



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL: Programación de pupitre de control y robot Kuka KR6-2 para trabajo con torno.

AUTOR: Juan García Ureña

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Telecomunicacions Esp.Sistemes Electrònics

DIRECTOR: Abel Torres Cebrià

DEPARTAMENT: Enginyeria, Sistemes i Informàtica Industrial

DATA: 27 de Maig de 2010

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: Sí No

PROJECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

Este proyecto tiene como objetivo automatizar una célula de robot para la manipulación de piezas de latón, las cuáles son mecanizadas por un torno. A la célula del robot se le añade un pupitre de control para realizar un control de la aplicación más específico, permitiendonos éste, una gran versatilidad en cuanto a la configuración de nuevas piezas de fabricación.

La realización de este proyecto ha permitido a la empresa contratadora reorganizar la faena del operario responsable del torno, añadiendo a éste tareas de control de calidad y de operación con otras máquinas.

Gracias a la instalación de un panel táctil se ha conseguido que el arranque de la aplicación sea cuanto menos sencillo, permitiendo al cliente que no tenga que realizar ningún curso de formación a sus operarios. Simplemente con el manual de operario que se les facilita y una explicación de varios minutos, basta para que cualquier operario controle la aplicación.

En definitiva, se ha desarrollado un sistema con un robot manipulador que abre las puertas al cliente para futuras adaptaciones en sus máquinas, ya sean de las mismas características, que las hay, como otras con diferentes funciones.

La incorporación de robots en las tareas repetitivas de las máquinas, favorece al avance tecnológico de las empresas y a la mejora de la calidad de las personas en el trabajo, ya que pasan de tener tareas de poca cualificación a tareas más cualificadas.

Paraules clau (màxim 10):

Robot	Automatización	Sistema	Aplicación
Programación	Interfaz	Software	Control
Desarrollo			

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 HISTORIA DE LA ROBÓTICA	8
1.2 EL ROBOT EN LA INDUSTRIA	8
1.3 EVOLUCIÓN DEL PARQUE DE ROBOTS EN ESPAÑA	9
1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO	12
1.6 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	13
2. ANTECEDENTES	14
2.1 MOTIVO DEL PROYECTO	14
3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN ROBOTIZADO PROPUESTO	18
3.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO	18
3.1.1 Planteamiento	18
3.1.2 Selección de componentes	18
3.1.3 Sistemas de seguridad	27
3.2 COMPONENTES	29
3.2.1 Robot KUKA KR6-2	29
3.2.2 Control KUKA KRC1	39
3.2.3 Pupitre de Control	43
3.2.4 Torno	44
3.2.5 Mesa alimentación robot	45
3.2.6 Zona soplado	47
3.2.7 Cinta de salida	48
4. DISEÑO	49
4.1 ZONA DE TRABAJO	49
4.2 ESQUEMAS ELÉCTRICOS PUPITRE CONTROL	49
4.3 GARRA DEL ROBOT	50
4.4 MESA Y BANDEJA ALIMENTACIÓN ROBOT	53
4.5 SEÑALES DE CONTROL	54

4.6 CICLO DE TRABAJO AUTOMÁTICO	54
5. ENTORNO PROGRAMACIÓN	56
5.1 PROGRAMACIÓN PUPITRE DE CONTROL	56
5.1.1 Software programación Autómata FPWinPro	56
5.1.1.1 Descripción entorno programación	56
5.1.1.2 Lenguajes de programación del compilador	57
5.1.2 Software programación Pantalla Táctil GTWin	58
5.1.2.1 Descripción entorno programación	58
5.2 PROGRAMACIÓN ROBOT	59
5.2.1 Software programación KUKA	59
5.2.1.1 Descripción entorno programación	59
5.2.1.2 Lenguaje de programación del compilador	60
5.2.1.3 Movimientos	60
5.2.2 Descripción de la consola de programación	61
6. PROGRAMAS	65
6.1 PROGRAMA AUTÓMATA PANASONIC	65
6.1.1 Configuración	65
6.1.1.1 Entradas y Salidas	66
6.1.1.2 Módulo de comunicaciones DeviceNet	66
6.1.2 Estructura del programa	67
6.1.3 Descripción Programas y Funciones	68
6.2 PROGRAMA PANTALLA TÁCTIL PANASONIC	72
6.2.1 Configuración enlace con autómata	72
6.2.2 Estructura de la pantalla	74
6.2.3 Descripción de todas las pantallas	74
6.3 PROGRAMA ROBOT KUKA	82
6.3.1 Configuración	82
6.3.1.1 Datos de Máquina	84
6.3.1.2 Entradas y salidas	84
6.3.1.3 Automático Externo	85
6.3.1.4 Comunicaciones DeviceNet	89

6.3.1.5 Programa Cell y definición de programas	90
6.3.2 Estructura del programa	92
7. PRESUPUESTO	93
8. CONCLUSIONES	95
9. BIBLIOGRAFÍA	96
10. ANEXO I: Código del PLC	97
11. ANEXO II: Código del Robot	123
12. ANEXO III: Esquemas eléctricos	141
13. ANEXO IV: Documentación para operario	170

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la empresa Plásticos Ferro S.L., y en particular al señor J.F.Carreño, su ayuda y colaboración en la realización de este proyecto.

Doy las gracias al profesor Abel Torres por su ayuda en la preparación de la documentación del proyecto.

También agradezco a mis amigos y familia el apoyo y confianza depositados en mí durante mi época de estudiante, en especial a mi padre, por el esfuerzo que realizó toda su vida para que pudiera estudiar.

Y por último, gracias a mi mujer por su apoyo y motivación en la realización de este trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Historia de la Robótica

La palabra Robot se define como máquina programable cuya función es manipular objetos a la vez que interacciona con su entorno. Procede de la palabra checa Robota que significa “trabajo obligatorio”, fue utilizada por primera vez por el novelista Karen Eapek en una obra de teatro en 1921, “Robots Universales de Rossum”.

Algunas definiciones aceptadas son las siguientes:

-“Dispositivo multifuncional reprogramable diseñado para manipular y/o transportar material a través de movimientos programados para la realización de tareas variadas.” (*Robot Institute of America, 1979*).

-“Dispositivo automático que realiza funciones normalmente adscritas a humanos o máquina con forma humana.” (*Webster Dictionary*).

Los robots son capaces de desarrollar tareas de forma más rápida y eficiente que los seres humanos. Se utilizan en tareas para ayudar a las personas, así como en tareas difíciles o desagradables. En este proyecto la tarea que desempeña el robot es la de alimentar un torno, no siendo una tarea desagradable ni difícil, permite al operario desempeñar otras funciones como controles de calidad, atención a otras máquinas...

De esta forma la empresa incrementa de forma positiva la productividad y a la vez mejora la calidad de trabajo para sus operarios, buscando siempre la mejora de las condiciones de los mismos, y a la vez aumentando sus conocimientos mediante la formación para desarrollar otras tareas más cualificadas.

1.2 El robot en la industria

Existen numerosas aplicaciones industriales en las que es factible el empleo de robots. El diseño, desarrollo, implantación y puesta punto de un sistema de automatización con robots, normalmente resulta económicamente caro y las empresas necesitan obtener resultados económicos que hagan viable cualquier inversión de este tipo. El diseño e implantación del

robot y todo el conjunto mecánico que incluye una célula robotizada, juega un papel importantísimo en el éxito de la automatización.

Al automatizar un sistema empleando robots industriales, estamos dotando la instalación de gran flexibilidad. La modificación del proceso productivo, e incluso la reutilización del mismo robot hace que sea muy flexible y útil en tareas o modificaciones futuras.

En este proyecto se ha tenido en cuenta la flexibilidad que nos proporciona un sistema robotizado a la hora del estudio de la aplicación y de la solución aportada. El cliente hace un esfuerzo económico que sabe que es una inversión de futuro para la empresa. En un principio se llevará a cabo la instalación y puesta en marcha de una sola célula robotizada, pero el proyecto ambiciona montar una en cada uno de los tornos que tiene el cliente.

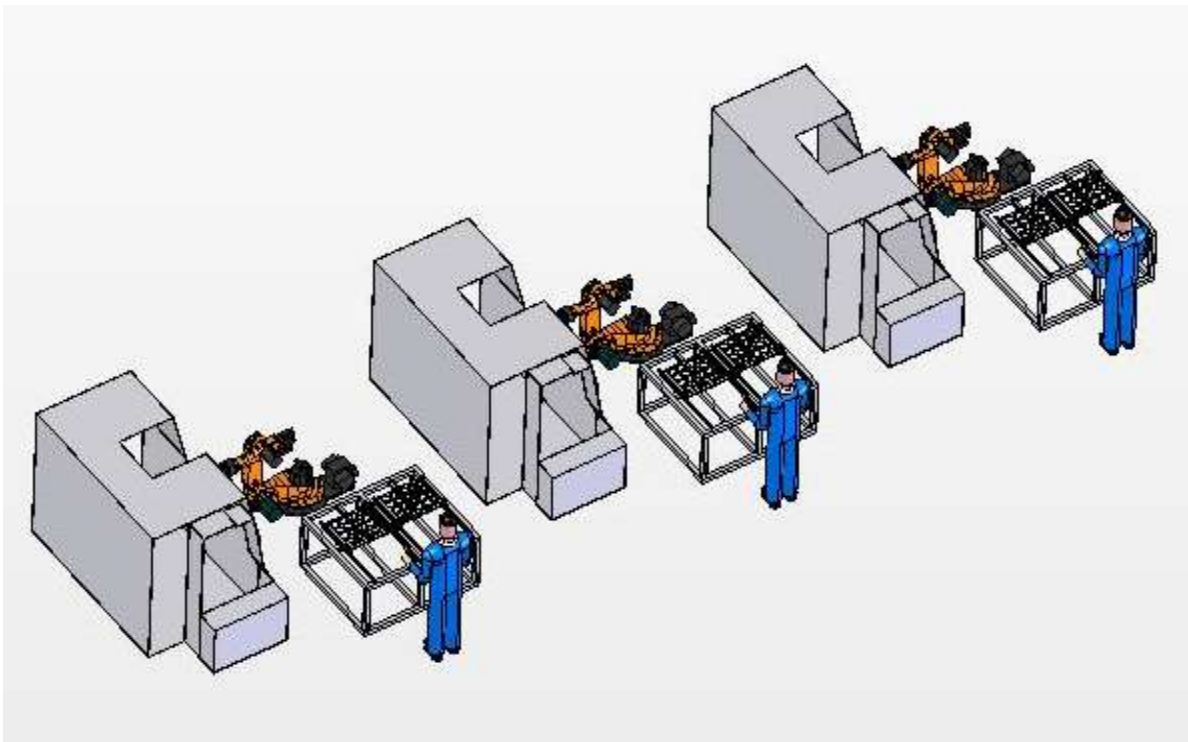


FIGURA 1-1

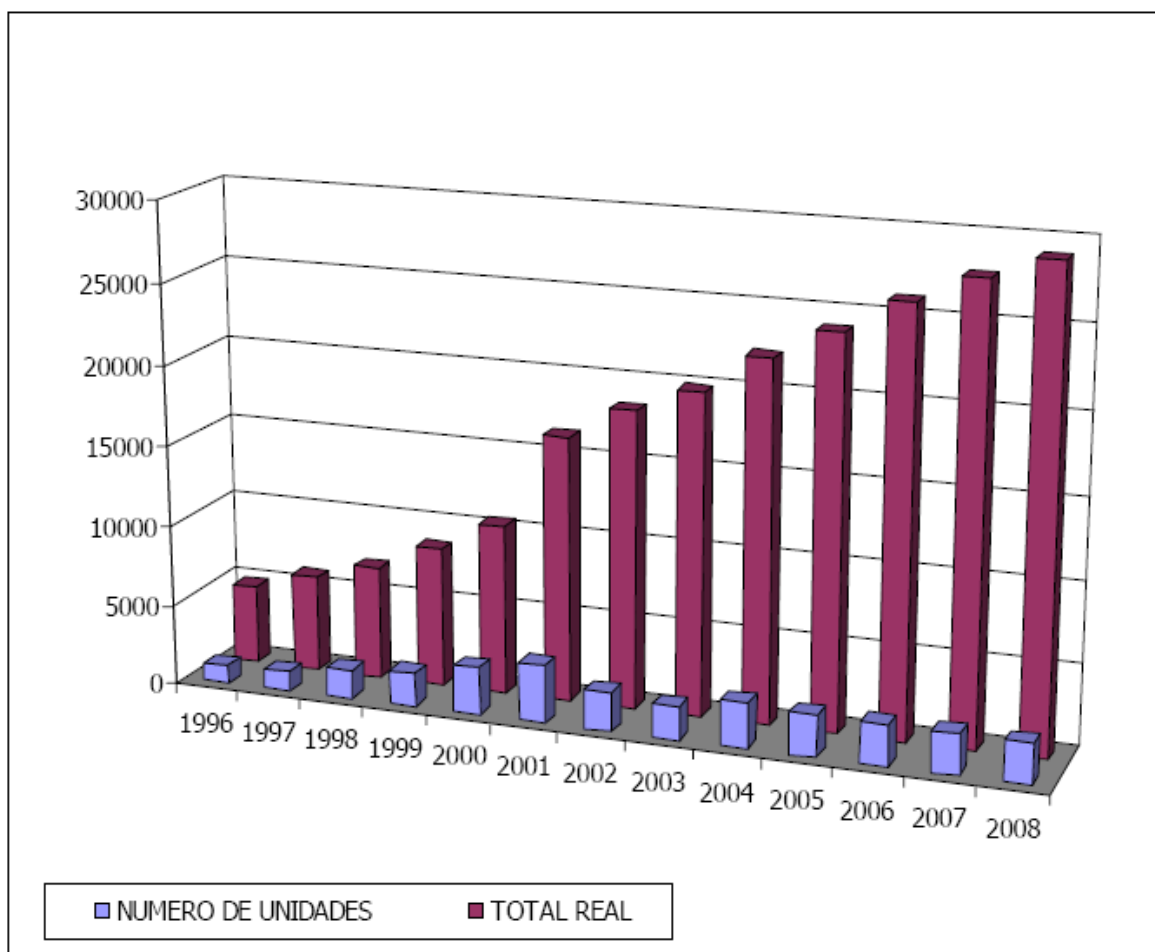
1.3 Evolución del parque de robots en España

El parque de robots en España ha ido aumentando año tras año exponencialmente. En un principio los robots industriales más instalados eran los relacionados con la industria del automóvil. En los últimos años ha ido cambiando la tendencia aumentando las instalaciones con

robots dedicados a la manipulación. La instalación de una célula robotizada se traduce en éxito de productividad gracias a su gran fiabilidad, repetitividad y precisión en su funcionamiento.

