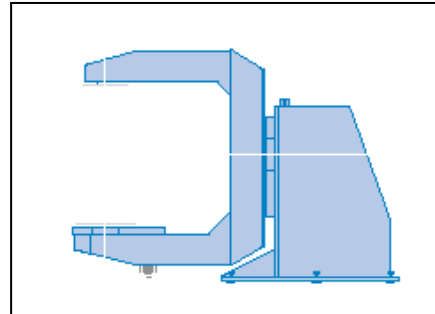


Fig.18. Imagen de eje externo de 2 motores con una capacidad de carga de 1000 Kg.

2.3.5. Ejes externos de tres motores:

Los ejes externos de tres motores, también se caracterizan por disponer de dos estaciones formadas por una zona de carga y descarga, y una zona de trabajo donde el robot realiza la soldadura.

Este eje se compone de tres motores servo-controlados, que pueden calibrarse con el robot para realizar las soldaduras de la pieza, así como un posicionamiento óptimo de la pieza.

La ventaja que tiene este tipo de ejes externos respecto del anteriormente explicado eje externo de un motor desembragable, es que en la estación de carga y descarga, es posible mover los platos para una mayor comodidad del operario al cargar piezas a soldar, o en el momento de la retirada de las piezas ya soldadas.

Como desventaja respecto al eje externo de un eje desembragable, es reseñable, que el coste de este equipo es mayor debido al uso del triple de motores, encoders, servo-controles e instalación.



Fig.19. Imagen de ejes externos de 3 motores con una capacidad de carga de 250Kg y 1000 Kg respectivamente.

Aunque no aparecen en la imagen superior (figura 19), este tipo de ejes externos suele incorporar una pantalla de protección para el operario de las proyecciones que puedan realizarse durante la soldadura en la estación de trabajo.

Casi todos los fabricantes de robots optan por este tipo de ejes externos en las células de soldadura, ya que permiten ganar tiempos de ciclo al poder realizar una descarga de piezas soldadas y una recarga de piezas nuevas, mientras el robot se encarga de realizar las tareas de soldadura en la otra estación.

2.3.6. Ejes externos de cinco motores:

En cuanto a posicionadores, el posicionador de cinco ejes servo-controlados, es el más completo en cuanto a posibilidades de posicionamiento, aunque en detrimento de este tipo de posicionador, su coste resulta elevado.

Este tipo de eje externo, en una célula de soldadura, nos brinda un control de posicionamiento de los utillajes y de la pieza enorme, ya que además de rotar los utillajes, tanto en la estación de carga y descarga, como en la estación de trabajo, donde el robot realiza la soldadura, nos permite inclinar los dos pares de platos independientemente con el fin de obtener múltiples posturas de piezas y utillajes, ya sea en el momento de realizar las soldaduras o en el momento en que el operario de la estación realiza las tareas de carga y descarga de las piezas.

El uso de este tipo de ejes externos no está muy extendido en la industria debido a su alto coste, aunque ofrece unas posibilidades de posicionamiento que resultan mucho mejores que las que ofrecen el resto de ejes externos.

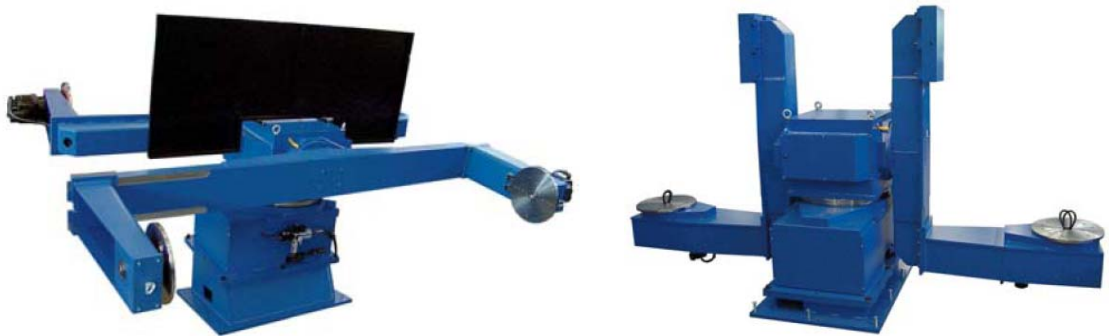


Fig.19. Imagen de ejes externos de 5 motores con una capacidad de carga de 1000 Kg.

La distancia entre platos es variable, y fácilmente ajustable, ya que el contraplato se monta en una estructura sobre raíles.

2.4. Computadora:

Se conoce con el nombre de computadora, al armario de control de una célula robotizada, en el que se integran los elementos de control del robot y los posibles ejes de base y/o ejes externos de la célula robotizada

La computadora puede tener distintos equipos de control y medidas, dependiendo de la configuración de la célula robotizada.



Fig.20. Imagen de la computadora NX100 de Motoman Robotics.

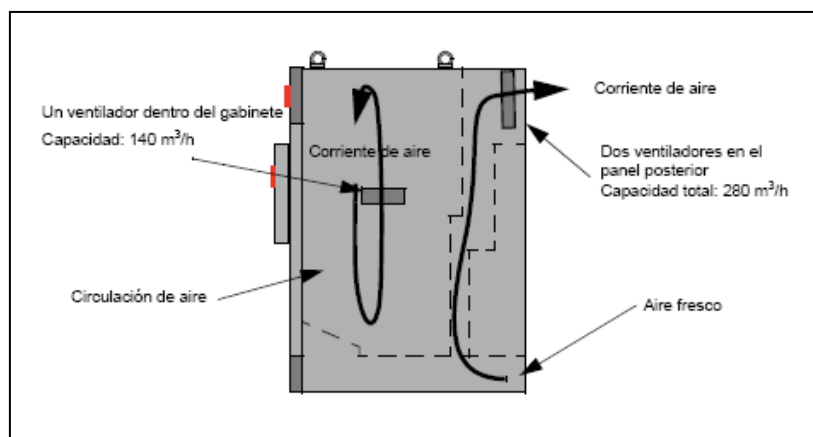
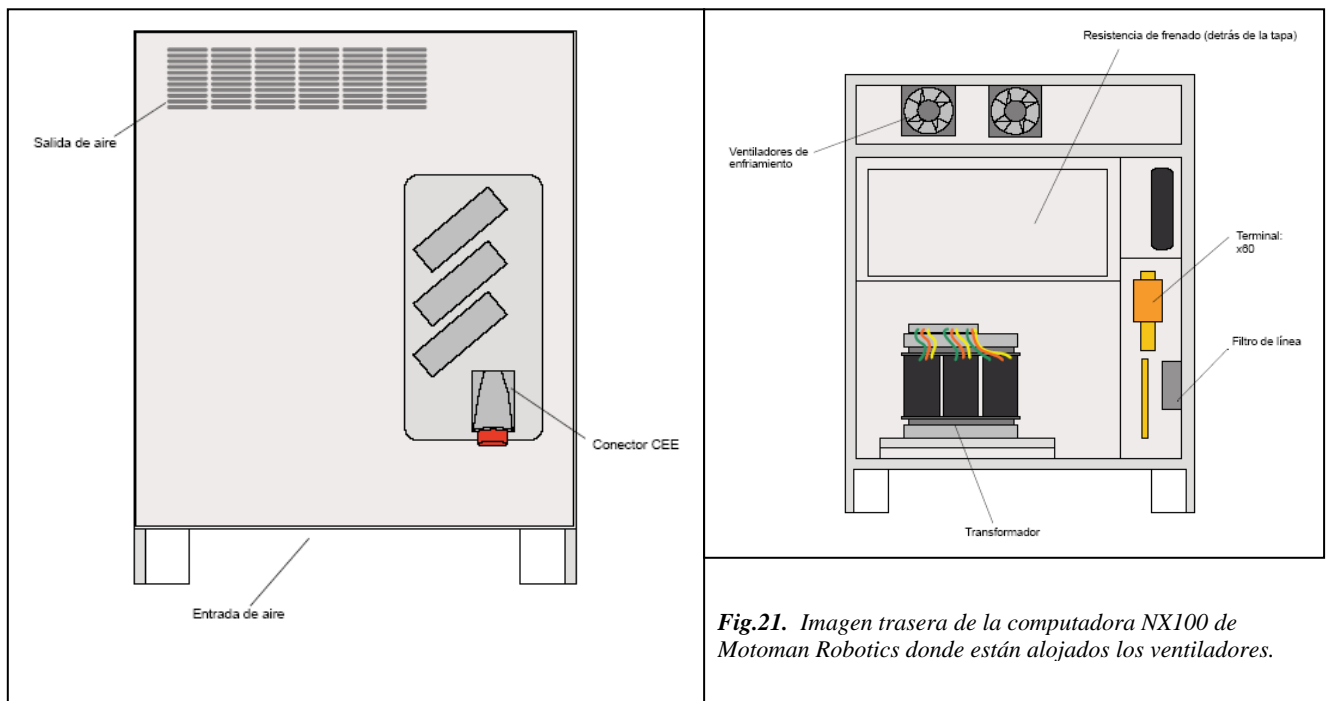
En general, casi la totalidad de fabricantes de robots, construyen sus armarios eléctricos compuestos por unidades y módulos individuales (placas de circuito). En general, el funcionamiento incorrecto de los componentes se puede reparar fácilmente después de un fallo reemplazando una unidad o un módulo en particular. Con este sistema modular y con un pequeño stock de módulos, el cliente se asegura que las posibles paradas de producción por avería de algún componente de la computadora se minimicen de forma espectacular, ya que el cambio de la mayor parte de las placas de la computadora, son del tipo “plug & play”.

2.4.1. Sistema de refrigeración de la computadora:

Los armarios eléctricos, deben ser refrigerados mediante un sistema que haga circular el aire dentro de la cabina con el fin de mantener una temperatura

que no sea excesiva para un correcto funcionamiento de los equipos que se integran en ella.

En el caso de la computadora NX100 de Motoman Robotics, el armario está dividido en dos estancias, una delantera donde se integran la mayoría de los equipos de control de la célula robotizada, en la que solo se integra un ventilador, y una trasera donde se encuentra el transformador de entrada de la acometida y dos ventiladores que aseguran una temperatura adecuada en el interior del armario.



La refrigeración de los componentes se logra por medio de dos conjuntos de ventiladores eléctricos. Un ventilador se utiliza para circulación de aire dentro del compartimiento delantero del armario eléctrico. El otro sistema se utiliza para refrescar los ventiladores en la parte posterior de los grupos de servopacks (variadores de frecuencia de los motores que componen el robot y los distintos ejes de base y/o ejes externos que componen la célula robotizada), así como las resistencias de frenado. No se realiza ningún intercambio de aire entre los dos sistemas. Como norma, dos ventiladores en la parte posterior y un ventilador dentro del gabinete.

2.4.2. Especificaciones de la computadora utilizada en el proyecto:

Según el fabricante de robots que decidamos emplear, los armarios de control presentan distintas configuraciones, aunque todos ellos comparten puntos en común en cuanto al control de los robots.

La computadora de Motoman NX100 está basada en módulos. Todas las reparaciones se llevan a cabo reemplazando la unidad o el módulo estropeado. Se pueden agregar nuevas opciones al sistema en cualquier momento para conseguir mas prestaciones (por ejemplo, agregar más E/S o una interfaz específica). Para lograr nuevas funciones se puede actualizar el software del sistema, el cual está en constante evolución para obtener mejores prestaciones. A continuación se presenta la tabla de características técnicas de esta computadora.

Tema	Valores, datos.
(Cabina NX100)	Dimensiones NX100: 800(W) x 1000(H) x 650(D)
Peso	Aprox. 170 kg. (en función de la configuración)
Recinto	IP54 como estándar
Color	RAL 7032 / RAL 7022 (cubierta inferior)
Refrigeración	Refrigeración interna (ventiladores eléctricos)
Temperatura ambiente	0°C hasta +45°C (en funcionamiento) -10°C hasta +60°C (almacenamiento)
Humedad del aire	20% hasta 80% sin condensación (robot) 10% hasta 90% sin condensación (controlador)
Contaminación del aire	Minimice la presencia de hollín, polvo, agua. Mantenga libre de gases y líquidos explosivos y corrosivos.
Otras influencias	Vibraciones máximas 0,5G (estándar)
Suministro de alimentación	Lado primario: 3x 400/415/440 VAC (-15 / +10%) a 50 / 60 ±2 Hz Lado secundario: 3x 200 VAC (-15 / +10%) a 50 / 60 ±2 Hz

Conexión a tierra	Conexión a tierra exclusiva 100 ohm máx.
Posicionamiento	Sistema absoluto (codificador absoluto)/interfaz de serie
Unidades de accionamiento	Servopack para motores AC
Control Acc	Software (servo controlado)
Capacidad de programación	60.000 pasos, 10.000 instrucciones y 10.000 pasos PLC (ladder)
No. de ES digitales	Señales generales 40 entradas y 40 salidas Entradas directas 5 canales
ES de hardware	Señales específicas (hardware) 17 entradas y 2 salidas (ES de circuito de seguridad)
No. máx. de ES	Señales generales 1024 entradas y 1024 salidas (opción)
Salida analógica	Máx. 40 canales a través de la placa opcional
Consola de programación	Dimensiones 200(W) x 340(H) x 60(D)
Estado	Pantalla de cristal líquido a color TFT de 6,5" VGA (640x480). Panel de contacto.
Interfaz	Conector RS232C en CPU LAN (100BASE-TX/10BASE-T) en CPU Ranura para tarjeta CF en la consola de programación
Interruptor de seguridad	3 niveles, "interruptor hombre muerto" (SEGURIDAD JOKAB, JSHD2B)
Módulo de seguridad	Sistema de dos canales en todo el módulo

2.4.3. Descripción de la computadora:

La computadora se compone de varios módulos o unidades independientes situadas en el interior del armario de control.

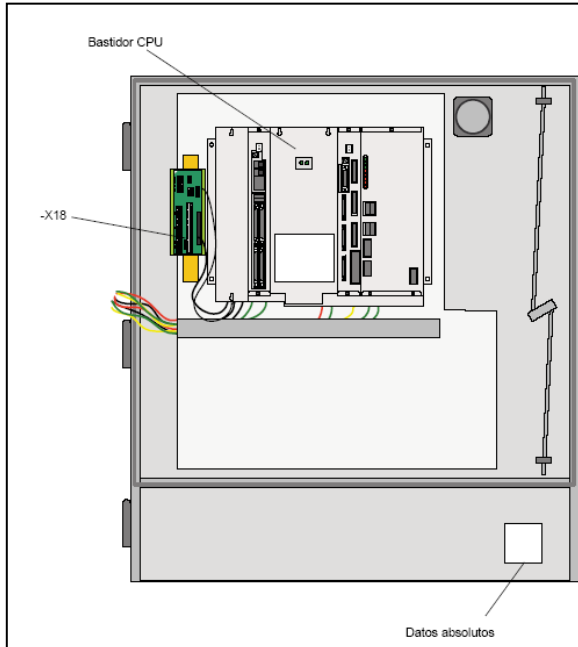


Fig.23. Imagen de la disposición de los módulos de la computadora NX100 de Motoman Robotics situados en la puerta del armario de control.

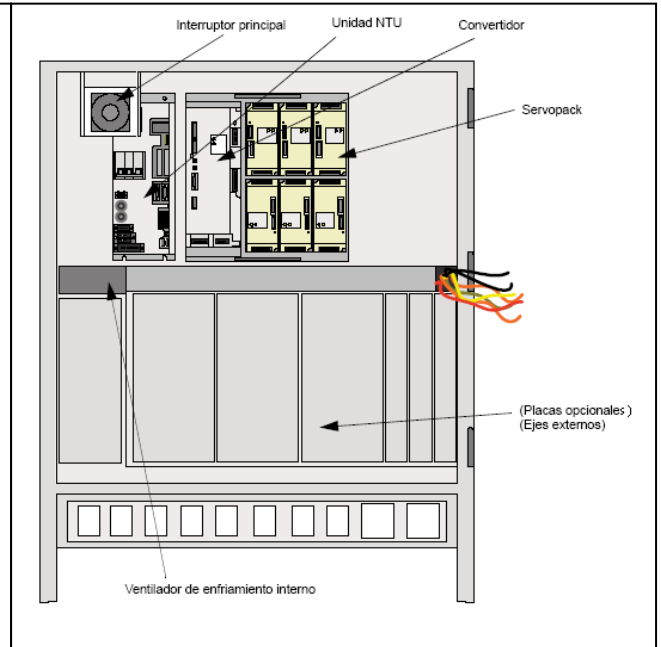


Fig.24. Imagen de la disposición de los módulos de la computadora NX100 de Motoman Robotics situados en el interior del armario de control.

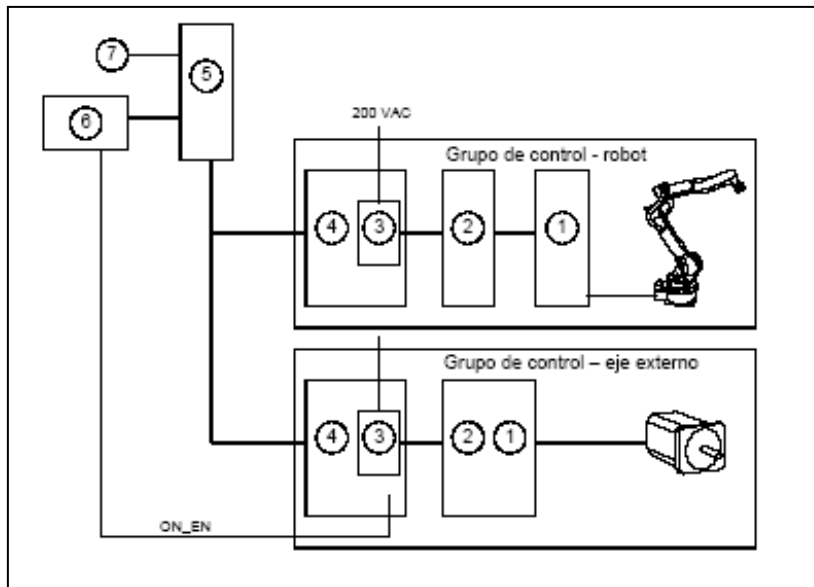


Fig.25. Imagen del esquema del control de robot y eje externo.

En la imagen anterior (figura 25), aparece un esquema de un control de un robot y un eje externo. El control, y por consiguiente, las seguridades son gestionadas por equipos que van instalados en la computadora.

Los elementos que aparecen en la imagen anterior (figura 25) son:

1. Servopack, controla cada servomotor. (1 servo por motor)
2. Convertidor, pasa de la alimentación AC a DC.
3. Unidad de contactores, la cual se encarga de alimentar el convertidor.
4. Unidad de contactores.
5. Placa de circuito NIO de la unidad NIF (bastidor CPU)
6. Control de circuito externo de seguridad (PLC de seguridad o relés de seguridad)
7. Circuito de parada de emergencia.



Fig.24-bis. Imagen del interior del armario eléctrico de la computadora NX100 de Motoman robotics. Se aprecian los elementos mostrados en las figuras 23 y 24.

Los módulos que componen la computadora, a grandes rasgos son los siguientes:

2.4.3.1. Unidad de contactores:

La unidad de contactores, es un elemento que se encarga de entrega la potencia al sistema en su conjunto. Esta unidad alimenta a la CPU y a los paquetes de servos que a su vez controlan a los motores del robot o de los ejes externos.

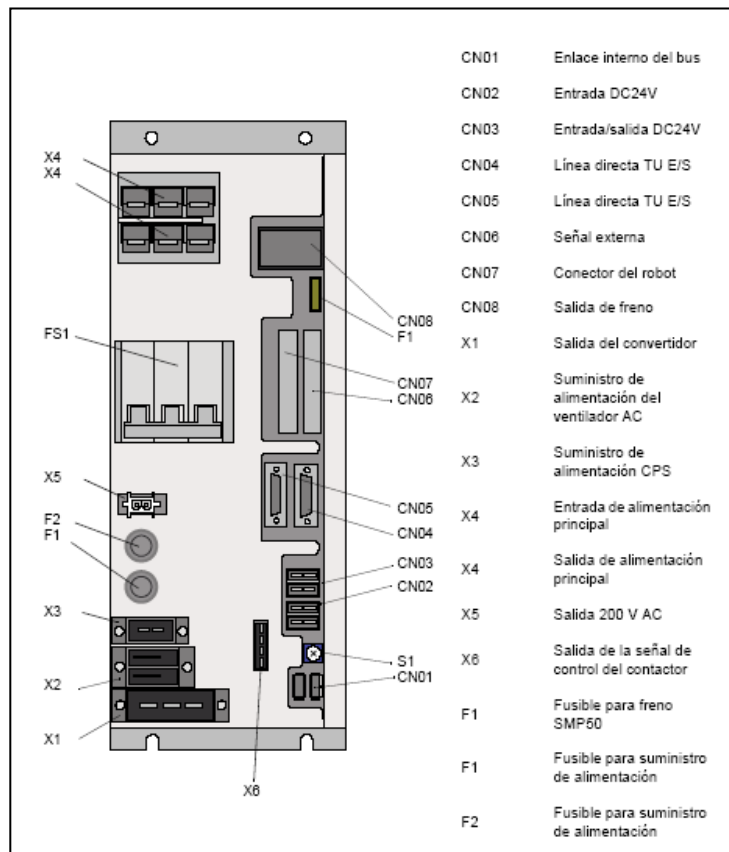


Fig.26. Unidad de contactores del control de Motoman Robotics.

Los circuitos de seguridad, sistemas de anticolidión para el robot, y demás elementos de seguridad del sistema, se conectan a la unidad de contactores, para que si es necesario, ésta deje de alimentar a motores, etcétera.

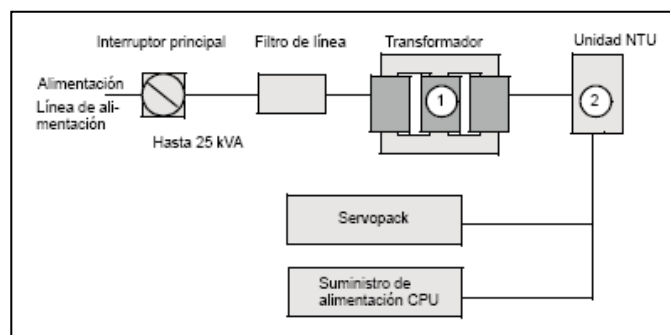


Fig.27. Unidad de contactores (NTU). Entrega de potencia al resto del sistema.

2.4.3.2. Bastidor CPU:

En el bastidor CPU se conectan distintas placas para el control del sistema, además de algunas placas opcionales que se le pueden conectar (Tarjetas PCI). En este bastidor, se conectan las tarjetas de la CPU, tarjeta de entradas/salidas, tarjeta de control de servos, y además viene adaptada a éste bastidor, una fuente de tensión DC, para las distintas maniobras, circuitos de entradas/salidas, etcétera.

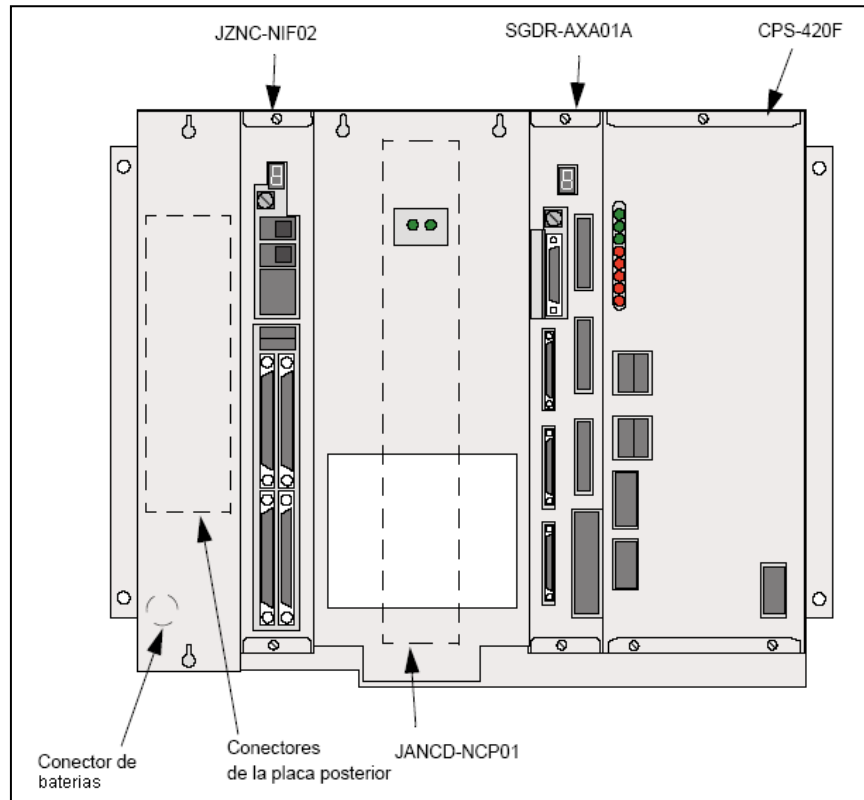


Fig.28. Imagen frontal del bastidor CPU.

La CPU (JANCD-NCP01 de la imagen superior, figura 28) controla todo el sistema. El control que realiza la CPU va desde el control de los botones de operación, consola de programación, tipos de movimiento del robot, datos de calibraciones, sistemas múltiples de robots, etc. Con posibilidad de conexión RS-232C y LAN (100Base-TX/10Base-T), que permite comunicar con el robot distintos sistemas mediante puerto serie y ethernet. Es incluso posible configurar el sistema para comunicar mediante FTP al sistema.

2.4.3.3. Fuente de alimentación:

La unidad suministra la alimentación DC (5V, 24V, 3.3V y $\pm 12V$) para control (sistema E/S, liberación de freno) a partir de una tensión de entrada de 200/220 V AC con una frecuencia de 50/60 Hz. También está equipada con una función de entrada para encender/apagar el suministro de alimentación de control.

2.4.3.4. Placa de control de ejes principales:

La placa de circuito de control de ejes principales (SGDR-AXA01A de la figura 28 y figura 29) controla los servomotores de los seis ejes del robot. También controla el convertidor, los amplificadores PWM o también llamados servopacks, y la unidad de contactores del suministro de alimentación.

Esta placa se encarga de dar la consigna a los servos para alimentar los motores según sea necesario para que el robot realice un movimiento concreto. Así mismo, mediante los encoders que incorpora cada eje del robot, la placa gestiona la posición y velocidad de los ejes en el momento de realizar los movimientos y paros del robot, con sus correspondientes consignas de velocidad, rampas de aceleración y deceleración, precisión de posicionamiento, etcétera.

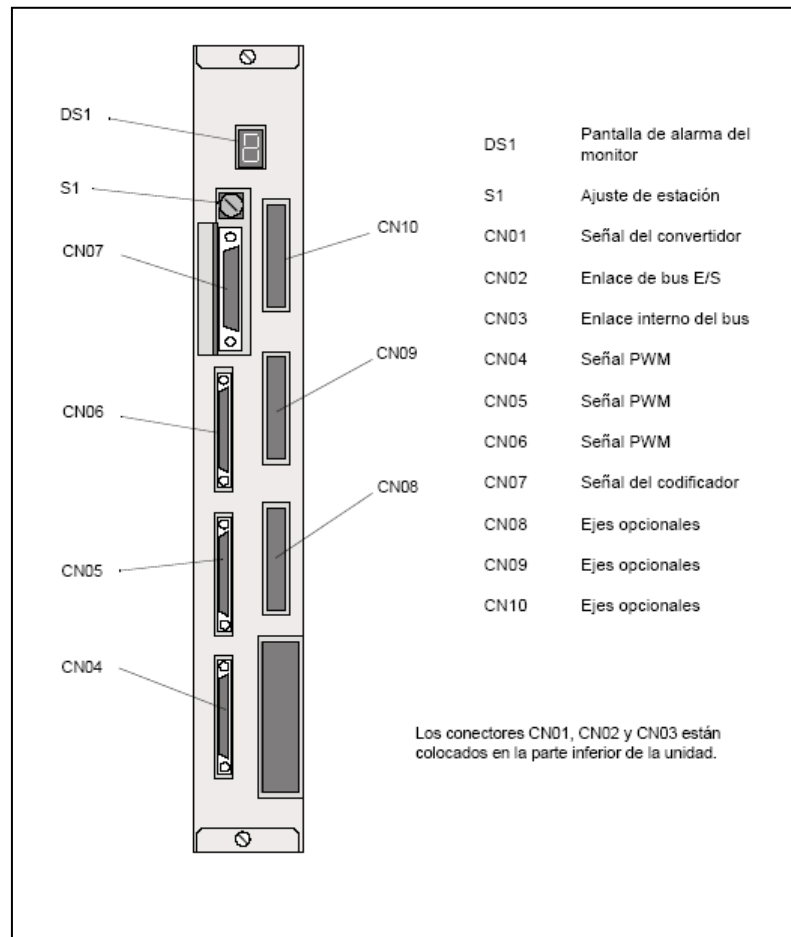


Fig.29. Imagen de la placa de control de los ejes principales.

2.4.3.5. Placa de entradas/salidas:

La placa de entradas/salidas (JNZC-NIF02 de la figura 28), es la placa de interfase con otros elementos de la célula como sensores, actuadores, válvulas, presostatos y demás elementos que pueden integrar o formar parte de la célula robotizada, además de posibilitar la interconexión mediante entradas y salidas con otros elementos o equipos.

Esta placa de entradas y salidas, proporciona 40 entradas y 40 salidas, de las cuales 16 entradas y 16 salidas, son entradas y salidas específicas, que ya están predeterminadas por el sistema, y el resto son entradas y salidas universales, es decir, libres para que el usuario conecte lo que considere oportuno. Es posible conectar placas de ampliación de entradas y salidas. Estas ampliaciones son de 40 entradas y 40 salidas por placa.

También es posible ampliar el número de entradas y salidas del sistema mediante algún bus de campo como DeviceNet, ProfiBUS etc.

La conexión de las entradas y salidas se realiza mediante 4 terminales de borneros que van conectados directamente a esta placa de entradas y salidas y que en cuanto a las salidas se refiere, pueden ser con relés integrados en el bornero.

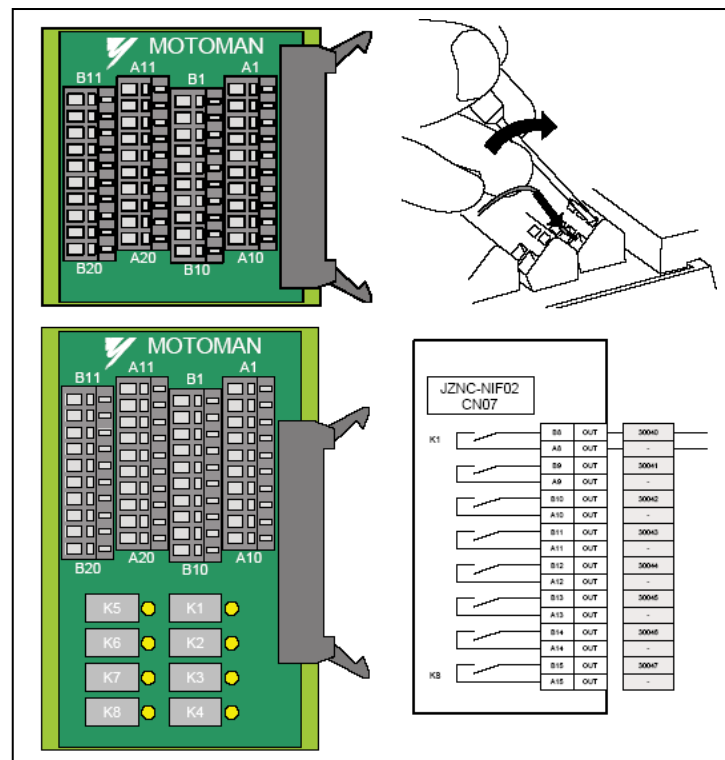


Fig.30. Imagen de borneros con y sin relés integrado en el bornero.

2.4.4. Servopacks:

El servopack o amplificador PWM intercambia el suministro DC suministrado por el convertidor por alimentación trifásica para controlar el servomotor. Es necesario un amplificador para cada servomotor, por lo tanto, se instalan grupos de seis servopacks por robot, además de servopacks para los posibles ejes externos o de base que pueda tener la célula robotizada.

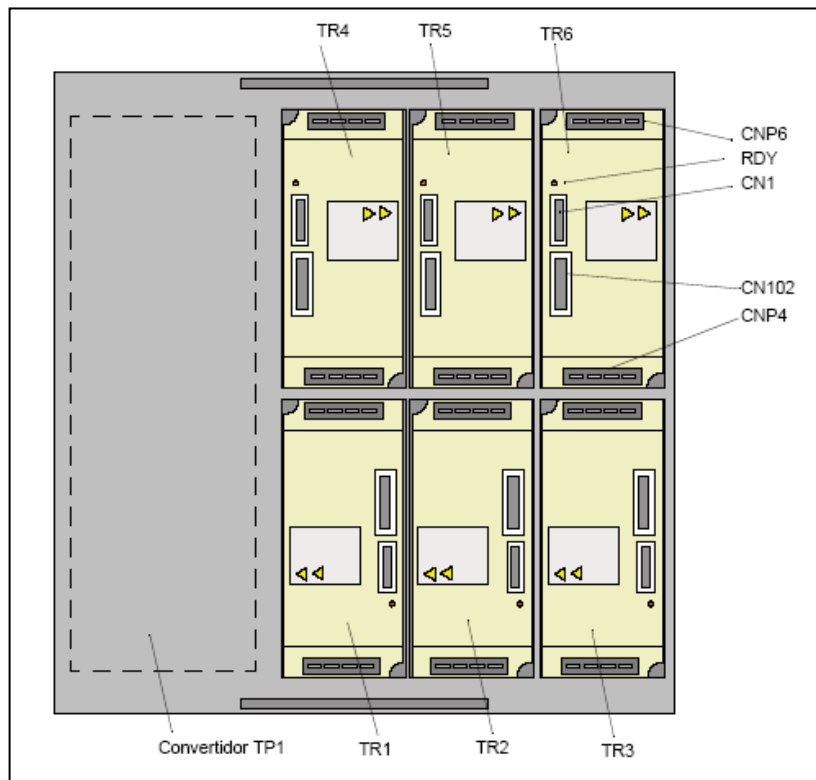


Fig.31. Disposición de servopack para los robots HP-6 y EA1400N de Motoman.

Cada tipo de motores que utilizan los robots, tienen un modelo de servopack en concreto. Estos servopacks funcionan con 200V DC, por lo que es necesario instalar un convertidor de tensión para su utilización.

2.4.5. Convertidor de tensión:

Unidad para entregar 200V DC a los servopacks, a partir de una tensión de entrada trifásica de 200V AC.

2.4.6. Tarjetas opcionales:

Es posible instalar varios tipos de tarjetas opcionales, como es el caso de tarjetas para buses de campo, tarjetas para salidas analógicas, etcétera.

Las tarjetas de bus de campo más habituales en la robótica son las placas de DeviceNet y ProfiBUS DP, tanto en sus versiones maestras (Master) o esclavas (Slave), aunque se pueden emplear distintos tipos de bus de campo como es el caso de CANOpen, ControlNet, InterBus-S, Modbus Plus, InterBus-FO, ASI, FIPIO, CC-Link, entre otros.

En cuanto a las tarjetas para disponer de salidas analógicas, éstas son las que se utilizan para algunos tipos de máquina de soldadura para poder controlar la tensión y corriente que se desea emplear en la soldadura.

2.5. Consola de programación (Teach Pendant):

Un elemento esencial en las células de soldadura es la consola de programación, también conocida por su denominación inglesa como teach pendant o la abreviatura “TP”.

La consola de programación es necesaria tanto para el programador, como para el usuario de la célula robotizada, ya que todas las funciones del robot y los ejes externos y/o ejes de base, se controlan desde ella.

A nivel industrial, existen métodos software de programación “off-line”, es decir, sistemas para programar una célula desde el exterior mediante algún programa, pero no es un sistema 100% fiable, ya que existen numerosos detalles y factores, que hacen que la programación se deba de hacer mediante la consola de programación. Este tipo de programación, está más orientada a la docencia en centros tecnológicos, escuelas técnicas, etc. A nivel industrial, este tipo de software está destinado a simulaciones, demostraciones de la capacidad del sistema y este tipo de menesteres. Además, la consola de programación no solo es necesaria para la programación en si, sino que también desde ella se accede a distintos sistemas de reglaje, calibración, parámetros, y funciones que nos brinda el sistema (figura 32).

En la consola de programación utilizada en este proyecto, se integran los selectores y pulsadores necesarios para poner en marcha la célula en automático, además de tener todas las funciones necesarias para trabajar con el robot en modo manual.

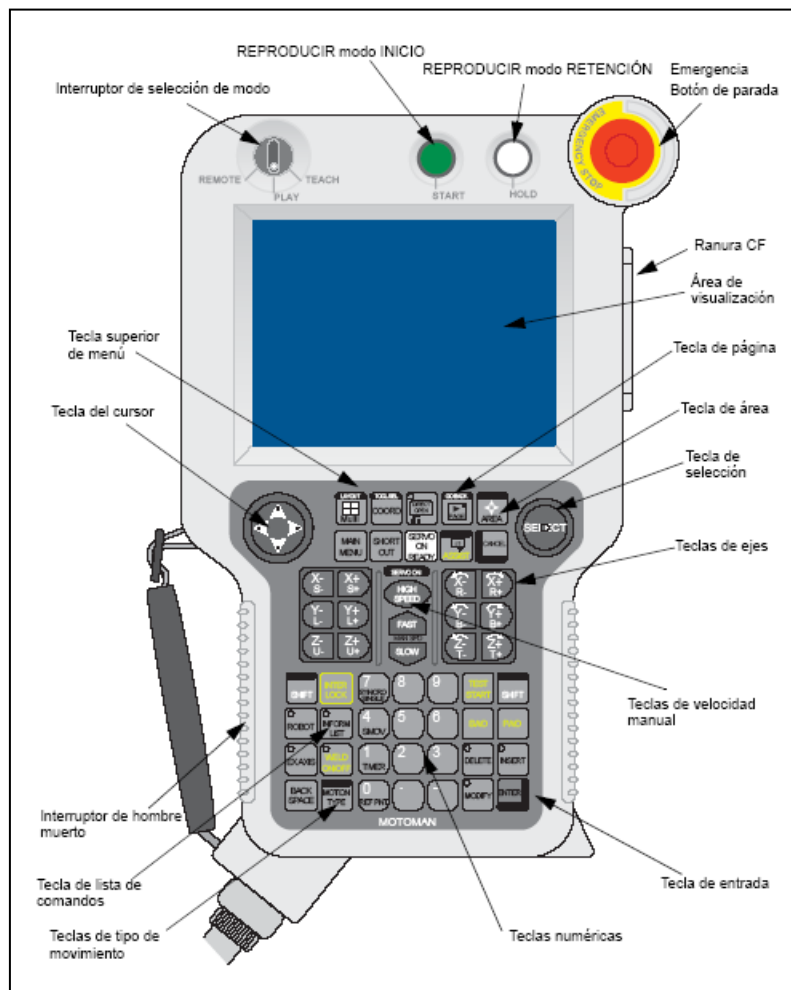


Fig.32. Consola de programación del sistema NX100 de Motoman Robotics.