El mundo empresarial cada vez apuesta más por este tipo de proyectos gracias a la versatilidad que les ofrece. Se tiene en cuenta que la inversión inicial estará amortizada en pocos años, dependiendo de la aplicación que desarrolle el robot, pero en todo caso es una apuesta de futuro y esto se ha demostrado con las primeras instalaciones que se hicieron. Hoy en día toda empresa que comenzó hace ya más de una década en confiar en estos proyectos, no duda en seguir implantando robots en sus fábricas.

Gráfico con la evolución de robots instalados desde 1996.



GRÁFICA 1-1

1.4 Descripción del proyecto

El Grupo Plásticos Ferro, grupo líder del sector de tuberías y accesorios plásticos en la Península Ibérica, y uno de los pioneros en la fabricación de tuberías de Polietileno Reticulado, consciente de la importancia creciente de este campo de aplicación para los materiales termoplásticos, constituye BRASELI para dar una alternativa técnica y comercial adecuada a las necesidades actuales y futuras del mercado.

En el año 2007 se comienza el proyecto en la fábrica BRASELI, localizada en Miranda de Ebro (Burgos), cuya misión es la fabricación y comercialización de productos y sistemas destinados a las conducciones de agua fría y caliente a presión, especialmente a las instalaciones de calefacción y fontanería.

Por razones técnicas y de fabricación, el proyecto queda pausado durante los dos siguientes años, y es transferido a la fábrica de Ferroplast S.L. en Granada en el año 2009, donde se mantienen todas las características iniciales del proyecto intactas. Se trasladan todos los elementos de la célula del robot incluyendo el torno de fabricación, y se hace la puesta en marcha del sistema.

En la sección de la fábrica donde se va a llevar a cabo la instalación de la célula de robot, se encuentra una forja. En la forja se modela el metal por deformación plástica y se da forma al metal fundido vertiéndolo dentro de un molde (fundición). De esta máquina proceden las piezas moldeadas listas para ser torneadas. En la célula del robot se encuentra un torno donde introduciendo las piezas moldeadas, tras la ejecución de un programa de vaciado, se consigue la pieza final fabricada.

Se diseña una célula de robot para la alimentación de este torno, permitiendo de esta forma que el operario encargado de estar alimentando el torno, pueda depositar una cantidad considerable de piezas en unas bandejas de alimentación para el robot. Esto permitirá que el operario se haga cargo de otras funciones de producción al no tener que estar ejerciendo la función de alimentar el torno cada ciclo.

La célula del robot está formada por varios elementos:

- Una mesa de alimentación con dos bandejas móviles.
- Una estación de soplado para las piezas que salen del torno.
- Una cinta de salida y otra de control de calidad.
- Un Pupitre de control (PLC y Pantalla Táctil)

-Un robot Kuka KR6-2.

Una vez se saben los elementos necesarios para nuestra aplicación, se diseñan los esquemas eléctricos del Pupitre de Control. Se hace un listado de todos los elementos neumáticos y eléctricos necesarios para cada elemento de la célula del robot, y según la función de cada uno se numera como entradas o salidas digitales en el autómata.

El cliente especifica sus necesidades respecto al control de la instalación, es decir, la forma en la que quieren que el operario pueda interactuar con el sistema. De esta forma se hace un diseño de una pantalla táctil con todos los datos necesarios solicitados.

El producto que se va a fabricar requiere un desarrollo en lo que a ingeniería mecánica se refiere. Se diseña la garra de manipulación del producto a fabricar de forma que tenga pinzas intercambiables para diferentes productos. De igual forma se diseña un tipo de bandeja para cada producto, codificadas para poder ejercer un mejor control sobre la instalación.

1.5 Objetivo del proyecto

Se quiere automatizar parte de la elaboración de un conjunto de piezas que hasta ahora seguían un proceso de fabricación manual. En el proceso de fabricación actual interviene un torno que moldea la pieza forjada. En él hay un operario encargado de introducir las piezas en el torno y extraerlas una vez torneadas.

El diseño y elaboración de este proyecto tiene como objetivo implantar una célula con un robot que introduzca y extraiga las piezas del torno. Se añaden elementos que mejoran la instalación y la hacen robusta y flexible.

Así un proyecto que en principio bastaría con la instalación y programación de un robot para alimentar varios tipos de piezas, se le añade un pupitre de control que aporta versatilidad al sistema, con selección de recetas, movimientos manuales, seguimiento de tiempos y contadores de producción, y entre otras muchas mejoras, se incorpora gracias a este control seguridades para que no sea posible la equivocación del operario en cuanto a la pieza que debe fabricar. Esto último evita destrozos en el torno ya que introducir una pieza equivocada y ejecutar el programa del torno podría ser desastroso.

1.6 Estructura de la memoria

La memoria del proyecto se divide en seis partes claramente diferenciadas. La estructura de la memoria está diseñada para que se pueda entender fácilmente todas las partes del proyecto.

La primera parte de introducción y antecedentes nos sitúa en tiempo y espacio el proyecto, aportando datos sobre la historia de la robótica y sobre la empresa donde se va a llevar a cabo el proyecto. En esta parte encontramos una visión objetiva sobre el proyecto que nos sirve para entender de forma clara el problema y la solución aportada.

La segunda parte describe el Sistema de Producción Robotizado definiendo el proyecto y defendiendo los elementos seleccionados. Cada parte que forma la célula robotizada se explica de modo que se entienda la filosofía del sistema desarrollado.

La tercera parte es el diseño de todas las partes que forman esta célula robotizada. Se hace una descripción más exhaustiva sobre cada elemento del sistema.

La cuarta parte explica los Software que se van a utilizar para la programación del robot, el autómatas y la pantalla táctil. De esta forma se introduce una perspectiva más concreta del alcance del proyecto ya que la programación mediante estos Software es bastante intuitiva y robusta.

La quinta parte define la estructura de los programas y parte del código programado del robot, del PLC y de la pantalla. Se definen varios diagramas de flujo que interpretan de forma muy clara la funcionalidad del sistema.

Por último encontramos la sexta parte donde vemos las conclusiones y la bibliografía utilizada para el desarrollo de nuestro proyecto. También tenemos los anexos en esta última parte, donde se encuentra todo el código de programa del PLC y del robot, así como los esquemas eléctricos del pupitre.

2. ANTECEDENTES

2.1 Motivo del proyecto

El cliente que solicita el desarrollo y puesta en marcha del proyecto de automatización robotizado, en este caso Plásticos Ferro S.L., acude a nuestra empresa Automatismo y Control Informático S.L.(A&C) para que le ofrezcamos una solución a su problema planteado, en este caso la robotización de sus puestos de alimentación de tornos.

Se visita la fábrica del cliente para observar el modo de producción que desea automatizar. En este caso se observa que la alimentación del Torno la desempeña un operario, que aunque el ciclo de trabajo del Torno está alrededor de los dos minutos, no puede acudir a otros tornos ya que debe limpiar la pieza que sale del Torno y colocarla en un depósito.



FIGURA 2-1

Observado el problema, se cogen muestras de piezas a fabricar y se toman fotografías de la garra del torno, situación del mismo y se solicitan los esquemas eléctricos para poder seleccionar las señales digitales necesarias para su control externo.



FIGURA 2-2



FIGURA 2-3

Tras reunirse con el cliente y estudiar su problema, en coordinación con su ingeniería, se desarrolla y definen los elementos que el sistema debe incorporar para el correcto funcionamiento de la célula de robot que se quiere instalar. Una vez estudiado el sistema se ofrece la incorporación de un Pupitre de Control y un Robot al sistema de alimentación automático para poder coordinar todos y cada uno de los elementos del sistema.

Se presupuesta la programación e instalación del robot y el Pupitre de control, así como la automatización de los demás elementos mecánicos que intervienen en el proceso. El cliente ve correcto el precio del presupuesto y se comienza la programación del robot, del PLC y la Pantalla en el taller de nuestra empresa, A&C, de forma que la puesta en marcha en casa del cliente sea lo más eficaz y rápida posible.

A continuación observamos el robot en el taller de la empresa, donde se lleva a cabo su programación e instalación de la garra.



FIGURA 2-4

En la siguiente figura vemos el pupitre de control recién montado en nuestro taller eléctrico, listo para ser interconexionado con el robot y ser programado.



FIGURA 2-5



FIGURA 2-6

3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN ROBOTIZADO PROPUESTO

3.1 Definición del proyecto

3.1.1 Planteamiento

Se toman los datos necesarios de planta donde se va a instalar la célula del robot, para así poder distribuir en plano por ordenador los diferentes componentes que la conforman. Se estudia una solución sobre la colocación de los elementos en campo, de forma que quede definida la acotación de la célula del robot, y se le muestra al cliente para su aprobación.

En la figura se observa a la izquierda el torno, en el centro el robot, y a la derecha la mesa de alimentación de piezas junto al operario.

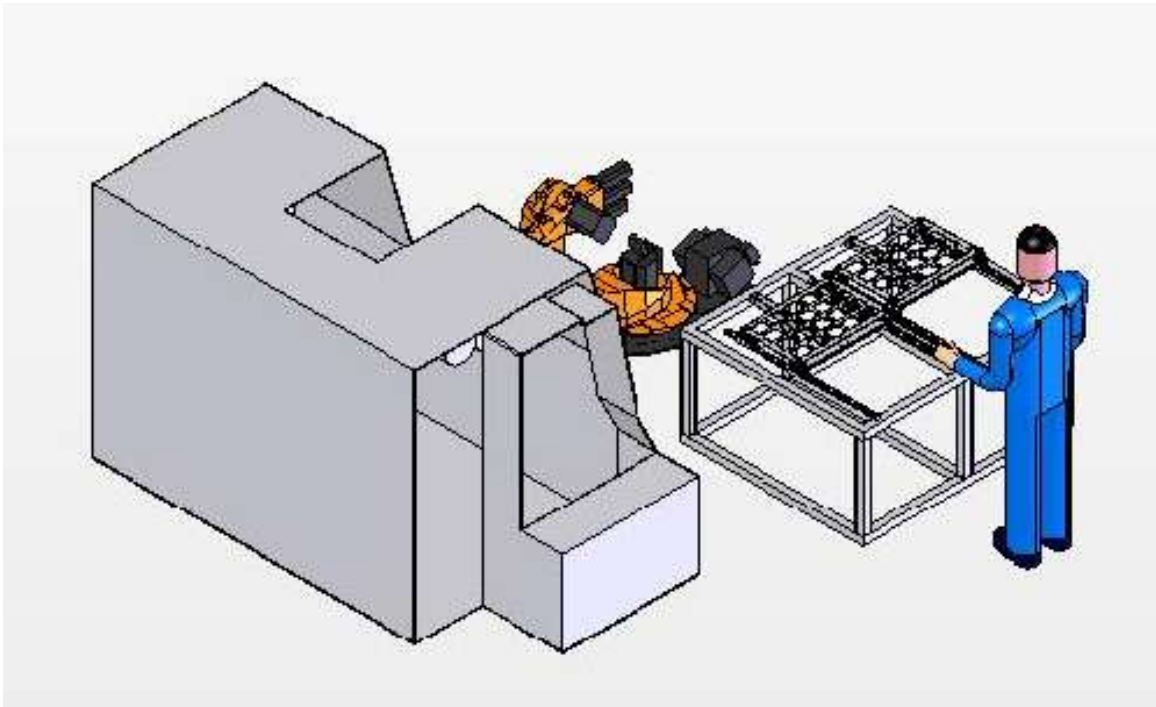


FIGURA 3-1

3.1.2 Selección de componentes

Al tratarse de una célula para un robot de manipulación, una correcta selección del robot nos va a garantizar el 50% del éxito en el desarrollo final de la instalación. Debemos seleccionar el robot más adecuado que nos permita solventar el problema requerido por el cliente y con el menor costo posible. En función de las características del robot el precio puede variar en unos cuantos miles de euros.

Una vez se especifican las necesidades para la manipulación de las piezas, se diseña una garra con dos pinzas que al tener estructura de aluminio su peso no supera los 3Kg en total. De esta forma se necesitaría un robot que aguante una carga mínima, se elige un robot Kuka KR6-2 de 6kg ya que se adapta a nuestras necesidades. Por su fiabilidad y nuestros conocimientos sobre su interfaz y programación, nos inclinamos por esta marca de prestigio mundial y robustez demostrada.



FIGURA 3-2

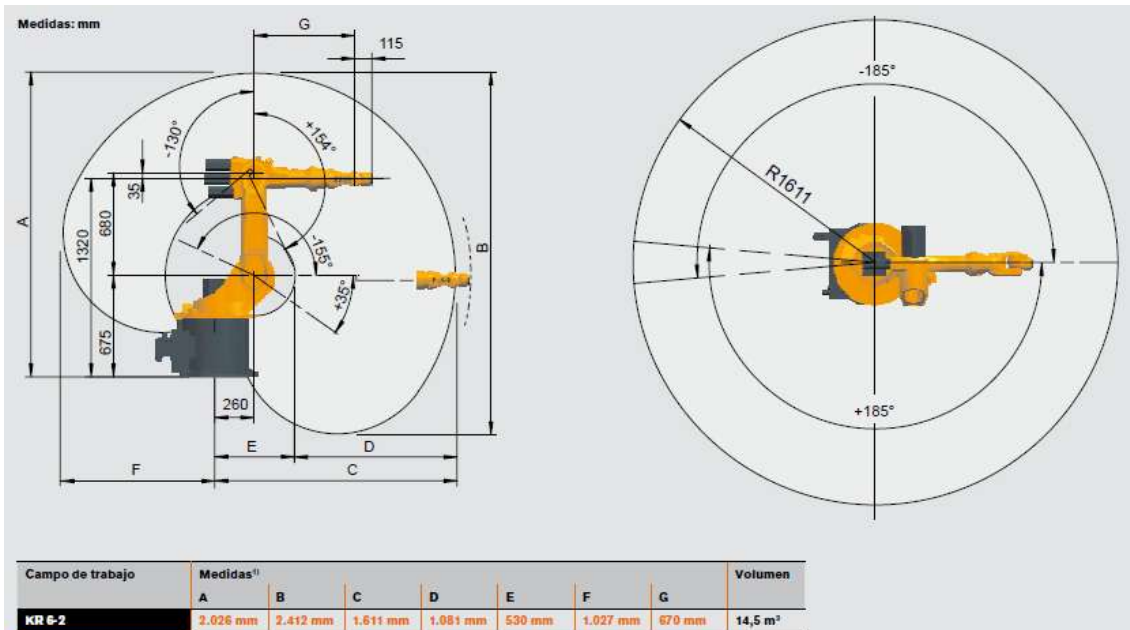


FIGURA 3-3

Modelo	KR 6-2	
Alcance máximo	1.611 mm	
Carga útil nominal	6 kg	
Carga ad. brazo/brazo osc./col. gir.	10/variable/20 kg	
Carga ad. brazo + brazo osc., máx.	Variable	
Carga máx. total	36 kg	
Cantidad de ejes	6	
Posición de montaje	Piso, pared, techo	
Variante		
Repetibilidad de posición*	±0,05 mm	
Repetibilidad de trayectoria*		
Unidad de control	KR C2 edition2005	
Peso (sin unidad de control), aprox.	235 kg	
Temperatura en servicio	+5 °C hasta +55 °C	
Tipo de protección	IP 65	
Superficie de colocación robot	500 mm x 500 mm	
Conexión	7,3 kVA	
Nivel de ruido	<75 dB	
Datos de los ejes	Campo (software)	Velocidad con carga nominal
Eje 1 (A1)	±185°	156°/s
Eje 2 (A2)	+35°/-155°	156°/s
Eje 3 (A3)	+154°/-130°	156°/s
Eje 4 (A4)	±350°	343°/s
Eje 5 (A5)	±130°	362°/s
Eje 6 (A6)	±350°	650°/s

FIGURA 3-4

Una alternativa a este robot habría sido el modelo HP20-6 de 6kg de la marca Motoman, ya que tiene unas características similares al Kuka KR6-2. Pero por motivos anteriormente expresados, y porque nuestro suministrador nos ofreció un precio inmejorable para el Kuka, nos declinamos por el mismo. A continuación observamos en la figuras las características generales del Motoman.



FIGURA 3-5

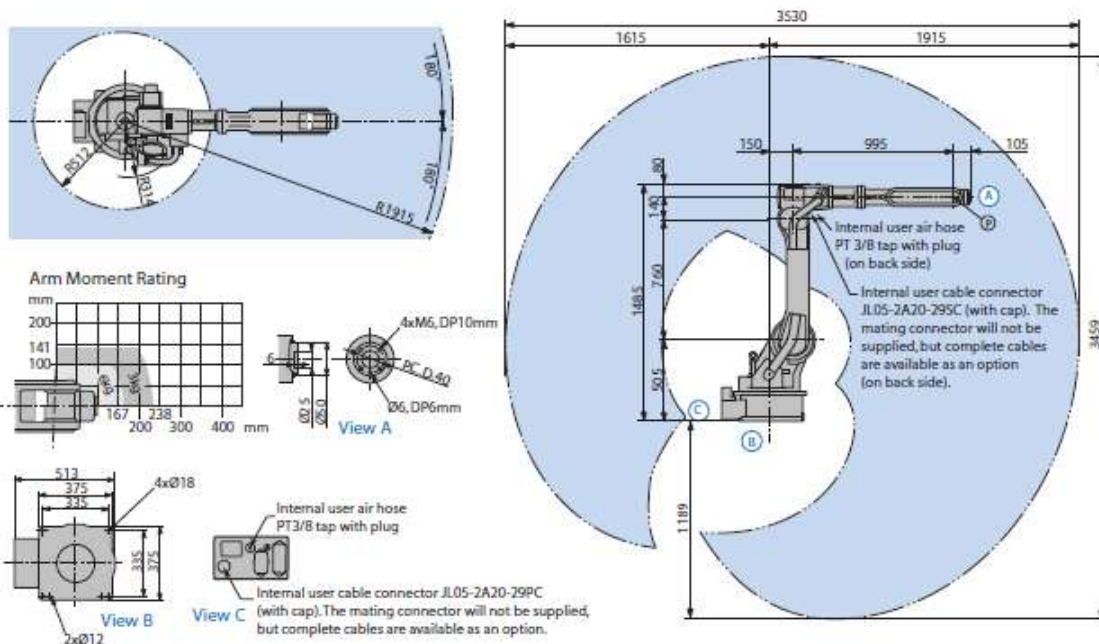


FIGURA 3-6

HP20-6 SPECIFICATIONS		
Structure	Vertical jointed-arm type	
Controlled Axes	6	
Payload	6 kg (13.2 lbs.)	
Vertical Reach	3,459 mm (136.2")	
Horizontal Reach	1,915 mm (75.4")	
Repeatability	±0.06 mm (0.002")	
Maximum Motion Range	S-Axis (Turning/sweep)	±180°
	S-Axis (Wall Mount)	±30°
	L-Axis (Lower Arm)	+155°/-110°
	U-Axis (Upper Arm)	+255°/-165°
	R-Axis (Wrist Roll)	±200°
	B-Axis (Bend/Pitch/Yaw)	+230°/-150°
Maximum Speed	S-Axis	170°/s
	L-Axis	170°/s
	U-Axis	175°/s
	R-Axis	355°/s
	B-Axis	345°/s
	T-Axis	525°/s
Approximate Mass	285 kg (628.4 lbs.)	
Brakes	All axes	
Power Consumption	2.8 kVA	
Allowable Moment	R-Axis	11.8 N • m
	B-Axis	9.8 N • m
	T-Axis	5.9 N • m
Allowable Moment of Inertia	R-Axis	0.24 kg • m ²
	B-Axis	0.17 kg • m ²
	T-Axis	0.06 kg • m ²
Internal User Electrical Cable	16 conductors +ground	
Internal User Air Hose	PT3/8 connector	

FIGURA 3-7

Tenemos varios elementos que deben interactuar con el robot, así que se define un pupitre de control para gestionar el ciclo de trabajo. Cada elemento de la instalación cuenta con una serie de señales de entrada y salida hacia el control. El pupitre de control nos va a servir también para llevar un control de la producción en cuanto a ciclos de trabajo y tiempos de producción, para la gestión de averías, la configuración de bandejas, accionar controles manuales...

A continuación observamos las medidas del pupitre que se va a utilizar, este es de la marca ELDON con unas medidas de 1200x985x328mm.

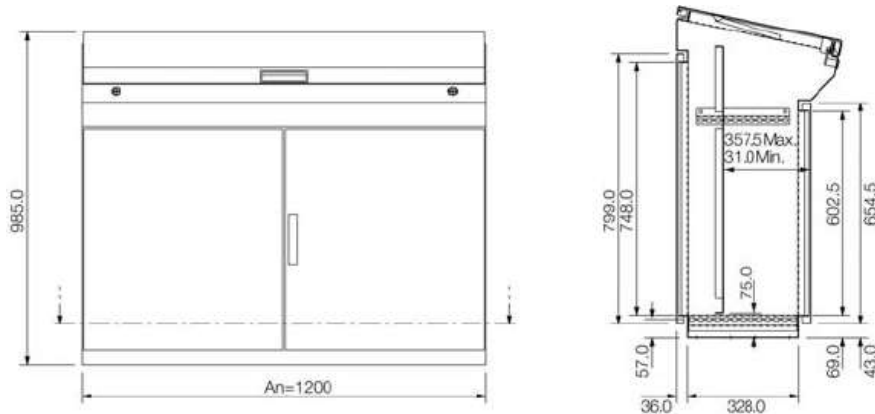


FIGURA 3-8

La selección del PLC se hace basándonos también en nuestros conocimientos y necesidades en cuanto a programación se refiere. Se tiene experiencia con varias marcas de PLCs, entre ellas están Siemens, Panasonic, Omron, Mitsubishi, Telemecánica y otras de menos importancia, que nuestra empresa viene teniendo relación con todas ellas desde sus orígenes. Si queremos que nuestro sistema disponga de comunicaciones Devicenet para poder controlar el robot, la diferencia de precios es bastante amplia entre unas marcas y otras.

Se determina que la mejor opción calidad precio para el sistema la tenemos con el PLC FPSigma de Panasonic, ya que tiene un precio muy asequible y opciones de ampliación con módulos de entradas-salidas y comunicaciones.



FIGURA 3-4

La unidad de expansión de entradas salidas que se añade es propia del FP0.



FIGURA 3-5

Especificaciones del Autómata (FPG-C32T2H-A).

Tipo de PLC	FPG-C24R2H-A FPGC24R2HTM	FPG-C28P2H-A FPGC28P2HTM	FPG-C32T2H-A FPGC32T2HTM
Entradas	16	16	16
Salidas	8 Relé	12 Transistor PNP	16 Transistor NPN
Carga de las salidas	2A	4x0,5A y 8x0,3A	4x0,3A y 12x0,1A
Max. número de E/S digitales	376 (192 / 184)	380 (192 / 188)	384 (192 / 192)
Max. número de E/S analógicas	40 Entradas / 28 Salidas		
Velocidad de operación	0,32µs por instrucción básica		
Memoria			
Memoria de programación	Memoria Flash ROM		
Capacidad de programa	32000 pasos		
Registros datos (DT)	32.765 palabras (expandible hasta 1024k palabras)		
Funciones especiales			
Potenciómetro	2 puntos, resolución: 10 bits (0 a 1000) (para CT32T2, C24R2, y C28P2)		
Entrada de Termistor	2 puntos, resolución: 10 bits (0 a 1000) (sólo para CT32T2TM, C24R2TM, y C28P2TM)		
Contador de alta velocidad	Simple fase 1canal (50kHz), 2 canales (30kHz), 3 ó 4canales (20kHz), Doble fase 1canal (20kHz), 2canales (15kHz)		
Salida de pulsos	-	1 canal: máx. 100kHz (x 1) 2 canal: máx. 60kHz (x 2)	
Puertos serie	hasta 3		
Calendario Reloj	Disponible (con batería)		
Margen de alimentación	24V CC (±10%)		

FIGURA 3-6

La pantalla táctil que se elige ya viene determinada por el PLC seleccionado, en este caso de la marca Panasonic, por sus características y precio es la mejor opción frente otras marcas como Siemens donde una pantalla similar llega a triplicar el precio. La pantalla es una Panasonic modelo GT21 en color. Sus principales características las vemos en la siguiente figura.