Como sistema de seguridad, la consola de programación dispone de un pulsador de seguridad, que debe ser pulsado para que el robot y/o ejes externos y/o ejes de base de que disponga la célula robotizada puedan moverse. Este pulsador es conocido como “pulsador de hombre muerto”.

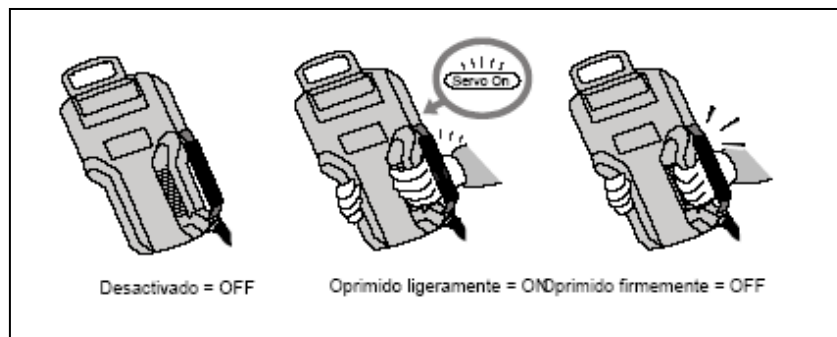


Fig.33. Pulsador de Hombre Muerto, funciona en posición intermedia para activar los servos que alimentan a los motores según la consigna que reciben.

La pantalla de la consola de programación de Motoman Robotics que aparece en la imagen anterior (figura 32), además de las funciones disponibles desde el teclado, dispone de función táctil, y navegando por los distintos menús, se accede a múltiples funciones y posibilidades del robot. En la actualidad, la mayoría de los fabricantes de robots se inclinan por un tipo de consolas de programación de este estilo, salvo excepciones como en el caso de ABB Robotics (que es todo táctil sin teclado), en las que se alterna función táctil y teclado debido a que si la función táctil llegara a fallar o a estropearse, todas las funciones siguen siendo accesibles mediante el teclado, en el que todavía aparece el cursor, para poder navegar por los menús.

La navegación por los menús, funciones y utilidades es posible mediante la función táctil y mediante el uso del cursor.

La consola de programación que se ha utilizado en este proyecto, permite personalizar la pantalla y crear botones para activar salidas, ver el estado de las entradas, estado de variables tanto de lectura como de lectura/escritura. Este sistema facilita enormemente al usuario final de la célula su utilización.

2.6. Máquina de soldadura (Fuente de potencia):

La fuente de potencia, comúnmente conocida como máquina de soldadura, es la que se encarga de entregar la diferencia de potencial con la corriente necesaria entre el electrodo y la pieza, para realizar el soldeo. En la soldadura por arco, la fuente de potencia se encarga de controlar en todo momento los parámetros necesarios para que la soldadura sea correcta.

En nuestro mercado se encuentran diversos distribuidores de las principales firmas del mercado global.



Fig.34. Fuentes de potencia de distintos fabricantes para soldadura por arco.

Las fuentes de potencia para la soldadura por arco han sufrido una gran evolución en los últimos años. Éstas han pasado a controlar internamente en la actualidad múltiples factores de la soldadura, como corriente, tensión, altura de arco, velocidad de hilo de aportación, etcétera.

Las fuentes de potencia para soldadura al arco, surgieron con el fin de controlar la tensión y la intensidad durante la soldadura, y para ello se empleaban transformadores de alta reactancia. La ventaja de una fuente de este tipo, es que su manejo es sencillo y el mantenimiento del equipo es mínimo. Por el contrario, estos equipos son de gran tamaño y pesados, con un alto componente de energía reactiva, el ajuste de la potencia es mecánico y además solo se puede soldar en corriente alterna, con lo que no es posible el soldeo de todos los tipos de electrodos.

En una segunda etapa, las fuentes de potencia evolucionaron a fuentes de potencia controladas por tiristores. Con este tipo de fuente de potencia es posible soldar con corriente continua, con lo que es posible soldar diversos tipos de materiales metálicos ya que se pueden soldar todos los tipos de electrodos y es más sencilla de controlar, incluso remotamente. Este tipo de fuentes de potencia es el que se empleaba en los últimos años en células de soldadura por arco robotizadas.

Actualmente las fuentes de potencia para la soldadura por arco, emplean la tecnología inverter en sus equipos. Esta tecnología permite tener una gran eficiencia, bajo consumo, menor peso y tamaño, y una gran soldabilidad.

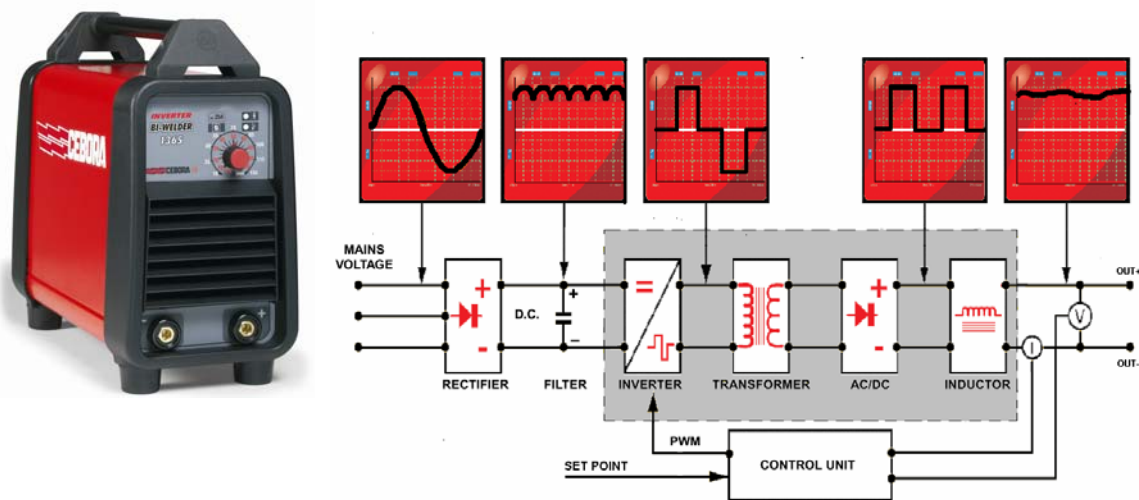


Fig.35. Fuente de potencia con tecnología INVERTER de Cebora.

La fuente de potencia, se divide en tres partes esenciales que en general se presentan de forma similar en los distintos fabricantes de máquinas de soldar.



2.6.1. Interfaz con robot

Para que la fuente de potencia pueda recibir ordenes para realizar la soldadura por parte del robot, es necesario un interfaz de comunicación entre los dos equipos para disponer de una serie de comandos imprescindibles entre máquina y robot.

Éste vínculo se puede establecer mediante un interfaz analógico o mediante un interfaz digital.

El interfaz analógico, se encarga de convertir las señales analógicas que el robot entrega mediante una carta de salidas analógicas, además de algunas señales digitales, y las procesa para entregar las señales necesarias para activar o desactivar la soldadura con las especificaciones necesarias por parte de la máquina de soldar.



Fig.36. Interfaz analógico para fuente de potencia de Cebora.

Aunque el interfaz analógico sigue siendo empleado en la industria de la metalúrgica para la soldadura por arco con célula robotizada, éste está empezando dejar de emplearse poco a poco, debido a que los fabricantes de fuentes de potencia ya empiezan a integrar en sus equipos cabeceras de bus de campo, generalmente esclavas, para trabajar con señales digitales.

A las cabeceras de bus de campo, los fabricantes las denominan interfaz digital, puesto que gracias ellas, se elimina la tarjeta de salidas analógicas del robot, lo que suponía un coste adicional. Con este tipo de interfaz, lo que se consigue, es que todas las señales sean codificadas mediante entradas y salidas digitales, utilizando éstas en grupos de ocho para formar bytes si es necesario para comunicar con la máquina de soldar.

El empleo de cabeceras de bus de campo, ha provocado un giro de 180 grados en la concepción de la soldadura robotizada, puesto que anteriormente, con el empleo del interfaz analógico, el robot era el que mediante salidas analógicas, controlaba la intensidad y el voltaje de la máquina de soldar para realizar los distintos cordones de soldadura, pero con el interfaz analógico, se ha conseguido que sea la máquina la que mediante una memoria de programas, variable en función del fabricante, todas las características de una soldadura en particular, se puedan guardar en un programa (conocidos como “jobs”).

Con este sistema de jobs, el robot una vez se posiciona para realizar la soldadura, le dice mediante un grupo de ocho salidas, con su combinación binaria transformada a decimal, cual es el job que la máquina ha de emplear de los que tiene en su memoria.

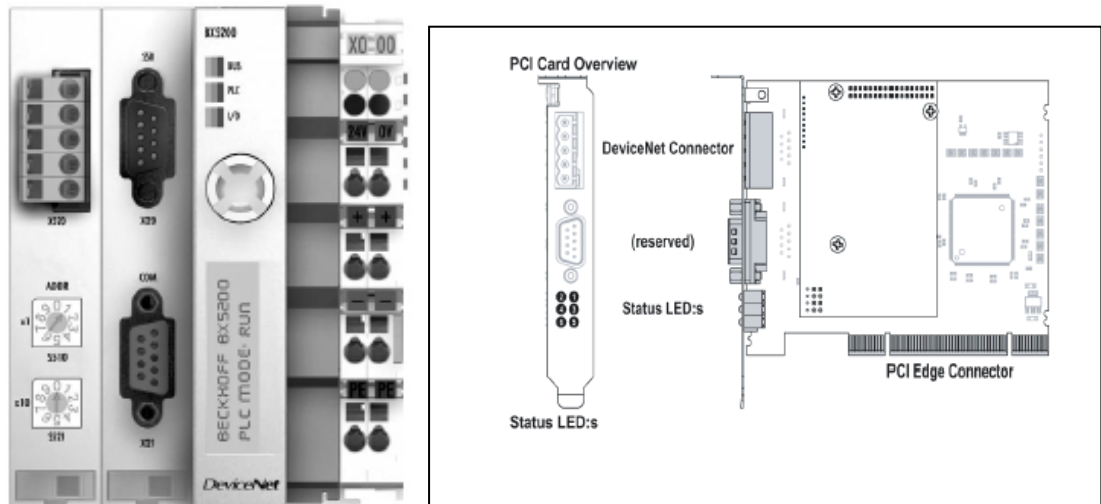


Fig.37. Interfaz digital para fuente de potencia. Cabecera Beckhoff DeviceNet Slave y tarjeta DeviceNet Master PCI del robot Motoman.

2.7. Equipamiento de soldadura para robot:

Además de la fuente de potencia para la soldadura al arco, se utiliza un equipamiento específico para el robot.

Este equipamiento está formado por distintos elementos que son necesarios para realizar la soldadura con el robot, compuesto por una antorcha de soldadura, un sistema de anticolidión, un paquete energético, una devanadora de hilo, una sirga para guiar el hilo, y un “bobin-holder” para sostener la bobina de hilo o algún otro sistema similar.

Además de este equipamiento básico, también se emplean algunos equipos opcionales y de uso común, para realizar la limpieza de la boquilla de la antorcha.

Un sistema de “auto-calibración” de la antorcha es también un sistema utilizado.

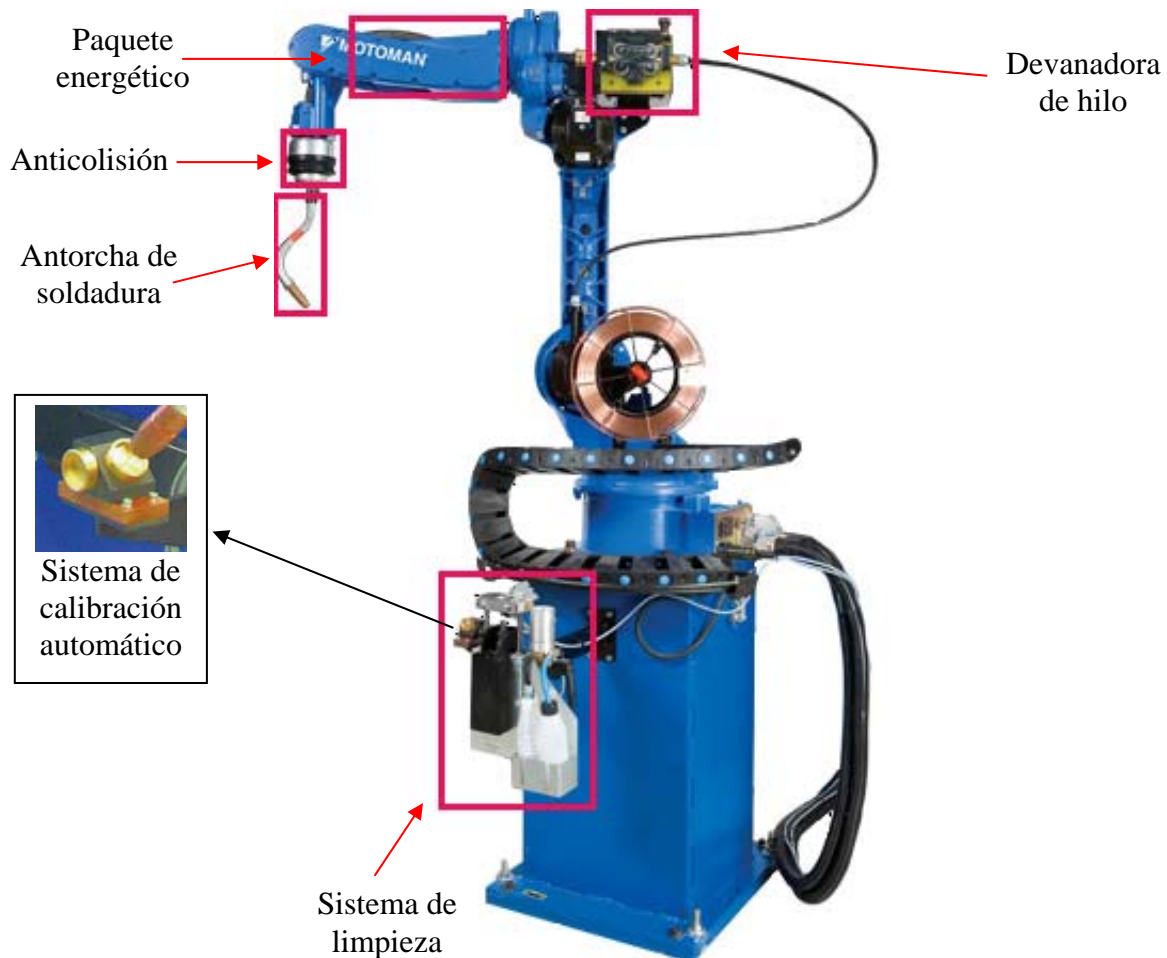


Fig.36. Equipamiento de soldadura para robot.

2.7.1. Antorcha de soldadura:

La antorcha de soldadura es el elemento terminal del equipamiento de soldadura para robot. Dependiendo de que materiales y que espesores se desean soldar, así como la potencia necesaria para soldar y el tipo de robot que se desea emplear en la célula de soldadura, se debe escoger correctamente el tipo de antorcha que es necesaria para la aplicación, ya que existen distintos tipos de antorcha.

Estos tipos de antorcha van desde antorchas para robot antropomórfico de seis ejes estándar, hasta las nuevas generaciones de robots con brazo superior hueco, para el cual, la mayoría de fabricantes de antorchas de soldadura, ya fabrican antorchas adecuadas a este nuevo sistema. También es importante el sistema de refrigeración de las antorchas, que puede ser por aire o bien por agua.

La parte final de la antorcha, se denomina como “cuello de antorcha”, este cuello esta formado por distintas piezas, como la boquilla, por donde sale el hilo, el

difusor de gas para la soldadura, y la tobera de protección. Los cuellos pueden ser de 180°, de 45° y de 22° usualmente.

El cuello de antorcha es fundamental en el proceso de soldadura ya que se encuentra en contacto directo con el baño de fusión durante todo el proceso. Por esta razón debe dimensionarse correctamente dependiendo de los materiales a soldar y sus características, acero, inoxidable, aluminio, tipo de gas, espesores a soldar, rendimientos etc.

En antorchas refrigeradas por agua, ésta llega hasta el portatubo de contacto para refrigerar lo más cerca posible de la punta de contacto.

En las antorchas refrigeradas por aire, es el gas de soldadura el que además de proteger refrigera el cuello. El gas de protección fluye alrededor de la punta de contacto con el fin de proteger el baño de fusión, que es el material fundido que al enfriarse crea la soldadura.

Por la antorcha se transporta el hilo guiado por la sirga hasta la punta de contacto. El tubo de contacto normalmente fabricado en CuCrZr, es la parte más próxima al baño de fusión, se fabrica en este componente por su mayor durabilidad y resistencia a altas temperaturas

2.7.1.1. Antorcha estándar refrigerada por aire:

Las antorchas de soldadura estándar refrigeradas por aire, para su instalación, necesitan un acoplamiento mecánico que va acoplado al anticolidión, y hace que el paquete energético vaya por el exterior del cuerpo del robot.



Fig.37. Antorcha MIG estándar-aire de Abicor-Binzel.

Este tipo de antorcha de soldadura, es capaz de realizar soldaduras de hasta 500 A de intensidad con CO₂ y hasta 400 A con mezcla de gases de soldadura.

Existen numerosos modelos de antorcha refrigeradas por aire, siendo las que pueden trabajar entre 250 A y 350 A de corriente las más comunes.

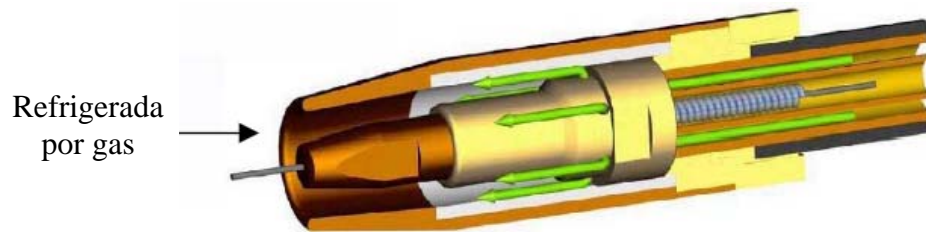


Fig.38. Sistema de refrigeración por aire para antorcha de soldadura.

Se consigue refrigerar la antorcha de soldadura mediante el paso de aire a través del cuerpo de la antorcha, y es expulsado al exterior por la tobera.

2.7.1.2. Antorcha estándar refrigerada por agua:

Las antorchas de soldadura estándar refrigeradas por agua, permiten trabajar a mayor intensidad, hasta 650 A con CO₂ y 550 A con mezcla de gases de soldadura.

Además, los cuellos de la antorcha resultan más sencillos de sustituir por otro, de manera que el proceso de reparación se reduce.



Fig.39. Antorcha MIG estándar-agua con cuellos intercambiables de 180°, 22° y 45° de Abicor-Binzel.

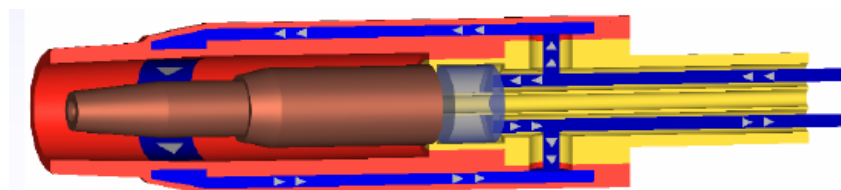


Fig. 40. Sistema de refrigeración por agua para antorcha de soldadura.

La circulación de agua por tuberías situadas en la carcasa de la antorcha de soldadura, mediante un circuito cerrado de agua, permite una refrigeración mucho más efectiva que la que se consigue mediante aire.

Este tipo de antorchas de soldadura, pueden tener un pequeño motor, para alimentar el hilo. Este sistema es conocido como “Push-pull” y lo que se consigue con él es ayudar al arrastre del hilo de soldadura. Es especialmente indicado para soldadura de aluminio con hilo de aluminio, ya que el aluminio es un material difícil de guiar debido a que suelta polvo de aluminio, y hace que éste se atasque. Para solucionar ese problema de arrastre del hilo de aluminio, se emplean antorchas del tipo Push-Pull.

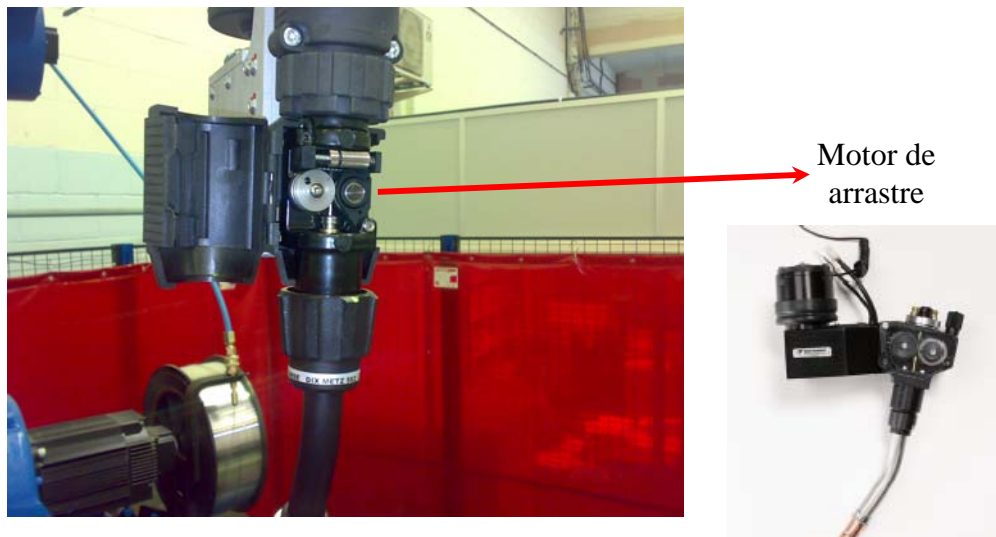


Fig.41. Antorcha con sistema Push-Pull de DINSE.

El motor de las antorchas con sistema Push-Pull, se sincroniza con los rodillos de la devanadora de hilo, para que ambas trabajen en conjunto y el avance de hilo sea constante en la misma medida entre los dos equipos para que el hilo avance sin atascarse desde la bobina hasta su salida por la boquilla o tubo de contacto de la antorcha. Al disponer de este motor en la punta, nos permite trasladar los parámetros de soldadura del motor de arrastre de la devanadora al cuello de la antorcha y tener un control más depurado de la soldadura.

Estas antorchas nos permiten un arrastre de hilo mejorado y continuo así como un mayor control de los parámetros de soldadura.

Son indicadas en aplicaciones donde el juego de cables de antorcha tiene una longitud superior a los normales (+ de 2,5 m), o bien

para arrastrar hilos blandos (aluminio) o de diámetro 0,8 mm (muy débil), ya que todas estas situaciones suelen ser conflictivas en el proceso de soldadura al arco.

2.7.1.3. Antorcha para robot de brazo superior hueco:

Para los robots de brazo hueco superior, existen también antorchas de soldadura refrigeradas por aire o bien por agua, con características similares a las antorchas estándar.

La principal característica de este tipo de antorcha, es que no se le tiene que mecanizar un acoplamiento desde el anti-colisión hasta el cuello de la antorcha, puesto que ambos van unidos de modo que el grupo formado por el anti-colisión y la antorcha, es una prolongación del eje seis del robot.

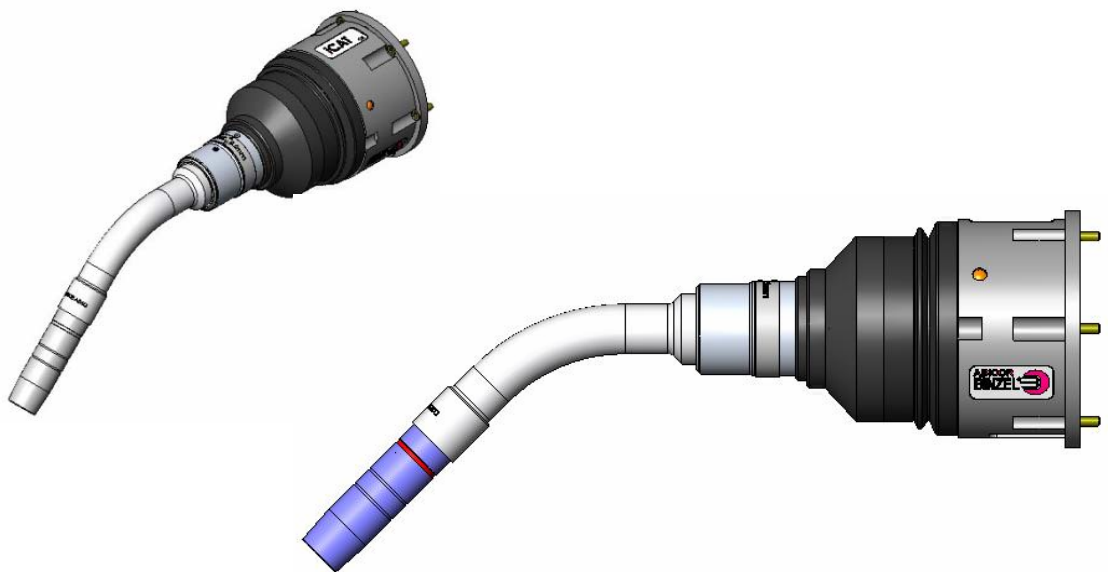


Fig.42. Antorcha de soldadura y anticollisión CAT2 para robot de brazo superior hueco de Abicor-Binzel.

La posibilidad de disponer de este tipo de antorcha, permite también que los cuellos hayan evolucionado a nuevas formas que en las antorchas estándar no existían. Estas nuevas formas, son especialmente diseñadas para este tipo de antorchas y permiten una manejabilidad mayor, sobretodo en piezas en las que hay que hacer cordones circulares. Este tipo de antorcha de soldadura es conocida como “antorcha cuello de cisne” (figura 36 y 43).



Fig.43. Antorcha de soldadura "cuello de cisne" de Motoman Robotics.

2.7.2. Sistema anticolidión:

El sistema anticolidión es un elemento de seguridad para proteger la antorcha de golpes y posibles colisiones en utillajes y demás elementos que puedan colisionar con la antorcha. Se trata de un sistema en el que si la antorcha se desplaza en cualquier dirección a causa de una colisión, se activa un contacto normalmente cerrado situado en el anticolidión, que actúa como si fuera una rótula ante las colisiones, y detiene el movimiento del robot, como si se tratase de un pulsador de emergencia, cortando la alimentación al motor y provocando una parada.



Fig.44. Sistema anticolidión CAT2 de Binzel.

La ventaja de este sistema, es que se protege la antorcha de soldadura y el cuello de la antorcha multiplica su vida útil.

2.7.3. Paquete energético:

Se conoce como paquete energético, al conjunto de cables, mangueras y tubos que van desde la devanadora de hilo hasta la antorcha de soldadura. Este paquete energético se sitúa entre los ejes 4 y 6 del robot, en la parte superior del manipulador.

La situación del paquete energético es por el exterior en el caso de los robots de seis ejes convencionales e interior en los robots de brazo superior hueco (figura 45).

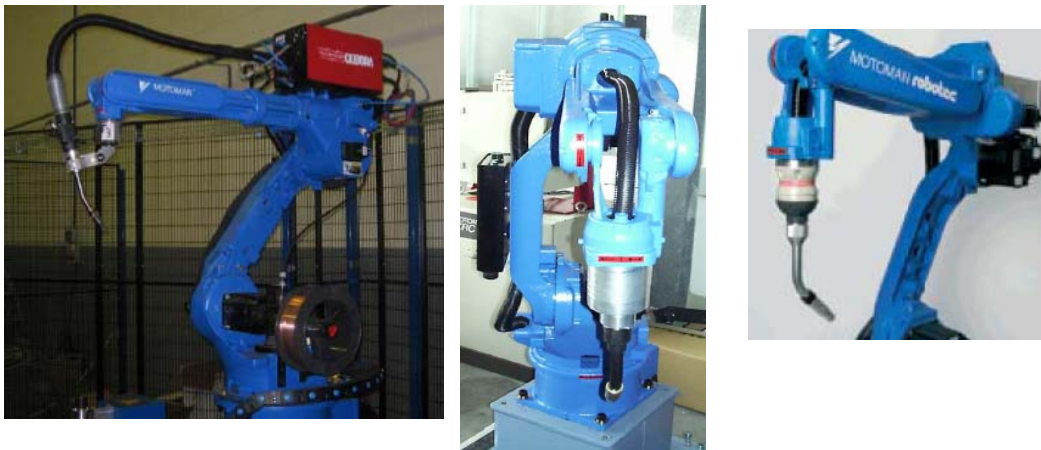


Fig.45. Vistas de paquetes energéticos en robot convencional y en robot banana.

El paquete energético permite que todos los elementos de transmisión de energía y fluidos, no sufran un desgaste prematuro, tanto por rozamiento con el robot como por los excesos de curvatura de los elementos. La guía del hilo o sirga, también va por el interior del paquete energético desde la devanadora hasta la antorcha de soldadura.

El paquete energético, tiene conectores rápidos, con estándar europeo, para que su sustitución no represente un gran tiempo de ejecución (figura 46).

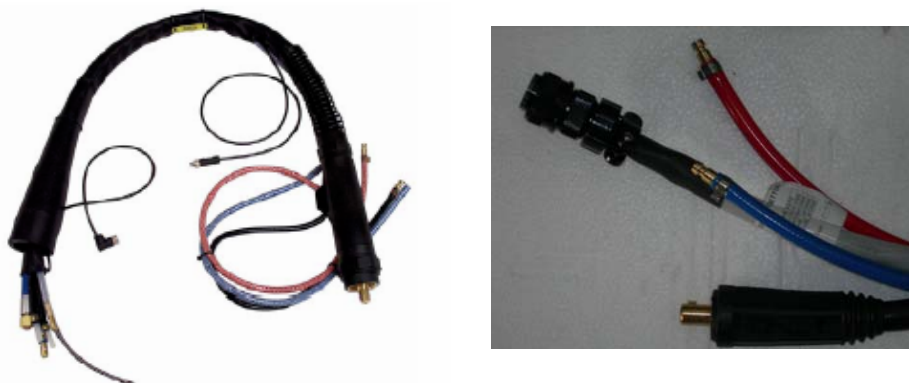


Fig.46. Paquete energético de soldadura por arco para robot y euroconector.

2.7.4. Devanadora de hilo (arrastre de hilo):

La devanadora de hilo para soldadura por arco con robot, es un dispositivo que consiste en unos rodillos que hacen avanzar o retroceder el hilo de soldadura según se precise. El motor de la devanadora está controlado por la máquina de soldar, y la velocidad de avance del hilo es variable, según la potencia a la que se suelda, el espesor de chapa, y otros parámetros que la máquina de soldar calcula para su correcto funcionamiento.

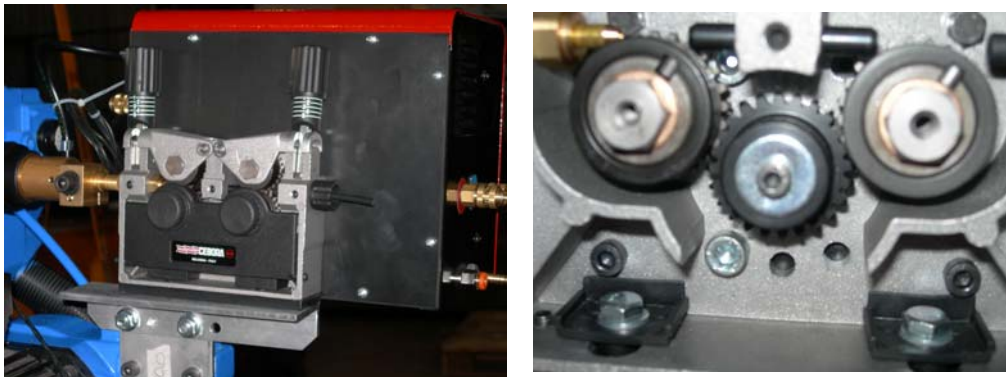


Fig.47. Devanadora de hilo de Cebora para robot y detalle de rodillos para avance de hilo.

La devanadora interviene como interfaz físico entre la fuente de potencia y la antorcha de soldadura y va embarcada en la parte superior del robot. Por su parte posterior, se conectan las mangueras de agua, la guía de hilo, los tubos de gas, y los cables para señales de anticolidión, así como la alimentación para el motor de los rodillos de avance. Por la parte anterior, todos estos elementos, son agrupados en el paquete energético anteriormente explicado.

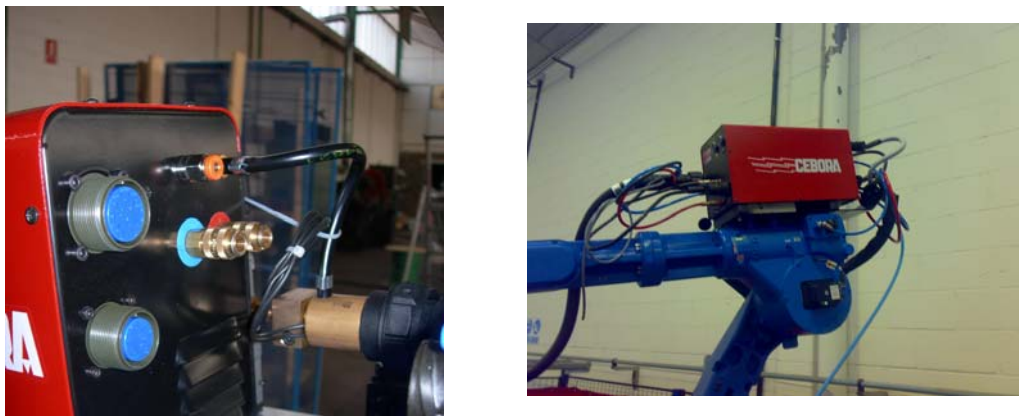


Fig.48. Emplazamiento y conexiones de mangueras, tubos y cableado de la devanadora de hilo de Cebora.

Existen distintos tipos de rodillos que se utilizan para el avance de hilo. Para los materiales duros, como el cobre, se utiliza un rodillo plano y uno con forma de “V”, que enfrentados entre si, empujan el hilo. Para los materiales más blandos, como el aluminio, se utilizan los dos rodillos con forma de semicírculo “U” que guían el hilo sin presionarlo en exceso.

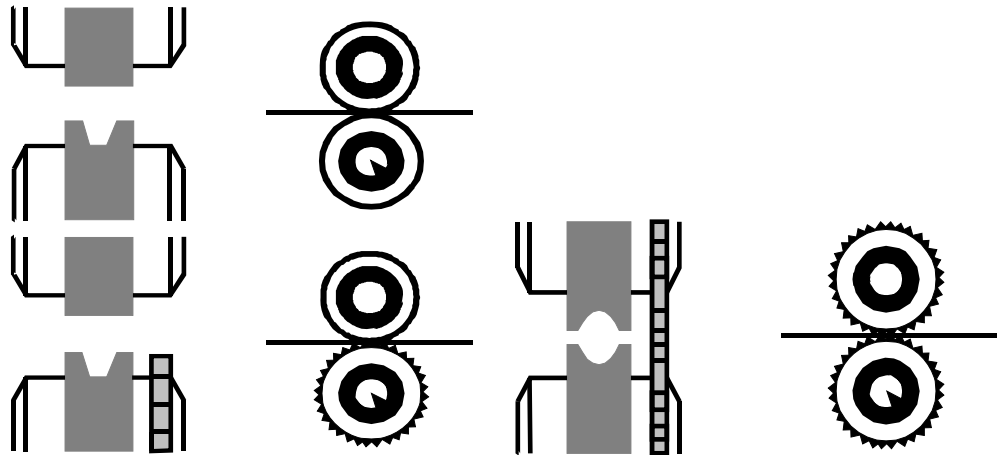


Fig.49. Sistemas de rodillos para devanadora en forma de “V” y en forma de “U”.

2.7.5. Sistema automático de limpieza:

El sistema de limpieza automático, consiste en un sistema dividido en tres partes, para mantener la antorcha de soldadura en buenas condiciones para el soldeo. Con este sistema, la vida útil de la antorcha se alarga, puesto que cada cierto ciclo o cada cierto tiempo, se realiza una limpieza de las proyecciones, con una fresa pequeña que se encarga de retirar las proyecciones, después se realiza un soplado con líquidos limpiadores, y por último se corta el hilo a la medida adecuada para la soldadura con una pequeña cizalla de corte.

La estación de limpieza de antorcha permite tras el proceso de soldadura mantener la tobera de soldadura y la punta de contacto libres de proyecciones de soldadura, además de mantener limpios los conductos de gas y así eludir los problemas de fallos en la ignición del arco y ausencia de porosidad en el cordón.

Todo este proceso, se hace a través de un programa de limpieza, que es llamado cuando sea oportuno.

El montaje del equipo de limpieza automática se realiza collando este sistema en la peana del robot, o bien con un pie directamente al suelo. Las conexiones que utiliza, son entradas y salidas digitales, que hacen que se conecte o desconecte el motor de la fresa, y que actúen las válvulas de soplado y de accionamiento de la cizalla de corte de hilo.

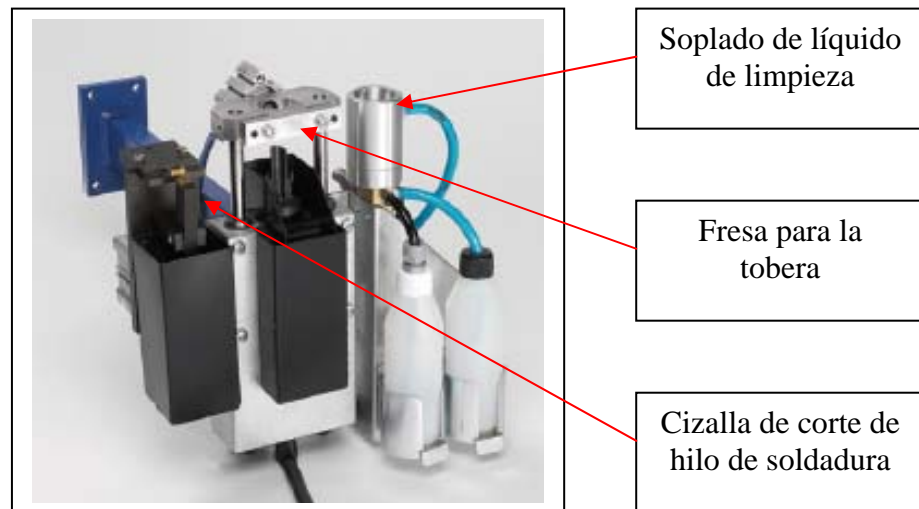


Fig.50. Equipo de limpieza automática de Motoman Robotics.

2.7.6. Sistema de calibración automático:

La calibración de herramienta automática es un producto de Motoman Robotics, llamado “MotoTAC”, y está diseñado para aplicaciones de soldadura donde se comprueba el TCP (Tool Center Point) de la herramienta de soldadura, y automáticamente se ajustan los programas del robot. El TCP es el punto de trabajo de la herramienta, sobre el cual el robot calcula sus movimientos, orientaciones, etcétera. Es conveniente tener bien calibrado el TCP para que los movimientos del robot y de la antorcha sean precisos en su ejecución durante el trabajo, para realizar las distintas soldaduras.

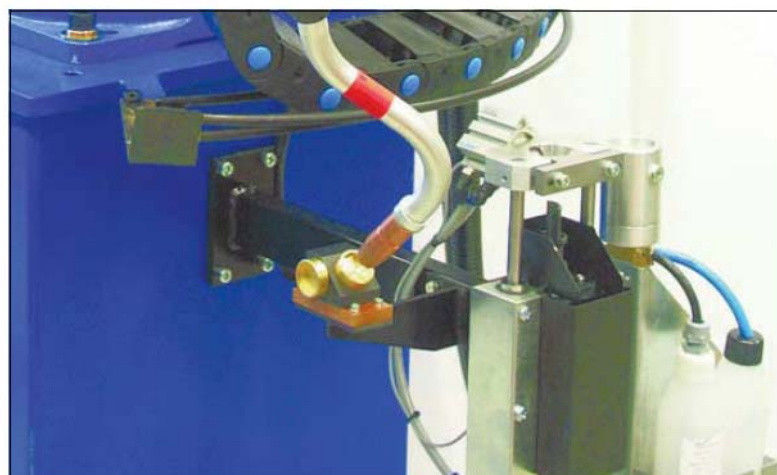


Fig.51. Sistema de calibración automático MotoTAC de Motoman Robotics.

El sistema de calibración automático se compone de un hardware situado en el equipo de limpieza, y un software que hace que el robot busque por cortocircuito con el hilo de soldar en dos copas de calibración (figura 55), situadas a 90° una de la otra. Mediante una rutina cíclica con el software, tras unos movimientos buscando las paredes de las copas, se recalibra el sistema, y se corrigen posibles desviaciones debidas a golpes en la antorcha, etc. Este sistema permite corregir desviaciones de ± 6 mm.

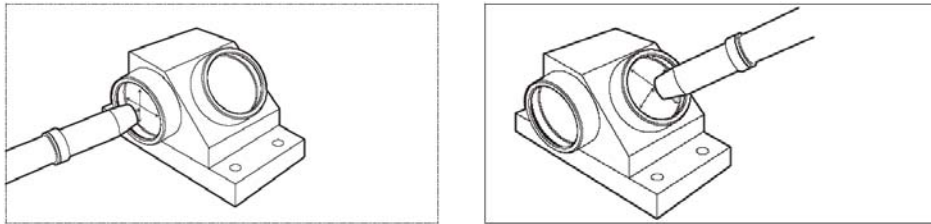


Fig.55. Movimientos del robot para calcular desviaciones del TCP.

2.8. Utillajes:

Se conoce con el nombre de utillajes o útiles, a los elementos de sujeción de las piezas con las que se desea trabajar. En el caso de la soldadura, los utillajes toman una gran relevancia en cuanto al proceso, porque han de ser elementos de sujeción de las piezas precisos para que las soldaduras se realicen de una forma correcta.

Un mal utillaje, o un utillaje mal diseñado, puede ser la causa de que la célula de soldadura por arco no funcione por múltiples causas, como por ejemplo, una mala accesibilidad entre los elementos por parte del robot, que deben de ser previstos para que el robot no tenga problemas en el momento de acceder a un punto para iniciar, durante, o acabar un cordón de soldadura.

Los utillajes pueden ser manuales o automáticos, es decir, la sujeción de las piezas puede realizarse mediante bridas de sujeción manual, incluso neumáticas con accionamiento manual o mediante el pilotaje de válvulas para que se accionen bridas neumáticas de accionamiento automático, pistones, etc.



Fig.56. Utillajes de accionamiento manual.

El diseño de los utillajes se realiza en ingenierías externas y usualmente se realizan simulaciones con programas de simulación (CATIA o similar), ya que el diseño y fabricación de los utillajes resulta costoso económicamente.

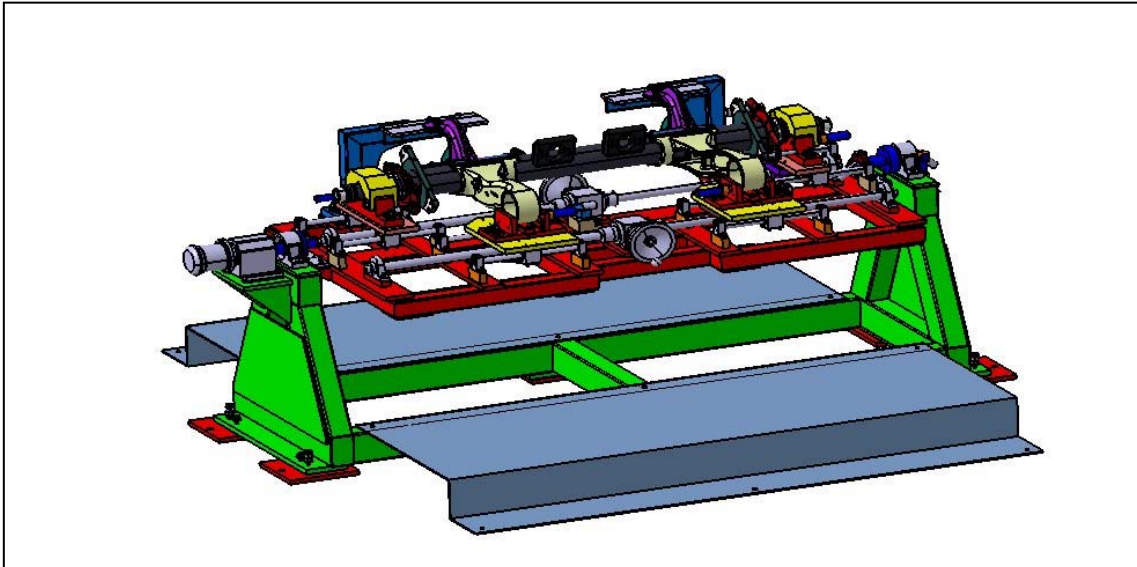


Fig.57. Simulación de utillajes con software de simulación.

Hay que tener en cuenta a la hora de diseñar los utillajes toda la sensórica necesaria para establecer protocolos de apertura y cierre de los elementos que se desee y también para la detección de distintos modelos de pieza de la misma familia para los que se puede utilizar el mismo utillaje. Además, para piezas con utillajes sencillos, hay que prever que el útil sea flexible para varios tipos de pieza.



Fig.58. Utillajes con control de cierre automático y sensórica en célula robotizada.

Es común utilizar sensores estratégicamente colocados a lo largo de los utillajes, para que al colocar los distintos tipos de pieza (en algunos casos, según familias de pieza, sobretodo en la industria del automóvil), según la combinación que nos de entre los que leen pieza y los que no, poder determinar que tipo de pieza se desea soldar, para que el robot efectúe el programa que corresponda a cada tipo de pieza.

Los utillajes se sitúan entre los platos del eje externo, para dotarles de movimiento si fuese necesario, para realizar o facilitar una soldadura. A veces es necesario rotar los utillajes, y con ellos, las piezas para poder realizar una soldadura correctamente, ya que siempre es mejor realizar las soldaduras en plano, ya que es más controlable.

No siempre los utillajes han de ir entre platos de un eje externo, ya que se pueden realizar algunas piezas en células robotizadas en las que no hay ejes externos. Cuando no se dispone de ejes externos, los útiles se montan en mesas fijas donde el robot realiza las tareas de soldadura, aunque este caso es poco común.

2.9. Seguridades:

Las seguridades de una célula robotizada han de cumplir la categoría 4 de seguridad según EN 954-1, que será sustituida por la nueva normativa EN ISO 13849-1 aprobada en 2006 y que entrará en pleno vigor durante el presente 2009. Actualmente la normativa EN 954-1 sigue en vigor en convivencia con la nueva normativa EN ISO 13849-1. Esta categoría se emplea en máquinas peligrosas, y ha de cumplir ciertas normas de redundancia y seguridad.

La categoría 4 de seguridad dicta que los equipos deben ser diseñados y fabricados de forma que una única avería o la acumulación de fallos no suponga la pérdida de la función de seguridad, cuando surge una situación peligrosa. La función de seguridad se mantiene de forma permanente.

Para cumplir con esta normativa, al implementar una célula robotizada para soldadura por arco, se debe acondicionar la célula con el vallado y dispositivos de seguridad necesarios, como pueden ser las barreras fotoeléctricas, puertas de acceso con micro de seguridad, setas de emergencia, rearmes de puertas, etcétera.

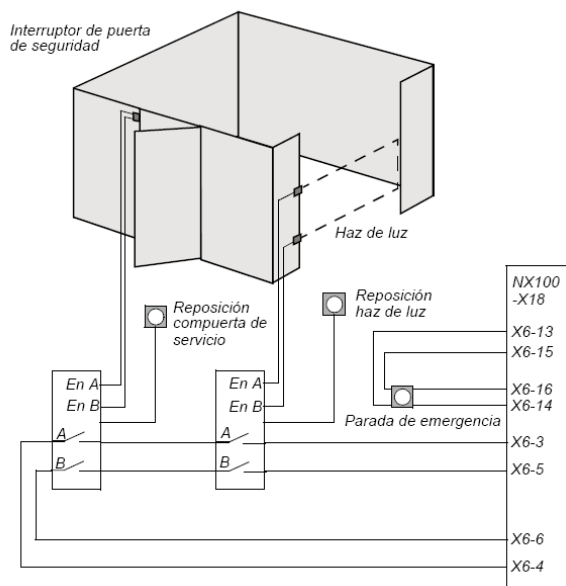


Fig.59. Esquema de ejemplo de seguridades (puerta de servicio, barrera fotoeléctrica y relés de seguridad con rearme) de una célula robotizada de Motoman Robotics.

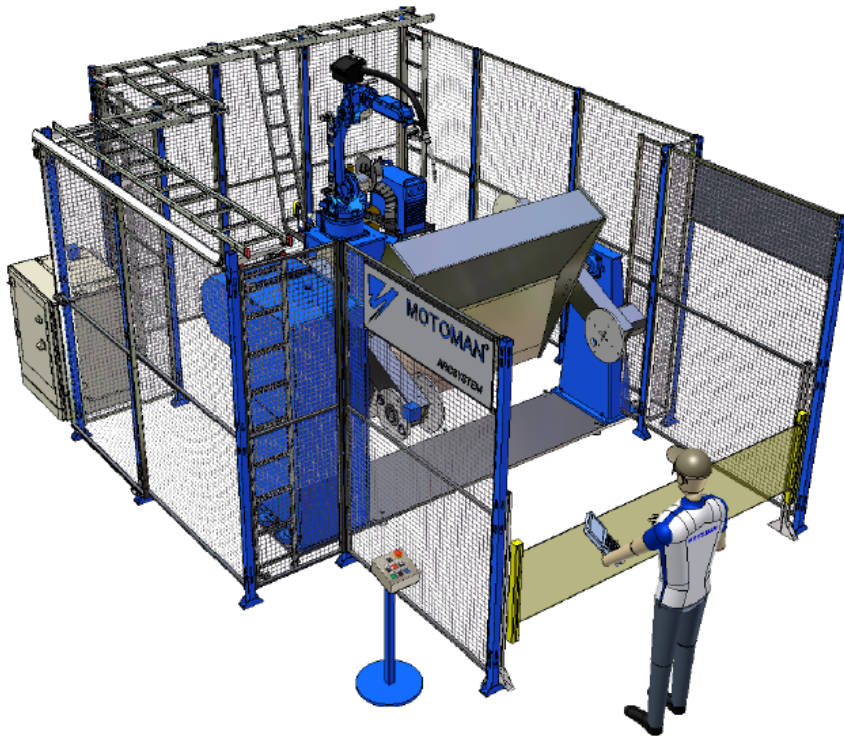


Fig.60. Simulación de la disposición del vallado, puerta de servicio, barrera fotoeléctrica y emergencia adicional de una célula robotizada para soldadura por arco de Motoman Robotics.

Otra de las normativas a cumplir, aunque no siempre, ya que solo si hay una zona de trabajo para una persona susceptible de recibir proyecciones, reflejos, etcétera, procedentes del soldeo, debe ser cumplida. Se trata de la normativa EN 1598/A1:2002, que trata de la Higiene y seguridad en el soldeo y procesos afines. Cortinas, lamas y pantallas transparentes para procesos de soldeo por arco.

Esta Norma Europea especifica los requisitos de seguridad para las cortinas, lamas y pantallas transparentes utilizadas para la protección de los lugares de trabajo cercanos a donde se realizan procesos de soldadura por arco. Están destinadas a proteger al personal del peligro de las emisiones de radiaciones y proyecciones producidas por el arco de soldeo.



Fig.61. Cortinas de protección en robot de soldadura por arco.

Las cortinas, lamas y pantallas transparentes para el soldeo deben cumplir en todos sus materiales con requisitos especificados para transmitancia, reflectancia, estabilidad a los rayos ultravioleta y resistencia a la combustión.

La soldadura sigue siendo peligrosa, y se deben tomar precauciones para evitar quemaduras, descarga eléctrica, humos venenosos, y la sobre-exposición a la luz ultravioleta.

2.10. Sistema de extracción de humos:

Al realizarse el trabajo de soldadura, se generan humos debidos a la propia soldadura. Además se utilizan gases de protección para la soldadura, y muy a menudo se emplea para este propósito el CO₂. Por estas razones es necesaria la instalación de extractores de humos para que la atmósfera que rodea a la célula robotizada, no sea nociva para la salud humana.

Existen diversos tipos de extractores de humos, que van desde sistemas móviles, hasta las campanas de extracción que son empleados tanto en células robotizadas de soldadura por arco, como en métodos de soldadura manual, así como para otras aplicaciones en las que pueda generarse humo y/o gases.

En este tipo de extractores de aire, tanto campanas como los brazos de aspiración, el aire pasa a través de la primera etapa de filtración capturando partículas grandes, mientras el filtro principal (99% HEPA) captura y elimina hasta las más pequeñas partículas de humo.

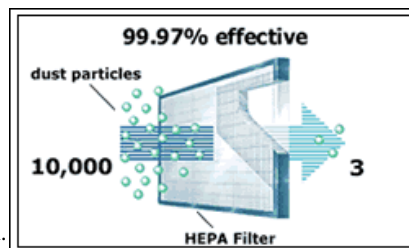


Fig.62. Detalle del paso de partículas por un filtro de HEPA.

Diseñado específicamente para proteger el sistema respiratorio del ser humano. HEPA, es un filtro de alta eficiencia en el control de partículas suspendidas. Los filtros HEPA también son conocidos como filtros ABSOLUTOS debido a su eficiencia, que elimina olores, gases tóxicos, y partículas de polvo.

Actualmente los filtros HEPA son reconocidos por la Environmental Protection Agency (EPA) como el método probado más RECIENTE para limpiar el aire. El filtro HEPA retiene y filtra todas las partículas del aire desde un tamaño de 0.3 MICRAS con una eficiencia del 99.97%.



Fig.63. Detalle e imagen de instalación con brazos de aspiración móviles.

3. SITUACIÓN DE LAS APLICACIONES DE ROBÓTICA EN LA SOLDADURA (TÉCNICA):

3.1. Introducción a la soldadura:

La soldadura es un proceso de fabricación en el cual se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la fusión entre ellos, en la cual las piezas son soldadas derritiendo ambas y agregando un material de relleno derretido (metal o plástico), el cual tiene un punto de fusión menor al de la pieza a soldar, para conseguir un charco de material fundido (el charco de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en un empalme fuerte. A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura.

En este proyecto la soldadura se realiza entre metales, para ello se pueden utilizar muchos tipos de fuentes de energía para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico (que es el que se utiliza en este proyecto), un láser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. En el caso de los plásticos, la energía para soldaduras de fusión de termoplásticos generalmente proviene del contacto directo con una herramienta o un gas caliente.

Hasta el final del siglo XIX, el único proceso de soldadura existente era la soldadura de fragua, que los herreros han usado por siglos para juntar metales calentándolos y golpeándolos. La soldadura por arco y la soldadura a gas estaban entre los primeros procesos en desarrollarse tardíamente en el siglo XIX, siguiendo poco después la soldadura por resistencia. La tecnología de la soldadura avanzó rápidamente durante el principio del siglo XX mientras que la Primera Guerra Mundial y la Segunda Guerra Mundial condujeron la demanda de métodos de juntura confiables y baratos. Después de las guerras, fueron desarrolladas varias técnicas modernas de soldadura, incluyendo métodos manuales como la Soldadura manual de metal por arco, ahora uno de los más populares métodos de soldadura, así como procesos semiautomáticos y automáticos. Los progresos continuaron con la invención de la soldadura por rayo láser y la soldadura con rayo de electrones a mediados del siglo XX. Hoy en día, la ciencia continúa avanzando. La soldadura robotizada está llegando a ser más corriente en las instalaciones industriales, y los investigadores continúan desarrollando nuevos métodos de soldadura y ganando mayor comprensión de la calidad y las propiedades de la soldadura.

La idea de la soldadura por arco eléctrico fue propuesta a principios del siglo XIX por el científico inglés Humphrey Davy pero ya en 1885 dos investigadores rusos consiguieron soldar con electrodos de carbono.

Cuatro años más tarde fue patentado un proceso de soldadura con varilla metálica. Sin embargo, este procedimiento no tomó importancia en el ámbito industrial hasta que el sueco Oskar Kjellberg descubrió, en 1904, el electrodo recubierto. Su uso masivo comenzó alrededor de los años 1950.

El sistema de soldadura eléctrica con electrodo recubierto se caracteriza, por la creación y mantenimiento de un arco eléctrico entre un electrodo y la pieza a soldar.

Para realizar una soldadura por arco eléctrico se induce una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar (figura 64), con lo cual se ioniza el aire entre ellos (se genera un arco eléctrico) y pasa a ser conductor, de modo que se cierra el circuito. El calor del arco funde parcialmente el material de base y funde el material de aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura.

La soldadura por arco eléctrico es utilizada comúnmente debido a la facilidad de transportación y a la economía de dicho proceso.

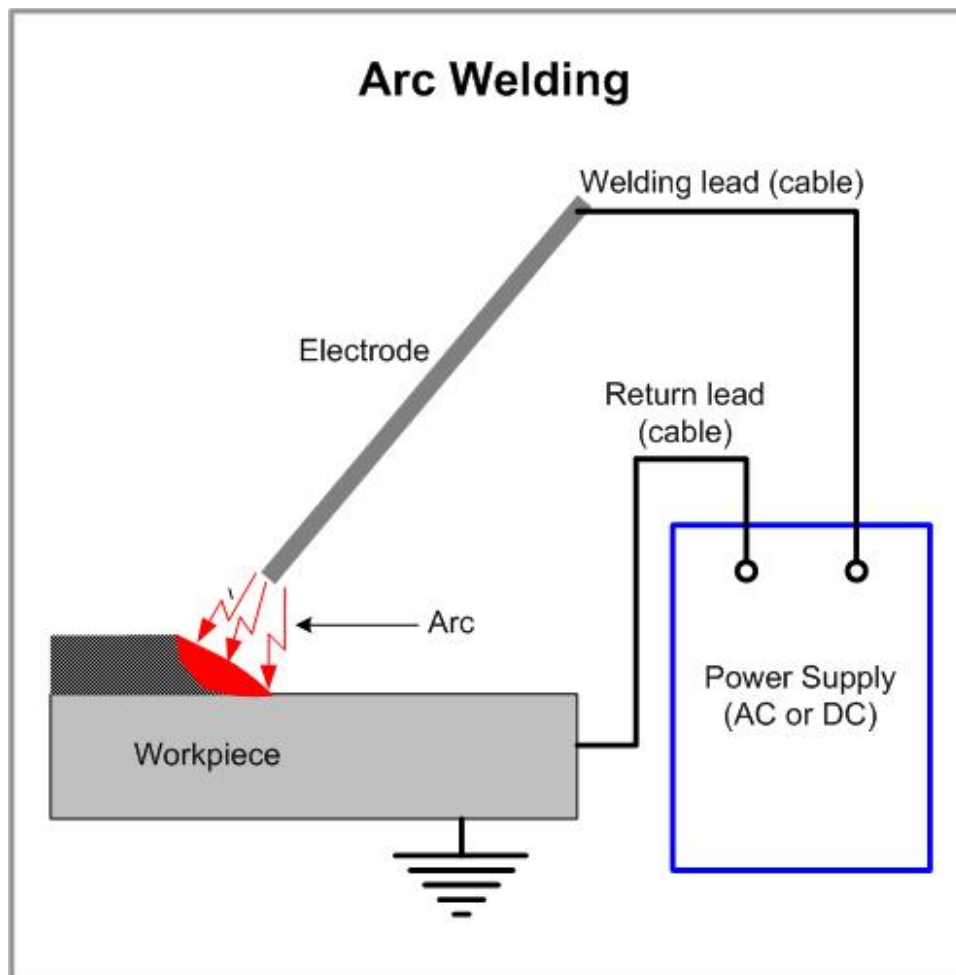


Fig.64. Dibujo donde se representan las partes más importantes de la soldadura por arco, y el arco que se produce entre el electrodo y la pieza.

La soldadura en si y los cordones de soldadura, tienen varias partes a las que se hará mención durante este proyecto.

3.1.1. Partes de la soldadura:

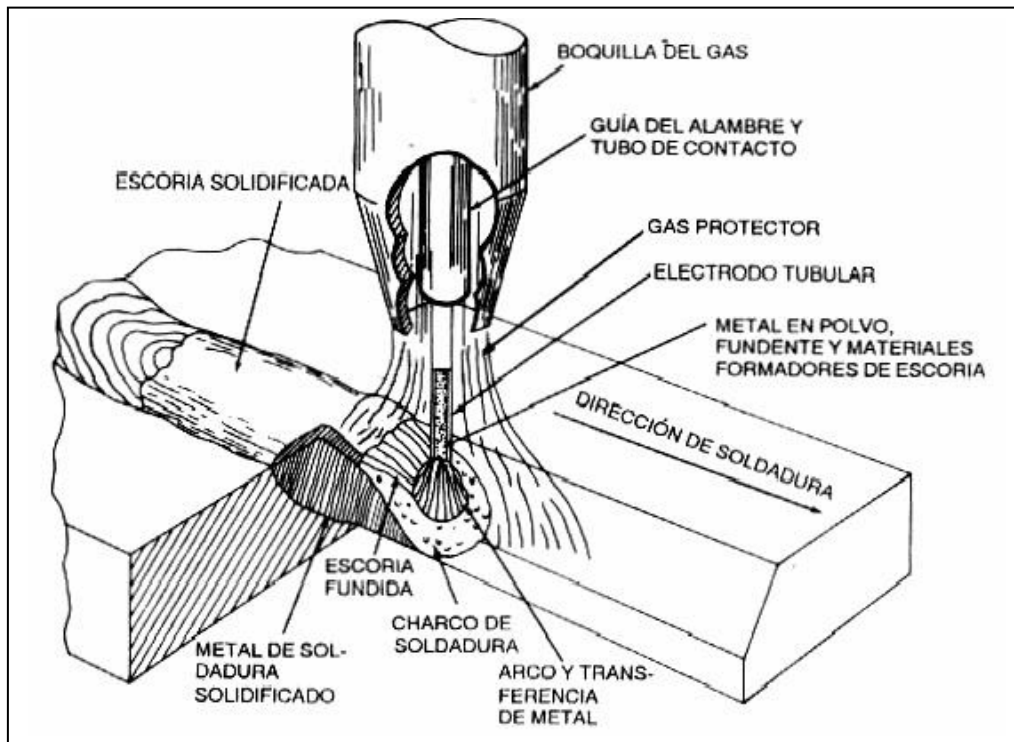


Fig.65. Dibujo esquemático en el que aparecen las distintas nomenclaturas de las partes que conforman la soldadura por arco.

La soldadura se divide en diferentes partes (figura 65). La boquilla es la parte final de la antorcha, y en ella se aloja el final de la guía del hilo, también llamada sirga que es seguida por el tubo de contacto. La sirga y el tubo de contacto, son las únicas partes de todo el conjunto que están en contacto físico con el electrodo (hilo de soldadura). El tubo de contacto, está conectado a la fuente de potencia, de modo que el hilo pasa a tener polaridad y genera una diferencia de potencial con el material de base (pieza), que produce el arco eléctrico de soldadura.

En la soldadura por arco, se emplean gases de protección. Este gas (comúnmente CO_2 , aunque también se utilizan mezclas de gases como argón y Dióxido de carbono (Ar-CO_2), etc.), se expulsa por un elemento que se encuentra en la antorcha de soldadura llamado difusor de gas, y que se encarga de expulsar este gas para proteger el charco o baño de soldadura de la atmósfera exterior envolvente, con la intención de evitar la oxidación de la zona soldada cuando el material está fundido.

Se conoce como fundente, al hilo de aportación que va fundiéndose y tras caer al baño de fusión, deposita material al cordón. La acción calorífica del arco provoca la fusión del material, donde parte de éste se mezcla con el material de aportación del electrodo, provocando la soldadura de las piezas una vez solidificado.

Cuando se habla de cráter de soldadura, se trata del surco producido por el calentamiento del metal. Su forma y profundidad vendrán dadas por el poder de penetración del electrodo.

El cordón de soldadura está constituido por el metal base y el material de aportación del electrodo y se pueden diferenciar dos partes: la escoria, compuesta por impurezas que son segregadas durante la solidificación y que posteriormente son eliminadas, y el sobre espesor, formado por la parte útil del material de aportación y parte del metal base, que es lo que compone la soldadura en sí.

3.1.2. Métodos de operación en la soldadura:

El procedimiento de soldadura bajo gas protector, bien en su forma semiautomática bien en su forma automática, aún cuando tenga fundamentos similares al de la soldadura con electrodo revestido, presenta también unas características particulares, especialmente en el método operatorio, y, como consecuencia de ello, también en cuanto a separación y preparación de los bordes a soldar.

Existen diversos tipos de cordones de soldadura bajo gas protector.

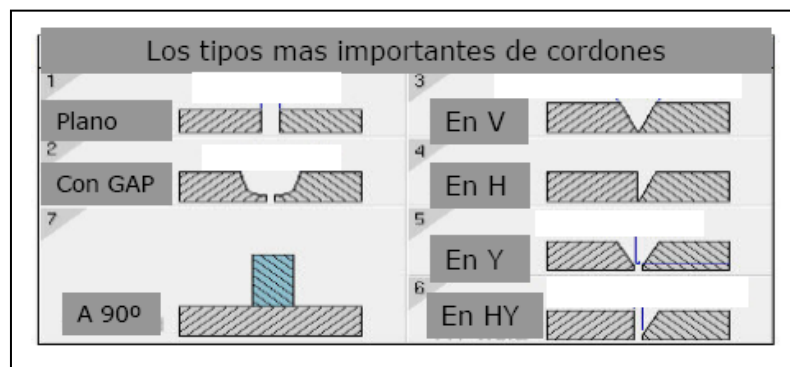


Fig.66. Tipos de cordón de soldadura.

Para la realización de cordones de soldadura, la antorcha de soldadura debe mantenerse en una posición correcta para que el gas proteja de forma conveniente el baño de fusión. La inclinación de la antorcha respecto a la vertical debe de ser aproximadamente de unos 10° , no siendo recomendable su utilización para inclinaciones superiores a los 30° , para favorecer la penetración. Y para la soldadura en rincones del tipo PB (figura 68), la antorcha debe estar a 45° grados entre paredes.



Fig.67. Posición de antorcha de soldadura.

La soldadura se puede realizar en diferentes posiciones como se puede apreciar en la siguiente imagen (figura 68). De éstas, al trabajar con el robot, se suele intentar trabajar en la posición horizontal o plana (PA), y en la posición en ángulo (PB), ya que al realizarse el proceso automáticamente, estas posiciones son las que menos problemas originan, ya que el control de la soldadura es más sencillo.

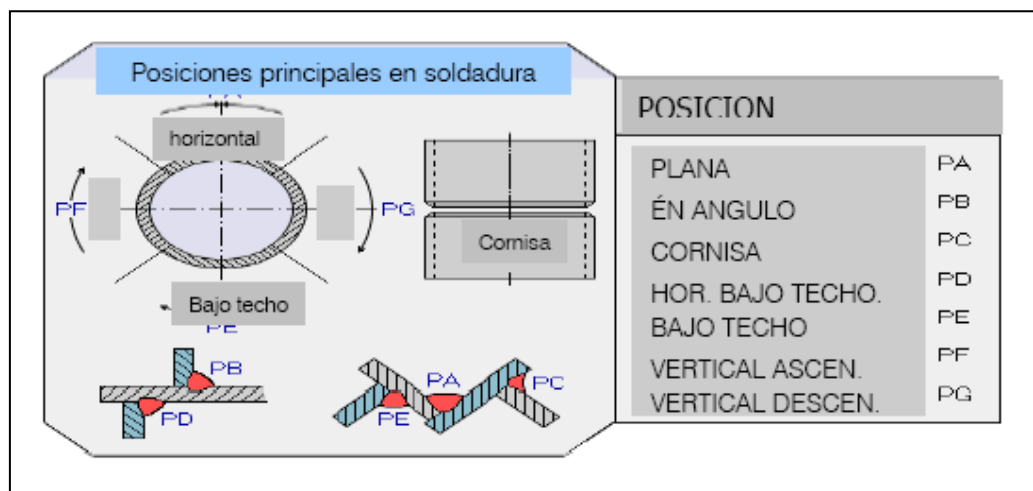


Fig.68. Posiciones de soldadura típicas

Con los ejes externos al robot (posicionadores de pieza), podemos lograr posiciones de soldadura óptimas, o por lo menos buenas, para que el robot las realice sin problemas en las posiciones de soldadura PA y PB. Ya que el resto de posiciones, aunque factibles, suelen generar más problemas, ya que hay que ir aguantando el metal fundido del baño de soldadura, con el hilo de aportación para que el cordón no sea de mala calidad o sin penetración debido a la gravedad.

Para realizar los cordones de soldadura, el robot puede realizar movimientos de distintos tipos.

El movimiento lineal, es el preferido para realizar cordones de raíz en planchas de poco espesor, ya que permite un buen posicionamiento y una repetibilidad en la trayectoria óptima.

El movimiento circular, permite realizar cordones con curva, ya sean elípticos, circulares, o de distintos tipos de arcos circulares, como en el caso de la soldadura de tubos de escape, etc.

El movimiento pendular, o de zigzag, es el adecuado cuando debe realizarse un cordón muy ancho. También es el más indicado en soldaduras de rincón que necesiten una gran aportación de material. Es utilizado para soldaduras de grandes piezas, por ejemplo en la industria de naval. Este tipo de movimiento, es parametrizable tanto en amplitud del movimiento como en frecuencia del movimiento pendular.

Como mejora para el movimiento pendular, Motoman Robotics, ha diseñado un sistema de seguimiento de junta automático llamado ComArc, con el cual, si hay variaciones en la posición del cordón, automáticamente, mediante un cálculo interno de impedancias en las paredes de la soldadura, el robot auto-ajusta su propia trayectoria.

3.2. Métodos de soldadura por arco:

El proceso de soldadura por arco se mantiene como el más usado de todos los grupos de las técnicas de soldadura. Como el mismo nombre lo sugiere, es un arco eléctrico que se establece entre las partes a ser soldada y un electrodo metálico. La energía eléctrica, convertida en calor, genera una temperatura en el arco cerca de 7000°C (10000 F), causando la fundición de los metales y después la unión. El equipo puede variar en tamaño y complejidad, siendo la diferencia principal entre el proceso de arco, el método usado para separar la atmósfera o crearla y el material consumible empleado para ser aportado al proceso.

Los métodos de soldadura por arco utilizados con células robotizadas para soldadura por arco son esencialmente los conocidos como Metal Inert Gas (MIG), Metal Active Gas (MAG), Tungsteno Inerte Gas (TIG) y recientemente se está empezando a emplear la soldadura Plasma (PAW).

Existen otros métodos de soldadura por arco, como la soldadura con electrodo recubierto llamado Manual Metal Arc Welding (MMAW), pero son éstos utilizados en soldaduras manuales, y no empleando robots para su automatización.

3.2.1. Soldadura por electrodo consumible protegido (MIG/MAG):

Con este método, en los dos tipos de soldadura por electrodo consumible protegido, MIG (Metal Inert Gas) y MAG (Metal Active Gas), el electrodo es el alimento del cordón de soldadura. El arco eléctrico está protegido, por un flujo continuo de gas que garantiza una unión limpia, en buenas condiciones y sin entrar en contacto con la atmósfera envolvente.

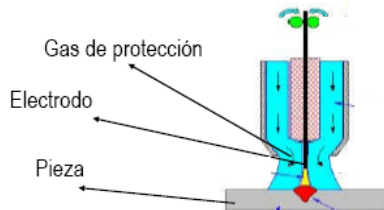


Fig.69. Imagen del arco y el baño de fusión protegido por el gas de protección.

En la soldadura MIG, como su nombre indica, el gas es inerte; no participa en modo alguno en la reacción de soldadura. Su función es proteger la zona crítica de la soldadura de oxidaciones e impurezas exteriores. Se emplean usualmente los mismos gases que en el caso de electrodo no consumible, argón, menos frecuentemente helio, y mezcla de ambos. El sistema MIG se emplea para el soldeo de los materiales no férricos, principalmente para soldar aceros de bajo y medio contenido de carbono, así como para soldar acero inoxidable, aluminio y otros metales no férricos y tratamientos de recargue.

En la soldadura MAG, en cambio, el gas utilizado participa de forma activa en la soldadura. Su zona de influencia puede ser oxidante o reductora, ya se utilicen gases como el dióxido de carbono o el argón mezclado con CO₂ u oxígeno. El gas se mezcla con el carbono del baño de fusión. El problema de usar CO₂ en la soldadura es que la unión resultante, debido al oxígeno liberado, resulta muy porosa. Además, sólo se puede usar para soldar acero, por lo que su uso queda restringido a las ocasiones en las que es necesario soldar grandes cantidades de material y en las que la porosidad resultante no es un problema a tener en cuenta en cuanto a la calidad de las piezas. Se emplea para materiales férricos como el acero al carbono e inoxidables.

	CO ₂	Ar/CO ₂	Ar/O ₂
Penetración • Posición normal • Fuera de posición	PERFECTO PERFECTO	BUENO Más CO ₂ , mejor penetración	BUENO CRITICA
Porosidad	MUY BAJA	NORMAL. Más CO ₂ , mayor porosidad	ALTA
Estabilidad de arco	MALA	BUENA	MUY BUENA
Nivel Proyecciones	MALO	BUENO	MUY BUENO
Forma de penetrac			

Fig.70. Tabla comparativa de la utilización de gases en la soldadura por electrodo consumible con protección.

El punto común de los dos procedimientos es el empleo de un electrodo consumible continuo. Dicho electrodo, en forma de alambre o hilo, es a la vez el material de aportación a partir del cual se generará el cordón de soldadura, y llega hasta la zona de aplicación por el mismo camino que el gas o la alimentación. Dependiendo de cada caso, el ajuste de la velocidad del hilo conllevará un mayor o menor flujo de fundente en la zona a soldar. El avance de hilo durante el cordón es un parámetro controlado por la fuente de potencia, en función de la intensidad que se emplee, a más amperaje, más velocidad de hilo. En la actualidad las fuentes de potencia sinérgicas se encargan de calcular y parametrizar el avance de hilo de aportación.

En general, en este proceso se trabaja con corriente continua (electrodo positivo, base negativa), y en raras ocasiones con corriente alterna. Las intensidades de corriente fluctúan entre 20 y 500 amperios con corriente continua y polaridad directa, 5 y 60 con polaridad inversa, y 40 y 300 amperios con corriente alterna.

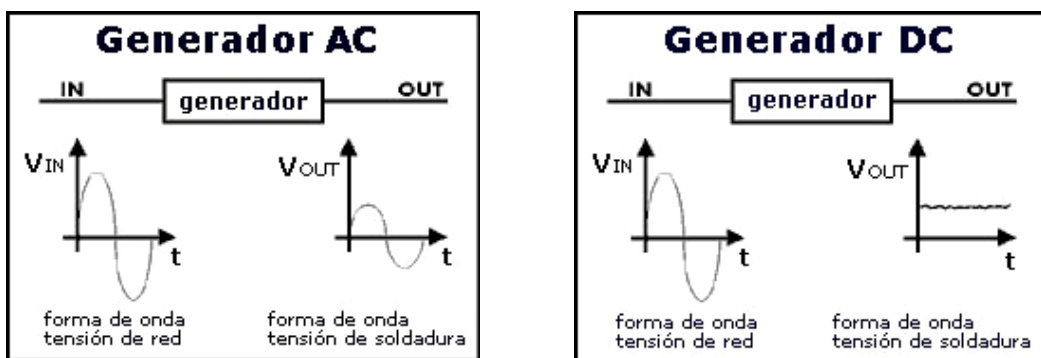


Fig.71. Esquema de la entrega de tensión con generador de corriente alterna y corriente continua por parte de la fuente de potencia para la soldadura.