- Display 4,7 pulgadas STN 256 colores
- Retroiluminación de LED blancos
- Resolución: 320 x 240 píxels
- Dimensiones: 142 x 112 x 29,9mm
- Gráficas, recetas alarmas y mensajes desplazables
- Lista de Alarmas
- Puerto de comunicación: RS232C / RS422 (RS485)
- Puerto transparente para depurar simultáneamente el PLC y la pantalla
- Reloj en tiempo real con batería de reserva
- Protección por contraseña
- Bajo consumo de potencia de tan solo 4,8W
- Protocolos de otros fabricantes de autómatas

FIGURA 3-7

Figura que muestra la Pantalla GT21.



FIGURA 3-8

La mesa de alimentación consta de dos bandejas móviles para poder insertar piezas en ellas con el robot en funcionamiento. El diseño de la mesa lo realiza el cliente, ya que posee taller mecánico. Nosotros automatizamos la mesa mediante dos válvulas neumáticas biestables para el movimiento de las bandejas, incorporando sus respectivos detectores en los cilindros.

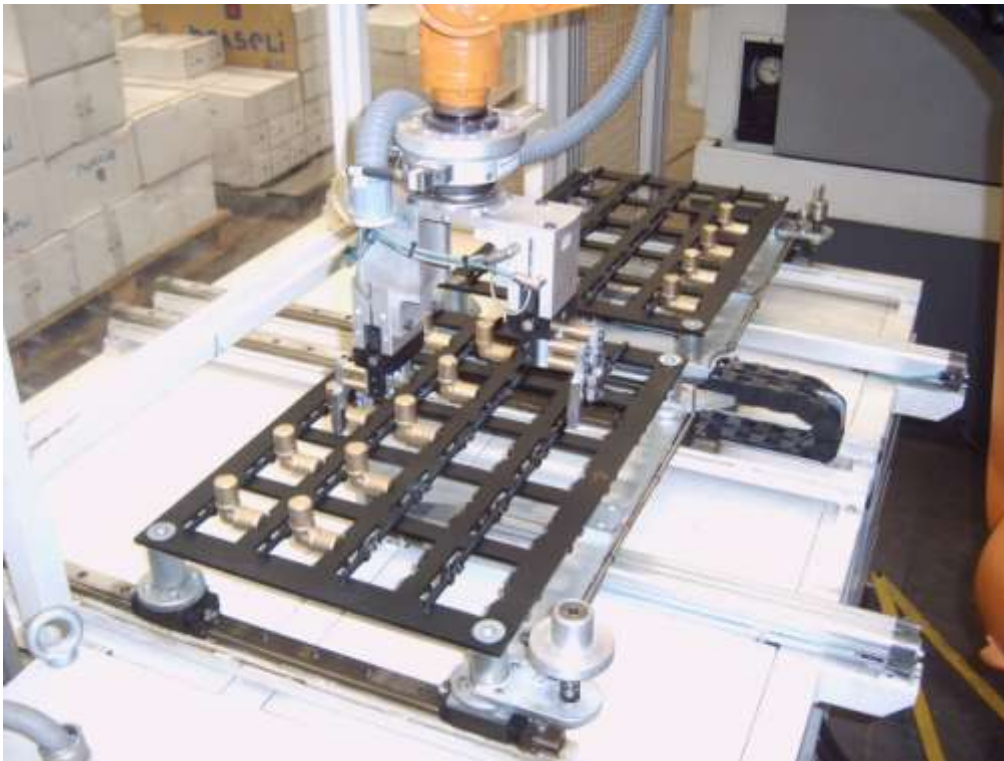


FIGURA 3-9

Se añade también el sistema de codificación de bandeja, que consta de un conector DB9 en la base de cada bandeja, donde se conecta el conector que trae cada bandeja desmontable



FIGURA 3-10

La estación de soplado también la facilita el cliente, añadiendo nosotros la parte eléctrica y neumática necesaria para su correcto funcionamiento.



FIGURA 3-10

3.1.3 Sistemas de seguridad

Se delimita la zona de trabajo del robot con unas rejjas de protección, para evitar la entrada de personas durante el funcionamiento de la instalación. Se deja una puerta de acceso en el enrejado, con un mecanismo de seguridad que hace entrar al sistema en emergencia si se produjese su apertura. En la siguiente figura observamos las rejjas de la célula del robot por la parte de alimentación de la mesa.



FIGURA 3-11

En la siguiente figura observamos las rejjas de la célula del robot por la parte trasera.



FIGURA 3-12

En la siguiente figura observamos las rejas de la célula del robot por la parte de la puerta de acceso a la misma.



FIGURA 3-13

Tanto en la consola de manipulación del robot, como en el pupitre de control y la puerta de acceso, se encuentran setas de emergencia para el uso de los operarios, en caso de que fuese necesario parar la ejecución del sistema de forma inmediata.



FIGURA 3-14

La garra del robot va unida al eje seis mediante un sistema de anticolidión. Éste consta de un detector que se mantiene activado mientras, habiendo una cierta presión neumática en el mismo, no colisione. Si colisiona, este sistema genera un paro de emergencia en el robot, evitando así cualquier desastre.

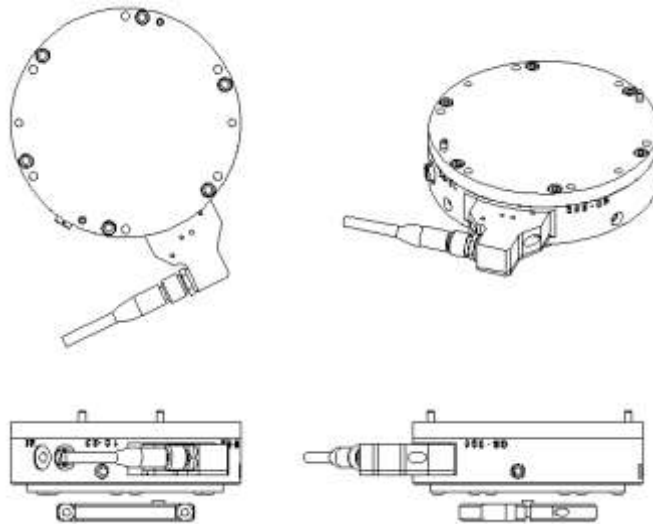


FIGURA 3-15

3.2 Componentes

3.2.1 Robot KUKA KR6-2

Es un robot industrial de seis ejes con cinemática de articulación. La carga útil nominal aplicada en la muñeca es de hasta 6Kg. Esta carga puede ser desplazada a máxima velocidad con extensión máxima del brazo. En la figura siguiente podemos observar los elementos del robot, a falta de la consola de programación. La repetitividad es de $\pm 0.1\text{mm}$, su peso de 205kg y el nivel de ruido inferior a 75 dB fuera del campo de trabajo.

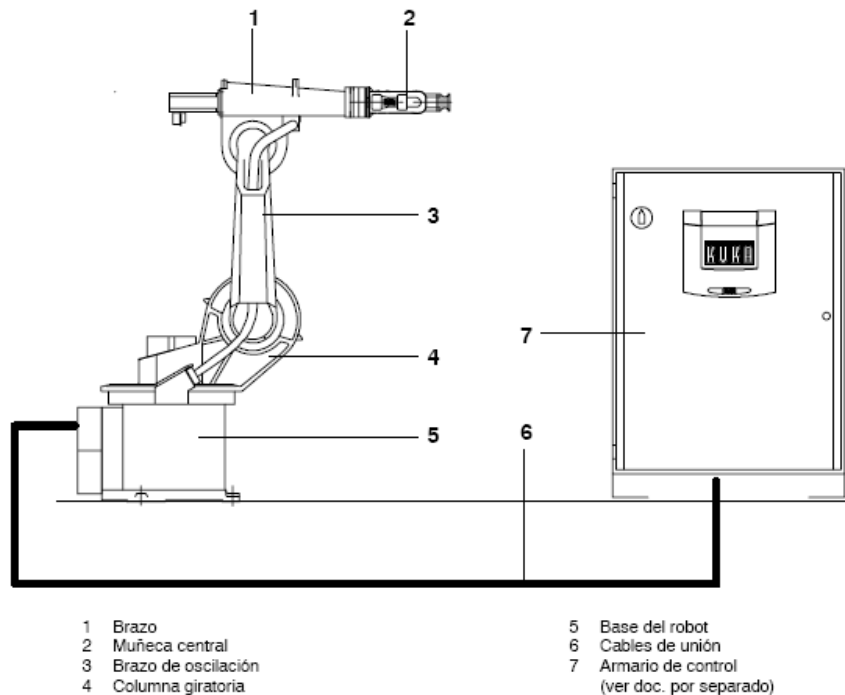


FIGURA 3-16

A continuación vemos la tabla que nos indica los límites de carga del robot.

Muñeca	6Kg
Carga útil nominal [Kg]	6
Carga adicional con carga útil nominal [Kg]	10
Carga total máxima [Kg]	16

TABLA 3-1

En la figura observamos la relación de cada carga en cada parte del robot.

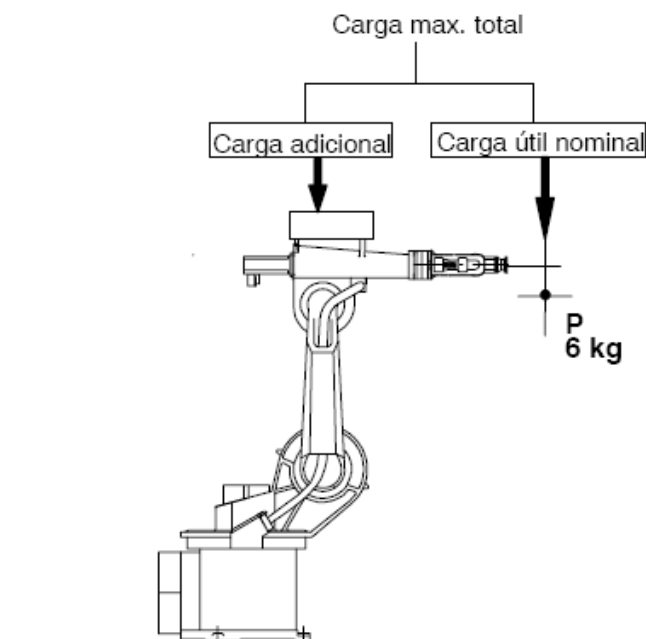


FIGURA 3-17

El robot va equipado con una muñeca central de tres ejes para 6 kg de carga útil. Va fijada con una brida(2) al brazo. Los ejes 4, 5 y 6 son accionados a través de los tres árboles concéntricos(1). A la brida de acople(3) del eje 6, pueden ir montados distintos útiles. A los ejes 1, 2 y 3 les corresponde un dispositivo de medición, a través del cual, por medio de un comparador electrónico, puede comprobarse la posición mecánica cero de cada eje, y ser memorizada en la unidad de control. En el caso de la muñeca el ajuste de cada eje se realiza llevando a su posición de cero cada eje, haciendo coincidir unas marcas.

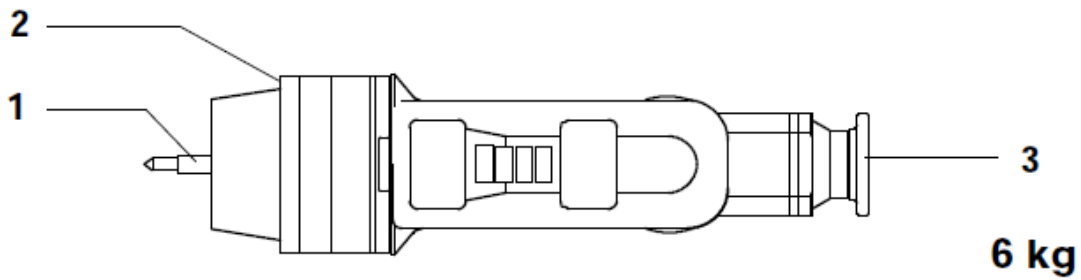


FIGURA 3-18

El grupo constructivo del brazo representa el elemento accionado del eje 3 del robot. El brazo va abridado lateralmente al brazo de oscilación (6), a través de un reductor y apoyo integrado, y es impulsado por el accionamiento del eje principal A 3 (5). El eje de giro (7) del brazo ha sido seleccionado de modo tal que puede prescindirse de una compensación de peso sobre el brazo. El rango software útil del movimiento de oscilación del brazo, es de $+70^\circ$ hasta -210° , referido a la posición mecánica cero del eje 3, que corresponde a la posición horizontal hacia adelante del brazo.