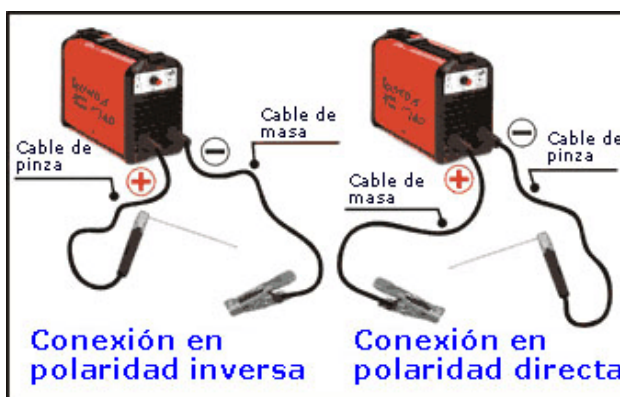


Fig.72. Tipos de conexión para soldadura: Polaridad inversa y polaridad directa.

La polaridad afecta a la forma de transferencia, penetración, velocidad de fusión del hilo, etcétera. Normalmente se trabaja con polaridad inversa o positiva, es decir, la pieza al negativo y el alambre de soldadura al positivo. En este punto, es interesante comentar el hecho de que ya que los electrones viajan

del polo negativo al positivo, es este último el que se calienta más, concretamente el polo positivo se calienta un 65% más que el negativo. Esta condición podría ser particularmente útil para aquellos trabajos donde se requiera un mayor aporte térmico en la pieza que en el hilo de soldadura, lo que se conseguiría empleando la polaridad directa o negativa.

Del mismo modo, y debido a la circulación de electrones del polo negativo al positivo, se origina una propiedad especialmente importante: el arco muestra afinidad por dispersar las películas de óxido y otros materiales refractarios en el polo negativo. Así, pues, en todos aquellos casos de soldadura de metales que forman óxidos refractarios, se hace imprescindible la conexión de la polaridad inversa o positiva (negativo en la pieza), con la finalidad de aprovechar precisamente la acción limpiadora del arco. Este tipo de conexión se utiliza normalmente con espesores de chapa finos, menores de 0,6mm de espesor, debido a que la penetración es pequeña.

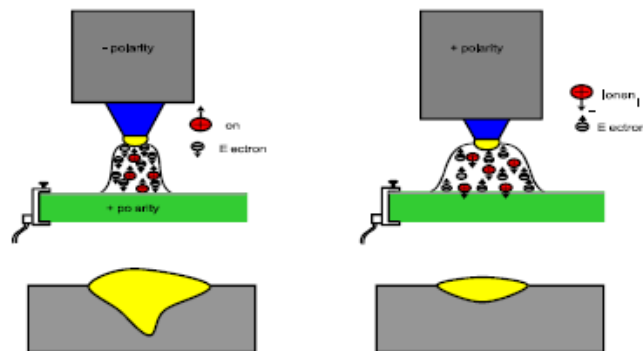


Fig.73. Penetración de la soldadura y flujo de electrones en función de la polaridad de soldadura.

El uso de los métodos de soldadura MIG y MAG es cada vez más frecuente en el sector industrial. En la actualidad, es uno de los métodos más utilizados en Europa occidental, Estados Unidos y Japón en soldaduras de fábrica con células robotizadas, siendo ésta la aplicación robótica líder en el mercado mundial. Ello se debe, entre otras cosas, a su elevada productividad y a la facilidad de automatización, lo que le ha valido abrirse un hueco en la industria automovilística. La flexibilidad es la característica más sobresaliente del método MIG/MAG, ya que permite soldar aceros de baja aleación, aceros inoxidables, aluminio y cobre, en espesores a partir de los 0,5 mm y en todas las posiciones. La protección por gas garantiza un cordón de soldadura continuo y uniforme, además de libre de impurezas y escorias. Además, la soldadura MIG/MAG es un método limpio y compatible con todas las medidas de protección para el medio ambiente.

En contra, su mayor problema es la necesidad de aporte tanto de gas como de electrodo, lo que multiplica las posibilidades de fallo del aparato, además del lógico encarecimiento del proceso.

Existen distintas formas de transferencia del metal en el arco, dependientes todas ellas de los valores de los parámetros de tensión e intensidad.

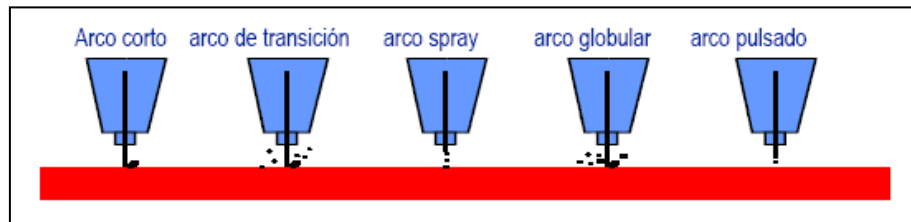


Fig.74. Distintos tipos de transferencia de metal.

3.2.1.1. Transferencia por arco corto:

En esta forma de transferencia, el hilo se funde formando una gota que se va alargando hasta el momento en que toca el metal de base, y a causa de la tensión superficial se corta la unión con el hilo. En el momento de establecer contacto con el metal de base se produce un cortocircuito, aumenta en gran medida la intensidad y como consecuencia, las fuerzas axiales rompen el cuello de la gota y simultáneamente se reanuda el arco.

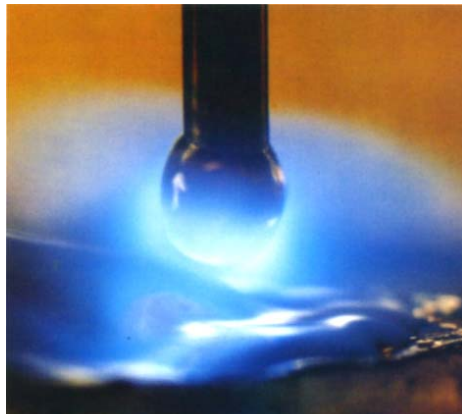


Fig.75. Fotografía de la gota de material fundido que se crea con el arco corto.

Para que un arco se comporte de esta forma, deben cumplirse una serie de condiciones:

- Utilización de polaridad inversa o positiva.
- Tensión y densidad de corriente bajas.
- Gas de protección CO₂ o mezclas de Ar/CO₂.

Con este tipo de arco se sueldan piezas de reducidos espesores, porque la energía aportada es pequeña en relación con otro tipo de transferencias.

3.2.1.2. *Transferencia por arco globular:*

Cuando se opera con este tipo de arco, el hilo se va fundiendo por su extremo a través de gotas gruesas de un diámetro hasta tres veces mayor que el del electrodo. Al mismo tiempo, se observa como las gotas a punto de desprenderse van oscilando de un lado hacia otro. Como puede deducirse, la transferencia del metal es dificultosa, y, por tanto, el arco inestable, de poca penetración, y se producen numerosas proyecciones.

Se trata de un método que no se utiliza en la práctica, pero que puede aparecer cuando se efectúa el reglaje de un equipo de soldadura.

El arco suele comportarse de esta forma cuando hay valores grandes de tensión y bajos de intensidad, o también cuando se utiliza polaridad directa o negativa.



Fig.76. Fotografía de transferencia globular de material.

3.2.1.3. *Transferencia por pulverización axial:*

En este caso la transferencia se realiza en forma de gotas muy finas que se depositan sobre el metal base de forma ininterrumpida, similar a una pulverización por spray, de ahí que se conozca también este método por Arco spray. Se caracteriza por un cono de proyección muy luminoso y por un zumbido característico.

Para que un arco se comporte de esta manera, es necesario que:

- Se utilice polaridad inversa o positiva.
- El gas de protección sea Ar o mezcla de Ar con algo de O₂ o de Ar con CO₂.
- Exista una tensión de arco relativamente elevada y una densidad de corriente también elevada.



Fig.77. Fotografía de transferencia spray de material.

El efecto de la utilización de la polaridad positiva se traduce en una enérgica acción limpiadora sobre el baño de fusión, que resulta particularmente útil en la soldadura de metales que producen óxidos pesados y difíciles de reducir, como el Aluminio o el Magnesio.

La penetración que se consigue es buena, por lo que se recomienda para soldar piezas de grueso espesor. Como inconveniente, cabe destacar que el baño de fusión resulta relativamente grande y fluido, por lo que no se controla con facilidad en posiciones difíciles.

3.2.1.4. Transferencia de material por arco pulsado:

Con este tipo de transferencia, se combina la superposición de dos corrientes, una ininterrumpida y de débil intensidad (llamada de base) cuyo objetivo es proporcionar al hilo la energía calorífica para mantener el arco encendido y otra constituida por una sucesión de pulsaciones a una determinada frecuencia. Cada pulsación eleva la intensidad a un valor suficiente que hace fundir una gota del mismo diámetro que el diámetro del hilo que se está utilizando. Esta gota se desprende antes de que el extremo del hilo llegue a hacer contacto con el metal base, como consecuencia de las fuerzas internas que actúan. De esta manera se elimina en su totalidad las proyecciones, tan características de otros tipos de transferencia.

Además, se consigue una gran penetración debido a la elevada intensidad durante la pulsación, y sin embargo, la energía media empleada es inferior que utilizando MIG/MAG convencional, lo que repercute en una menor deformación de la pieza.

El arco pulsado en los últimos años se ha convertido en la estrella entre los distintos tipos de transferencia de material, y recientemente se utiliza el doble arco pulsado.

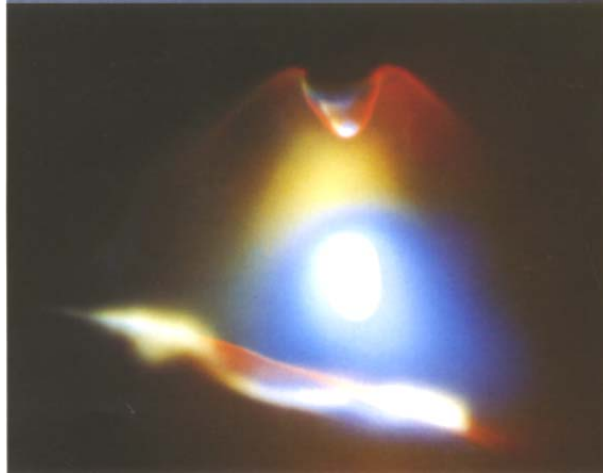


Fig.78. Fotografía de transferencia por arco pulsado. Se aprecia la gota desprendida

El arco pulsado es una nueva modalidad de soldadura muy común hoy en día. El arco pulsado nos lo permiten hacer las máquinas digitales INVERTER que existen hoy en día, contemplando multitud de avances hasta hoy desconocidos.

La formación de un arco pulsado no es ni más ni menos que sustituir la corriente continua en pulsos de corriente, obteniendo en cada pulso una gota desprendida del electrodo que se impacta a la pieza por el efecto pinch.

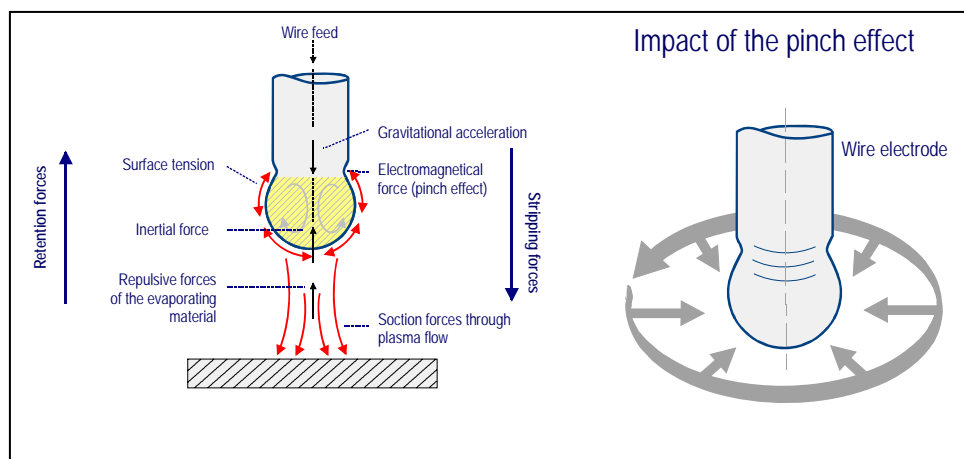


Fig.79. Fuerzas que intervienen en el efecto pinch para crear la gota de material.

Al ser un pulso corriente podemos variar tanto amplitud como periodo, variando realmente el trabajo de soldadura.

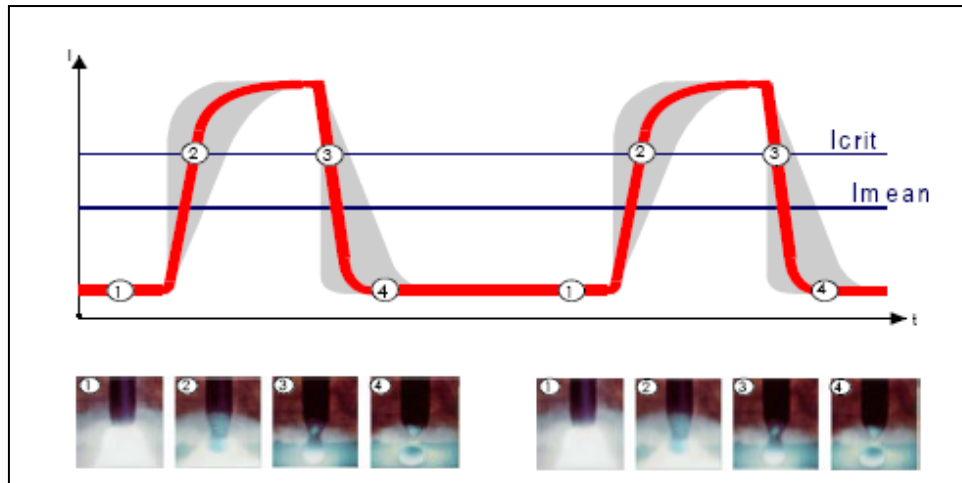


Fig.80. Secuencia de la creación de las gotas con arco pulsado en función de la intensidad.

La formación de la gota se crea en la intensidad crítica del pulso, pasando a desprenderse en la intensidad de valle y repitiendo el ciclo paulatinamente.

3.2.1.5. Electrodo en la soldadura MIG/MAG

En la soldadura MIG/MAG, el electrodo consiste en un hilo macizo o tubular continuo de diámetro que oscila entre 0,8 y 1,6 mm. Los diámetros comerciales son 0,8; 1,0; 1,2; y 1,6 mm, aunque no es extraño encontrarse en grandes empresas con el empleo de diámetros diferentes a estos, y que han sido fabricados por requerimiento expreso de una empresa. En ciertos casos de soldeo con fuerte intensidad, se emplea hilo de 2,4 mm de diámetro.

Debido a la potencia relativamente elevada empleada en la soldadura bajo gas protector, la penetración del material en el metal de base es también alta. La penetración está pues, en relación directa con el espesor del material de base y con el diámetro del hilo utilizado. El efecto de la elección de un diámetro de hilo muy grande, es decir, que exija para su fusión una potencia también elevada, producirá una penetración excesivamente grande, y por esta causa se puede llegar a atravesar o perforar la pieza a soldar. Por contra, un hilo de diámetro demasiado pequeño, que no admite más que una potencia limitada, dará una penetración poco profunda, y en muchos casos una resistencia mecánica insuficiente.

El hilo para soldar, se presenta enrollado por capas en bobinas de diversos tamaños. El hilo suele estar recubierto de cobre para favorecer el

contacto eléctrico con la boquilla, disminuir rozamientos y protegerlo de la oxidación.

En general, la composición del hilo macizo suele ser similar a la del material base; no obstante, para su elección, debe tenerse en cuenta la naturaleza del gas protector, por lo que se debe seleccionar la pareja hilo-gas a conciencia. Por ejemplo, cuando se suelda con CO₂ existe el riesgo de formación de poros. Con objeto de evitarlos, conviene que el hilo posea una cierta cantidad de elementos desoxidantes, como el Silicio y el Manganeseo, que reaccionan con el oxígeno procedente de la disociación del CO₂ y producen óxido de silicio y óxido de manganeseo, que se eliminan en forma de escoria muy ligera.

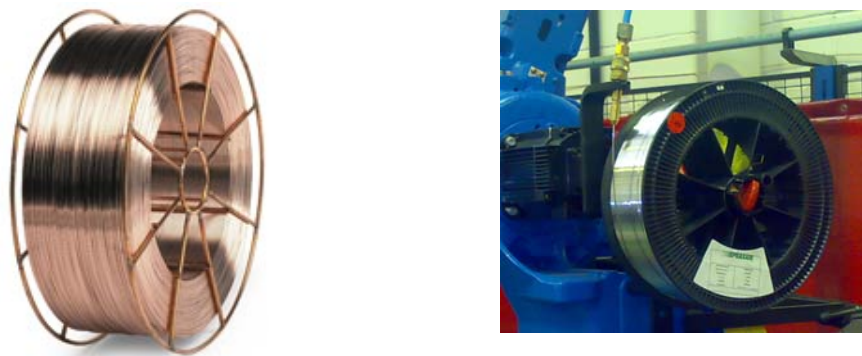


Fig.81. Boninas de hilo para soldadura con robot.

3.2.1.6. Selección del gas de protección en la soldadura MIG/MAG:

En la soldadura MIG (Metal Inert Gas), el gas que actúa como protección es inerte, es decir, que no actúa de manera activa en el propio proceso, y por tanto, es muy estable. Como contrapartida, en la soldadura MAG (Metal Active Gas), el gas de protección se comporta como un gas inerte a efectos de contaminación de la soldadura, pero, sin embargo, interviene termodinámicamente en ella. En efecto, en las zonas de alta temperatura del arco, el gas se descompone absorbiendo calor, y se recompone inmediatamente en la base del arco devolviendo esta energía en forma de calor.

En la soldadura MIG, de los seis gases inertes existentes (argón, helio, neón, criptón, xenón y radón) el argón es el más empleado en Europa, mientras que es el Helio el que se utiliza en Estados Unidos.

El argón se ioniza fácilmente, de manera que la tensión del arco bajo argón es sensiblemente inferior que bajo helio.



Fig.82. Cordón de soldadura MIG con Argón e hilo de cobre, en el que se pretende que la pieza no se deforme por el calor de la soldadura.

El argón puro solo se utiliza en la soldadura del aluminio, el cobre, el níquel o el titanio. Si se aplica al acero, se producen mordeduras y cordones de contorno irregular.

La soldadura con gas helio produce cordones más anchos y con una penetración menor que cuando se suelda con argón.

Existe otro tipo de mezcla de argón con cantidades inferiores al 5% de oxígeno que no modifica el carácter de inerte de la mezcla y que mejora la capacidad de "mojado", es decir, la penetración, ensanchando la parte inferior del cordón, y todo esto debido a que el oxígeno actúa sobre la tensión superficial de la gota.

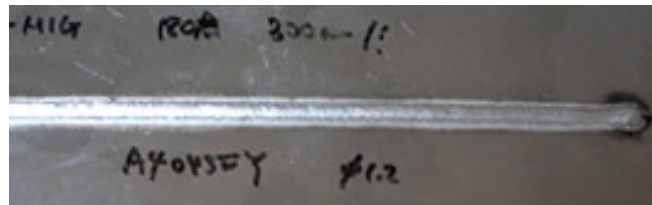


Fig.83. Cordón de soldadura MIG con arco pulsado, con Ar-O2 e hilo de 1,2mm de diámetro.

En la soldadura MAG, tal y como se ha mencionado anteriormente, el gas protector empleado en la soldadura es un gas activo, o sea, que interviene en el arco de forma más o menos decisiva.

El CO₂ es un gas incoloro, inodoro y de sabor picante, una vez y media más pesado que el aire. Se trata de un gas de carácter oxidante que a elevada temperatura del arco tiende a disociarse.

El oxígeno resultante de la disociación es particularmente activo. Se combina con el carbono del acero para dar de nuevo CO₂, con lo que se produce un empobrecimiento en carbono si no se utiliza un hilo con suficiente contenido de elementos desoxidantes como el silicio y el manganeso y la cantidad adecuada de carbono. Si la densidad de corriente es elevada, provoca una mayor disociación del oxígeno convirtiéndole en más activo todavía.

El carácter oxidante de la atmósfera de dióxido de carbono obliga a utilizar hilos de aporte ricos en elementos desoxidantes.

Con cantidades de dióxido de carbono inferiores al 99,0% es inevitable la porosidad. Las soldaduras solo estarán exentas de poros si la pureza del dióxido de carbono es superior al 99,85% y el nitrógeno y el hidrógeno son inferiores cada uno a 0,05%.



Fig.84. Cordón de soldadura MAG con una cantidad de CO₂ pobre, que origina porosidades.

El CO₂ es un gas mucho más barato que el argón, capaz de conseguir penetraciones mucho más profundas y anchas en el fondo del cordón, lo que mejora su contorno. Además reduce el riesgo de mordeduras y faltas de fusión.

El principal inconveniente del CO₂ estriba en que produce arcos relativamente enérgicos y que, por tanto, provocan un gran número de proyecciones.

El CO₂ es el único gas que puede utilizarse individualmente como atmósfera protectora en la soldadura de acero al carbono. Su elevada conductividad térmica en relación con el argón producirá en sus mezclas con éste un incremento en la penetración.

Por otro lado, la mezcla de Ar + CO₂ se suele utilizar con cantidades de dióxido de carbono que van del 15 al 25%. Con esta mezcla se consigue una mejor visibilidad del baño, un arco más suave, con menores turbulencias, un baño de fusión más frío, un mejor aspecto del cordón, menos proyecciones, y una mayor estabilidad del arco.



Fig.85. Cordones de soldadura MAG en acero

El único inconveniente de la mezcla es de tipo económico. Sin embargo, hay que comparar la incidencia del valor del gas en el coste final de la soldadura y por otra parte, la mejora del factor de marcha y la obtención de mejores características mecánicas en la unión soldada.

Tanto en MIG como en MAG, el usuario debe ensayar diversos tipos de gas y mezclas de gases con diferentes proporciones de cada uno de ellos, hasta conseguir los mejores resultados de acuerdo con los equipos de soldeo e hilos de aporte disponibles.

3.2.2. Soldadura por electrodo no consumible protegido (TIG):

El procedimiento de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo no consumible, también llamado TIG (Tungsten Inert Gas), utiliza como fuente de energía el arco eléctrico que salta entre un electrodo no consumible y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión. El material de aportación, cuando es necesario, se aplica a través de varillas externas, ya que en el interior de la antorcha va alojado el tungsteno, que es el electrodo no consumible.

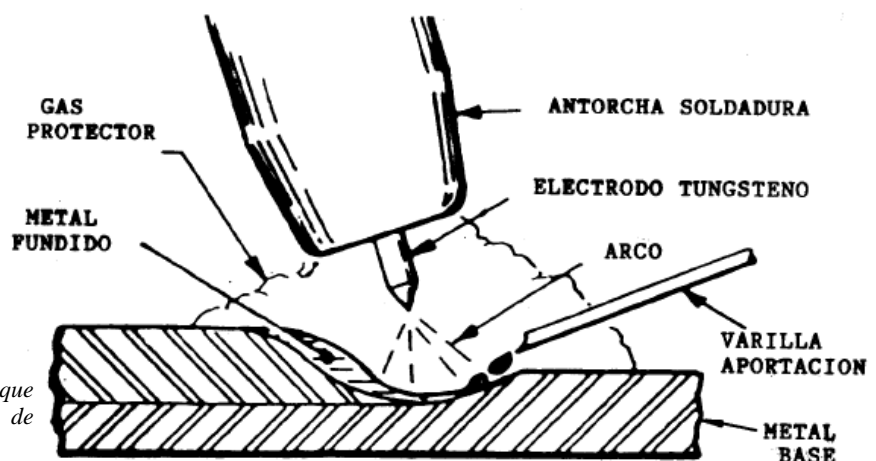


Fig.86. Elementos que intervienen en el proceso de soldadura MIG.

Las soldaduras por sistema TIG son más resistentes, dúctiles y seguras contra la corrosión que las realizadas por los sistemas usuales. Al no ser necesario utilizar decapantes para ningún tipo de material, se evitan las inclusiones de estos y el consecuente peligro de corrosiones en esta zona, así como el trabajo de eliminarlos. Todo el proceso se realiza sin proyecciones, chispas, escoria ni humos y además puede emplearse para soldar prácticamente todos los metales que se utilizan en la industria:

- Todos los metales ligeros: aluminio, magnesio y sus aleaciones, etc.
- Todos los aceros inoxidable (cromo, níquel, etc., y sus aleaciones).
- Cobre y sus aleaciones.
- Plata y oro.
- Materiales raros (titanio, hastelloy (aleación de níquel), etc.).
- Fundiciones.
- Aceros al carbono.
- Metales diferentes entre si y recargues.

La gran diferencia que existe entre el método de soldadura MIG/MAG y TIG, es que mientras el MIG/MAG siempre necesita aportación de material, en el caso del TIG, no siempre es así, ya que este método se utiliza sobretodo, cuando se necesitan soldaduras en las que no se vea sobresalir el cordón, por ejemplo en las carcasas de los electrodomésticos.

Empleando este método de soldadura, los materiales de base, es decir, los metales que se desea soldar, se funden por el calor que genera el arco de soldadura, y se sueldan al ir enfriando el baño que se genera entre ambos. A veces, es necesario aportar material a la soldadura, debido a que entre los dos materiales hay huecos (denominados “gap”), o bien, porque se pretende hacer una soldadura fuerte entre los materiales, sin importar que se pueda apreciar un cordón a la vista, que sobresalga. La aportación de material, se realiza mediante hilo por el exterior de la antorcha de soldadura.



Fig.87. Arco de soldadura TIG.

3.2.2.1. Polaridad de la corriente en soldadura TIG:

Con la soldadura TIG, dependiendo de los resultados que se deseen obtener, se puede trabajar con polaridad directa o inversa en corriente continua, aunque el sistema más utilizado con este tipo de soldadura, es el empleo de corriente alterna.

3.2.2.1.1. Corriente continua, polaridad directa (TIG):

Cuando el electrodo de tungsteno tiene polaridad negativa y la pieza positiva (polaridad directa), los electrones dejan el electrodo y chocan contra el metal base, proporcionando con ello dos terceras partes de la energía total (tensión X intensidad) en forma de calor en el metal de base. El arco formado bajo el gas protector tiene forma de campana, proporcionando una penetración estrecha y profunda:

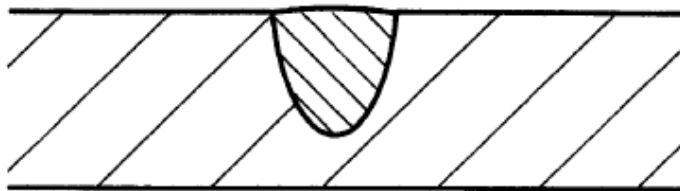


Fig.88. Penetración del cordón con soldadura TIG con corriente continua directa. (Positivo en electrodo y negativo en metal base).

Con intensidades bajas (hasta unos 25 A), la tensión cae rápidamente al aumentar la intensidad. A partir de este valor, la tensión crece paulatinamente con la intensidad, ya que, al aumentar ésta, el punto de ignición del extremo del electrodo se desplaza hacia arriba, con lo que aumenta la longitud media del arco, o, lo que es lo mismo, aumenta la tensión.

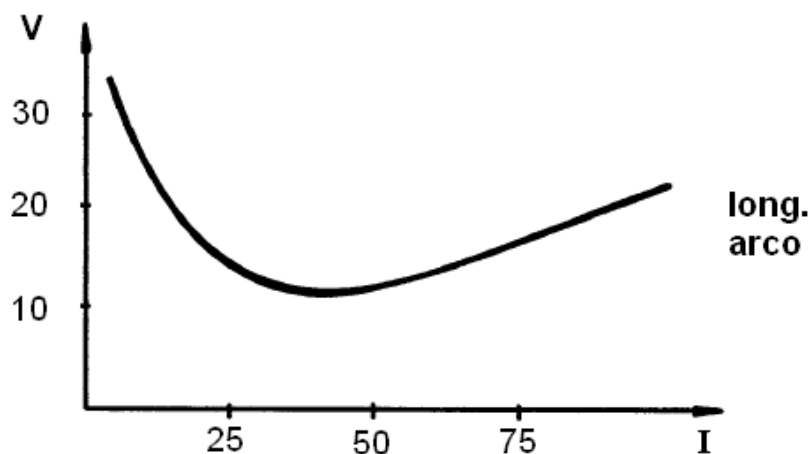


Fig.89. Comportamiento de la longitud del arco en función de la tensión y la intensidad con corriente continua directa para soldadura TIG.

Además, como puede observarse en la imagen siguiente (figura 90), el arco no solo aumenta su longitud, sino que aumenta la base del arco en la pieza, con lo que varía algo la distribución de la energía en la pieza (disminución de la energía por unidad de superficie).

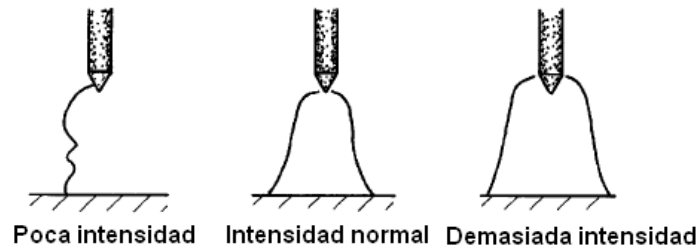


Fig.90. Formas de arco para soldadura TIG, en función de la intensidad.

3.2.2.1.2. Corriente continua, polaridad inversa (TIG):

En la polaridad inversa, el tungsteno (electrodo para la soldadura TIG), se encuentra a potencial positivo con respecto a la pieza, conectada ésta al polo negativo.

En este caso, y puesto que la energía en forma de calor se distribuye en 2/3 en el polo positivo y 1/3 en el negativo, se necesita un electrodo mucho mayor que una soldadura a igual intensidad en polaridad directa: por ejemplo, si a 150 A se puede soldar con un electrodo de 1,6 mm en polaridad directa, a igual intensidad, es preciso utilizar un electrodo de 4,8 mm en polaridad inversa. En este método, deben destacarse dos consecuencias importantes:

- Poca y ancha penetración. (Figura 91).
- Se produce un efecto de descontaminación, ya que los electrones que salen de la pieza rompen la película de óxidos y arrinconan las impurezas a un lado del cordón.

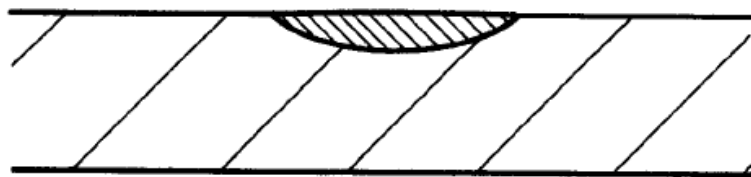


Fig.91. Penetración del cordón con soldadura TIG con corriente continua inversa. (Positivo en metal base (pieza) y negativo en el electrodo).

En la práctica, el método de la polaridad inversa en la soldadura TIG, no tiene apenas aplicación; solo en casos excepcionales como chapas muy finas de magnesio, es donde el proceso adquiere una cierta utilidad.

3.2.2.1.3. Corriente alterna (TIG):

La corriente alterna aúna, aunque reducidas, las ventajas de las dos polaridades:

- El buen comportamiento durante el semiciclo de polaridad directa (gran penetración).
- El efecto decapante del baño durante el semiciclo de polaridad inversa.

El sistema de corriente alterna se utiliza principalmente para la soldadura de metales ligeros.

Como principales inconvenientes, presenta dificultades de cebado y estabilidad del arco, que obliga a incorporar al equipo un generador de alta frecuencia.

Trabajando con corriente alterna, cada vez que se produce un cambio de polaridad, la corriente pasa por cero, aunque sea por un espacio de tiempo muy pequeño, con lo cual se produce la extinción del arco. El generador de alta frecuencia tiene la función de proporcionar impulsos de alta tensión durante estos instantes, lo que permite la reignición del arco.

La tensión de cebado utilizada comúnmente para la soldadura TIG, se sitúa alrededor de 80 V a 90 V.

3.2.2.2. Tipos de gas de protección en la soldadura TIG:

Los gases protectores en soldadura TIG son inertes.

En un principio se empleó helio como único y exclusivo gas de protección, ya que Estados Unidos tiene yacimientos naturales de este gas.

Pronto se observó que el argón ofrece mayores prestaciones ya que la densidad del helio es diez veces inferior que la del argón, por lo que

asegurará una protección inferior, ya que el argón tendrá tendencia a descender sobre el baño de fusión.

Para obtener una misma protección hace falta doblar o triplicar el caudal de helio respecto el de argón. Esto supone un inconveniente de tipo económico, ya que el helio es algo más caro que el argón. De todas maneras, esta diferencia puede ser anulada, teniendo en cuenta que la velocidad de soldadura varía sensiblemente en función del gas.

El poder ionizante del helio es menor que el del argón, por lo que la tensión de arco es cerca del 75% más grande con helio que con argón. Por contra, el helio proporciona un mejor rendimiento calorífico, y este aporte de calor más intenso aporta una penetración muy fuerte, lo que es idóneo para procesos de fabricación en automático. Además, la utilización del helio se hace interesante en particular para la soldadura de metales que sean buenos conductores del calor, como el cobre o el aluminio.

En contrapartida, el helio está caracterizado por un arco menos estable y un cebado más difícil, debido precisamente a su poder ionizante bajo.

Mezclas de argón y helio aseguran un compromiso entre las ventajas e inconvenientes.

Igualmente, para conseguir mayores rendimientos en soldaduras manuales o automáticas, existen en el mercado mezclas a base de argón con un 3, 5, 6 y 10% de hidrógeno, que le confieren dos efectos favorables:

- Aumenta la temperatura, por lo que permite mayor penetración o mayor velocidad.
- Sucede un efecto de limpieza, ya que el hidrógeno es reductor y, por tanto, tiene la capacidad de eliminar óxidos.

El nitrógeno no puede emplearse como gas inerte, ya que, aunque lo es a temperatura normal, a la del arco eléctrico se disocia, por ser un gas diatómico, y se combina con el metal de soldadura, produciendo nitruros. Como salvedad está el cobre, donde el nitrógeno no forma nitruros. En este tipo de soldadura, se utiliza nitrógeno solo o combinado con argón al 50%.

Sobre aceros inoxidable, aceros aleados y metales nobles como por ejemplo el titanio, es muy aconsejable asegurar una protección por debajo de la zona de soldadura a través de un gas generalmente de la misma naturaleza que el de protección. Su caudal será en función del recinto que deba protegerse.

El aluminio no necesita protección por debajo de la zona de soldadura. Para los aceros no aleados tampoco es necesario, pero su presencia mejora el estado de la superficie y alrededores de la penetración.

3.2.2.3. *Electrodos de tungsteno:*

Se utiliza el tungsteno como electrodo, debido a la necesidad de emplear un metal con un punto de fusión muy elevado, capaz de soportar temperaturas del orden de los 4000° C que aparecen en el arco.

La naturaleza, el diámetro y la limpieza del electrodo (tungsteno), sumado a la naturaleza de la corriente utilizada, tienen una gran influencia sobre la calidad del trabajo y la estabilidad del arco.

El tungsteno responde perfectamente a la exigencia de soportar temperaturas elevadas, a la vez que tiene la ventaja de poseer una emisión termoiónica importante. Por este motivo, todos los electrodos que se utilizan son de tungsteno. Se puede incluso reforzar la emisión electrónica de los electrodos añadiendo al tungsteno óxidos de torio, de circonio, de lantano o de cerio en cantidades que van del 0,15 al 4,2% según los electrodos y el elemento a adicionar. Estos activadores de emisión facilitan el cebado del arco, mejoran la estabilidad, aumentan la duración de vida de los electrodos y reducen los riesgos de contaminación de la soldadura por inclusiones de tungsteno. Por otra parte, a diámetro igual, los electrodos conteniendo óxidos permiten soportar una intensidad de corriente más elevada que la del tungsteno puro.



Fig.92. Electrodos de tungsteno para soldadura TIG

La adición de óxidos es generalmente dispersada finamente en la matriz de tungsteno. Del mismo modo, existen electrodos refractarios en tungsteno, denominados "compuestos" que están constituidos por un núcleo de tungsteno puro y de un revestimiento exterior de óxido.

Este tipo de electrodos combina las calidades de los de tungsteno puro y de los de tungsteno con óxidos, pero tienen el inconveniente de no poder ser afilados en punta. El tungsteno debe de ser convenientemente afilado, ya que según su forma, puede realizar distintos tipos de soldadura, en cuanto a penetración.

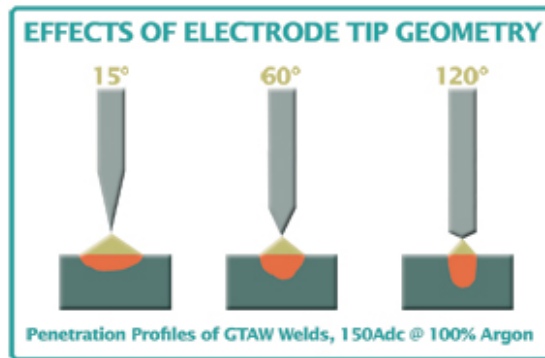


Fig.93. Penetración y anchura de cordón según la geometría de la punta del electrodo de tungsteno para soldadura TIG

Las varillas de tungsteno puro funden a 3400° C, y es necesario que el extremo del electrodo sea redondeado. Se utilizan fundamentalmente con corriente alterna en la soldadura del aluminio y sus aleaciones.



Fig.94. Ejemplo de cordón de soldadura en aluminio mediante el método TIG.

El tungsteno aleado con torio tiene un punto de fusión de 4000° C, y es necesario que el extremo de la varilla esté afilado. Se utiliza en la soldadura con corriente continua de aceros al carbono, baja aleación, inoxidable, cobre, titanio, etcétera. Su precio es un 15% superior a los de tungsteno puro.



Fig.95. Ejemplo de pieza en acero con cordones de soldadura mediante el método TIG.

El tungsteno aleado con circonio funde a 3800° C, y es válido para la soldadura tanto en corriente continua como alterna. Se utiliza para soldar metales ligeros como aluminio y magnesio, en donde es necesario evitar la contaminación del metal de aporte.

3.2.2.4. Forma de los electrodos:

La punta del electrodo juega un papel importante sobre la estabilidad del arco y la penetración de la soldadura (figura 93).

En corriente alterna, el extremo de un electrodo debe ser hemisférico; en el caso de que se forme una gota, es porque la densidad de corriente límite ha sido sobrepasada. Empleando tungsteno toriado, raramente se llega a obtener una forma hemisférica, y si la densidad de corriente es excesiva, el extremo se convierte en irregular.