Adicionalmente a los límites de carrera software, el rango de giro es limitado por topes finales con función amortiguadora.

Sobre la parte trasera de la carcasa del brazo, van montados los accionamientos para los ejes de la muñeca 4 hasta 6 (1). Está construido de fundición de material liviano y optimizado por CAD y FEM, igual que la carcasa del brazo de oscilación y la columna giratoria.

Sobre la parte delantera del brazo se encuentra fijada la muñeca central (3), a través de una conexión estandarizada, y es accionada por medio de unidades de accionamiento (1), a través de árboles insertables (4), que se mueven dentro del brazo.

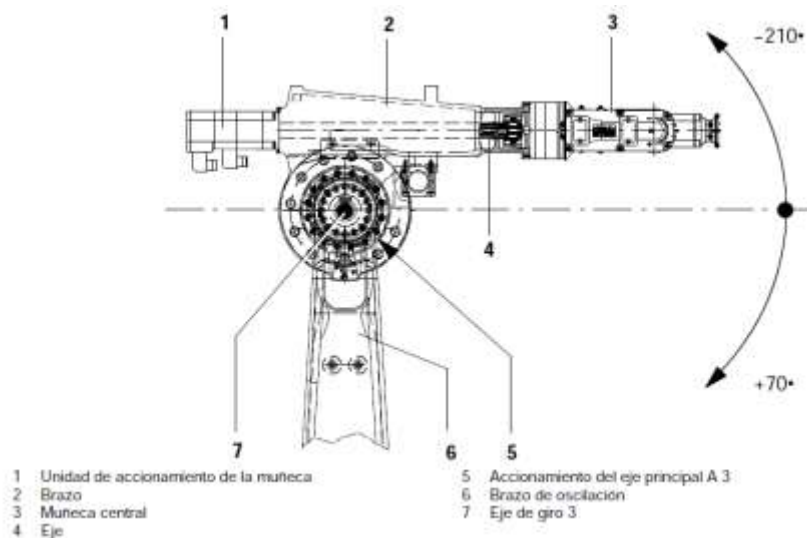


FIGURA 3-19

Los ejes de la muñeca se accionan a través de tres unidades de accionamientos. Estos están atornillados al brazo. Las unidades de accionamiento (2,1) para los ejes 4 y 5, accionan, a través de poleas dentadas y correas dentadas (4), a cada uno de los ejes correspondientes. El eje 6 de la muñeca es accionado directamente por medio de un árbol insertable proveniente de la unidad de accionamiento A6 (5).

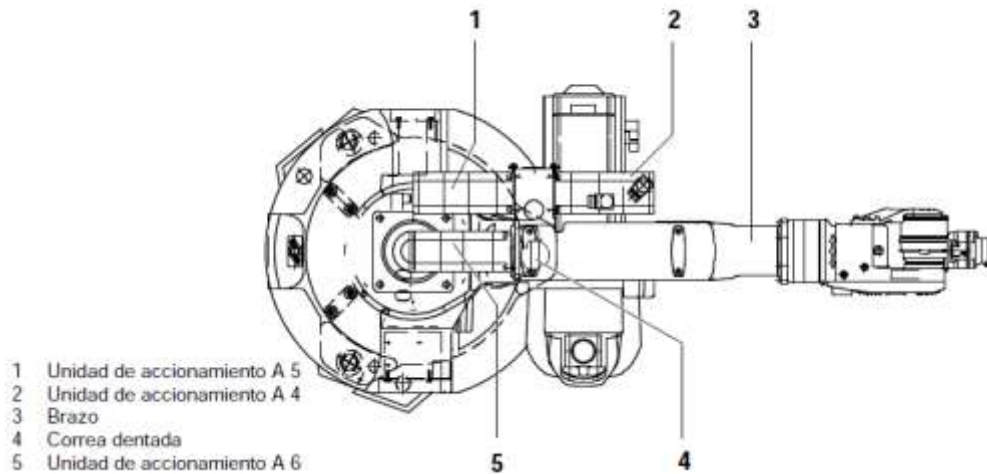
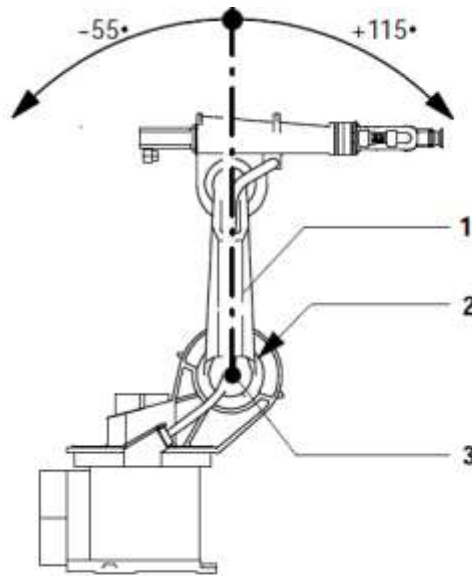


FIGURA 3-20

El brazo de oscilación representa el elemento accionado por el eje 2. Puede bascular en un rango útil con un ángulo software de $+115^{\circ}$ hasta -55° referido a la posición mecánica cero del eje 2, que corresponde a la posición vertical del brazo de oscilación en la figura alrededor del eje 2(3). El rango de giro software útil se limita, adicionalmente a los límites de carrera software, por medio de topes mecánicos con efecto amortiguador.



- 1 Brazo de oscilación
- 2 Accionamiento del eje principal A 2
- 3 Eje de giro 2

FIGURA 3-21

El brazo de oscilación soporta en la parte superior el reductor A 3 (5), en la parte inferior el reductor A 2 (2). Los reductores (5, 2) son al mismo tiempo elementos de accionamiento y apoyo de los grupos constructivos del brazo (4) y del brazo de oscilación (6). Las entalladuras de medición (7, 3) sirven para la definición de la posición del punto cero mecánico para los ejes 2 y 3. Dentro de la carcasa que forma el brazo de oscilación, van instalados los cables para la alimentación de energía y de señales que van desde la columna giratoria hasta el brazo.

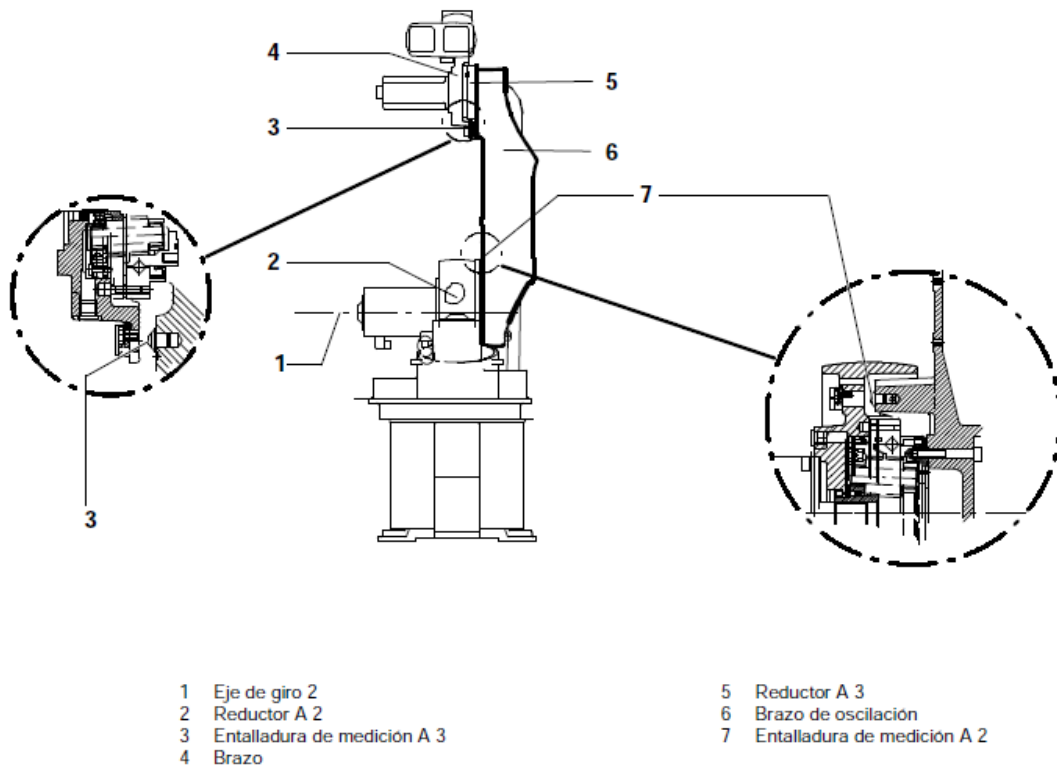


FIGURA 3-22

La columna giratoria es el grupo constructivo que se encuentra entre el brazo de oscilación y la base del robot. Puede girar debido a un reductor especial (4) atornillado a la base del robot (1). Ejecuta los giros alrededor del eje 1 (2). El rango de giro software útil, medido desde la posición mecánica cero (6), en dirección (+) y (--), es de 185°.

Adicionalmente a los límites de carrera software, el rango de giro está limitado por topes mecánicos con función amortiguadora. Este sistema de topes trabaja con un tope de arrastre de acción hacia ambos lados, guiado dentro de la base del robot, que limita mecánicamente el rango de giro grande por dos veces 185°.

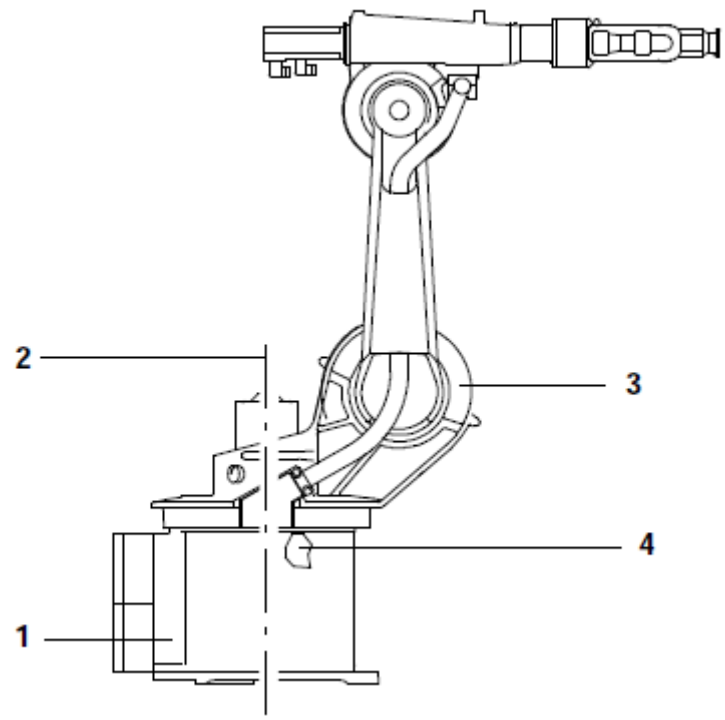
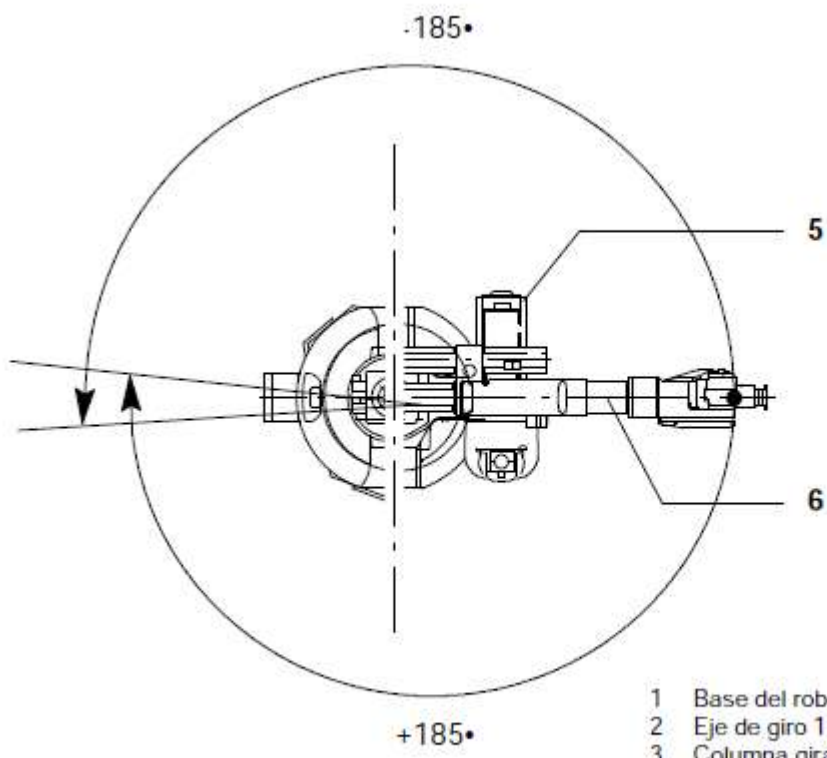


FIGURA 3-23



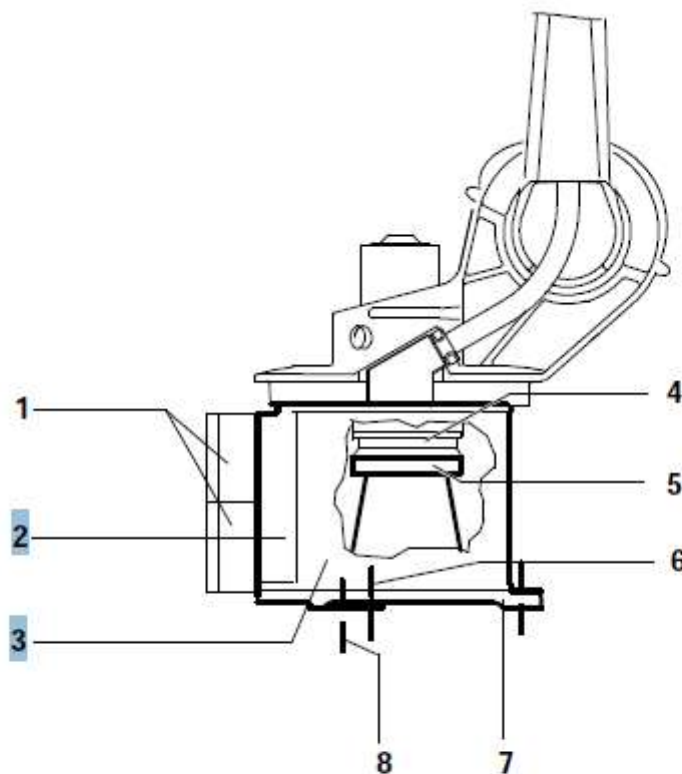
- 1 Base del robot
- 2 Eje de giro 1
- 3 Columna giratoria
- 4 Engranaje reductor especial
- 5 Accionamiento del eje principal A 2
- 6 Posición cero A 1

FIGURA 3-24

La base del robot es la parte fija del robot, sobre la cual gira la columna giratoria con el brazo de oscilación, el brazo y la muñeca. Su pie (7) en forma de brida, contiene tres taladros pasantes (8) para la fijación del robot y dos taladros de ajuste (6) con los cuales el robot puede ser colocado sobre dos pernos de recepción.

Sobre la brida (5), en el cuerpo de la base del robot (2), está fijado el engranaje reductor especial (4) del eje 1. A esta brida (5) están también integrados los toques de los arrastres de doble acción, que, conjuntamente con un tope en la columna giratoria asegura mecánicamente en el rango de giro de 370° limitado por software alrededor del eje 1.

Dentro de la base del robot, unidos por un tubo de protección flexible, los cables de la instalación eléctrica que van a la columna giratoria, son guiados libres de cargas mecánicas alrededor del eje 1. El espacio entre columna giratoria y base del robot está protegido por una cubierta (3) construida de una sola pieza. En las cajas de conexiones (1) se encuentran los conectores para los cables de unión del robot al armario de control.



- 1 Cajas de conexiones
- 2 Cuerpo de la base del robot
- 3 Cubierta A1
- 4 Engranaje reductor especial

- 5 Brida
- 6 Taladros de ajuste (x2)
- 7 Brida de pie
- 8 Taladros de fijación (x3)

FIGURA 3-25

Durante el servicio con el robot se generan fuerzas que deben ser transmitidas con seguridad al piso. En nuestro caso la instalación del robot se hace sobre piso, así debemos tener en cuenta las fuerzas que se generan para evitar posibles roturas de las uniones del robot al suelo.

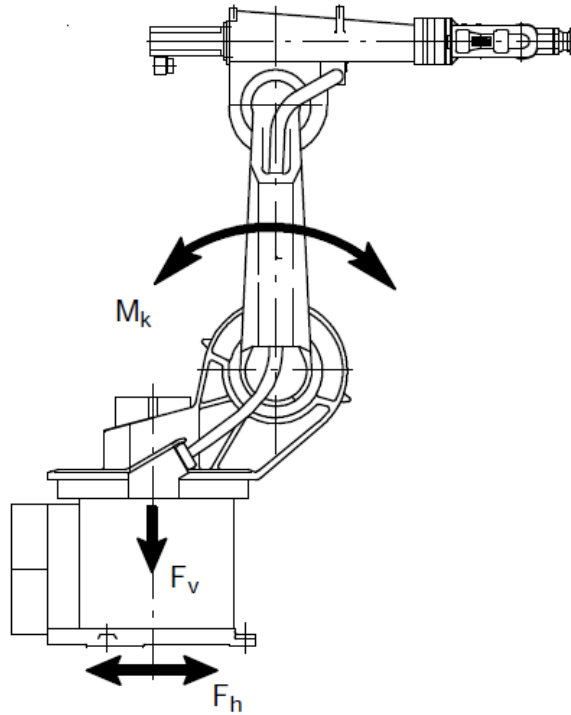
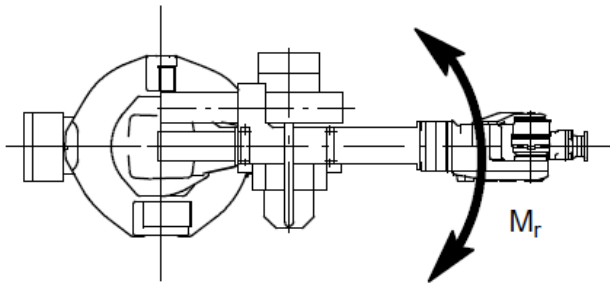


FIGURA 3-26



KR 6/2

F_v = fuerza vertical	F_{vmax} = 3500 N
F_h = fuerza horizontal	F_{hmax} = 2600 N
M_k = momento de vuelco	M_{kmax} = 3400 Nm
M_r = momento de giro alrededor del eje 1	M_{rmax} = 3200 Nm

Masa total = robot + carga total para tipo = 205 kg + 16 kg

FIGURA 3-27

En la tabla siguiente tenemos los rangos de movimientos del robot así como la velocidad de cada eje.

Eje	Rango de movimiento Limitado por Software	Velocidad
1	$\pm 180^\circ$	152°/s
2	+115° hasta -55°	152°/s
3	+70° hasta -210°	152°/s
4	$\pm 350^\circ$	250°/s
5	$\pm 130^\circ$	357°/s
6	$\pm 350^\circ$	660°/s

TABLA 3-2

En la figura observamos la relación de cada eje con el movimiento que puede realizar y sus direcciones.

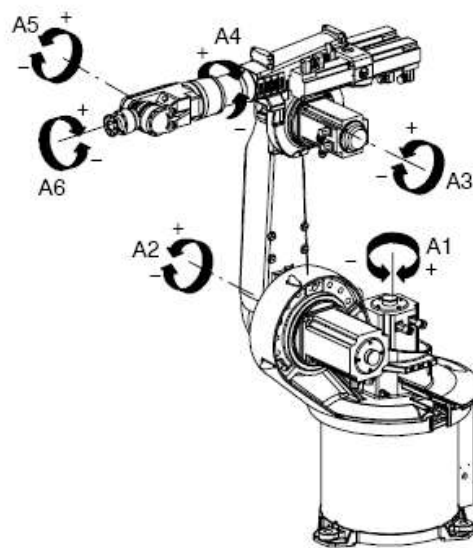


FIGURA 3-28

Las figuras siguientes nos muestran el campo de trabajo del robot.

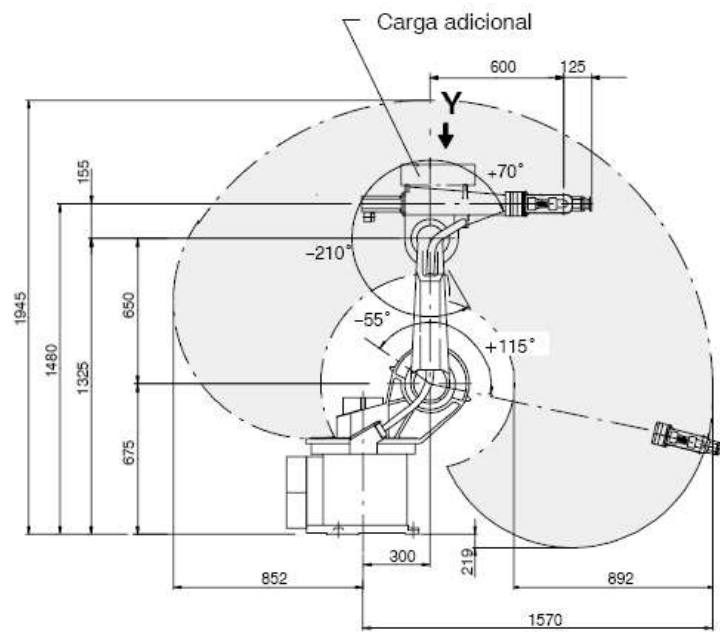


FIGURA 3-29

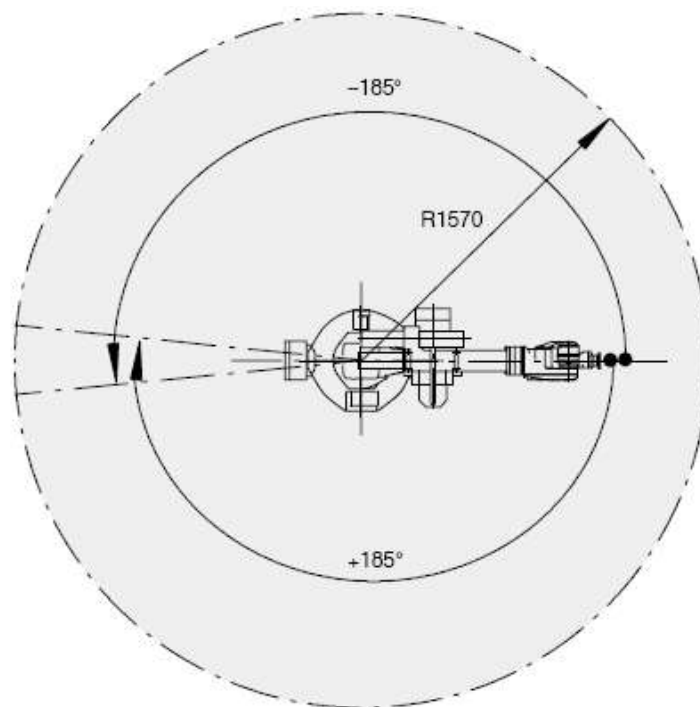
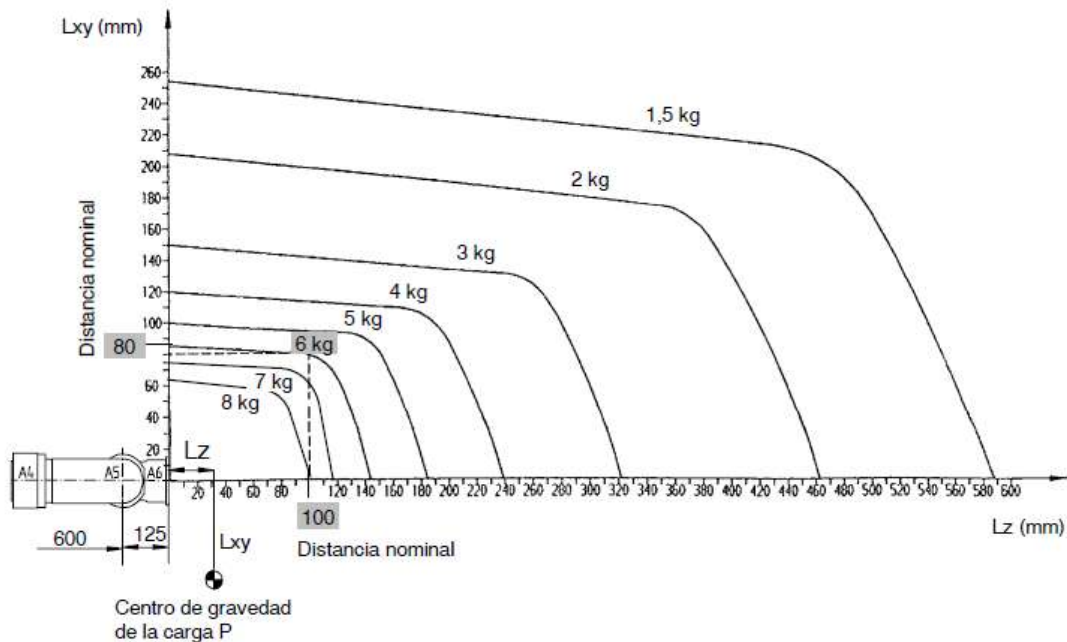


FIGURA 3-30

En la gráfica siguiente observamos la carga que soporta el eje 6 del robot en relación con la distancia desde el centro de gravedad. Para todas las cargas nominales, la distancia horizontal del centro de gravedad de la carga P desde la superficie de la brida es de 100 mm; la distancia vertical desde el eje de giro del eje 6 es de 80 mm.