En corriente continua, los electrodos deben ser puntiagudos, sobretodo si la densidad de corriente es débil; cuanto más agudo es el ángulo, más grande es la penetración. La altura de la punta debe ser en principio 1,5 veces el diámetro del electrodo. Esta forma cónica se obtiene por amoladura, pero la forma de la punta se hace libremente bajo la acción del arco. Puede darse el caso de que la superficie del cono de un electrodo en tungsteno toriado esté insuficientemente pulida, lo que provoca inestabilidad de arco; en ese caso, basta con aumentar la intensidad de la corriente durante un corto instante para obtener una superficie perfectamente lisa.

Se indican a continuación diversos casos de funcionamiento. Las flechas continuas indican la dirección general de la corriente, y las flechas discontinuas indican la tendencia a arcos parásitos:

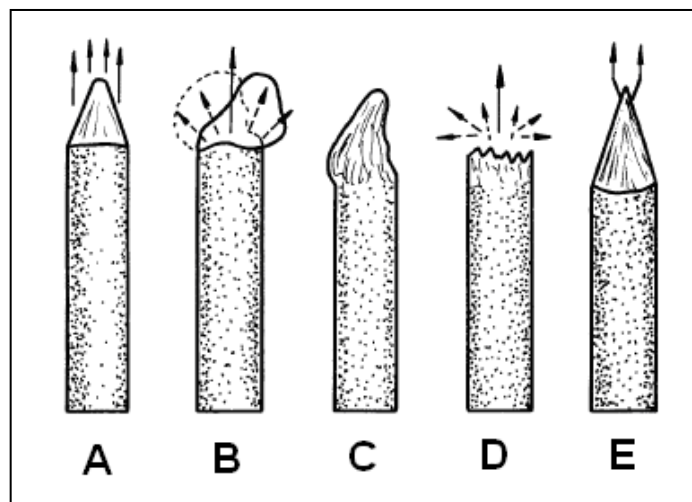


Fig.96. Diferentes puntas de tungsteno.

En el caso de la imagen A (figura 96), el electrodo está bien afilado y sano, ha sido utilizado en corriente continua en condiciones de intensidad normales. El afilado en cono sin punta permite tener un arco puntual estable, bien centrado.

En la imagen B (figura 96), la punta del electrodo se ha fundido bajo la acción de una intensidad demasiado elevada. La punta se ha deformado y el arco está vagabundo y mal dirigido, ya que la bola de metal oscila durante la soldadura, que se convierte en difícil o imposible.

En la imagen C (figura 96), el electrodo se ha utilizado sin protección gaseosa, o bien se ha producido un corte de gas de protección demasiado pronto. El electrodo se ha contaminado, por lo que se impone restablecer su estado o cambiarlo.

En la imagen D (figura 96), se han soldado aleaciones ligeras con un electrodo toriado y una intensidad demasiado baja, de manera que la bola en el extremo del electrodo no se ha formado. Es preciso aumentar la intensidad, o el arco será errático.

En la imagen E (figura 96), el electrodo se ha afilado con demasiada punta; sucederá un desgaste rápido, puesto que la punta debe soportar intensidades de corriente demasiado elevadas, con lo que se fundirá y habrá inclusiones de tungsteno en la soldadura.

3.2.3. Soldadura por arco plasma (PAW):

Este es otro método de soldadura por arco, que puede ser con o sin aportación al igual que el método TIG.

La soldadura por arco plasma es conocida técnicamente como PAW (Plasma Arc Welding), y utiliza los mismos principios que la soldadura TIG, por lo que puede considerarse como un desarrollo de este último proceso. Sin embargo, tanto la densidad energética como las temperaturas son en este proceso mucho más elevadas ya que el estado plasmático se alcanza cuando un gas (Argón) es calentado a una temperatura suficiente para conseguir su ionización, separando así el elemento en iones y electrones. La mayor ventaja del proceso PAW es que su zona de impacto es dos o tres veces inferior en comparación a la soldadura TIG, por lo que se convierte en una técnica óptima para soldar metal de espesores pequeños.

En la soldadura por plasma la energía necesaria para conseguir la ionización la proporciona el arco eléctrico que se establece entre un electrodo de tungsteno y el metal base a soldar. Como soporte del arco se emplea un gas, generalmente argón puro o en ciertos casos helio con pequeñas proporciones de hidrógeno, que pasa a estado plasmático a través del orificio de la boquilla que estrangula el arco, dirigiéndose al metal base un chorro concentrado que puede alcanzar los 28.000 °C. El flujo de gas de plasma no suele ser suficiente para

proteger de la atmósfera al arco, el baño de fusión y al material expuesto al calentamiento. Por ello a través de la envoltura de la pistola se aporta un segundo gas de protección, que envuelve al conjunto. En conclusión, en el sistema de soldadura por plasma hay dos flujos independientes de gas, el gas plasmágeno que fluye alrededor del electrodo de tungsteno, formando el núcleo del arco plasma y el gas de protección el cual proporciona la protección al baño de fusión.

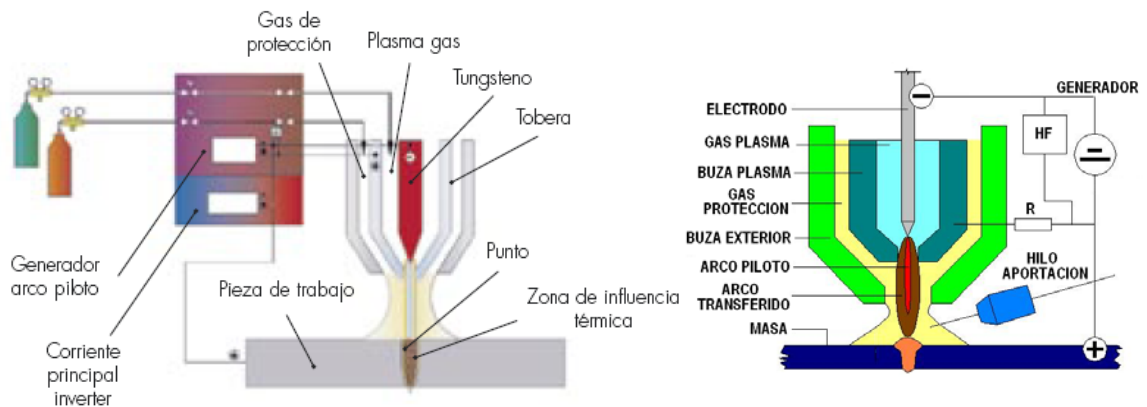


Fig.97. Elementos que intervienen en el proceso de soldadura por arco plasma (PAW)

La soldadura por arco plasma (PAW), se presenta en tres modalidades, dependiendo de la intensidad a la que se realiza el soldeo.

Estas tres modalidades son:

- Soldadura microplasma.

Este tipo de soldadura por arco plasma, emplea corrientes de soldadura que van de 0,1 A a 20 A.

- Soldadura medioplasma.

Este tipo de soldadura por arco plasma, emplea corrientes de soldadura que van de 20 A hasta 100 A.

- Soldadura “Keyhole” (cerradura).

Este tipo de soldadura por arco plasma, emplea corrientes por encima de 100 A. Se llama soldadura de cerradura, porque el arco penetra en todo el espesor del material a soldar, hasta traspasarlo completamente, y el material fundido, al paso del agujero originado por el arco plasma, se va fusionando por detrás al solidificarse.

Principalmente, se utiliza en uniones de alta calidad tales como en construcción aeroespacial, plantas de procesos químicos e industrias petroleras.

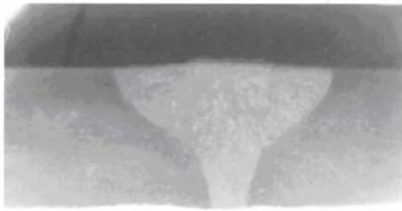
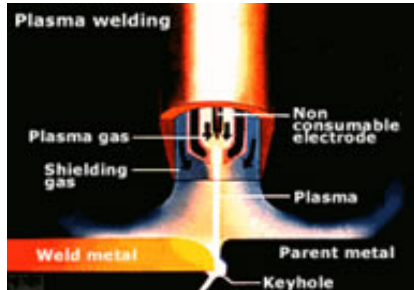


Fig.98. Soldadura por arco plasma empleando la modalidad "Keyhole" durante el proceso, y detalle de la penetración pasante mediante este método de soldadura.

El arco plasma es estable y fuerte, por esto mejora la penetración al soldar y previene la inestabilidad y desviación del arco. El plasma alcanza temperaturas elevadas con una alta concentración del calor y que se concentra únicamente en la zona de soldadura (no tiende a expandirse).

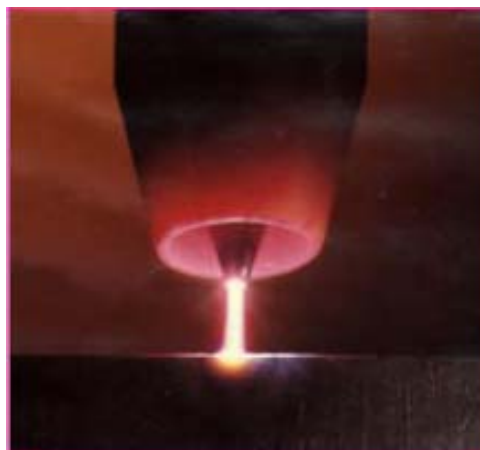


Fig.99. Imagen del arco generado en la soldadura por arco plasma (Columna plasma).

La gran ventaja que representa el arco plasma en relación al método de soldadura TIG, es que en la soldadura plasma, solamente se utilizan altas frecuencias en el instante de crear el arco piloto, que es el arco que se utiliza para ionizar el gas plasmático (generalmente argón). En cambio el sistema TIG, emplea altas frecuencias durante todo el proceso de soldeo, lo que genera ruido eléctrico en los equipos eléctricos o electrónicos que pueda haber en zonas cercanas a la célula.

4. FASES DE UN PROYECTO DE CÉLULA DE SOLDADURA POR ARCO ROBOTIZADA:

Un proyecto para robotizar y automatizar un proceso de soldadura por arco en la industria, sigue una serie de fases que van desde que el comercial recibe una necesidad por parte de un cliente, hasta la realización y entrega del proyecto de la célula robotizada de soldadura por arco.

4.1. Necesidades por parte del cliente:

Cualquier proyecto de robótica, aunque en este proyecto solamente se expone en particular un proyecto de soldadura por arco robotizada, viene dado por una necesidad de un cliente a la hora de robotizar o automatizar un proceso de producción, fabricación o manipulación.

La necesidad del cliente para robotizar el proceso de soldadura por arco, suele llegar a la empresa de robótica por tres vías distintas.

4.1.1. *Cliente de la empresa de robótica:*

Existen varias empresas que tienen acuerdos comerciales a nivel internacional, o a nivel de grupo. Las empresas de robótica son empresas de ámbito internacional, y los grandes fabricantes en automoción, que son los grandes demandantes de este tipo de células robotizadas, también lo son. En este caso, pueden existir acciones comerciales, como ya se comenta anteriormente, a nivel de grupo (grupo Volkswagen, grupo PSA, General Motors, Honda, Mazda, etcétera.), que le vincula comercialmente a un fabricante de robots en particular.

Este tipo de clientes, además de los clientes que a través de un trabajo comercial por parte de la empresa de robótica, son fieles a un fabricante de robots, dirige su necesidad directamente al fabricante de robots, o bien, a alguna de las muchas ingenierías que trabajan con robots, exigiendo la instalación de una marca de robots en concreto a estas ingenierías, por mera fiabilidad y fidelización.

También las empresas que trabajan exclusivamente para el fabricante directo de automoción, suelen ser las que se dirigen directamente a los fabricantes de robots. A este tipo de empresa se le conoce como TIER 1 y TIER 2, que son el primer anillo de empresas que trabajan directamente para el fabricante de automoción en el caso de los TIER 1, como el segundo anillo de empresas que son los llamados TIER 2, que a su vez, trabajan directamente para los TIER 1. Algunos ejemplos de este tipo de empresas, que suelen trabajar con el método “just in time”, según pedidos de la empresa de automoción, son por ejemplo, FAURECIA, Grupo ARVIN, Grupo ANTOLÍN, SNOP, BENTELER, Grupo GESTAMP, CIE AUTOMOTIVE, etc.

4.1.2. Lanzamiento de un aviso:

En ocasiones, una empresa que tiene una necesidad para automatizar su proceso, y mediante el lanzamiento de un aviso. La necesidad llega a la empresa de robótica a través de avisadores.

Los avisadores son, por ejemplo, los distribuidores de equipamiento de soldadura, que avisan a la empresa de robótica de la necesidad de robotizar alguna o varias piezas. Este es el ejemplo de distribuidores como AVICOR BINZEL, DINSE, LINCOLN, CEBORA, FRONIUS, LORCH, MILLER, etcétera. También puede tratarse de empresas que distribuidoras de gases industriales, como AIR LIQUIDE, MESSER, CARBUROS METÁLICOS y ABELLÓ LINDE, que son los que distribuyen los gases necesarios para la soldadura. Además las pequeñas empresas que se dedican a la distribución de consumibles de soldadura y otros materiales como ropa de trabajo, caretas de protección de soldadura, guantes, etcétera, también ejercen como avisadores en proyectos de robotización de un proceso de soldadura por arco.

En estos casos, la acción comercial es muy importante, puesto que en un mismo proyecto pueden estar involucrados distintos fabricantes de robots, y solo uno de ellos se llevará el proyecto.

4.1.3. La empresa de robótica crea la necesidad al cliente:

Se trata de crear una necesidad mediante la acción por parte del personal comercial de la empresa de robótica, que realizando periódicas o nuevas visitas concertadas a las empresas del sector de la metalurgia y posibles nuevos clientes, exponen las ventajas de robotizar un proceso que puede representar un aumento en la producción, y por consiguiente en los beneficios de una empresa.

Este trabajo es importante, puesto que la robótica es un sistema que permite aumentar la producción en gran medida, y a pesar de que sea un sistema que ya está implantado en el sector metalúrgico desde hace más de 25 años, para la pequeña y mediana empresa sigue siendo desconocida, en general, sus grandes ventajas, su facilidad de manejo, y su coste realmente asequible, ya que la instalación de un robot, representa un periodo de retorno de la inversión que va, según el tipo de fabricación, desde unos pocos meses, hasta un año y medio o dos años.

En este tipo de clientes potenciales, el comercial es el que crea la necesidad de robotizar el proceso.

Las empresas a las que el comercial visita para la implantación de células de soldadura por arco, hay distintos sectores a los que el departamento comercial de una empresa de robótica debe dirigirse.

Estos sectores, se dividen según el tipo de producto al que dedican su producción. Uno de los sectores con especial importancia, debido a su volumen de producción y partes del proceso que precisan de la soldadura, es el sector del automóvil. Distintas partes del coche, precisan ser soldadas durante el proceso de producción de un automóvil. También dentro de la industria de la automoción, se encuentra la industria de las motocicletas y las empresas que se dedican a la producción de piezas para las motocicletas y ciclomotores, como las empresas que se dedican a la producción de tubos de escape, chasis, cárter, cubre-cárter, etcétera.

Otro de los sectores a los que los comerciales se dirigen es que se dedica a la construcción de maquinaria, como empresas que se dedican a la construcción o producción de distintas máquinas herramienta, etcétera, como es el caso de empresas que fabrican prensas, plegadoras, cizallas, excavadoras, hormigoneras, tractores, grúas de camión, grúas de obra pública, puentes grúa, etcétera. También es reseñable dentro de este grupo de empresas, las empresas que se dedican a la construcción, normalmente parcial, de elementos de industria eólica, como la construcción de la cabina de los molinos de viento, o de las cabinas.

También en el sector del mueble metálico, es implantable una célula robotizada para la soldadura, ya que hay diversas empresas dedicadas a la producción de mobiliario metálico que emplea la soldadura por arco, como el caso de las empresas productoras de armarios metálicos, sillas, mesas, estanterías, ventanas, puertas, neveras de restaurantes, barras de bar, etcétera.

Otro importante sector de empresas en las que instalar este tipo de células es el sector de la construcción, ya que todo tipo de andamios, puntales, vallas, y señales, entre otros, precisan de procesos automáticos de soldadura.

Las empresas de electrodomésticos, también emplean células robotizadas para la soldadura. En la producción de neveras, lavadoras, etcétera, se emplean habitualmente células robotizadas para soldadura TIG en particular, y últimamente para soldadura por arco plasma.

4.2. Estudio de la necesidad, ¿se trata de un proceso robotizable?:

Una vez se haya recibido la necesidad por parte de un cliente de robotizar un proceso, se debe estudiar si el proceso es robotizable. Para saber si un proceso es robotizable, se deben de tener en cuenta distintas premisas.

Cuando un cliente produce series largas, es un primer paso para que el proceso sea robotizable. Ya que el robot permite repetir el trabajo indefinidamente durante estas series.

Cuando el cliente produce series cortas, el proceso es robotizable si durante el proceso se emplean técnicas repetitivas en las piezas de verificación, de visión, medición y/o cambios de herramienta. En el caso de la soldadura por arco, no tiene demasiado sentido robotizar un proceso en el que no se producen series más o menos largas, ya que para series cortas, existen equipos de soldadura manual.

Según el tipo de pieza, el sistema puede ser robotizable, aunque sean series cortas (por ejemplo en el sector naval), ya que puede tratarse de piezas que precisan de soldeos de largo recorrido y cierta precisión en los que es necesario además del robot, ejes de base y/o ejes externos (como se explica en el capítulo 2), para proceder al soldeo de las piezas, debido a la longitud de la pieza y/o el posicionamiento de ésta (figura 100).

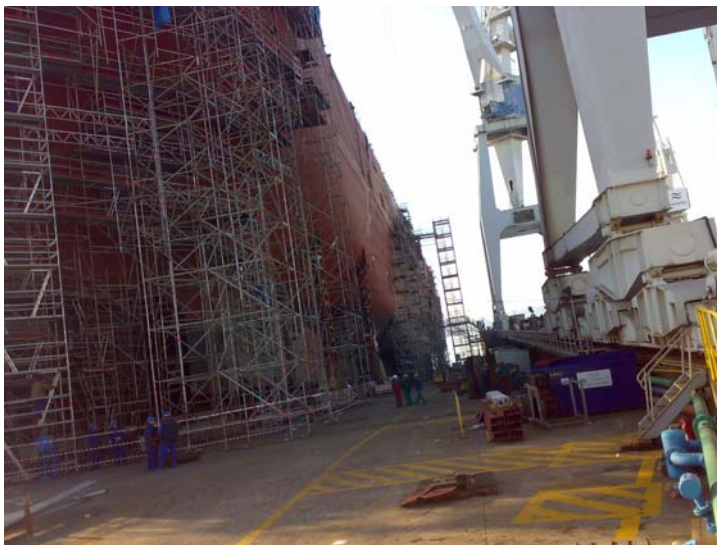


Fig.100. Imagen de la construcción del buque Juan Carlos I. Se trata de un sistema robotizable de producción de piezas con series cortas. En la industria naval se emplean células de soldadura por arco para crear módulos, que luego se unen en el astillero. (Robots en sistema gantry con corinas de protección)



En series de piezas cortas, un sistema también puede ser robotizable cuando las piezas tienen tolerancias pequeñas, por especificaciones de calidad, etc.

Una vez se decide si un proceso es robotizable, se debe decidir que robot es el adecuado para la tarea que debe realizar, y la necesidad de incorporar a la célula ejes de base y/o ejes externos según el tipo de pieza, el número de piezas a soldar en cada ciclo, alcances del robot y las posiciones de soldeo. Entre otras premisas, el cliente debe decidir, debidamente asesorado por la empresa de robótica, la velocidad del robot, según la necesidad de tiempos de ciclo.

Para tomar la decisión de que elementos emplear en la implantación de la célula robotizada para soldadura por arco, al cliente se le hacen una serie de cuestiones que ayudarán a la correcta elección de los elementos que formarán la célula.

Al cliente se le pregunta:

- ¿Que tipo de series realiza?

Es importante para saber que piezas conviene robotizar y que piezas no, ya que el coste de los utillajes y de los ejes externos puede subir. Si hay alguna serie pequeña de alguna de las piezas que se producen, puede no ser recomendable su automatización, ya que el cambio de utillajes, y el tiempo de cambio de modelo, puede ser demasiado largo para una serie corta.

- ¿Necesita rotar la pieza?

Es importante saber si hay que rotar la pieza durante el soldeo, o inclusive solamente durante el posicionamiento, ya según el tipo de pieza puede convenir un tipo u otro de ejes externos, tal y como se explica en capítulo 2 de este proyecto, donde se tratan los ejes externos.

- ¿El soldeo se realiza a varias caras?

Por la misma razón que en la cuestión anterior, es conveniente saber si una misma pieza, tiene distintas caras donde se va a efectuar el soldeo, ya que esto puede implicar que se deba rotar la pieza y/o reposicionarla mediante rotaciones.

- ¿Qué espesores de chapa desea soldar?

El espesor de chapa a soldar es importante, en tanto en cuanto al método de soldadura que se ha de emplear, y si es o no necesaria la aportación de material a la soldadura. También es este dato importante para saber si se pueden emplear opciones como el seguimiento de junta.

- ¿Es necesario un sistema de seguimiento de juntas?

Motoman dispone de una opción (mencionada en el capítulo 3.1.2) que detecta automáticamente una desviación de la junta, respecto a las posiciones teóricas que se han programado. Esta opción solamente se puede emplear en soldeo de juntas cuyas chapas sean de más de 3,5 mm de espesor.

- ¿Qué tipo de soldadura desea? ¿es importante el aspecto del cordón?

En ocasiones, un material es soldable de varias formas, tal y como se ha explicado en el capítulo 3. En algunos casos, es importante saber que aspecto deben de tener los cordones a soldar, ya que en función de la importancia del aspecto, se escogerá un método u otro, que en principio pueden ser soldados de varias maneras.

- ¿Que tiempos emplea en la actualidad para la producción de la pieza?, ¿tiempos manuales?

También se le debe de preguntar al cliente, los tiempos que emplea para producir sus piezas en la actualidad, o los tiempos manuales, para calcular el tiempo estimado de retorno de la inversión.

- ¿Qué peso tiene la pieza?

Es importante saber que peso tiene la pieza o las piezas que deben soldarse en cada ciclo, ya que de ese dato puede variar el tipo de posicionador que deba emplearse, ya que según la carga, los posicionadores varían en cuanto a motor, servo, e incluso morfología. También este dato es importante, porque se le debe especificar a la ingeniería a la que se le encarga la construcción de los utillajes, el peso máximo de los mismos.

- ¿Qué medida máxima pueden tener las piezas?

La medida máxima de las piezas robotizables, son importantes para el empleo de los ejes de base adecuados, para aumentar el rango de trabajo del robot, incluso para emplear sistemas de robots múltiples.

A veces se recomienda a un cliente no robotizar las piezas más grandes, ya que en ocasiones, un cliente realiza series cortas de las piezas más grandes, mientras que un 90% del tiempo de producción se emplea para piezas más pequeñas y el coste de adaptar la instalación para estas piezas es demasiado grande.

- ¿Desea alguna marca de fuente de potencia en concreto?

En ocasiones los clientes conocen, o simplemente prefieren una marca en concreto de máquina de soldar. El robot puede funcionar con cualquier marca de fuentes de potencia para soldadura, así que si el cliente desea alguna en concreto, se le instala. De no preferir una marca en concreto, la empresa de robótica, presenta la opción que considere más válida, en relación a calidad/precio según nuestra experiencia.

- ¿Tiene alguna preferencia en cuanto a marcas del equipamiento de soldadura para el robot?

Además de las fuentes de potencia, el cliente puede tener preferencias en cuanto al equipamiento de soldadura, como antorchas, boquillas, anticolidión, etcétera. De la misma forma que con las fuentes de potencia, al cliente se le oferta la marca del equipamiento que desee, y si no tiene ninguna preferencia en particular, se le asesora presentando las opciones que la empresa de robótica considere más válidas para su aplicación.

La repetibilidad del robot, ya ha dejado de ser un criterio de selección de un robot, ya que prácticamente la totalidad de los robots destinados a la soldadura por arco tienen unos valores de repetibilidad similares, ya que entre unos y otros hay variaciones de pocas centésimas de milímetro.

Para robotizar un proceso, también hay que tener en cuenta algunos aspectos económicos, ya que al cliente se le ha de presentar una inversión que tiene que afrontar, valorar y decidir si es conveniente realizar. Generalmente, la decisión es positiva, ya que un robot, o una célula robotizada, tiene un retorno de la inversión de un tiempo relativamente corto. Además la compra de un robot, no es una compra de una maquinaria cerrada, sino que se trata de un equipo flexible y reutilizable en otras tareas dentro de una empresa.

4.3. Realización de una oferta a un cliente:

Cuando ya se ha decidido que la necesidad del cliente es robotizable, se realiza una oferta comercial que se somete a consideración del cliente, con el fin de cerrar la operación y proceder a poner en marcha todo el mecanismo de pedidos de materiales, transportes, instalación y programación de los equipos.

Previamente a la elaboración de la oferta, se pide a los proveedores que nos presenten su oferta de los materiales no propiamente de la empresa de robótica, que se desean incluir, como es el caso de las máquinas de soldar, equipamiento de soldadura para el robot, tal como antorchas, anticolidiones, paquetes energéticos, así como los

materiales necesarios para las seguridades, como el vallado, las barreras de seguridad, relés de seguridad, etc.

4.3.1. Apartados necesarios en la elaboración de la oferta comercial:

En la oferta comercial, se presentan varios apartados en los que se describen todos los elementos que integran la célula robotizada para soldadura por arco, a los que se compromete la empresa de robótica, incluso una vez se haya aceptado la oferta comercial, se le presenta al cliente un plano de implantación, comúnmente llamado “layout”, con el que el cliente debe estar conforme.

Todas las páginas que forman la oferta, están debidamente numeradas, con número de página y total de páginas, además, llevan el número de oferta que genera la empresa que elabora la oferta según su propio código organizativo, con el fin de que todo el documento sea un conjunto unitario.

4.3.1.1. Carta de presentación:

La primera parte de la oferta, consta de una carta de presentación de la oferta, en la que se menciona el número de oferta, el asunto del que trata la oferta, la persona de contacto de la empresa receptora de la oferta, y la firma de la persona o las personas que dan el visto bueno al lanzamiento de la oferta. En el caso de la empresa de la que formo parte, esta parte de la oferta va firmada por la dirección de la empresa.

4.3.1.2. Oferta técnica:

A continuación de la carta de presentación, se elabora una oferta técnica en la que se describe la cantidad y los datos técnicos de los equipos que componen la célula robotizada de soldadura por arco que deben ser suministrados por parte de la empresa que oferta.

La descripción de los equipos, se elabora con datos técnicos, fotografías, etcétera.

En esta parte de la oferta, también se mencionan los sistemas de seguridad que se emplean, según la normativa de la Comunidad Europea (Normativa CE).

También se hace mención en este apartado, al alcance de la empresa de robótica que realiza la oferta, en cuanto a ingeniería y

servicios a los que se compromete. Esto incluye el alcance en cuanto a instalación de los elementos suministrados, puesta en marcha de la célula robotizada de soldadura por arco, pruebas de funcionamiento, programación de la célula y documentación de los equipos y documentación de los elementos de seguridad que se incluye con la célula robotizada.

4.3.1.3. Oferta comercial:

Por otra lado, a continuación de la oferta técnica, se elabora la oferta comercial, en la que se tratan los aspectos comerciales de la operación.

En primer lugar, en este apartado, se expone el alcance de suministro que componen los equipos que debe entregar la empresa de robótica, y el precio unitario de cada uno de los equipos, y el precio final de la oferta, sin incluir el impuesto sobre el valor añadido.

A continuación se presentan las condiciones de pago, que suelen dividirse en tres partes. En primer lugar, tras aceptar el pedido, se factura un tanto por ciento que se pacta durante la negociación, normalmente suele ser el 30% del total. En segundo lugar, a la entrega de los materiales, se factura otro tanto por ciento también pactado durante la negociación, normalmente suele ser el 50% del total. Finalmente se factura el resto de la cantidad total, tras la aceptación de la célula robotizada de soldadura, normalmente se deja para el último pago el 20% del total del precio acordado.

En la oferta comercial, también se hace mención a que condiciones deben cumplirse para que el cliente acepte la instalación tras las pruebas, tests, programaciones y/o formaciones convenientes.

El plazo de entrega de la instalación también va reflejado en la oferta comercial, con el fin de que el cliente tenga todo preparado para la recepción de los equipos en su empresa, con el espacio necesario y la ubicación de la célula libre para la descarga y posterior implantación en la fecha de la entrega.

También se menciona hasta que fecha tiene validez la oferta comercial.

En la oferta comercial se menciona de forma explícita a cargo de que empresa se realizan los embalajes, transportes, etc. Además se menciona el alcance de la garantía de los equipos, su duración y posibles exclusiones de alcance de la oferta, como por ejemplo, acometidas de aire, agua, gas y obra civil necesaria para la implantación de la célula robotizada.

Por último, se hace una mención en cuanto a la reserva de la propiedad hasta el cobro de la totalidad del precio de la célula. Hasta que no se ha cobrado el 100% del total del precio de la célula, el cliente no puede disponer, modificar, transformar o vender la instalación a terceros.

4.4. Pedido y ejecución del proyecto:

Tras aceptar la oferta, el cliente debe realizar un pedido, con el que se formaliza la aceptación de la oferta. En este momento la empresa de robótica factura un 30% del total del precio final, en concepto de anticipo.

En este momento se pone en marcha el proyecto.

La empresa de robótica, en este caso, Motoman Robotics Ibérica, efectúa un pedido de materiales a la central europea de Motoman (Motoman Europe AB). Con este pedido a la central europea, se pide a la central todos los productos Motoman que se emplean en la célula robotizada de soldadura por arco, esto incluye, robots, ejes externos, ejes de base, cables, equipos de limpieza, etc.

Motoman, también realiza el pedido de materiales a los distribuidores de los distintos equipos y equipamientos empleados en el proyecto, como por ejemplo, fuente de potencia (máquina de soldar), paquete energético, antorcha de soldadura, anticolidión de la antorcha, devanadora de hilo, vallado de seguridad, cortinas de protección, barreras fotoeléctricas, etc.

Por parte del cliente, también se pone en marcha otras necesidades del proyecto, como acondicionar el espacio donde se ha de implantar la célula de soldadura, acometidas de aire, agua y gas, así como la acometida eléctrica necesaria para los equipos de la célula de soldadura.

El cliente ha de subcontratar o construir por sus propios medios los utillajes necesarios para la célula de soldadura robotizada. Normalmente, el cliente subcontrata la elaboración de los utillajes a ingenierías externas que se dedican al diseño y elaboración de los utillajes. Para que la ingeniería encargada de diseñar y elaborar los utillajes de la célula, disponga de toda la información necesaria, tanto el cliente como Motoman, traspasan a la ingeniería toda la información necesaria para su realización, como planos de piezas a soldar y sus distintos modelos, planos del plato motriz y contraplato del eje externo, distancia entre platos, etc.

Una vez todos estos trámites se hayan realizado, se planifican las posibles fechas y la disponibilidad de los técnicos asignados al proyecto para la implantación de la célula, así como la contratación de los transportes necesarios para llevar los equipos a las instalaciones del cliente.

Una vez se han definido las fechas de ejecución, y se hayan contratado los distintos transportes, se informa al cliente de la fecha de entrega, para que tenga acondicionada la situación de la célula en sus instalaciones.

Al realizar la entrega de los materiales y equipos al cliente, se ejecuta la segunda parte de la factura, normalmente un 50% del precio total.

Tras la entrega, se prepara la documentación de montaje e implantación que se ha de entregar a los técnicos a los que se ha asignado el proyecto. El montaje de la célula robotizada para soldadura por arco, se efectúa en este momento. El plazo medio de montaje de una instalación de este tipo es de una semana. En el montaje, se disponen todos los equipos según se indica en los planos de implantación y se realizan los cableados y conexiones necesarias para la célula robotizada (agua, gas, aire y electricidad).

Tras el montaje, se realizan las pruebas y tests de funcionamiento necesarios para comprobar que todos los equipos están instalados correctamente, y su funcionalidad es la adecuada. Tras estas pruebas se realiza la programación de la célula robotizada de soldadura por arco, que puede ser una programación completa, o una programación para una o dos piezas, a modo de programas de muestra, con los que el cliente realiza el resto de la programación. Una programación completa suele tener una duración de una semana.

Una vez la célula está programada, y en el caso en que la oferta comercial lo refleje, se realiza la formación al cliente. En la formación se enseña al cliente como se realizan las programaciones con el robot, ejes externos, etc. Así como los comandos necesarios para realizar los movimientos, el soldeo de las piezas, y el pilotaje mediante entradas y salidas de los elementos (válvulas, sensores, pistones, etc.) de los utillajes. Con la formación se pretende que el cliente sea auto-suficiente en cuanto a programación, incluso, en cuanto a cableado y mantenimiento preventivo de los equipos de Motoman que componen la célula.

Realizada la formación, el cliente debe aceptar la célula robotizada de soldadura por arco, en cuanto a funcionamiento, funcionalidad, seguridades y programación. En este momento, se factura el resto del precio, un 20% del precio total usualmente.

En este momento, el proyecto se da como concluido.

4.5. Servicio post-venta:

Tras haber cerrado el proyecto, al cliente se le ofrecen distintos servicios, llamados servicios post-venta.

Se trata de contratos por robot, con los que los clientes se pueden beneficiar de muchas ventajas por parte de la empresa de robots. Hay distintos niveles de contrato, con los que el cliente se asegura de tener una atención privilegiada, en función del contrato post-venta del que sea titular.

Con estos contratos, los clientes se pueden beneficiar de ayudas telefónicas mediante un teléfono directo de contacto con servicio técnico. El servicio de atención al cliente tiene unas coberturas en función del nivel del contrato.

Además de la atención telefónica, se puede beneficiar de un mantenimiento por robot y por año, en el que se realizan distintas inspecciones y acciones de mantenimiento periódicas que se deben realizar a los robots y ejes externos, como cambio de grasas y baterías, etc.

Con este sistema de contratos post-venta, el cliente puede beneficiarse de descuentos en materiales, recambios y en formaciones para sus técnicos.

5. APLICACIÓN: CÉLULA ROBOTIZADA DE SOLDADURA POR ARCO

En este capítulo se trata de la ejecución de un proyecto real de célula robotizada de soldadura por arco para un cliente del primer anillo de empresas dedicadas al automóvil.

5.1. Necesidad por parte del cliente:

El cliente en cuestión, tiene la necesidad de ampliar su producción con un nuevo producto, porque se le ha asignado la fabricación de una de las partes de un nuevo proyecto de automoción. Se trata de soldar piezas que conforman el chasis de las puertas para un modelo recién aprobado para su fabricación en una empresa de automoción en España.

Gracias a una buena relación comercial, esta empresa, presentó su necesidad de robotizar su proceso directamente a Motoman Robotics Ibérica y a otra marca de robots, para el proyecto de soldadura por arco. Tras la presentación de esta necesidad, al cliente se le presentaron varias posibilidades para su ejecución.

5.2. Estudio de la necesidad del cliente:

Al igual que se menciona en el capítulo 4, al cliente se le realizan ciertas preguntas para saber si su proceso es robotizable, y de ser así, que equipos son necesarios para la realización del proyecto.

Al cliente se le pregunta:

- ¿Que tipo de series realiza?

En este caso, se realizan partes de la estructura de la puerta de un automóvil, aunque con un patrón común. Las series a realizar son largas, según pedido, ya que se trabaja “just in time”, bajo pedido, y no se produce para hacer un stock del producto.

- ¿Necesita rotar la pieza?

En el caso de los chasis y partes de los automóviles como tubos de escape, puertas, etc., se hace imprescindible la posibilidad de rotar la pieza y los utillajes, tanto para posicionar la pieza en una buena posición de soldeo, como durante el proceso de soldeo de la pieza, ya que este tipo de piezas tienen partes a soldar que abarcan los 360° alrededor de ellas.

- ¿El soldeo se realiza a varias caras?

Aunque redundante, la respuesta es afirmativa. Se debe soldar todo el contorno de la pieza.

- ¿Qué espesores de chapa desea soldar?

Los espesores de chapa a soldar, son espesores de varios espesores, en los que no será necesario el uso de la opción del seguimiento de junta. Sí que es necesaria la aportación de material para la soldadura para asegurar su resistencia, y en algunos cordones, será necesario un movimiento de zigzag.

- ¿Es necesario un sistema de seguimiento de juntas?

No es necesaria esta función, ya que los cordones a realizar no son de grandes longitudes, y el posicionamiento será óptimo con los utillajes.

- ¿Qué tipo de soldadura desea? ¿es importante el aspecto del cordón?

Se pretende soldar materiales como el acero al carbono. Para esta pieza, el aspecto del cordón no es relevante. Solo se pretenden realizar soldaduras de buena calidad sin porosidades y resistentes. El aspecto, por ejemplo, si el cordón está abombado hacia fuera, no es relevante, puesto que es un elemento del coche que no es visible.

- ¿Que tiempos emplea en la actualidad para la producción de la pieza?, ¿tiempos manuales?

En este caso, no fue necesario estimar los tiempos de producción, etcétera, puesto que en el caso de esta empresa, ya tienen y son conocedores de los tiempos de producción de una célula de este tipo, así como su beneficio económico.

- ¿Qué peso tiene la pieza?

Este tipo de piezas no son demasiado pesadas, apenas unas decenas de kilogramos. Los utillajes tampoco serán demasiado pesados.

- ¿Qué medida máxima pueden tener las piezas?

La medida máxima de las piezas a robotizar será de 1,5 metros.

- ¿Desea alguna marca de fuente de potencia en concreto?

En este proyecto por deseo expreso del cliente, se empleará una fuente de potencia de la marca italiana de fuentes de soldadura CEBORA, que en España distribuye WINDWELDING.

- ¿Tiene alguna preferencia en cuanto a marcas del equipamiento de soldadura para el robot?

Además de la fuente de potencia, el cliente desea que el equipamiento del robot (antorcha, anticolidión y paquete energético) sea de la marca ABICOR BINZEL.

5.3. Ofertas de proveedores:

Tras el estudio de las necesidades, el tipo de piezas, materiales, y equipos deseados por parte del cliente, se procede a elaborar una oferta del proyecto en cuestión. Es necesario para este menester, pedir a los distintos proveedores de los equipos y elementos necesarios una oferta para poder elaborar nuestra oferta final al cliente.

Como el cliente desea una fuente de potencia de la marca CEBORA, se le pide una oferta de máquina de soldar. En la oferta que el proveedor envía, se incluye en el precio, la fuente de potencia, mangueras, tubos y devanadora para la célula robotizada.

También se le pide oferta a BINZEL para la antorcha, paquete energético, sistema de limpieza y sistema anticolidión para poder incluirlo en nuestra oferta.