GRÁFICA 3-1

3.2.2 Control KUKA KRC1 y la KCP(Kuka Control Panel)

El armario de control del robot es donde se encuentran integradas las tarjetas electrónicas de control y la potencia del robot. El control es el modelo KRC1, con sistema operativo Windows 98. La conexión entre el robot y el armario de control se hace con mangueras multihilos flexibles y conectables mediante conectores, facilitando su instalación y puesta en marcha.



FIGURA 3-31

A continuación vemos las dimensiones del armario de control del robot.

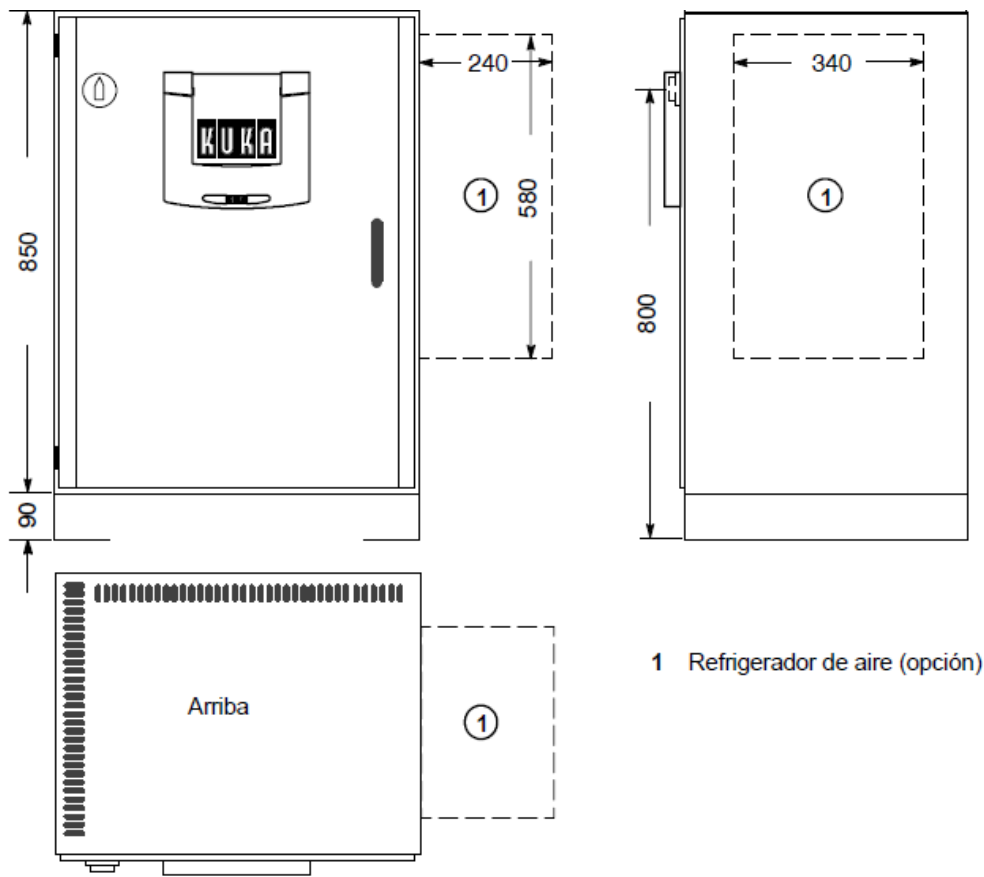


FIGURA 3-32

La Tensión nominal de conexión según DIN/IEC 38 es 3x400 V hasta 3x415 V. La tolerancia permitida de la tensión de red es de 400V -10% hasta 415 V+10%. La Frecuencia de la red es de 49 a 61 Hz. La potencia nominal instalada es 4 kVA. La potencia en vacío es 265 W. El contenido de armónicas superiores (de acuerdo a IEC 550 y VDE 0160) es 10 %. La interrupción de la tensión con tensión y corriente nominal: 10 ms. El tiempo de recuperación: > 1 s. El fusible de entrada de alimentación: min. 3x16 A. Para todos los cables de compensación de potencial y todos los cables de puesta a tierra, el punto de estrella común es la barra de referencia en la sección de potencia. La corriente de fuga del filtro de red: <100 mA.

El freno y el mando tiene una tensión de salida de 25 V, la corriente de salida máxima es 7,5 A, y el control de rotura de cable o cortocircuito.

La tensión de alimentación para la unidad de control es 27 V. El procesador del ordenador es un Pentium con 32Mb de memoria Ram y un disco duro de 850Mb, dispone además de diskettera de 3.5" y lector de Cds.

La consola de programación está unida al control KRC1 mediante una manguera multihilos flexible, facilitando al programador u operario trabajar con el robot de una forma más cómoda y eficaz.

La tensión de alimentación es de 26 V a través del PC.

Medidas (ancho x alto x prof.): aprox. 33x26x8 cm.

Peso: 1,4 Kg

Tipo de protección: IP 54

Longitud de cables: 10 m

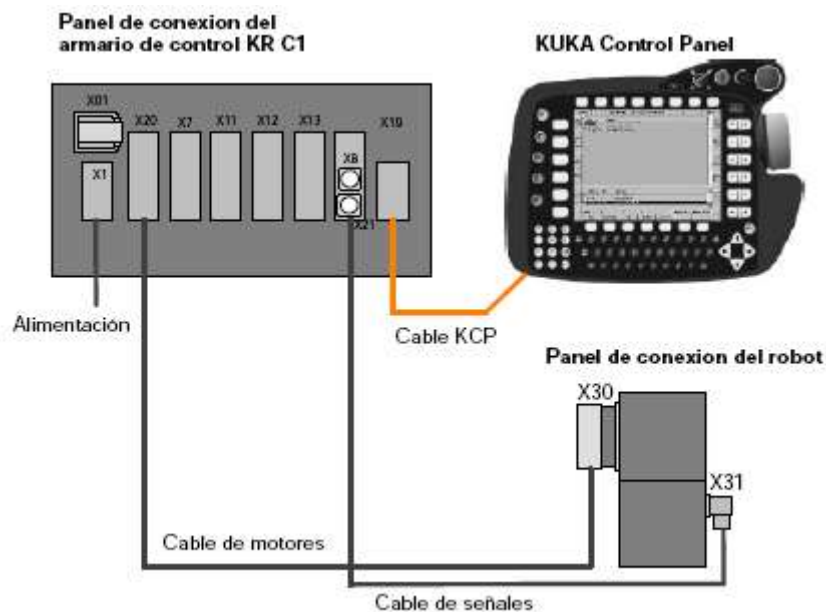


FIGURA 3-33

La KCP tiene un diseño ergonómico para que el manejo del robot resulte sencillo. Su display está subdividido en varias zonas que cumplen distintas tareas. Éstas se adaptan dinámicamente durante el servicio a los diferentes requerimientos, teniendo una serie de formularios predefinidos para una rápida entrada de datos.

Entre los elementos visualizados se encuentran las barras de menú, las barras de funciones de estado, la barra de softkeys y la ventana de programa, los formularios inline, las ventanas de estado y de mensajes así como una línea de funciones de estado.

La KCP dispone de una serie de botones físicos de acceso que se corresponden con las ventanas en la barra de menú más próximos a ellos en la pantalla. Tiene a su derecha una serie de botones con el signo “-” y “+”, estos sirven para mover el robot y variar los valores que especifica en cada momento el botón anexo en la pantalla. Arriba a la derecha tenemos el

selector de modo del robot, un botón para activar los accionamientos y otro para pararlos, y una seta de emergencia. Abajo observamos un teclado alfanumérico para la programación del robot.



FIGURA 3-34

En la parte de atrás de la consola se encuentran una serie de botones para el manejo del robot.



FIGURA 3-35

3.2.3 Pupitre de Control

Armario eléctrico que consta de una parte de potencia y otra de control. Con este armario se alimenta al control del robot y todos los elementos de campo. La parte de control está compuesta por un autómata Panasonic y una pantalla táctil de la misma marca. En la parte superior del pupitre se colocan los pulsadores de rearme de emergencias y rejas, así como un selector para el modo de trabajo de la célula del robot, en manual o automático.



FIGURA 3-36

Este pupitre de control permite al operario seleccionar el tipo de pieza a fabricar, así como tener un control de los tiempos de fabricación y contadores de ciclos. Mediante el panel táctil se informa al operario de cualquier avería en el sistema.

Se incorpora en el pupitre los relés des seguridad con sus módulos de control de las emergencias y de las rejas correspondientes. También se instalan los relés para las señales de seguridad y arranque del robot.



FIGURA 3-37

En el anexo tres del proyecto podemos ver los esquemas eléctricos del pupitre.

3.2.4 Torno

El Torno es la máquina que se utiliza para la fabricación de piezas, en este caso es de la marca CMZ modelo TL20M. En este proyecto es la máquina que ha de alimentar el robot. Para la adaptación a nuestro sistema instalamos un final de carrera para saber que la puerta del torno está abierta, y localizamos varias señales para saber cuando el torno está en modo automático. Se han localizado la señal de marcha del torno y las señales de apertura y cierre de la garra del mismo. Con todas estas señales tenemos controlado el Torno en nuestra célula robotizada.



FIGURA 3-38

3.2.5 Mesa alimentación robot

Mesa diseñada para proporcionar al robot las piezas a fabricar en el torno. La colocación de las piezas las hace un operario sobre unas bandejas móviles. Consta de dos bandejas, permitiendo que el robot trabaje en modo automático con una de ellas mientras la otra se rellena. Esta mesa tiene instalada una estructura con paneles de metraquilato para que el operario no tenga acceso directo a la zona de trabajo del robot.



FIGURA 3-39



FIGURA 3-40

Cada bandeja tiene un conector DB9 codificado de tal forma que al montar una bandeja, el pupitre de control carga los datos de los desplazamientos del robot sobre ella para coger las piezas. Además se incluye un sistema “Pasa no pasa”, que es una zona donde el robot comprobará que la pinza que tiene montada en su garra, coincide con la pinza que puede coger la pieza de la bandeja instalada. Estos dos sistemas nos asegurarán casi al cien por cien la máxima fiabilidad en nuestra célula robotizada.

En la siguiente figura vemos la placa de conexionado de la mesa, donde a través de un conector Harting, interconectamos con una manguera multihilos la mesa al pupitre de control. En la parte de abajo se observan las dos electroválvulas biestables, cada una responsable del movimiento de cada bandeja.



FIGURA 3-40

3.2.6 Zona soplado

Se instala un sistema de soplado para la limpieza de la pieza una vez que sale del torno. Éste consta de una bandeja para la caída de virutas de las piezas, y una electroválvula para la activación del soplado.



FIGURA 3-41

3.2.7 Zona de salida

Se instala una doble bandeja de salida, en una parte se depositarán las piezas fabricadas, y en la otra se depositarán las piezas para el control de calidad. Las piezas para control de calidad las depositará el robot con una frecuencia que indicará el operario en pantalla, pudiendo obtener una en cualquier ciclo pulsando un botón en pantalla. En la figura siguiente podemos observar la bandeja doble instalada.



FIGURA 3-42

4. DISEÑO

4.1 ZONA DE TRABAJO

La célula del robot se diseña según las necesidades del proyecto y contemplando futuras ampliaciones, dejando así espacios para incorporar máquinas complementarias en un futuro. En la siguiente figura podemos observar una foto de la célula desde la zona del pupitre de control. En esta zona es donde el operario controla todo el proceso y alimenta las bandejas.



FIGURA 4-1

4.2 ESQUEMAS ELÉCTRICOS PUPITRE CONTROL

Se diseñan los esquemas eléctricos del pupitre de control según las necesidades, contemplando la fuerza y el control.

La acometida de entrada al pupitre se protege con un interruptor de corte de 100 A. Después se distribuyen varias salidas de tensión protegidas con su magnetotérmico cada una. La protección

magnetotérmica que se instala para la conexión del control del robot es de 3 polos más neutro de 25 A. Se instala un magnetotérmico de un polo más neutro de 10 A para una toma de corriente. Por último tenemos un magnetotérmico de un polo más neutro de 6 A para la protección de las fuentes de alimentación, una de 24V para la maniobra, señales de campo y alimentación de PLC y pantalla, y otra fuente de 5V para el bus de campo Devicenet.

Se instala también un disyuntor más contactor para el uso de un motor en la cinta de salida que en principio no va a ser utilizado, el motor para el que se prepara la alimentación es de 1CV.

A continuación se describen los esquemas de conexionado de los potes de seguridad Siemens modelo 3TK2024-1BB40, uno para el final de carrera de la puerta de acceso a la célula del robot, y otro para el control de las setas de emergencia de campo.