Para los elementos de seguridad se pide oferta a Motoman Europe para el vallado y las puertas de servicio, y a JOKAB SAFETY para los elementos de seguridad como relés de seguridad, barreras fotoeléctricas y micros de seguridad de las puertas de servicio “Adán y Eva” (ver figura 59 en el capítulo 2.9).

Para esta instalación, se requiere una plataforma, en la que irán instalados los robots, eje externo, etc. Esta plataforma de base, se le encargará a una ingeniería externa tras aceptar su oferta.

Todas estas ofertas se piden a los proveedores con el fin de poder elaborar la oferta final al cliente, incluyendo todos los elementos y equipos necesarios para la implementación de la célula robotizada, tanto propios de la empresa de robótica, que en este caso se trata de Motoman Robotics, como de los elementos y equipos de empresas ajenas a Motoman, y poder establecer un precio.

En un proyecto de este tipo, Motoman, no solo actúa como proveedor de robots, y demás equipamiento, sino que al integrar equipos de empresas externas, también realiza un trabajo como ingeniería o integrador, ya que debe hacer la puesta en marcha, programación, etcétera.

5.4. Oferta (Cotización y descripción de los suministros):

Tras recibir las ofertas de los proveedores, se realiza una cotización y el alcance de suministros del proyecto. A continuación se presenta al cliente una oferta compuesta por una oferta técnica, en la que se describen los materiales y equipos que se emplean en la célula.

La siguiente oferta es una oferta real, aunque con los datos del cliente modificados:

CLIENTE X
Nº Oferta: 0607/2/9999
Fecha: 22.01.08
Página: 1 de 11




CLIENTE X
Atn: Sr. Xxxxx Xxxxx
Pol. Ind. Plans D'arau s/n
08787 La Pobla de Claramunt
- Barcelona -

Sant Boi de Llobregat a 22 de Enero de 2.008

ASUNTO: 1 Célula Robotizada ArcWeld, RM2-250STX, EA1400 Twin

Nuestra oferta N° 0607/2/9999

Apreciados Sres.:

Como continuación a la conversación mantenida con Vds., sometemos a su consideración nuestra oferta para el suministro de:

1 Célula Robotizada ArcWeld, RM2-250STX, EA1400 Twin

Esperando que nuestra oferta merezca su grata aprobación quedamos a su entera disposición para cualquier aclaración que fuese necesaria.

Saludos cordiales,

MOTOMAN ROBOTICS IBERICA, S.L.


Fdo. Juanjo Coca
Responsable de proyecto

Inscrita en Reg.Merc.Barcelona. Tomo 30287. Hoja B-170213. Inscricp. 1ª
NIF: B-61463964

CLIENTE X
Nº Oferta: 0607/2/9999
Fecha: 22.01.08
Pagina: 2 de 11



Oferta

1 Célula Robotizada ArcWeld, RM2-250STX, EA1400 Twin

(Nº Oferta: 0607/2/9999)

CLIENTE X
Atn: Sr. Xxxxx Xxxxx
- Barcelona -

Inscrita en Reg.Merc.Barcelona. Tomo 30287.Hoja B-170213. Inscripc.1ª
NIF : B-61463964

CLIENTE X
Nº Oferta: 0607/2/9999
Fecha: 22.01.08
Página: 3 de 11

Oferta Técnica (por cada célula)

1. CÉLULA ROBOTIZADA MOTOMAN

El principio de funcionamiento de la célula esta pensado con una estación de carga y otra de descarga, para que el robot suelde alternativamente en una u/o otra, mientras tanto el operario realiza la carga o descarga de otra pieza simultáneamente.

Los dos robots EA1400 tienen un brazo de alcance 1.390 mm los cuales combinados con el eje servo-controlado y sincronizado de la mesa giratoria nos abarcará un gran número de piezas a soldar. **Los robots irán montados sobre unas peanas de elevación que a su vez van solidarios a toda la instalación mediante una plataforma.**

Todo ello dispuesto en un área vallada de chapa metálica en el perímetro de la célula para protección de los operarios así como de los diferentes elementos de seguridad tal y como nos dictan las normas vigentes en la CE.

La célula robotizada incluye todo lo necesario para cumplir su cometido que es el automatizar la soldadura de las piezas que en adelante citaremos, estos materiales incluyen: equipo completo de soldadura para robot, fuente de potencia. Para realizar la producción no tan sólo es necesaria la aportación de la célula robotizada sino que alrededor debe existir una infraestructura que ayude al proceso productivo y a los operarios que trabajaran en ella.

La totalidad del equipo suministrado por MOTOMAN ROBOTICS será instalado por nuestro personal directo y autorizado. También se ha previsto un curso de formación para los operarios que intervengan en la célula.

Se entregará documentación de todos los equipos suministrados en castellano.



Inscrita en Reg.Merc.Barcelona. Tomo 30287.Hoja B-170213. Inscripc.1ª
NIF : B-61463964

CLIENTE X
 N° Oferta: 0607/2/9999
 Fecha: 22.01.08
 Pagina: 4 de 11

Descripción de suministros

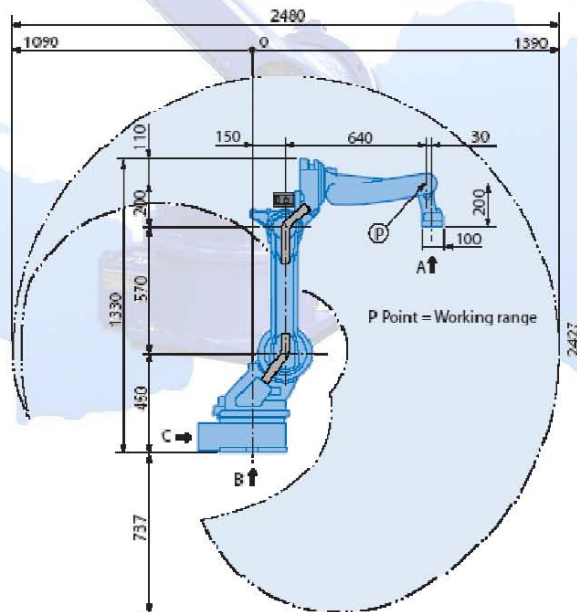
Célula Robotizada MOTOMAN ARCSYSTEM 6000 TWIN para Soldadura arco
 Compuesta por:

1. 2 Uds. Robot MOTOMAN EA1400

Technical Specification for MOTOMAN-EA1400N

Robot type	Vertically articulated robot	Axis	Range of motion	Maximum speed
Controlled axis	6	S	±170°	150%/s
Payload	3 kg	L	+155°, -90°	160%/s
Repeatability	±0.08 mm	U	+190°, -175°	170%/s
Weight	130 kg	R	±150°	340%/s
Power requirements	1.5 KVA	B	+180°, -45°	340%/s
Mounting positions	Floor, wall and ceiling ¹⁾	T	±200°	520%/s

¹⁾ Ceiling mount available as an option



- Servopacks digitales
- Modulo de seguridad según normas CE
- Cumple la norma comunitaria EER-89/392/EEC complementada con la EEA-91/368/EEC

Inscrita en Reg.Merc.Barcelona. Tomo 30287.Hoja B-170213. Inscripc.1ª
 NIF : B-61463964

CLIENTE X
Nº Oferta: 0607/2/9999
Fecha: 22.01.08
Página: 5 de 11

2. 1 Ud. Sistema de Control de Robot NX100 TWIN



- El sistema de control NX100, es una controladora de robot de altas prestaciones basada en PC.
- Está preparado para la sincronización en tiempo real de hasta cuatro robots con ejes externos (max. 36 ejes).
- Dispone de ARM control: El movimiento de robot avanzado da altas prestaciones a la precisión de la trayectoria y control del movimiento.
- Ethernet de serie y opciones de web, FTP y servidor OPC.
- El PLC mejorado integrado tiene una interface de fácil uso y en muchos casos puede sustituir a los PLC's externos.
- Para las diferentes aplicaciones, se puede ajustar el software a medida del cliente para mejorar las prestaciones en cada aplicación.



- Pantalla táctil de fácil uso.
- Está realizada con sistema operativo Windows CE y pantalla LCD en color.
- Posibilidad de moverse a través de teclas o pantalla.
- Lleva el panel de control (servo, play, teach, remote, start, hold,...), incorporado.
- Esta prevista con ranura para tarjeta de memoria Compact Flash.
- El lenguaje de programación es INFORM.

Sistema Twin en el que existe un robot master y un robot esclavo controlados desde la misma CPU y la misma consola de programación

CLIENTE X
 N° Oferta: 0607/2/9999
 Fecha: 22.01.08
 Pagina: 6 de 11

3. 2 Uds. Drag Chain

Cadena porta-cables para guiar el paquete energético de soldadura



4. 2 Uds. Equipamiento de soldadura completo + Estación de Limpieza (BINZEL)

REFERENCIA	DENOMINACION	CANT.
	EQUIPAMIENTO BINZEL ICAT	
	Incluye	
	Antorcha Completa ICAT (Conjunto Cables + Cuello ABIRCB)	1
	Anticolisión ESPECIAL	1
	Plato para anticolisión (indicar modelo de Robot)	1
	Limpiador de fresa	1
	Inject Oil	1

Observaciones: Los materiales ofertados son para trabajar con acero al carbono, acero inoxidable y aluminio y espesores de chapa comprendidos entre 0,8mm y 4mm

5. 2.Uds. Fuente de Potencia de soldadura CEBORA (Pulsada)

DENOMINACIÓN	CANT.
EQUIPO ROBOT SOUND MIG3840T PULSE	
Incluye;	
Fuente de potencia SOUND MIG ROBOT 3840 T	1
Unidad de refrigeración	1
Protección bomba de refrigeración	1
Devanadora de hilo de 4 rodillos	1
Aislante devanadora de baquelita	1
Kit sopiado	1
Interfase de comunicación con robot analógico	1
Panel frontal montado en un mando remoto.	1
CABLE DE CONEXION MAQ. A INTERFACE 5MTS	1
CABLE DE CONEXIÓN PANEL FRONTAL 3MTS	1
CABLE MAQUINA DEVANADORA 5 MTS	1



Inscrita en Reg.Merc.Barcelona. Tomo 30287.Hoja B-170213. Inscripc.1ª
 NIF : B-61463964

CLIENTE X
Nº Oferta: 0607/2/9999
Fecha: 22.01.08
Página: 7 de 11

6. 1 Ud. PC Card

- Tarjeta para realizar copias de seguridad



7. 1 Ud. Posicionador Giratorio RM2-250-STX

Posicionador giratorio de 2 estaciones de trabajo y con un eje servo-controlado.

-Carga máx.: 250 kg por estación.
-Giro máx.: 1170 mm en diámetro
-Distancia entre platos servo-controlados:
1600 mm
-Tiempo cambio de estación 180º: 6 seg.
-Canales de aire: 2xR ¼" en cada estación.
-Panel de operador
-Servo-controlador
-Juego de cables completo e integrado



8. Sistema de seguridad según normativas CE

Compuesto por:

- Cerramiento de todo el perímetro de la célula robotizada con paneles de chapa pintados en color negro, otros colores a consultar.
- Puerta de acceso y servicio asegurada eléctricamente.
- Células fotoeléctricas (emisor – receptor) contra el acceso indebido a las zonas de carga y descarga.
- Maniobra eléctrica de seguridades donde se incluyen los módulos de seguridad de todos los elementos que componen la célula, como barreras fotoeléctricas, micromruptor de puerta abierta, etc.
- Panel de operador con funciones de inicio de ciclo, anulación de ciclo, reset de seguridades, parada de emergencia, etc.

CLIENTE X
Nº Oferta: 0607/2/9999
Fecha: 22.01.08
Página: 6 de 11

9. Ingeniería y Servicios

9.1 Instalación de todos los materiales / elementos suministrados.

- Centrado y fijación del robot, carenado de seguridad, etc.
- Montaje y conexionado de los materiales y elementos de la instalación incluidos en nuestro alcance de suministro.
- Conexionado eléctrico de la potencia del armario de los robots desde la acometida eléctrica.

9.2 Puesta en marcha.

- Test y prueba de los equipos, cableado y conexionado.
- Test y prueba de señales de sensores y detectores.
- Carga del software básico incluido test de funciones
- Puesta en marcha y prueba funcional de la estación robotizada.
- Parametrización de la instalación.

9.3 Curso de formación.

- Realización de un curso de Formación básica de manejo para tres (3) personas de su empresa, por espacio de 24h, en las instalaciones de MOTOMAN ROBOTICS IBERICA

9.4 Documentación de proyecto.

Se entregará la documentación de todas las unidades y elementos de los sistemas suministrados por MOTOMAN ROBOTICS IBERICA, S. L.

La documentación técnica a entregar en formato CD incluye:

- Documentación de robot.
- Instrucciones de seguridad.
- Manual de operación.
- Manual de programación.
- Manual de mantenimiento.

CLIENTE X
Nº Oferta: 0607/2/9999
Fecha: 22.01.08
Página: 9 de 11

Oferta Comercial

1. Precio

Célula Robotizada MOTOMAN ARCSYSTEM 6000 para Soldadura MIG/MAG

ALCANCE DE SUMINISTRO (1 célula completa)

Suministro por cada célula:

- POS. 1 2Uds. ROBOT EA1400
- POS. 2 1Ud. COMPUTADORA NX100 TWIN
- POS. 3 2Uds. Drag Chain
- POS. 4 2Uds. EQUIPAMIENTO SOLDADURA
- POS. 5 2Uds. FUENTE DE POTENCIA
- POS. 6 1Ud. PC Card
- POS. 7 1Ud. Posicionador Giratorio RM2-250-STX
- POS. 8 1Ud. CERRAMIENTO SEGÚN CE
- POS. 9 INGENIERIA Y SERVICIO
- Plataforma mecánica
- Incluye transporte

PRECIO TOTAL.....108.500.-€

En los precios indicados no está incluido el IVA (16%), que será cargado en facturas en el momento de la emisión de las mismas.

CLIENTE X
Nº Oferta: 0607/2/9999
Fecha: 22.01.08
Pàgina: 10 de 11

2. Condiciones de Pago

1ª semana de Mayo'08

30% a 90 días, a la recepción de vuestra Factura

70% a 90 días, a la entrega de la instalación

3. Aceptación de Instalación

Una vez finalizada la instalación, se procederá a la realización de las Pruebas de Aceptación para demostrar el correcto funcionamiento de las mismas.

Las pruebas de aceptación serán las que se definen a continuación:

- Pruebas de funcionamiento general
- Pruebas de soldadura.

Las pruebas de soldadura (CON o SIN piezas suministradas por el cliente) se realizarán en Motoman Robotics, garantizando el correcto funcionamiento de la célula.

El envío de las piezas para las pruebas de soldadura las realizará el cliente haciéndose cargo de los portes.

El curso de formación se realizará en Motoman Robotics, por lo que si el cliente desea realizarlo con sus utillajes y sus piezas, deberá enviar previamente los mismos. En caso contrario Motoman realizará el curso con los materiales que dispone en ese momento para su aceptación.

4. Plazo de Entrega

El plazo de entrega es de 8 a 12 semanas a partir de la recepción y confirmación de su pedido además del 30% correspondiente.

5. Validez de Oferta

La oferta es válida **hasta el 29 de Febrero de 2008**. Transcurrido este periodo quedará sujeta a su confirmación.

6. Embalaje y Transportes

Los precios cotizados incluyen el embalaje y el transporte hasta su factoría.

CLIENTE X
Nº Oferta: 0607/2/9999
Fecha: 22.01.08
Página: 11 de 11

7. Garantía

La garantía es de **15 meses** a contar desde la entrega de los materiales al cliente, siempre y cuando estos hayan sido utilizados en condiciones de uso normales, según sus características y especificaciones de trabajo e incluye todos los materiales defectuosos.

En concepto de garantía se incluyen los materiales sin cargo alguno para el cliente. Quedan excluidos de la garantía la mano de obra y los transportes así como los elementos de desgaste y productos consumibles.

En ningún caso una reparación durante el período de garantía dará lugar a una prórroga de la misma.

8. Exclusiones

- útiles de soldadura de posicionado y fijación de las piezas
- Obra Civil.
- Acometidas eléctricas
- Acometidas de gas
- Acometidas de aire libre de humedad
- Todos los materiales y servicios no incluidos en nuestra oferta.

9. Reserva de la Propiedad.

MOTOMAN ROBOTICS se reserva la propiedad de la instalación hasta el cobro de la totalidad de su precio de venta. Por lo tanto, hasta el cumplimiento de dicho precepto, el Cliente no podrá disponer de la instalación para transformarla, o venderla a terceros sin el acuerdo explícito de MOTOMAN ROBOTICS.

Después de emitir la oferta, hasta que el cliente no decida si quiere o no realizar la inversión en el proyecto, éste queda detenido hasta que el cliente envíe un pedido en referencia a la oferta del proyecto, momento en el que se cierra la operación comercial, y se pone en marcha el proyecto.

Al recibir el pedido por parte del cliente, Motoman realiza el pedido de los materiales necesarios a los proveedores, y los elementos propios de Motoman Robotics, son pedidos a la central europea de Motoman, dividida entre Suecia y Alemania.

5.5. Previos a la puesta en marcha:

En cuanto se conoce las distintas fechas de entrega de los materiales necesarios para la realización del proyecto, se comienza con la planificación para la ejecución de éste. Por un lado, se realiza una previsión de fechas de ejecución de las distintas tareas, y se le informa al cliente.

También es necesario presentar un documento al cliente, con el objetivo de informarle de las necesidades de acometida de aire, gas y aire, espacio libre para la instalación, tener el suelo en condiciones óptimas donde se pretende instalar la célula robotizada o realizar la obra civil si es necesario, además de informarle de la fecha prevista para la programación para que tengan los utillajes listos para la fecha.

CLIENTE:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Cliente X</td> <td style="width: 50%;">PERS. DE CONTACTO: Sr. Xxxx Xxxxx</td> </tr> <tr> <td>TEL: 93 XXX XX XX FAX: 93 XXX XX XX</td> <td>E-MAIL: xxxxxxx@clienteX.com</td> </tr> </table>	Cliente X	PERS. DE CONTACTO: Sr. Xxxx Xxxxx	TEL: 93 XXX XX XX FAX: 93 XXX XX XX	E-MAIL: xxxxxxx@clienteX.com
Cliente X	PERS. DE CONTACTO: Sr. Xxxx Xxxxx				
TEL: 93 XXX XX XX FAX: 93 XXX XX XX	E-MAIL: xxxxxxx@clienteX.com				
PROYECTO:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">P07022</td> <td style="width: 50%;">NUMERO DE MOTOMAN: 601956-1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>NUMERO DE SUECIA: 806563</td> </tr> </table>	P07022	NUMERO DE MOTOMAN: 601956-1		NUMERO DE SUECIA: 806563
P07022	NUMERO DE MOTOMAN: 601956-1				
	NUMERO DE SUECIA: 806563				
INSTALACION:	AS8000 (2 Robot EA1400 + RM2-250STX L=1600 + Máquina CEBORA -SM3840T)				
APLICACION:	Soldadura				
PLAZO DE ENTREGA:					

Especificaciones Técnicas para la estación robotizada de soldadura:

ROBOT: EA1400	COMPUTADORA: NX-100
EQUIPO DE SOLDADURA: CEBORA	EQUIPO LIMPIEZA: BINZEL
METROS DE PAQ. ENERGETICO: 5m	METROS DE CABLE MASA: 10m
MAQUINA DE SOLDAR: SM3840	
HILO DE SOLD.: Diam 1-1.2mm	
MATERIAL A SOLDAR: Acero al carbono	

Fig.101. Primera parte de la hoja de implantación que se le da al cliente.



ACTUACIONES PREVIAS A LA INSTALACIÓN

- Preparar eléctricamente líneas de tensión independientes 380 V + Tierra con Fusibles LENTOS de 40 A. Una para el robot y una independiente para las máquinas de soldar (Se recomienda que la tierra de esta línea debe de ser independiente y no deberá exceder de 100 Ohms.)
El consumo de la computadora es de 7,5 Kva.
- Preparar neumáticamente una línea de 6 bar como mínimo.
- Tener el espacio necesario según el layout que Motoman le ha enviado y que ustedes han aceptado previamente, para poder montar la célula.
(Después de que el cliente haya aprobado el layout con su sello o firma, no se podrán hacer modificaciones de éste. Toda modificación podrá llevar a un retraso en el plazo de entrega y montaje, así como los correspondientes costes adicionales).
- Enviar el layout firmado y sellado por el responsable del proyecto
REVISAR SI LAS MEDIDAS SON OK
SI HAY ALGUNA PARED O OBSTÁCULO DE MONTAJE, POR FAVOR, INDÍQUENLO.
- A ser posible, enviar planos o fotos de las piezas que se van a soldar.
- Tener preparados los útiles de soldadura para cuando vaya el programador.
- Tener preparado hilo y gas adecuado para soldar.
- Tener el suelo adecuado (cumpliendo unos mínimos de dureza), o tener realizada obra civil si esta fuera necesaria.

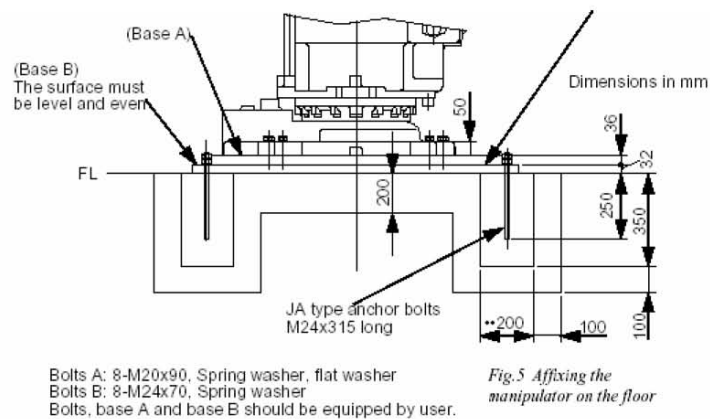


Fig.102. Segunda parte de la hoja de implantación que se le da al cliente, donde aparecen los requerimientos que se le solicitan al cliente para realizar la puesta en marcha de la célula robotizada de soldadura por arco.

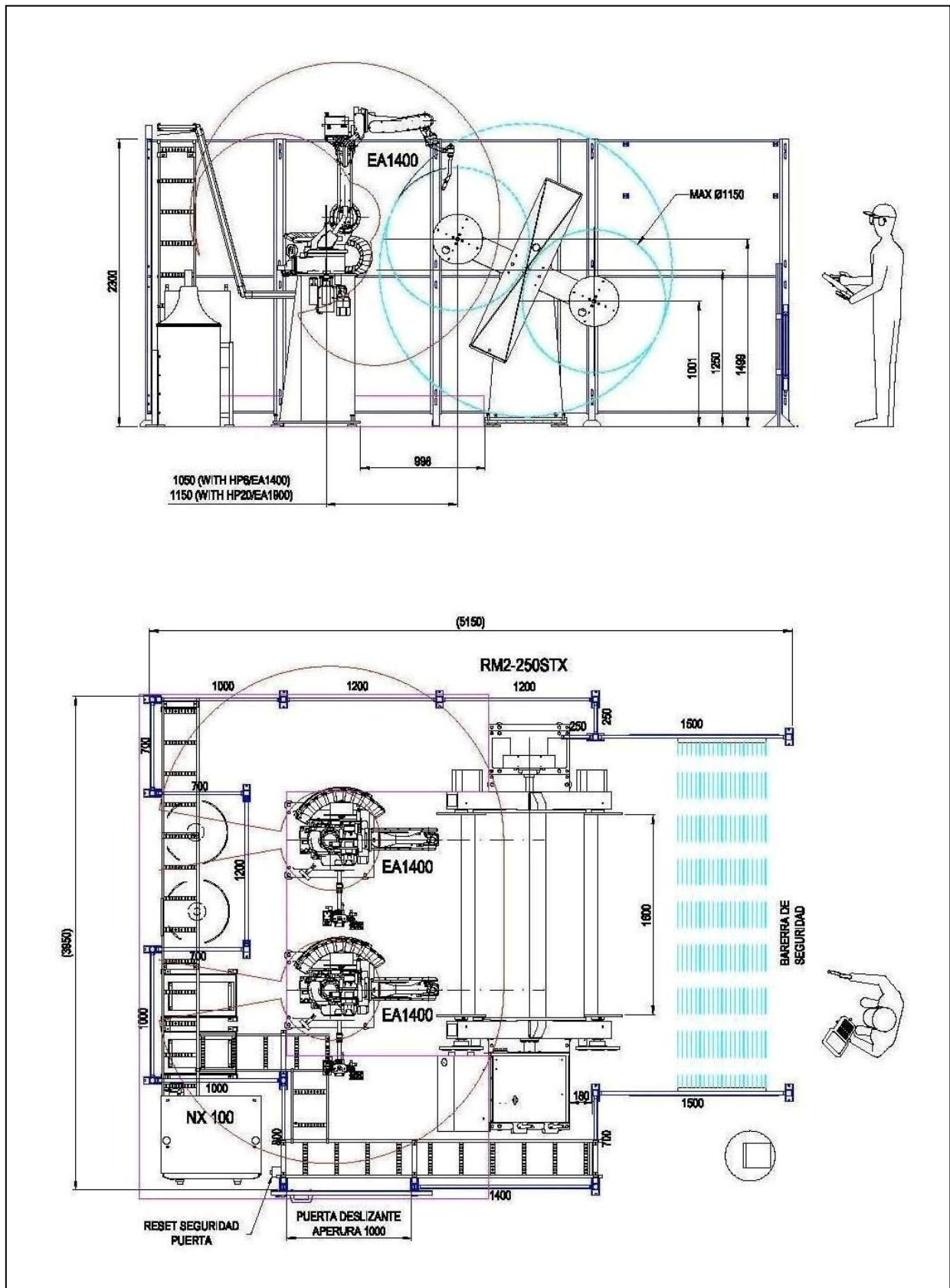


Fig.104. Detalle del plano de implantación de la célula robotizada para soldadura por arco, donde se aprecian las medidas necesarias de espacio para su implantación en las instalaciones del cliente.

Después de la aceptación del plano de implantación por parte del cliente, se le informa de que las fechas previstas para este proyecto son:

- Recepción del material en MOTOMAN ROBOTICS (Semana 16).
- Montaje y realización de pruebas de funcionamiento de los materiales en MOTOMAN ROBOTICS. (Semana 17 y 18).
- Desmontaje y envío previsto de los materiales a sus instalaciones. (Semana 19, siendo necesaria confirmación de donde se ha de enviar esta célula).
- Antes de realizar el montaje en sus instalaciones, el cliente debe tener la zona para la ubicación del robot de libre acceso y los servicios instalados (agua, gas, corriente y aire). Para ello se deberá enviar mediante FAX, la confirmación de lo anteriormente citado.

Una vez recibida la confirmación se procederá a:

- Montaje de los materiales suministrados por MOTOMAN en sus instalaciones. (Semana 20)
- Finalización del proyecto, incluyendo la programación de una pieza y curso de formación (Semana 21 y 22).
- **ACEPTACIÓN TOTAL** de la instalación. (Viernes de la semana 22)

Previamente a la ejecución del proyecto en casa del cliente, cuando se recepcionan los materiales que integran el proyecto en Motoman Robotics, son testeados con el fin de evitar problemas, ya que si alguno de los equipos o elementos del proyecto no funcionara correctamente, podría retrasar el proyecto, además de que podría perjudicar a la imagen de la empresa de cara al cliente.

5.6. Puesta en marcha (Montaje y programación):

5.6.1. Montaje de la célula:

El último paso del proyecto es la ejecución del mismo. Esta ejecución es la puesta en marcha de la célula, la cual incluye la correcta disposición de todos los elementos según el layout de implantación al que se debe ceñir el técnico al que se le asigna el proyecto (El montaje tiene una duración de una semana).

Al técnico, se le hace entrega de la documentación necesaria para la realización del montaje, como el plano de implantación, planos eléctricos para la conexión de todos los equipos, y los manuales de los robots, ejes de base, ejes externos, seguridades, fuente de potencia y equipamiento de soldadura.

Tras haber dispuesto todos los elementos en el lugar adecuado, haber fijado todos los equipos y elementos convenientemente (peanas fijadas al suelo, robots collados a las peanas, ejes externos fijados al suelo, vallado correctamente montado, elementos como barreras fotoeléctricas, botoneras, etc.), la ingeniería encargada de los utillajes, debe colocarlos entre los platos del posicionador y realizar las conexiones de entradas y salidas de los utillajes convenientemente.

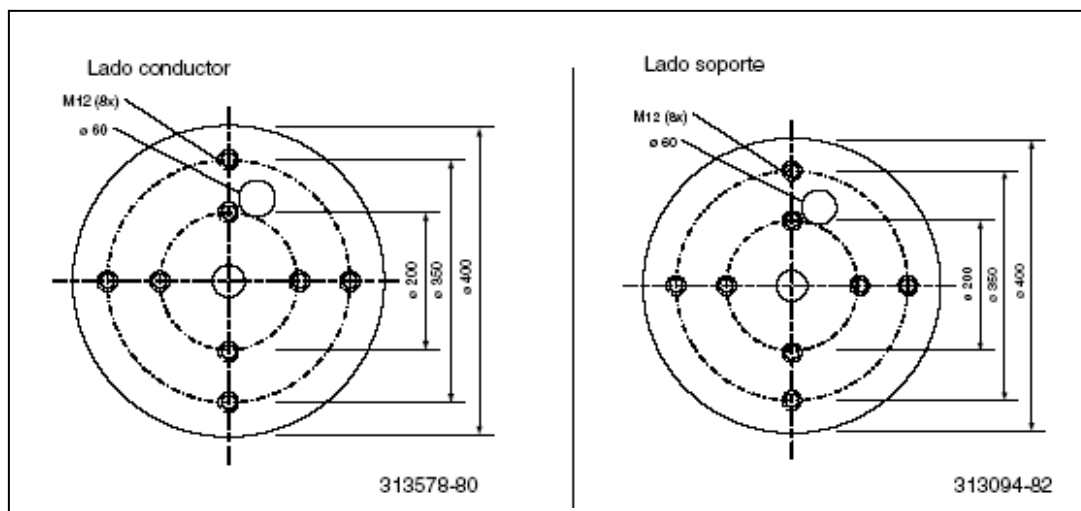


Fig.105. Ejemplo de la distribución de los agujeros con sus métricas correspondientes de los platos del posicionador (plato motriz y contraplato) para la sujeción de los utillajes.

Los manuales de los robots y de los posicionadores, explican expresamente como debe de manipularse el equipo durante la instalación, indicando los puntos de sujeción y anclajes para poder elevar los equipos para moverlos, también el modo de fijación, etc.

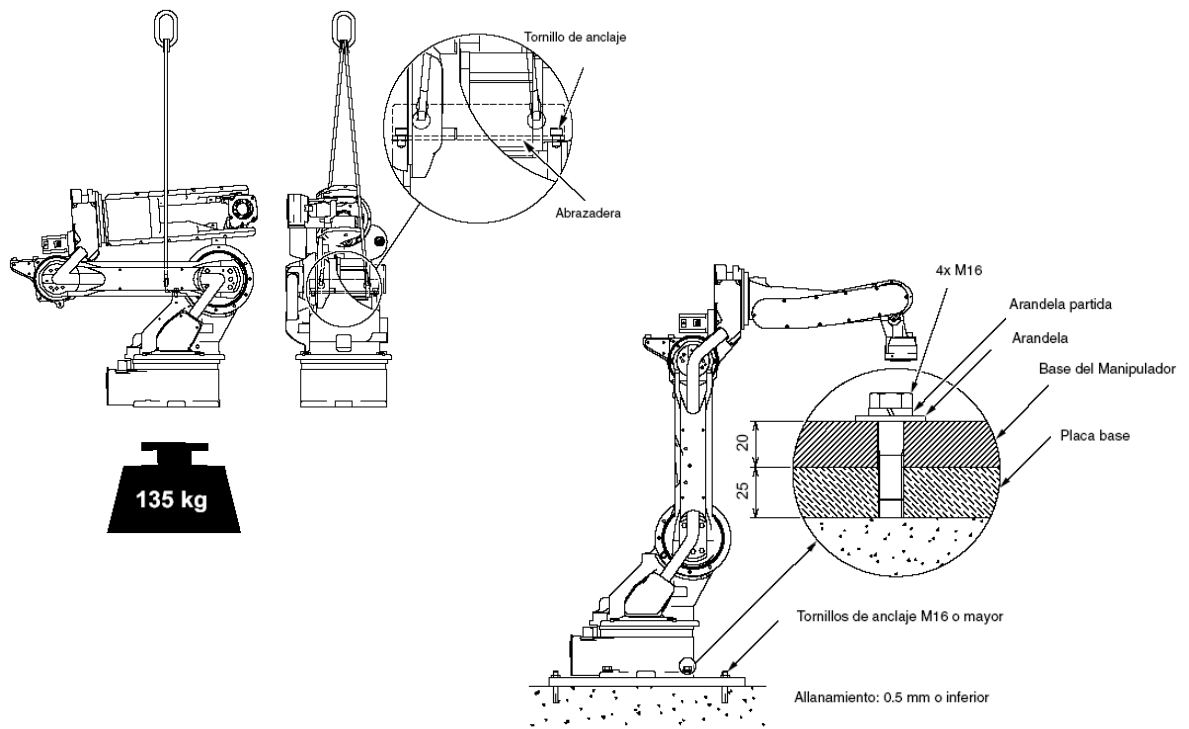


Fig.106. Ejemplo de modo de transporte y detalle del modo de fijación del robot en una placa base. En este proyecto, el robot va fijado en la peana, que es la que ejerce de placa base.

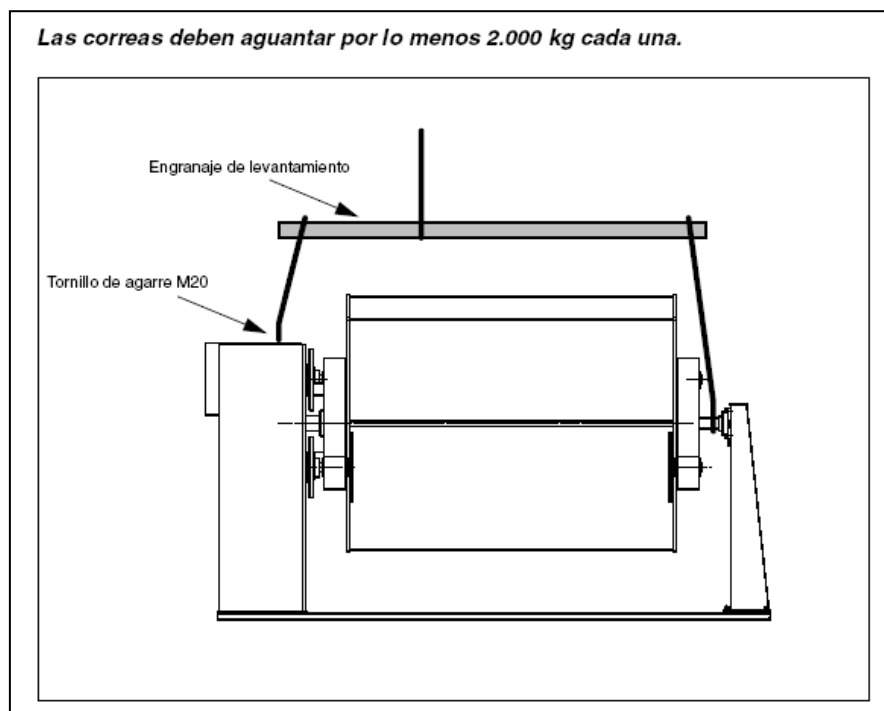


Fig.107. Ejemplo de modo de transporte y elevación del posicionador.

Los elementos como peanas, posicionadores y vallados, van fijados directamente al suelo mediante tacos, según la especificación del fabricante para este menester.

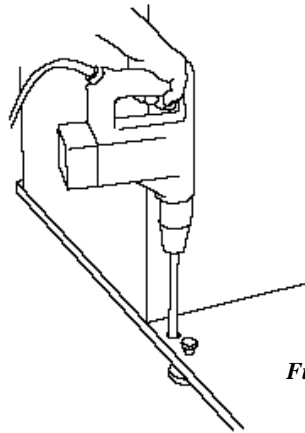


Fig.108. Fijación con taladro directamente al suelo.

Hay elementos que van al suelo sin fijación alguna, como el caso de la fuente de potencia, armario de la computadora de los robots, etc.

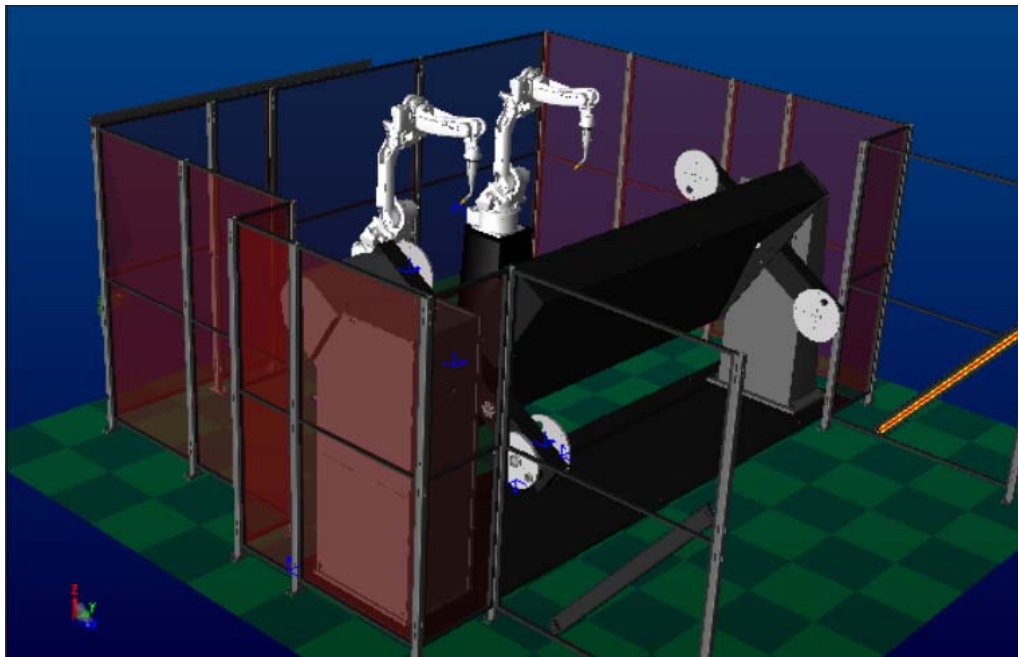


Fig.109. Simulación de la disposición de los elementos de la célula robotizada de soldadura. Vallado, posicionador, robots y sus respectivas peanas.

Una vez posicionados los equipos, habiendo fijado todo lo necesario convenientemente, se realizan las conexiones eléctricas necesarias siguiendo los planos eléctricos suministrados al técnico. Los planos eléctricos son con alguna excepción de fácil instalación, puesto que se trata de conexiones rápidas con conectores de tipo HARTING, o similares. Las conexiones con la máquina de soldar, también están estandarizados por parte de los fabricantes de robots y de las máquinas de soldar.

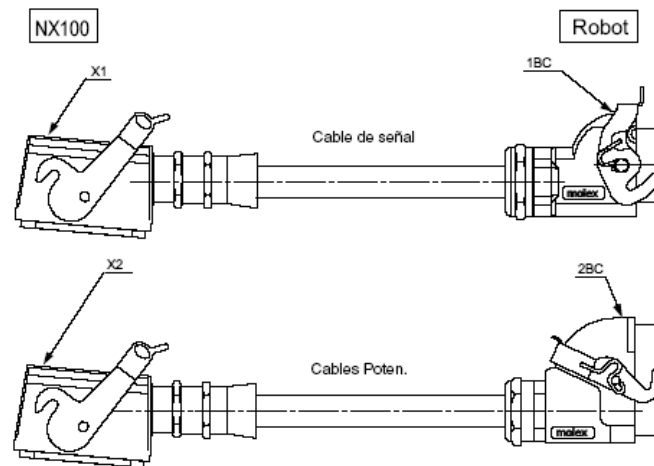


Fig.110. Conexión rápida entre computadora y robot.

Los elementos que necesitan de una pequeña instalación son los elementos de seguridad, compuestos por barreras fotoeléctricas, rearmes, etc. (ver figura 59 del capítulo 2.9).

5.6.2. Pasos previos a la programación de la célula robotizada:

En el momento en el que se ha realizado la instalación de todos los elementos, se realiza la programación de la célula de la pieza o piezas que se haya acordado con el cliente. La programación suele tener una duración media de una semana en las instalaciones del cliente, donde se realizan pruebas reales de soldadura en piezas para pruebas.

Para este proyecto, la programación se realiza en dos partes.

Todas las trayectorias, acciones, órdenes para los utillajes, ordenes de comienzo y paro de soldadura, volteo del posicionador y demás, se realiza desde la consola de programación. Por otro lado, en la fuente de potencia, se graban distintos programas de soldadura (este modelo SM3840T de CEBORA permite grabar 100 programas de soldadura distintos) comúnmente conocidos como “jobs”. En estos jobs, se programan distintos tipos de soldadura, variando sobretodo la tensión y la corriente de soldadura entre otros parámetros de soldadura como altura del arco, tiempos de inicio de soldadura (tiempo de cebado) y tiempos de fin de soldadura (relleno de cráter), etcétera.



Fig.111. Panel de control y programación de jobs de soldadura de la fuente de potencia utilizada en este proyecto.

5.6.2.1. Programación de la fuente de potencia:

Este modelo de fuente de potencia es sinérgico, cosa que implica que la máquina varía los parámetros debido a un cálculo de feedback que realiza durante el proceso de soldeo. También es reseñable, que si el programador varía un parámetro, la máquina de soldar varía los otros parámetros si fuera necesario.

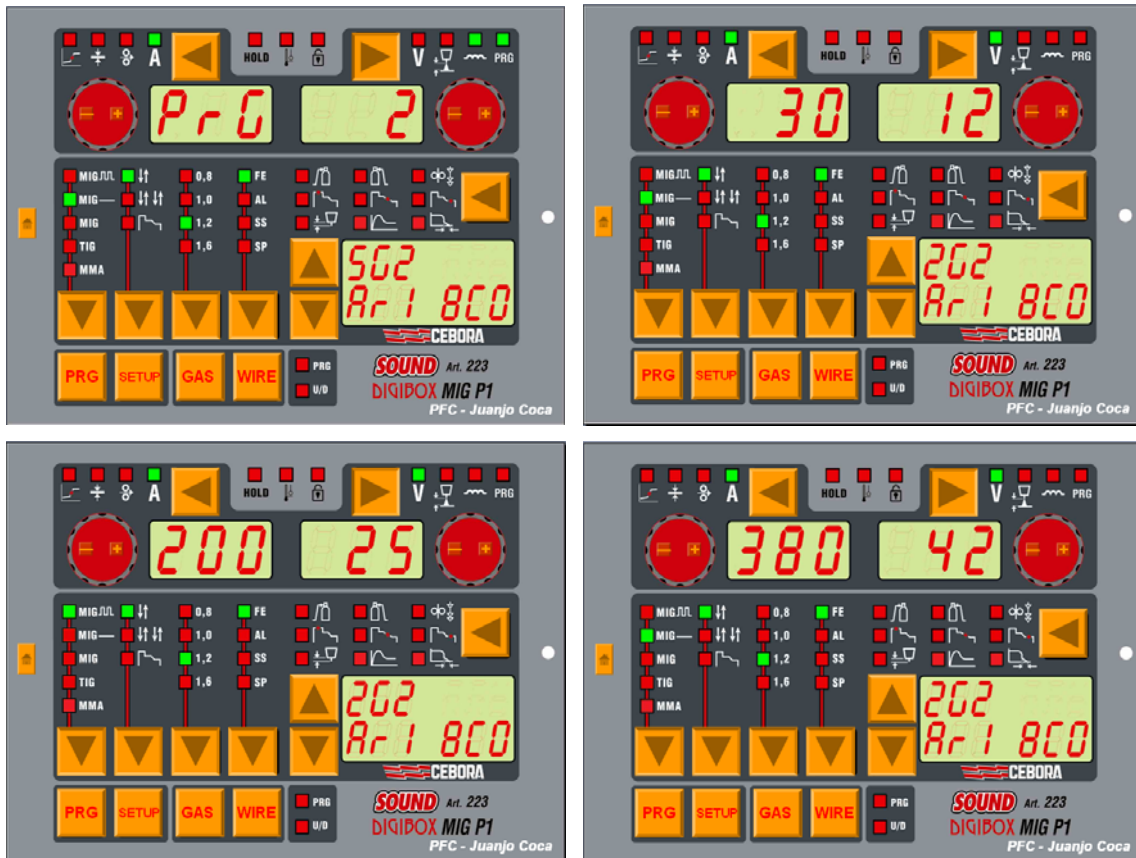


Fig.112. Imágenes de distintos parametrizajes de un job con la fuente de potencia SM3840T de Cebora. Ajustes de tensión y corriente del job 1.

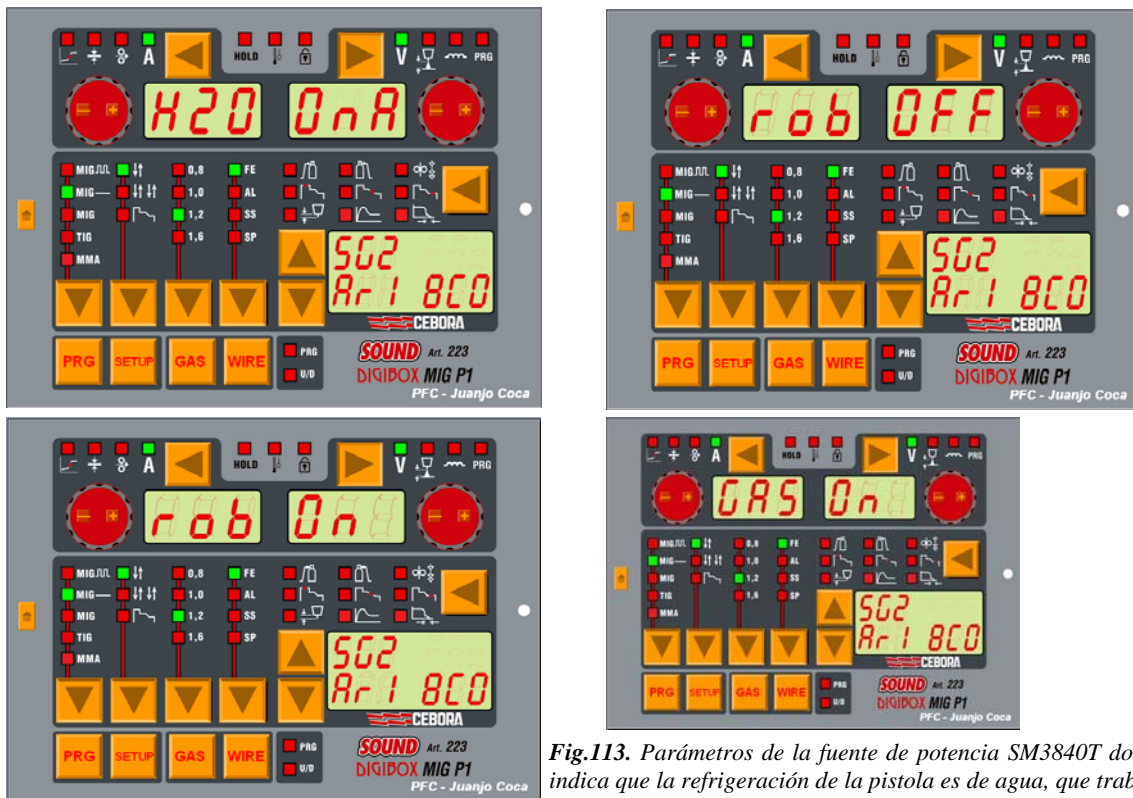


Fig.113. Parámetros de la fuente de potencia SM3840T donde se indica que la refrigeración de la pistola es de agua, que trabaja en modo robot y con gas de protección mezcla de Argón y CO2.

La programación de la fuente de soldadura, es muy sencilla. Es mucho más importante saber o conocer de antemano que material se desea soldar, para que el hilo de aportación y el gas de protección sean los adecuados.

En cuanto a la programación con el sistema de jobs de la fuente de potencia, solamente hay que guardar los datos de soldadura que se deseen. Se puede escoger distintas características, como el tipo de soldadura (MIG, MAG, TIG, etc.). También es seleccionable el tipo de transmisión del material (arco corto, arco pulsado, doble pulsado, etc.), además de los tipos de materiales que se desean soldar, el grueso de chapa, el empleo de gas de protección, la refrigeración de la antorcha (refrigeración por aire o agua). La selección de estos datos, además de la corriente de soldadura, tensión de soldadura, avance de hilo, altura de arco, etc., se realiza en la consola de la máquina de soldar, que indica mediante dos displays y leds indicadores (ver figura 112).

Con este sistema de jobs, la programación de la soldadura se simplifica en gran medida. El mero hecho de programar los datos de la soldadura en la misma máquina de soldadura, aunque parece obvio, hasta la llegada de este tipo de fuentes de potencia sinérgicas, y con bus de campo, no se realizaba. Este sistema de programación mediante jobs, es la forma de soldar por arco con robots más actual.

5.6.2.2. Introducción de la programación de robots y posicionador:

En cuanto a la programación de los equipos Motoman, se programan con el lenguaje de programación propio de Motoman llamado INFORM. Este lenguaje es de bajo nivel, algo así como un “ensamblador” propio de la marca.

El programa se realiza “In Situ” con la consola de programación.

En este proyecto, al tratarse de un sistema Twin compuesto por 2 robots y un posicionador, el programa tiene algunas características especiales, ya que todos los movimientos del robot 1, del robot 2, y los 3 distintos giros de ejes que se consiguen con el motor embragable del posicionador, se realizan con la misma computadora, y por consiguiente con la misma consola de programación. Este tipo de programación, ha sido una de las grandes ventajas en programación de Motoman Robotics. En la robótica, ninguna otra marca disponía de este tipo de programación hasta que ABB presentara un sistema de programación parecido hace dos años en una importante feria de robótica en Essen (Alemania), donde se dan cita todas las grandes marcas de robótica en Europa.

Este tipo de programación, se conoce como programación sincronizada, ya sea entre robots, o entre robots y ejes externos. Con este sistema, se ahorra en precio, ya que solo se emplea una computadora para todos los manipuladores y posicionadores, además de conseguir movimientos sincronizados directamente entre los elementos de la célula robotizada. Este sistema de programación es especialmente útil en esta aplicación que se explica en este proyecto ya que con la sincronización se consigue que dos robots y el posicionador trabajen a la vez con una misma pieza.

El primer paso para realizar la programación, es sincronizar cada uno de los robots con el giro de los platos del lado motriz, donde se realiza la soldadura. Es necesario realizar el calibrado de sincronización con cada uno de los robots. Esto se realiza con una simple función, con la que colocando un puntero (una punta de calibración imantada) al disco o a alguna parte que se prevea accesible del utillaje, se graban 3 posiciones con el hilo de soldadura tocando a este puntero en 3 puntos distintos de giro del posicionador girados unos 120° entre si, más o menos, ya que no es relevante para el calculo.

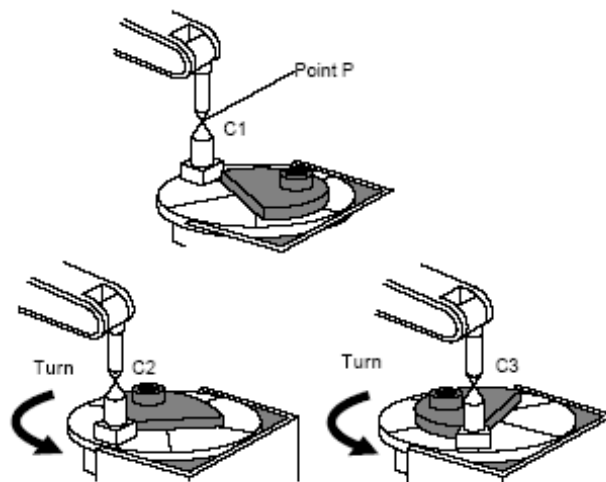


Fig.114. Método de calibración de cada uno de los robots con el giro del posicionador.

La siguiente operación necesaria previa a la realización del programa, es la calibración del punto de trabajo del robot, conocido como TCP (Tool Center Point), que se ha de calibrar convenientemente antes de comenzar a programar.

La calibración del TCP también se realiza con un puntero de referencia, donde el robot calcula a partir de cinco puntos que se le indican, con cinco posiciones distintas en las que se coloca el extremo del hilo de la antorcha con el puntero, el robot calcula el punto de trabajo de la herramienta, que en el caso de este proyecto es el hilo que sobresale de la boquilla de la antorcha de soldadura. De fábrica, los robots vienen

calibrados en el centro de la corona del eje T (eje 6), la calibración del TCP es un cálculo de la desviación que existe entre ese punto, y el punto real de trabajo de la antorcha de soldadura.

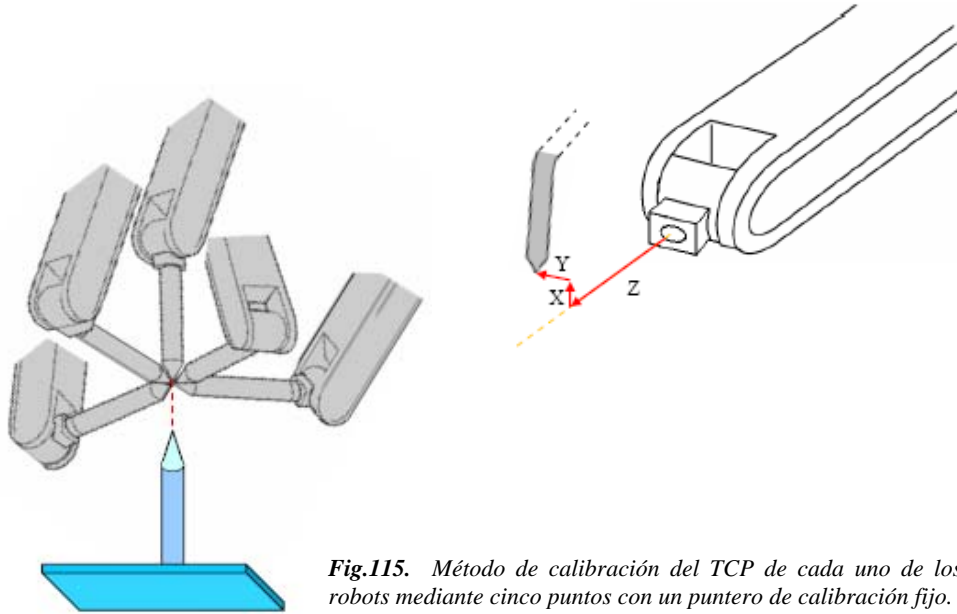


Fig.115. Método de calibración del TCP de cada uno de los robots mediante cinco puntos con un puntero de calibración fijo.

La calibración del TCP es muy importante, ya que en el momento de programación, según que tipo de coordenadas de movimiento sean escogidas, se pueden realizar orientaciones de la antorcha, mediante movimientos de rotación, manteniendo el punto de trabajo de la antorcha, es decir, el TCP, en el mismo punto físico en el espacio. El beneficio que se obtiene de esto, es la gran capacidad de reposicionar la antorcha, es decir, la postura de la antorcha, sin perder la posición del punto de trabajo.

Para programar la célula, se debe tener en cuenta que posibilidades de movimiento tenemos al mover los distintos elementos en manual, y como se comportará el robot en automático.

Existen con el sistema de Motoman tres modos de trabajo seleccionables desde la consola de programación, de los cuales, para este proyecto se han utilizado dos:

- Modo TEACH:

Generalmente conocido como “modo manual”, utilizado para programar la célula, ajustar parámetros, realizar modificaciones, etc.

- Modo PLAY:

Conocido como “modo automático”. Este modo se utiliza para lanzar el programa en automático una vez la célula ya está programada, este modo es el que utilizan los operarios para producir. La activación de los servos, y el lanzamiento del programa (START), se realiza desde la consola de programación.

- Modo REMOTE:

El modo remoto, es lo mismo que el modo PLAY, aunque con una diferencia, que es el pilotaje de la célula. Las acciones de lanzar un programa, para un programa, detener una ejecución, activación de servos, etc., se realizan desde un control exterior (generalmente un PLC de control). Este modo no se ha utilizado en este proyecto.

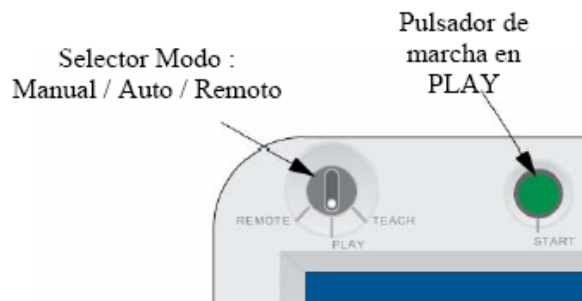


Fig.116. Selector de modos situado en la consola de programación y pulsador de marcha en modo Play (START).

5.6.2.2.1. Movimientos en modo TEACH (manual):

Para la programación, tanto de robots como del posicionador, es necesario mover el robot y los platos del posicionador a las posiciones deseadas para grabar esas posiciones con el fin de ejecutar movimientos entre los puntos programados en automático.

Existen distintas maneras de mover el robot y el posicionador (el posicionador solo se puede mover con coordenadas articulares, que se

comentan a continuación), se trata de las distintas coordenadas que se pueden utilizar para lograr una posición del robot en el espacio:

- Coordenadas articulares:

Las coordenadas articulares, son un tipo de coordenadas que en TEACH (manual), permiten mover el robot eje por eje, para lograr una posición deseada, tanto de los robots como del posicionador, al realizar el movimiento de los platos del lado donde se realiza la soldadura.

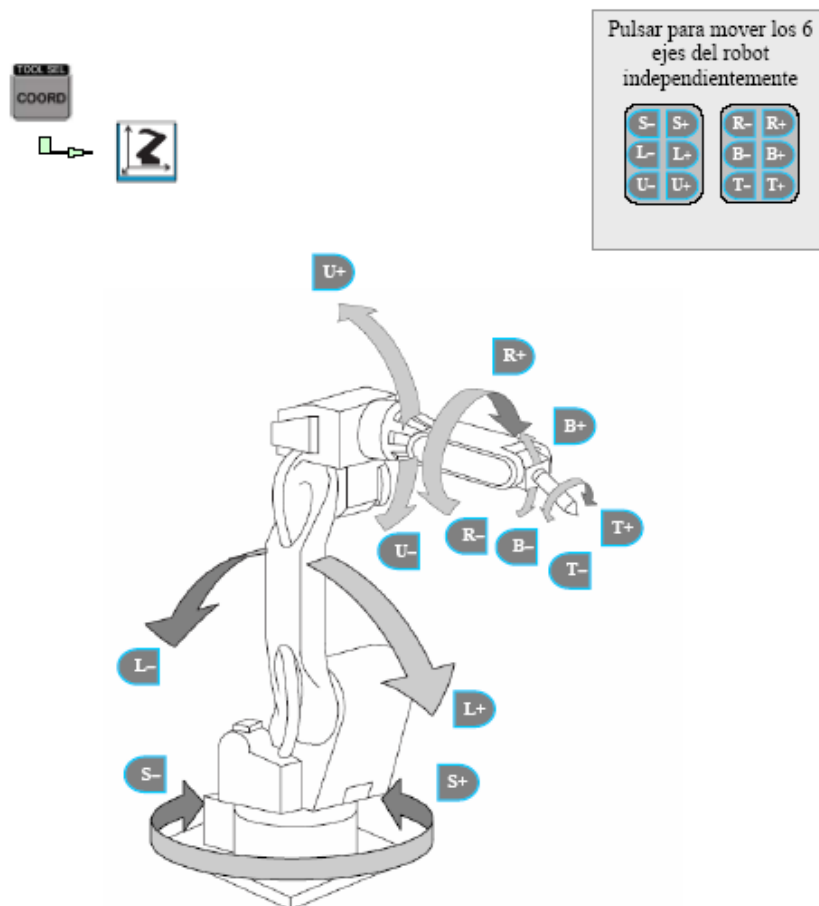


Fig.117. Movimientos del robot mediante las teclas de movimiento de la consola de programación. Movimientos eje a eje.

- Coordenadas cartesianas:

Las coordenadas cartesianas, se emplean para realizar movimientos en los planos X, Y y Z. El origen del sistema de coordenadas cartesianas, parte del centro de la base del robot, y los ejes siguen la “regla de la mano derecha”, donde X es el dedo índice, Y el dedo corazón y Z el pulgar, todos ellos en

sentido positivo, siendo la “muñeca de la mano derecha” donde se sitúan los conectores de alimentación del robot.

Además de los movimientos en X, Y y Z, que son movimientos de translación, también se pueden realizar rotaciones entorno a estos ejes, con lo que se consiguen realizar orientaciones. Para que las rotaciones se realicen desde la punta de la antorcha, es necesario calibrar adecuadamente el TCP previamente al inicio de la programación.

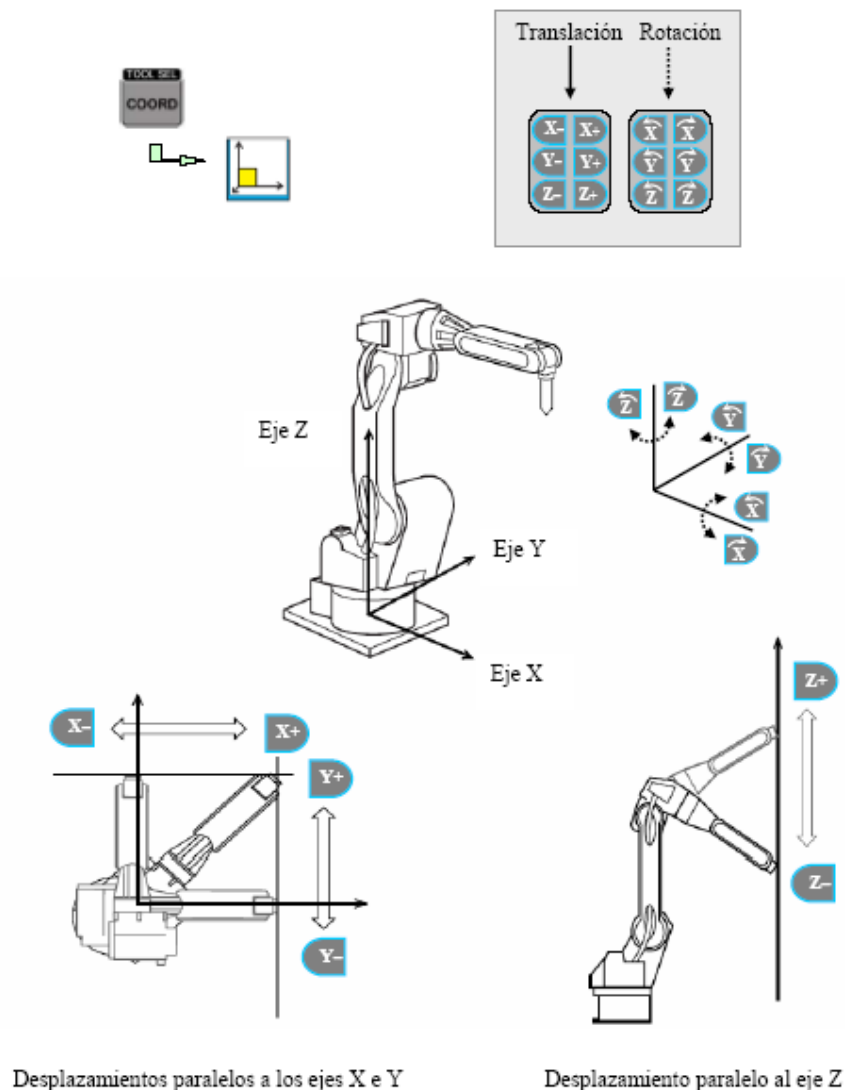


Fig.118. Movimientos del robot mediante las teclas de movimiento de la consola de programación. Movimientos mediante coordenadas cartesianas.

Cuando se realizan movimientos de translación manuales en coordenadas cartesianas, es decir movimientos en las direcciones de X, Y y Z de las coordenadas cartesianas, la

herramienta permanece con la misma posición en relación con la pieza, es decir, se mantiene la orientación y la postura de la antorcha.

- Coordenadas de herramienta:

Las coordenadas de herramienta, son otro modo manual de mover el robot. La diferencia entre las coordenadas cartesianas y las de herramienta radica en que mientras las coordenadas cartesianas son un sistema de coordenadas estático, las coordenadas de herramienta son un sistema de coordenadas dinámico, que depende en todo momento de la posición y postura del robot.

Este sistema de coordenadas XYZ, tiene su origen en el TCP (punto de trabajo del robot), y al ser un sistema dinámico dependiente de la postura del robot, va variando la posición de los ejes XYZ.

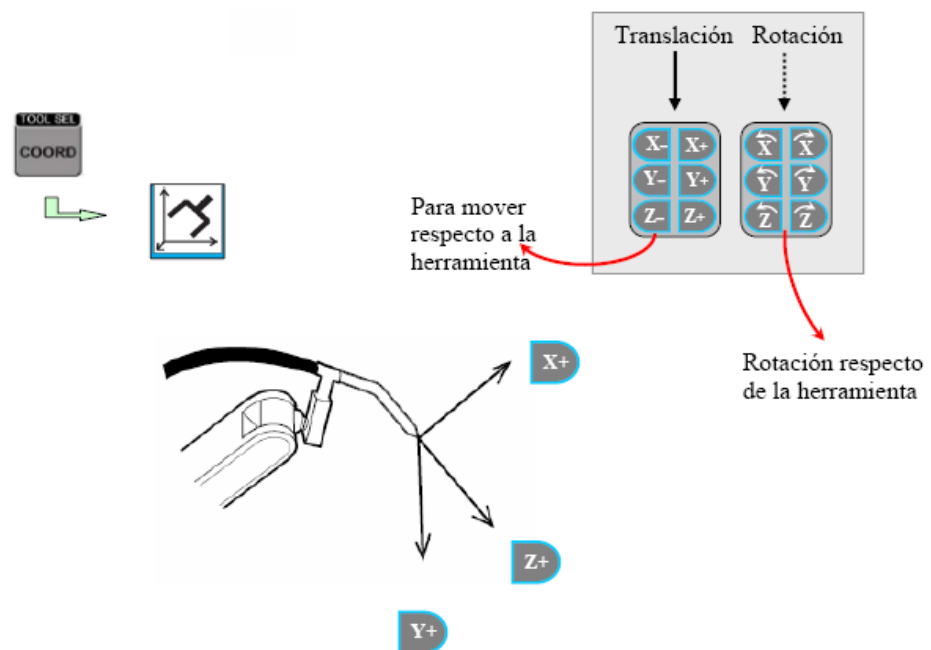


Fig.119. Movimientos del robot mediante las teclas de movimiento de la consola de programación. Movimientos mediante coordenadas de herramienta.

- Coordenadas de usuario:

Los movimientos con respecto a unas coordenadas de usuario, aunque en este proyecto no se han utilizado, son de uso común en la robótica en general, y en la aplicación de soldadura por arco en particular cuando se utiliza un robot para soldar en

mesas fijas, o varias mesas o estaciones fijas situadas alrededor del robot.

Se trata de una posibilidad que ofrecen los robots, de generar planos de coordenadas situados en los planos que desee el programador.

Cuando un plano de trabajo no coincide con el plano de coordenadas, se pueden crear distintos sistemas de coordenadas. En el caso del control NX100 de Motoman Robotics, permite la creación de 24 sistemas de coordenadas de usuario distintas y seleccionables.

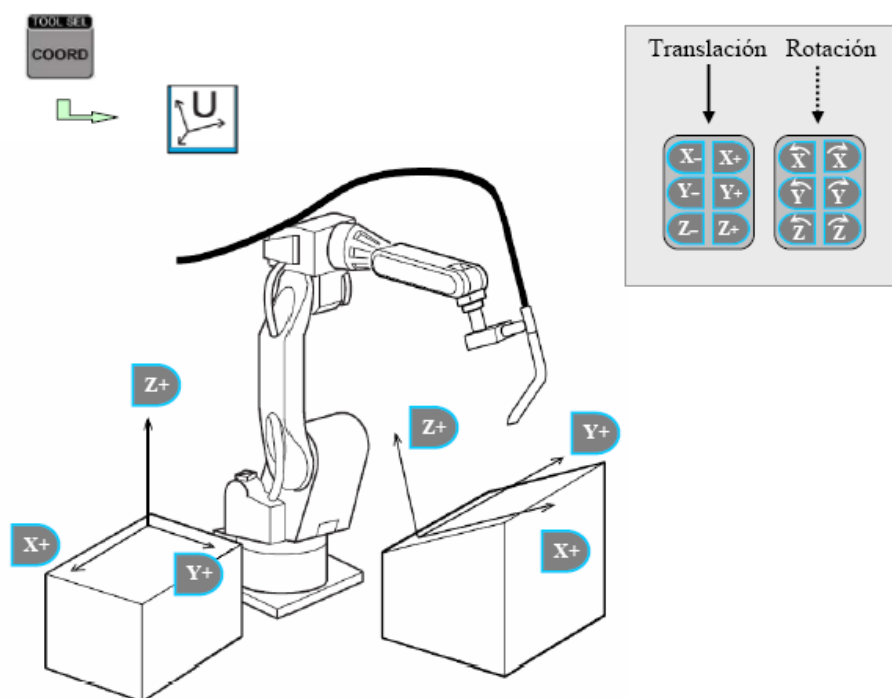


Fig.120. Movimientos del robot mediante las teclas de movimiento de la consola de programación. Movimientos mediante coordenadas de usuario en dos planos distintos.

5.6.2.2.2. Movimientos en modo **PLAY** (automático):

En el momento de insertar las posiciones, o puntos de programación en un programa de robot, hay que tener en cuenta que tipo de interpolación se desea que realice el robot, es decir, de que manera debe ir el robot de un punto programado a otro.

Existen en robótica tres tipos fundamentales de interpolación, comunes para todos los fabricantes de robótica en su idea general, aunque con alguna diferencia en la sintaxis, etc., por diferencias en los propios lenguajes de programación de cada fabricante. En el caso de

Motoman, existe un cuarto tipo de movimiento que se mencionara seguidamente, se trata del movimiento sincronizado.

Un programa de robot, es una secuencia de comandos formados por posiciones y movimientos del robot, y distintos comandos de gestión y control.

Los tipos de movimiento en automático o interpolaciones son:

- Movimiento “JOINT” o articulado:

El movimiento JOINT, es un movimiento con el que el robot realiza un desplazamiento de un punto a otro por su camino más cómodo.

La forma más cómoda de realizar un movimiento para el robot, es que partiendo de la posición de origen, el robot va a buscar la posición de destino con un cálculo simple, que consiste en llevar cada uno de sus ejes a la nueva lectura de encoder realizando el cálculo eje por eje, ya que cada eje se calcula de forma independiente, la trayectoria resultante no tiene porqué ser lineal. De hecho, normalmente la trayectoria de un movimiento JOINT, resulta ser algo arqueada.

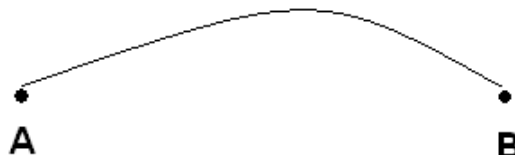


Fig.121. Trayectoria de un movimiento JOINT entre el punto A y el punto B.

Este tipo de movimiento, es para el robot, el movimiento más rápido, y se utiliza en los movimientos libres del programa, es decir, en los movimientos en los que no hay peligro de colisión y en los movimientos que no son propios del trabajo a realizar (movimientos en pieza, cordones, movimientos entre utillajes, etc.)

El valor de velocidad en los movimientos JOINT, viene expresado en tanto por ciento de la velocidad máxima. Por ejemplo, para una interpolación mediante un movimiento JOINT con una velocidad del 50% de la velocidad máxima del robot, en el programa aparece como: MOVJ VJ=50.00

- Movimiento LINEAL:

El movimiento LINEAL, es un movimiento en el que el control del robot, asegura una trayectoria lineal entre dos puntos de programa.

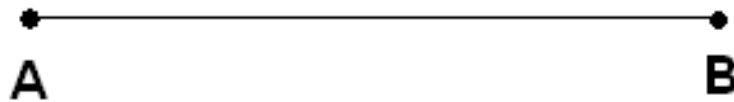


Fig.122. Trayectoria de un movimiento LINEAL entre el punto A y el punto B.

El movimiento lineal es el tipo de interpolación utilizada para los cordones en línea recta, así como los movimientos de aproximación a la pieza (entre utillajes), y de salida de la pieza, entre otros.

La velocidad en el movimiento LINEAL viene expresada en unidades. En el caso del robot de Motoman, la velocidad lineal se expresa en milímetros por segundo. Por ejemplo una interpolación mediante un movimiento lineal a 12 milímetros por segundo, en el programa aparece como: `MOVL V=12.00`

En particular, al realizar movimientos lineales consecutivos, el control del robot, realiza pequeños ajustes en las trayectorias, con el fin de mantener la velocidad. Estas correcciones se traducen en recortes de trayectoria. Esta es una característica común de los diferentes fabricantes de robots.

Si se desea sacrificar la velocidad para obtener una trayectoria exacta, se realiza un ajuste en un parámetro llamado “nivel de posición” (position level) mediante el cual se puede decidir el nivel de precisión que se le pide a la trayectoria del robot. El nivel de posición con valor cero ($PL=0$) asegura una trayectoria exacta, aunque se aprecia una pequeña parada del robot en los puntos programados, ya que decelera hasta parar en la posición exacta, para volver a acelerar hacia la nueva posición. Motoman permite distintos ajustes del nivel de posición que van desde el nivel 0 al 8.

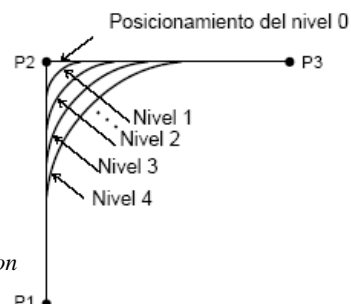


Fig.123. Ejemplo de trayectorias con niveles de posición distintos.

Si en el movimiento programado no se indica ningún nivel de posición en concreto, la trayectoria resultante, por defecto se ejecuta con un nivel de posición entre el nivel PL=3 y el nivel PL=4 aproximadamente.

- Movimiento CIRCULAR:

El tercer tipo de interpolación es el movimiento CIRCULAR. Se programan mediante movimientos circulares, cualquier tipo de figura circular, semicircular, arcos, elipses, etc.

El movimiento circular, a diferencia de los movimientos joint y lineal, precisa de tres puntos de programa. Es necesario programar para obtener un movimiento circular, un punto de inicio, un punto de destino y un punto de paso.

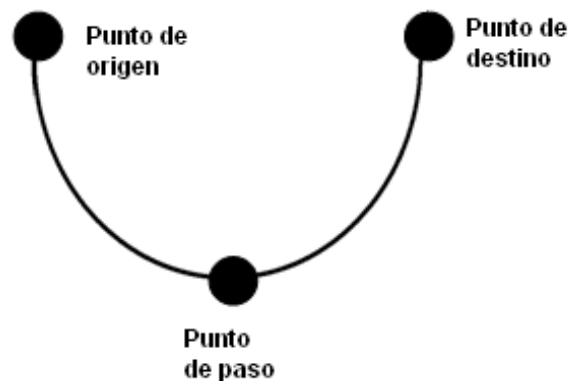


Fig.124. Ejemplo de trayectoria CIRCULAR con punto de inicio, paso y destino.

Con este sistema de punto de origen, punto de paso y punto de destino, el robot calcula la trayectoria que debe seguir. Solamente hay una posibilidad de realizar un movimiento circular con estos tres puntos programados.

La velocidad en el movimiento CIRCULAR, viene expresada en las mismas unidades que el movimiento LINEAL, es decir, en milímetros por segundo. Por ejemplo, un movimiento circular con una velocidad de 8,5 milímetros por segundo, en el programa aparece como: `MOVC V=8.50`

- Movimiento SINCRONIZADO:

Por último, el movimiento sincronizado, no es propiamente un sistema de interpolación en si mismo.

Al tener la posibilidad de controlar varios robots y ejes externos con un solo controlador por parte de Motoman, aparece la posibilidad de sincronizar los movimientos de los elementos que componen la célula robotizada para soldadura por arco.

Se entiende como movimiento sincronizado la posibilidad de mover dos elementos a la vez, al mismo tiempo, siendo uno de ellos maestro y el otro esclavo, con lo que se consigue que un elemento siga la trayectoria del otro.

Comúnmente se realizan movimientos sincronizados entre el posicionador y un robot, siendo el eje externo el maestro y el robot el esclavo. Con este movimiento, se consigue que el robot pueda seguir el giro del posicionador automáticamente.

Se indica en el programa que una trayectoria está sincronizada cuando aparece una “S” precediendo al tipo de interpolación. Por ejemplo:

```
SSMOVL V=500  
+MOVJ VJ=10%
```

Donde SMOVL V=50 es un movimiento lineal del robot, sincronizado con el eje externo, cuyo movimiento se expresa como un movimiento joint añadido al movimiento lineal, aunque realmente, el eje externo ejerce como maestro (Master) y el robot como esclavo (Slave).

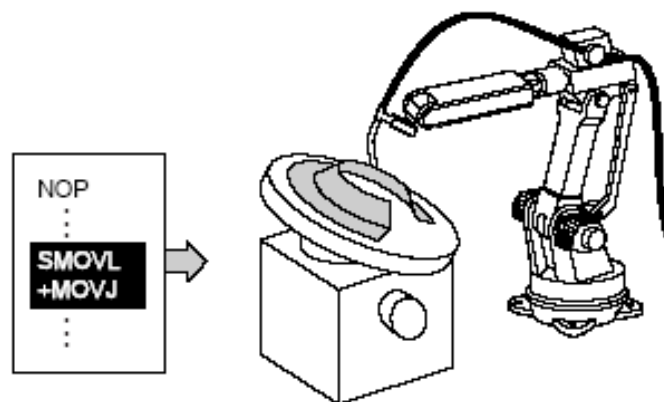


Fig.125. Ejemplo de trayectoria sincronizada entre un eje externo y el robot. El robot sigue el movimiento del plato del eje externo.

5.6.2.3. Comunicación entre robot y máquina de soldar:

Para la realización de este proyecto, se ha realizado una comunicación entre la controladora de Motoman NX100 y las fuentes de potencia SM3840T de Cebora para dar órdenes de soldadura a la máquina de soldar, y recibir los acuses pertinentes, etcétera.

Se ha utilizado para ello una tarjeta PCI de comunicación DeviceNet Master, con la que se controla la fuente de potencia, que dispone de una cabecera DeviceNet Slave.



Fig.126. Cabecera Beckhoff-DeviceNet Slave para la fuente de potencia de Cebora.

Para la configuración del bus de campo, se ha empleado el software Anybus NetTool for DeviceNet. Con este software, y con el fichero *.eds correspondiente de Motoman, se configura un bus de campo para la comunicación mediante un protocolo de entradas y salidas entre la computadora de Motoman y la fuente de potencia de Cebora.

Con este software se crea la red de comunicación, el rango en bytes de entradas y salidas que se emplean en el bus de campo, la velocidad de comunicación, etc.

A continuación se presentan distintas capturas de las pantallas de configuración de la red.

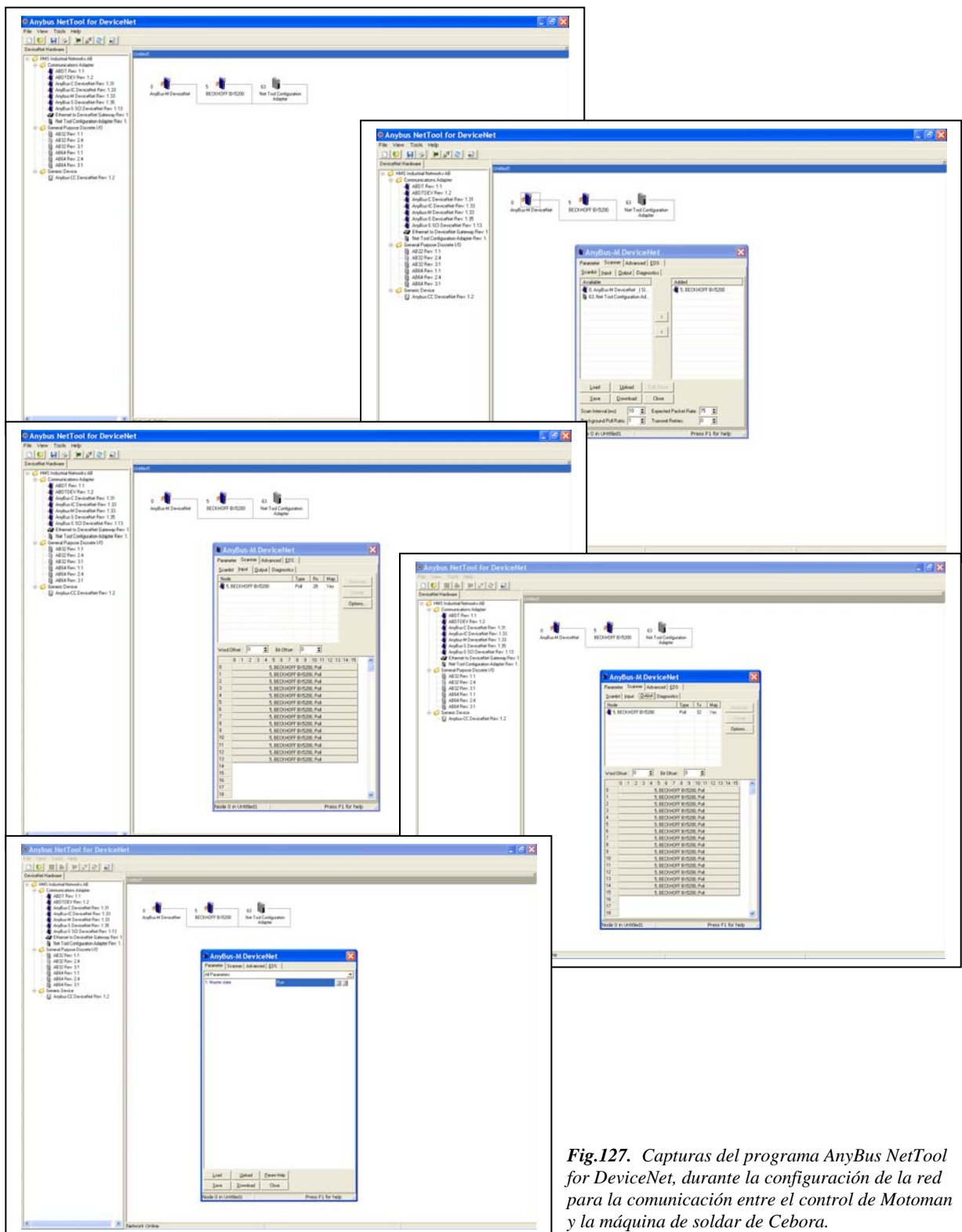


Fig.127. Capturas del programa AnyBus NetTool for DeviceNet, durante la configuración de la red para la comunicación entre el control de Motoman y la máquina de soldar de Cebora.

La red se configura con 13 bytes de entradas y 15 bytes de salidas, para realizar la comunicación, aunque no se emplean todas las señales en la comunicación entre control de Motoman y la máquina de soldar, pero por defecto, es el rango de entradas y salidas que nos ofrece la tarjeta de DeviceNet de la computadora de Motoman.

El fabricante de la fuente de potencia, en este caso Cebora, proporciona en su documentación, las señales de entradas y salidas necesarias para pilotar la máquina desde el robot.

BX5200 OUTPUT (power source output)	N. BIT	SIGNALS COMMENT	REAL VALUE
O01	1	Current Flow	High Active
O02	1	Unused	
O03	1	Process Active	High Active
O04	1	Main Current	High Active
O05	1	Collision Protection	High Active
O06	1	Power Source Ready	High Active
O07	1	Communication Ready (*)	High Active
O08	1	Unused	
O09 - O16	8	Error number	1 - 99
O17 - O24	8	Unused	
O25	1	Sticking Remedied	High Active
O26	1	Unused	
O27	1	Unused	
O28	1	Wire Available	High Active
O29	1	Unused	
O30	1	Unused	
O31 - O32	2	Unused	
O33 - O48	16	Welding Voltage Actual Value	0 to 65535 corresponds to 0 to 100 V output voltage.
O49 - O64	16	Welding Current Actual Value	0 to 65535 corresponds to 0 to 1000A output current.
O65 - O80	16	Unused	
O81 - O96	16	Unused	
O97 - O224	128	BX5200 local digital <u>input</u>	

Fig.128. Señales de entrada para el robot que el fabricante de la fuente de potencia Cebora detalla para la comunicación entre el robot y la máquina de soldar.

El cuadro anterior (ver figura 128), se detalla las señales que la fuente de potencia de Cebora envía al robot durante los procesos de soldadura.

Mediante estas señales, el robot obtiene información sobre el estado del proceso de soldadura, incluso se emplean dos palabras (cuatro bytes), para utilizar a modo de entrada analógica para poder saber en todo momento la tensión y la corriente de soldadura.

Las señales de salida del robot para comunicar con la máquina de soldar también vienen descritas por Cebora, según las propias especificaciones de la fuente de potencia SM3840T.

BX5200 INPUT (power source input)	N. BIT	COMMENT	REAL VALUE
I01	1	Arc-On	High Active
I02	1	Robot Ready / Quick Stop	High Active / Low active
I03	1	Operating modes bit 0	000 = Program standard 001 = Program pulsed 010 = Job mode 011 = Parameter selection internally 100 = Manual mode
I04	1	Operating modes bit 1	
I05	1	Operating modes bit 2	
I06	1	Unused	
I07	1	Unused	
I08	1	Unused	
I09	1	Gas Test	High Active
I10	1	Wire Inching	High Active
I11	1	Wire Retract	High Active
I12	1	Source Error Reset	High Active
I13	1	Touch Sensing	High Active
I14	1	Blow Through	High Active
I15	1	Unused	
I16	1	Unused	
I17 - I24	8	Job Number	0 - 99
I25 - I31	7	Program Number	0 - 127
I32	1	Welding Simulation	High Active
I33 - I48	16	speed set point	0 to 65535 corresponds to 0 to 100%.
I49 - I64	16	arc length correction / voltage set point	0 to 65535 corresponds to -9.9 to +9.9 (0 to 100 V in "Manual" mode).
I65 - I80	16	pulse/inductance correction	0 to 65535 corresponds to -9.9 to +9.9.
I80 - I96	16	burn back time	0 to 65535 corresponds to -0.2s to +0.2 s.
I97	1	Unused	
I98	1	Unused	
I99	1	"pulse/inductance correction" disable	High Active
I100	1	"burn-back" disable	High Active
I101 - I128	28	Unused	
I129 - I256	128	BX5200 local digital <u>output</u>	

Fig.129. Señales de salida del robot que el fabricante de la fuente de potencia Cebora detalla para la comunicación entre el robot y la máquina de soldar.

Entre las señales que precisa la fuente de potencia por parte del robot (ver figura 129), cabe destacar las señales de inicio de soldadura (Arc On), un byte de salidas con el que el robot informa a la máquina con que job debe realizar la soldadura, y los tres bits que con la combinación binaria (010) indican a la máquina que debe trabajar en modo job, tal y como se describe anteriormente en el capítulo dedicado a la programación de la fuente de potencia (ver capítulo 5.6.2.1). Hay ciertas señales como las palabras dedicadas a enviar a la máquina con que corriente, tensión y altura de arco debe soldar, que han quedado obsoletas en la actualidad, ya que la realización de las soldaduras con modo job es una práctica cada vez más extendida en la actualidad en la industria.

Con el empleo de bus de campo, se simplifica enormemente el cableado necesario para realizar este tipo de comunicación entre robots y fuentes de potencia.

5.6.3. Programa de la célula robotizada:

La programación de la célula robotizada para soldadura por arco de Motoman Robotics, se realiza con el lenguaje INFORM, en particular, esta programación se realiza por bloques, o sub-programas. Todas las acciones de los robots y del posicionador, se realizan en pequeños programas, que finalmente, con la creación de un programa MASTER (programa maestro), se realizan las llamadas necesarias para el funcionamiento completo de la célula. En estos programas se incluyen las ordenes necesarias para que el robot de la orden a la máquina de soldadura de inicio y fin de soldadura, además de indicar con que job de los que se han programado en la propia máquina de soldar, se debe realizar la soldadura.

Una vez se tienen calibrados los robots con el posicionador, que en este caso es un posicionador Motoman RM2-250STX, el siguiente paso es programar los cambios de estación del posicionador.

Cabe destacar, que la programación de los equipos de Motoman, se realiza secuencialmente, el robot realiza un comando o instrucción, y cuando éste finaliza, continua con la instrucción siguiente.

El posicionador de Motoman Robotics RM2, dispone de dos lados, como se describe en el segundo capítulo de este proyecto. Para realizar los cambios del lado A al lado B y viceversa, se realiza un programa, que se encarga de:

- Llevar el plato del lado donde se realiza la soldadura a la posición cero (posición de referencia del lado motriz).
- Desembragar el motor de este eje para que la tracción se realice en el eje central.
- Girar la estación en 180° mediante el eje central.
- Embragar de nuevo el motor en el lado de trabajo de la estación para volver a tener motricidad en dicho lado del posicionador.

A continuación, se presenta el programa de giro de estación del lado A al lado B, que se crea con el nombre "TURNA-B" como estándar de nomenclatura para este tipo de tarea, y el programa "TURNB-A", para el cambio de estación en sentido contrario.

Programa TURNA-B**Programa TURNB-A**

NOP	NOP
JUMP *1 IF IN#(9)=ON	JUMP *1 IF IN#(10)=ON
MOVJ EC00000 VJ=100.00	MOVJ EC00000 VJ=100.00
DOUT OT#(10) OFF	DOUT OT#(10) OFF
DOUT OT#(9) ON	DOUT OT#(9) ON
WAIT IN#(11)=ON	WAIT IN#(11)=ON
PAUSE IF IN#(10)=OFF	PAUSE IF IN#(9)=OFF
TIMER T=0.20	TIMER T=0.20
MOVJ EC00001 VJ=100.00	MOVJ EC00001 VJ=100.00
TIMER T=0.20	TIMER T=0.20
DOUT OT#(9) OFF	DOUT OT#(9) OFF
DOUT OT#(10) ON	DOUT OT#(10) ON
WAIT IN#(12)=ON	WAIT IN#(12)=ON
*1	*1
PULSE OT#(17) T=0.30	PULSE OT#(17) T=0.30
TIMER T=0.20	TIMER T=0.20
END	END

Estos dos programas, son idénticos en su estructura, aunque cada uno de ellos tiene esperas y condiciones determinadas por el lado del posicionador del cual se trata. Estas condiciones son finales de carrera y sensores para interpretar si es correcto realizar el giro de estación o por el contrario, no debe realizarse. Además se realizan las activaciones y desactivaciones convenientes de las electroválvulas del grupo neumático que controla el sistema de embrague del posicionador RM2 de la célula.

También se han de realizar los programas de limpieza de cada uno de los robots. Estos programas, permiten limpiar la tobera de la antorcha de proyecciones debidas a la soldadura (ver capítulo 2.7.5). Aprovechando el giro de estación del lado A al lado B, los robots, realizan una secuencia de limpieza de sus toberas, realizando un ciclo que lleva la tobera de la antorcha a las posiciones de fresado, soplado y corte del hilo a la medida adecuada. El pilotaje de la fresa, la válvula de soplado y la cizalla de corte de hilo, se realiza mediante salidas digitales, cuando mediante las entradas (sensórica), se da permiso para la actuación de estas tres acciones una vez se realiza un posicionamiento correcto de la tobera para este proceso. En este proyecto, el equipo de limpieza, no contempla la cizalla de corte de hilo, así que solamente se compone por fresado de la tobera y soplado.

Programa CLEANR1

```
NOP
MOVJ C00000 VJ=100.00
MOVJ C00001 VJ=100.00
WAIT IN#(1)=ON
MOVL C00002 V=1000.0
MOVL C00003 V=500.0
MOVL C00004 V=500.0 PL=0
DOUT OT#(5) ON
TIMER T=0.30
DOUT OT#(3) ON
TIMER T=1.00
DOUT OT#(3) OFF
DOUT OT#(5) OFF
MOVL C00005 V=500.0
MOVJ C00006 VJ=100.00
MOVL C00007 V=500.0 PL=0
DOUT OT#(1) ON
TIMER T=0.50
DOUT OT#(1) OFF
MOVL C00008 V=1000.0
MOVJ C00009 VJ=100.00
MOVJ C00010 VJ=100.00
END
```

Programa CLEANR2

```
NOP
MOVJ C00000 VJ=100.00
MOVJ C00001 VJ=100.00
MOVL C00002 V=1000.0
MOVL C00003 V=500.0 PL=0
DOUT OT#(6) ON
TIMER T=0.30
DOUT OT#(4) ON
TIMER T=1.00
DOUT OT#(4) OFF
DOUT OT#(6) OFF
MOVJ C00004 VJ=100.00
MOVJ C00005 VJ=100.00
MOVL C00006 V=500.0
DOUT OT#(2) ON
TIMER T=0.50
DOUT OT#(2) OFF
MOVL C00007
MOVL C00008 V=1000.0
MOVJ C00009 VJ=100.00
MOVJ C00010 VJ=100.00
END
```

Estos programas se realizan de antemano, ya que son programas que cada uno de los elementos de la célula (robots y posicionador), los realiza independientemente, es decir, no es un trabajo conjunto entre los elementos.

El siguiente paso, es realizar un programa llamado “MASTER”, que tras una señal de inicio que ha de dar el operario tras haber realizado una carga en el lado de carga y descarga, salta a los programas del lado A o del lado B, según en el lugar en que se encuentre la célula. Estos dos programas se llaman “A-SIDE” y “B-SIDE”. De este programa parten la ejecución de todos los programas de la célula robotizada.

Programa MASTER

```
NOP
'ESPERA INSTRUCCION DE INICIO
WAIT IN#(17)=ON
JUMP JOB:A-SIDE IF IN#(10)=OFF
JUMP JOB:B-SIDE IF IN#(9)=OFF
END
```

A los programas “A-SIDE” y “B-SIDE”, se salta si se cumple la condición asociada, que entre ellas son complementarias, es decir si el posicionador se encuentra en el lado A se salta al programa “A-SIDE”. Si el posicionador se encuentra en el lado B, se salta al programa “B-SIDE”.

Programa A-SIDE	Programa B-SIDE
<pre> NOP 'GIRA EL LADO A HACIA EL ROBOT PSTART JOB:TURNB-A SUB1 PSTART JOB:CLEANR1 SUB2 PSTART JOB:CLEANR2 SUB3 PWAIT SUB1 PWAIT SUB2 PWAIT SUB3 '----- 'LLAMADA A PROG SOLD SINCR0 LADO A PSTART JOB:180M-A-R1 SUB4 PSTART JOB:180M-A-R2 SUB5 PWAIT SUB4 PWAIT SUB5 '----- JUMP JOB:MASTER END </pre>	<pre> NOP 'GIRA EL LADO B HACIA EL ROBOT PSTART JOB:TURNB-B SUB1 PSTART JOB:CLEANR1 SUB2 PSTART JOB:CLEANR2 SUB3 PWAIT SUB1 PWAIT SUB2 PWAIT SUB3 '----- 'LLAMADA A PROG SOLD SINCR0 LADO B PSTART JOB:180M-B-R1 SUB4 PSTART JOB:180M-B-R2 SUB5 PWAIT SUB4 PWAIT SUB5 '----- JUMP JOB:MASTER END </pre>

Con el fin de ganar tiempo, en estos programas, se realiza el cambio de estación del posicionador, y los programas de limpieza de los dos robots, todos a la vez. La instrucción (PSTART), permite ejecutar tareas en paralelo, este sistema es conocido como sistema multitarea. Las tareas a realizar se realizan al mismo tiempo, y con la instrucción de espera (PWAIT), se encarga de que las tareas que se estén realizando en paralelo, se esperen entre sí para continuar con el programa.

Una vez se han realizado las tareas de giro de la estación y limpieza de las antorchas de los robots, el programa continua con el lanzamiento en paralelo de las tareas de soldadura de cada uno de los robots con el posicionador, en paralelo. Son dos programas con la estructura ROBOT+POSICIONADOR, que se lanzan paralelamente. Estos programas son los programas donde se realiza la soldadura. A continuación se presenta un ejemplo de los programas de soldadura en uno de los lados del posicionador, concretamente, los programas de cada uno de los robots en el lado A del posicionador. Los programas en el lado B, como es lógico son prácticamente idénticos, aunque con el posicionador situado en el lado B.

Programa 180M-A-R1

NOP	ARCOF
DIN B002 IG#(3)	SWVOF
DIN B001 IGH#(4)	MOVL C00011 V=1500.0
WAIT B001=6	+MOVJ EC00013 VJ=100.00
WAIT B002=54	MOVL C00012 V=1500.0 PL=0
MOVJ C00000 VJ=100.00	+MOVJ EC00014 VJ=100.00
+MOVJ EC00000 VJ=100.00	ARCON
MOVJ C00001 VJ=100.00	MOVL C00013 V=6.0
+MOVJ EC00001 VJ=100.00	+MOVJ EC00015 VJ=100.00
MOVJ C00002 VJ=100.00	MOVL C00014 V=6.0
+MOVJ EC00002 VJ=100.00	+MOVJ EC00016 VJ=100.00
TSYNC 1	ARCOF
MOVL C00003 V=1500.0 PL=0	MOVL C00015 V=1500.0
+MOVJ EC00003 VJ=100.00	+MOVJ EC00017 VJ=100.00
'SALIDA ROBOT 1 READY	TSYNC 3
DOUT OT#(34) ON	PULSE OT#(16)
'SALIDA JOB MODE MAQ1	DIN B002 IGH#(4)
DOUT OT#(36) ON	DIN B001 IG#(2)
'BYTE SALIDAS NUM JOB MAQ1	WAIT B001=234
DOUT OG#(7) 1	WAIT B002=14
ARCON	SMOVL C00016 V=1500.0
MOVL C00004 V=7.0	+MOVJ EC00018 VJ=100.00
+MOVJ EC00004 VJ=100.00	TSYNC 4
MOVL C00005 V=7.0	MOVJ C00017 VJ=100.00
+MOVJ EC00005 VJ=100.00	+MOVJ EC00019 VJ=100.00
ARCOF	SMOVL C00018 V=1500.0 PL=0
MOVL C00006 V=1500.0	+MOVJ EC00020
+MOVJ EC00006 VJ=100.00	ARCON
TSYNC 2	SMOVL C00019 V=7.0
MOVL C00007 V=1500.0	+MOVJ EC00021 VJ=100.00
+MOVJ EC00007 VJ=100.00	ARCOF
MOVL C00008 V=1500.0	SMOVL C00020 V=1500.0
+MOVJ EC00008 VJ=100.00	+MOVJ EC00022 VJ=100.00
MOVL C00009 V=1500.0 PL=0	TSYNC 5
+MOVJ EC00009 VJ=100.00	MOVL C00021 V=1500.0
SWVON WEV#(1)	+MOVJ EC00023 VJ=100.00
ARCON	MOVJ C00022 VJ=100.00
REFP 1 ST1 EC00010	+MOVJ EC00024 VJ=100.00
REFP 2 ST1 EC00011	MOVJ C00023 VJ=100.00
MOVL C00010 V=7.0	+MOVJ EC00025 VJ=100.00
+MOVJ EC00012 VJ=100.00	END

En este programa se realiza la soldadura, cabe destacar algunas de las instrucciones que aparecen en el programa.

- DIN:

Esta instrucción permite obtener el estado de una entrada o grupo de entradas, y guarda el valor resultante de su combinación binaria en una variable.

- ARCON:

Instrucción de inicio de soldadura. A partir de esta instrucción la máquina de soldar comienza a realizar la operación de soldadura.

- ARCOF:

Instrucción que indica a la máquina de soldar que finaliza la soldadura. Durante todo el tiempo (incluyendo movimientos), que el programa está entre ARCON y ARCOF, la fuente de potencia ejecuta la soldadura.

- SWVON:

Instrucción de inicio de movimiento pendular. El movimiento pendular, se emplea para rellenar un cordón de soldadura con más metal de aportación. Esto se consigue con un movimiento pendular a una frecuencia de movimiento típica entorno a 3 o 3,5 Hz. Este tipo de movimiento también se conoce como zigzag.

- SWVOF:

Instrucción de final de movimiento pendular. El zigzag se realiza durante los movimientos entre las instrucciones SWVON y SWVOF.

- REFP:

Instrucción para dar al robot puntos de referencia. Los puntos de referencia son puntos que se le dan al robot para que tenga referencias de las paredes de una pieza, sobretodo durante movimientos de zigzag.

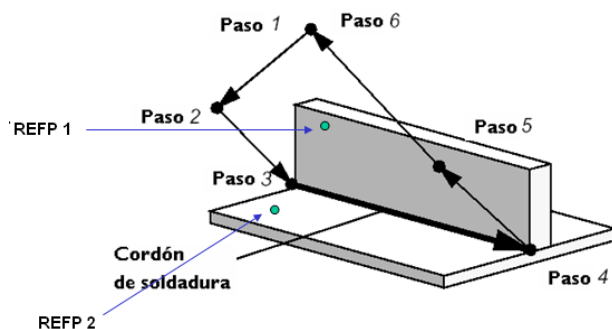


Fig.130. Puntos de referencia en las paredes de la pieza.

- TSYNC:

Esta instrucción se utiliza como puntos de sincronización entre dos o más programas que se ejecutan en multitarea, es decir, en paralelo. Los programas se van sincronizando para llegar a los puntos TSYNC1, TSYNC2, etc., al mismo tiempo durante la ejecución de estos programas.

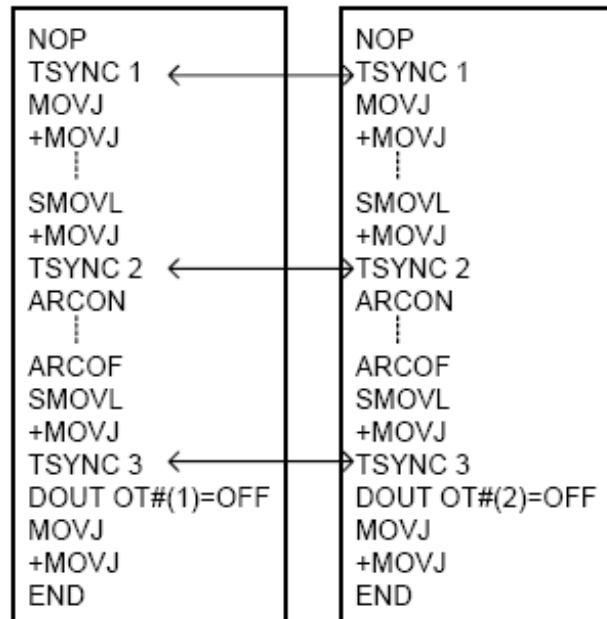


Fig.131. Sincronización entre dos programas.

Este programa 180M-A-R1 está creado para mover el robot 1 con el posicionador (por este motivo aparece en los movimientos un +MOVJ, que corresponde al posicionador), y se ejecuta en paralelo con el programa 180M-A-R2, que es un programa que ejecuta movimientos e instrucciones del robot 2 y el posicionador. Como son dos programas complejos en cuanto a movimientos, son necesarios puntos de sincronización con la instrucción TSYNC, para sincronizar los dos programas en las posiciones deseadas.

Programa 180M-A-R2

NOP	ARCOF
DIN B052 IG#(23)	SWVOF
DIN B051 IGH#(44)	MOVL C00011 V=1500.0
WAIT B001=6	+MOVJ EC00013 VJ=100.00
WAIT B002=54	MOVL C00012 V=1500.0 PL=0
MOVJ C00000 VJ=100.00	+MOVJ EC00014 VJ=100.00
+MOVJ EC00000 VJ=100.00	ARCON
MOVJ C00001 VJ=100.00	MOVL C00013 V=6.0
+MOVJ EC00001 VJ=100.00	+MOVJ EC00015 VJ=100.00
MOVJ C00002 VJ=100.00	MOVL C00014 V=6.0
+MOVJ EC00002 VJ=100.00	+MOVJ EC00016 VJ=100.00
TSYNC 1	ARCOF
MOVL C00003 V=1500.0 PL=0	MOVL C00015 V=1500.0
+MOVJ EC00003 VJ=100.00	+MOVJ EC00017 VJ=100.00
'SALIDA ROBOT 2 READY	TSYNC 3
DOUT OT#(154) ON	PULSE OT#(16)
'SALIDA JOB MODE MAQ2	DIN B002 IGH#(4)
DOUT OT#(156) ON	DIN B001 IG#(2)
'BYTE SALIDAS NUM JOB MAQ2	WAIT B001=234
DOUT OG#(22) 1	WAIT B002=14
ARCON	SMOVL C00016 V=1500.0
MOVL C00004 V=7.0	+MOVJ EC00018 VJ=100.00
+MOVJ EC00004 VJ=100.00	TSYNC 4
MOVL C00005 V=7.0	MOVJ C00017 VJ=100.00
+MOVJ EC00005 VJ=100.00	+MOVJ EC00019 VJ=100.00
ARCOF	SMOVL C00018 V=1500.0 PL=0
MOVL C00006 V=1500.0	+MOVJ EC00020
+MOVJ EC00006 VJ=100.00	ARCON
TSYNC 2	SMOVL C00019 V=7.0
MOVL C00007 V=1500.0	+MOVJ EC00021 VJ=100.00
+MOVJ EC00007 VJ=100.00	ARCOF
MOVL C00008 V=1500.0	SMOVL C00020 V=1500.0
+MOVJ EC00008 VJ=100.00	+MOVJ EC00022 VJ=100.00
MOVL C00009 V=1500.0 PL=0	TSYNC 5
+MOVJ EC00009 VJ=100.00	MOVL C00021 V=1500.0
SWVON WEV#(1)	+MOVJ EC00023 VJ=100.00
ARCON	MOVJ C00022 VJ=100.00
REFP 1 ST1 EC00010	+MOVJ EC00024 VJ=100.00
REFP 2 ST1 EC00011	MOVJ C00023 VJ=100.00
MOVL C00010 V=7.0	+MOVJ EC00025 VJ=100.00
+MOVJ EC00012 VJ=100.00	END

Al finalizar estos dos programas (180M-A-R1 y 180M-A-R2), el programa vuelve a saltar al programa MASTER, para iniciar la secuencia de nuevo, pero en el lado B. Al finalizar las rutinas del lado B, vuelve al programa MASTER para realizar la secuencia de lado A, y de este modo, alterna los dos lados consecutivamente en cada ciclo.

5.7. Formación y aceptación de la célula robotizada:

Cuando la célula está programada, y si la oferta comercial lo contempla, se realiza la formación al cliente. Esta formación se realiza, para que el cliente pueda realizar modificaciones en programas ya creados, así como programas nuevos con su célula robotizada de soldadura.

Los cursos de formación para los proyectos, en general, están enfocados a la aplicación particular de cada cliente. En el caso de la soldadura por arco, los cursos contemplan las posibilidades del robot junto con los ejes externos para realizar programas de soldadura, así como las señales necesarias en el protocolo que se establece entre fuentes de potencia de soldadura y robots.

Este tipo de formación se realiza en periodos de tiempo que van de tres días, hasta una semana completa, dependiendo de la cantidad de alumnos que asisten a la formación y la disponibilidad de la célula robotizada para la realización de la formación.

Al finalizar el curso de formación, se hace entrega a los asistentes de un certificado de asistencia y aprovechamiento del curso de formación.



Fig.132. Certificado Motoman Yaskawa de asistencia y aprovechamiento del curso de

Como último paso, se procede a rellenar una hoja de aceptación, con la que el cliente, con la firma y el sello de la empresa, expresa su conformidad del estado de la célula robotizada para soldadura por arco, la programación de la pieza o las piezas acordadas en la oferta y la formación que ha recibido sobre el producto adquirido. El hecho de firmar esta conformidad, implica que el proyecto está terminado en su ejecución y pendiente de quedar cerrado, cuando se proceda a su facturación.

		MOTOMAN ROBOTICS IBERICA, S.L. Avda. Marina, nº. 56, Parcela 90; 08830 Sant Boi de Llobregat Tel.: + 34/93/630 34 78 * Fax: +34/93/654 34 59 E-Mail: motoman@motoman.es ; www.motoman.es	
Aceptación TOTAL			
Proyecto	P07XXX (Cliente X)		Tipo:
		AS6000-TWIN	
Datos del cliente		Conformidad del cliente	
[Nombre de la Empresa]	Cliente X		Firmado por: Fecha:
[Dirección]			
[Código postal, Ciudad]			
[Teléfono]			
[Fax]			
[Email]			
Tipo de PROYECTO			SOLDADURA ▼
Datos de la oferta		0607/2/9999	
Robot	2	Robot EA1400	
Posicionador / Longitud ejes	1	Servo Positioners	RM2-250STX L= 1 - 1,2mm
Máquina de Soldar	1	CEBORA SM3840T	
Amperaje			Refrigeración AGUA
Devanadora	1	CEBORA	0
Conexión		EURO	L manquera (a devanadora) 10m
Øhilo [mm]		1 - 1,2mm	Interface DeviceNet-(I/O)512 bytes-PCI
Material a soldar		Acero al carbón	Alimentación de hilo Marathon pack
Equipamiento / Cuello	1	BINZEL	22° BINZEL
Anticolisión		CAT2 BINZEL	0
Limpieza		BINZEL	0
Pruebas de soldadura			
Técnico	Juanjo Coca		Fecha Inicial 28-abr-08
Lugar	Cliente X		Fecha Final 2-may-08
Formación realizada			
Técnico	Juanjo Coca		Fecha Inicial 12-may-08
Lugar	Cliente X		Fecha Final 16-may-08
Programación realizada			
Técnico	Juanjo Coca		Fecha Inicial 5-may-08
Lugar	Cliente X		Fecha Final 9-may-08
<p style="text-align: center;"><i>Estimado Sr. Cliente X</i></p> <p>Según la oferta, se ha realizado el montaje de la célula y los test correspondientes de soldadura y de funcionamiento general para verificar que todos los materiales suministrados por Motoman funcionan correctamente. Por lo que se pide su aprobación y aceptación TOTAL de los mismos e implicará el pago de las condiciones indicadas en la oferta. Quedando finalizados totalmente los servicios del proyecto.</p>			

Fig.133. Hoja de aceptación total de la célula robotizada para soldadura por arco.

6. CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones:

Como ya se expone en el capítulo de objetivos (capítulo 1.3), todos los objetivos para este proyecto se han cumplido con éxito.

El proyecto trata de dar una visión de las posibilidades mediante la robótica de automatizar un proceso típicamente manual hasta la aparición de los robots antropomórficos en la industria, dada la complejidad de movimientos y posiciones necesarias para realizar operaciones de soldadura.

Este proyecto tiene la finalidad de mostrar las posibilidades reales de automatización del proceso de soldadura por arco mediante robots y posicionadores, dando múltiples soluciones para tal efecto.

También se ha querido incluir un proyecto de soldadura robotizada con una aplicación real de Motoman Robotics, que me ha permitido realizar este proyecto, con el objetivo de presentar los pasos a seguir en proyectos de este tipo, incluyendo programación e implementación de la célula robotizada.

6.2. Líneas futuras:

Los aspectos a realizar e incluso mejorar en posibles líneas futuras, son la inclusión de equipos de seguimiento de juntas automático (mencionado al final del capítulo 3.1.2.).

También es interesante, la inclusión de sistemas de visión o sistemas que trabajan con haz de luz para determinar la calidad de los cordones una vez han sido soldados. Este tipo de sistemas ya están disponibles en el mercado y son presentados en ferias a nivel nacional e internacional, como MAQUITEC (Montjuïc 2, Barcelona), la BIENAL (BEC, Bilbao), o la feria tecnológica en Essen (Alemania) además de ferias en Japón, EEUU, etcétera.

Por otro lado, también cabe la posibilidad de realizar un proyecto de varios tipos de soldadura a la vez, por ejemplo, partes de una pieza realizadas con soldadura al arco, y otras partes con soldadura por resistencia, con las que suele utilizarse un servo-motor adicional para las pinzas de resistencia, con la posibilidad de incluir un robot manipulador entre las dos fases de la soldadura.

7. BIBLIOGRAFÍA:

La bibliografía para la elaboración de este proyecto se basa en varios libros, páginas de internet y documentación de Motoman Robotics y distribuidores de los equipamientos del robot.

7.1. Libros de consulta:

. Hicks, J. "Welding Design", Granada.

. Gourd, L. M. "Principles of Welding Technology", Edward Arnold, 1980.

. Milner, D.R. and Apps, R. L. "Introduction to Welding and Brazing", Pergamon.

. Lange, K. "Handbook of Metal Forming", Editorial McGraw – Hill, 1985.

Ángel Lagunas Marqués (2004), Reglamento electrotécnico de baja tensión, Paraninfo

. Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñín, Carlos Balaguer, Rafael Aracil "Fundamentos de Robótica", Editorial McGraw – Hill, 1997

7.2. Sitios de Internet:

Motoman Robotics:

<http://www.motoman.eu/>

Tecnología de materiales:

<http://www.tecnun.es/asignaturas/TecMater/index.htm>

Direct Industry:

<http://www.directindustry.es/cat/herramientas-soldadura-tratamiento-de-superficies/accesorios-y-equipos-de-soldadura-N-112.html>

Abicor Binzel:

<http://www.abicor-binzel.com>

AIMEN, escuela de soldadura de Porriño (Pontevedra):

<http://www.aimen.es>

Empresas de gases para soldadura:

<http://www.es.airliquide.com>

<http://www.carbueros.com>

<http://www.messer.es>

Elementos de seguridad de la célula:

<http://www.jokab.com/>

7.3. Anexos (En formato digital):

Carpetas []:

[DOCUMENTO]:

. Célula robotizada de soldadura por arco (en formato .pdf)

[MANUALES .PDF]:

- [Manuales Motoman]:
 - o [Controlador NX100]:
 - FIELD BUS INTERFACE-PCI
 - Instalación y cableado
 - o [Programación Motoman]:
 - Alarm List
 - Aplicación de Soldadura al Arco
 - CIO ladder
 - Programación Básica
 - COMARC III
 - Funcionamiento de la tarjeta CF

- Independent-Coordinated control function
- INFORM III
- NX Instruccions
- [Robot EA1400]:
 - EA1400 – Instalación
 - EA1400 – Mantenimiento
 - EA1400 – Recambios
 - EA1400 - Trabajo
- [Layout]:
 - Layout en dwg
 - Layout en pdf
- [Planos eléctricos]:
 - Conexiones Posicionador RM2
 - Armario de Control
 - Panel de Control
 - Diagrama eléctrico seguridades
- [Posicionador RM2-250 STX]
 - Manual de instalación RM2-250 STX
- [Manual de panel de operación de la célula]
 - Manual Panel de Operación
- [Cebora]:
 - MANUAL INTERFACE ANALÓGICO 5040 PULSE
 - MANUAL INTERFACE DIGITAL DEVICENET
 - PLASMA
 - SM3840 ROBOT

[IMÁGENES Y VIDEOS]