En la siguiente página se describe el conexionado del conector X11 del robot, donde se conectan los circuitos de seguridad del operador y de seguridad del robot. El detector del sistema anticolidión de la garra del robot, va a un relé que usamos para la protección del operador en el circuito del X11 correspondiente.

Las entradas y salidas del autómeta están descritas en las siguientes páginas de los esquemas eléctricos, que se interconectan a través de unas tarjetas de interfaz con entrada a tornillo y salida de cable plano hacia el autómeta. En el caso de las salidas además disponen de relés integrados en estas tarjetas para así proteger las salidas del autómeta.

En la parte de los esquemas siguiente al PLC se encuentra el conexionado del bus de campo DeviceNet, el conexionado de la baliza de señalización y el conexionado de la pantalla con el PLC.

Por último tenemos las señales digitales que interactúan con el torno y el robot.

4.3 GARRA DEL ROBOT

La garra del robot se diseña para la cogida de dos piezas. Consta por lo tanto de dos pinzas de presión neumática de la marca Camozzi. A éstas se le diseñan una cogida para las diferentes sujeciones de piezas que se van a utilizar. Cada pinza consta de un detector para la detección de la pieza cogida.

A continuación se muestra el esquema neumático para las pinzas de la garra del robot.

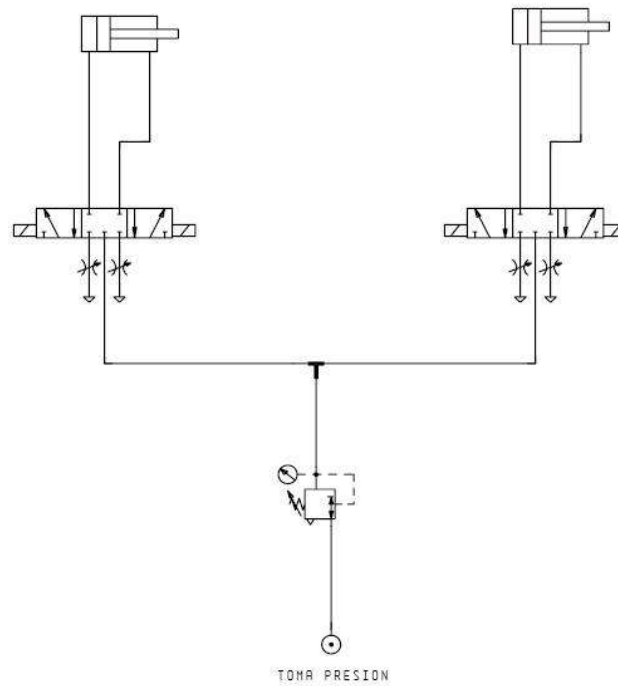


FIGURA 4-2

En la tabla se indican las entradas y salidas de la garra del robot, éstas son entradas y salidas digitales que van directamente conectadas al robot a través del conector X11.

\$IN 1	Detector Pinza 1	\$OUT 1	Abrir Pinza 1
\$IN 2	Detector Pinza 2	\$OUT 2	Abrir Pinza 2
		\$OUT 3	Cerrar Pinza 1
		\$OUT 4	Cerrar Pinza 2

TABLA 4-1

En las siguientes figuras se muestra el conexionado de las entradas y salidas en el conector X11 del robot. Este conector es de tipo multipin, de esta manera se utiliza un conector harting para su interconexionado.

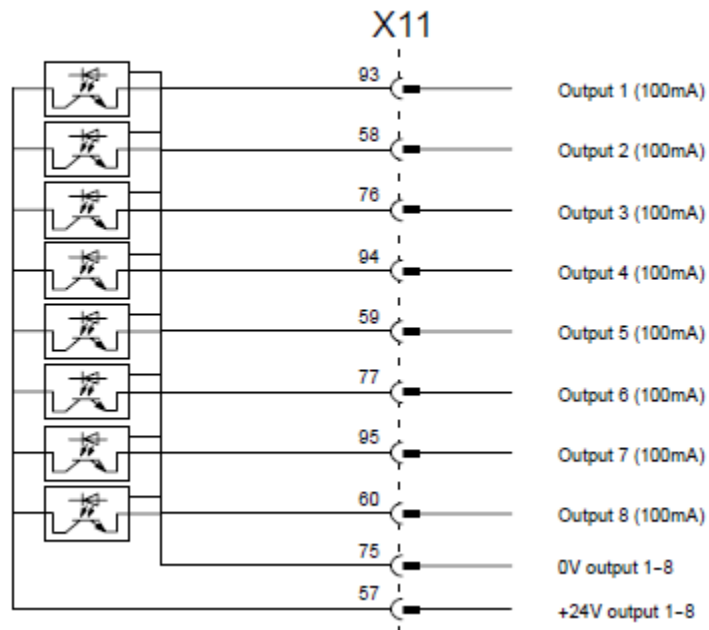


FIGURA 4-3

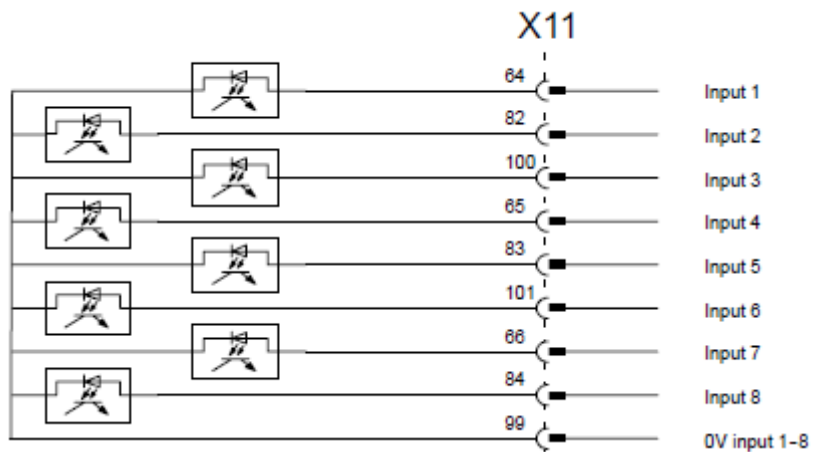


FIGURA 4-4

4.4 MESA Y BANDEJA ALIMENTACIÓN ROBOT

La mesa de alimentación consta de dos bandejas con X huecos para piezas. Las bandejas son móviles, tienen instalado un cilindro cada una, que por medio de una electroválvula accionamos para insertarlas en la zona de trabajo del robot o en posición de recarga por el usuario.



FIGURA 4-5

Cada bandeja es desmontable y posee un conector DB9 codificado, así según la pieza a fabricar montaremos sus correspondientes bandejas. Al estar codificadas el sistema reconocerá automáticamente el tipo de pieza que se va a fabricar, cargando el PLC la receta correspondiente a la pieza.

Añadido a cada bandeja se encuentra un sistema “Pasa no Pasa” que consta de una pieza cilíndrica con dos medidas, en la parte más alta la medida es la de una pieza de fabricación, y más abajo se ensancha. Esta pieza es móvil con retorno muelle, y tiene un detector para su funcionamiento. Este sistema comprueba que el robot lleve la pinza correcta para el tipo de pieza que se va a fabricar.



FIGURA 4-6

4.5 SEÑALES DE CONTROL

Las señales que gestiona el pupitre de control para la gestión del ciclo automático son varias, podemos dividirlos en varios grupos: señales de mesa de alimentación, señales de robot, señales del torno, señales de estación de soplado y señales de seguridad. Controlando todas estas señales se hace posible el funcionamiento programado del ciclo automático.

4.6 CICLO DE TRABAJO AUTOMÁTICO

El ciclo de trabajo se inicia mediante el Pupitre de Control, una vez seleccionado un número de programa y teniendo todas las seguridades, el robot y el Torno rearmados. Seguidamente se inicia la carga de programa en el robot, así éste se dirige a coger pieza en mesa de alimentación con pinza 1, al cogerla comprueba detector de la pinza de cogida para saber si ha cogido pieza, si es así, el robot se dirige hacia torno a coger pieza que se encuentra en él con pinza 2, solicitando permiso de entrada al pupitre de control, el cual si el torno se encuentra listo para descargar abrirá la puerta y dará permiso al robot. Una vez coge la pieza del torno y ha comprobado mediante el detector de la pinza que la lleva, sale y vuelve a entrar a dejar la pieza 1 cogida en la mesa de alimentación. Sale el robot del torno indicándolo al pupitre para que éste inicie el ciclo del torno. La pieza que lleva el robot se acerca a la estación de soplado, que mediante una serie de movimientos se realiza la limpieza de la misma con aire a presión. Por último descarga la pieza en zona de descarga. En la siguiente figura se muestra el flujograma correspondiente al ciclo de trabajo.

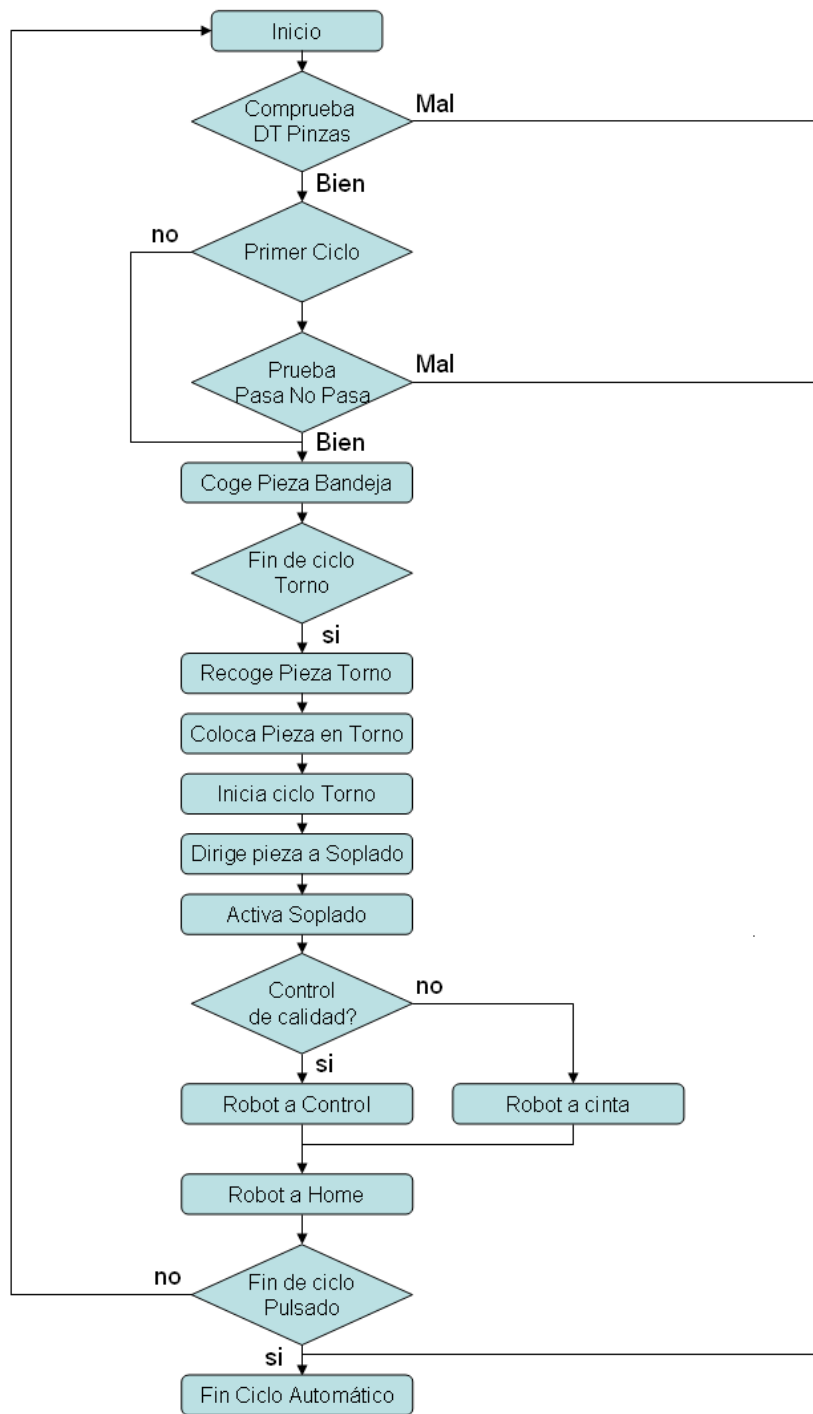


FIGURA 4-7

5. ENTORNO PROGRAMACIÓN

5.1 PROGRAMACIÓN PUPITRE DE CONTROL

El pupitre de control consta de un autómata de control y una pantalla táctil en color en lo que a la parte de control se refiere. El autómata es un Panasonic modelo FP-Sigma y su programación se realiza con el software FPWinPro creado según el estándar internacional IEC61131-3. La pantalla táctil es una Panasonic modelo GT21 y se programa con el software GTWin.

5.1.1 Software programación Autómata FPWinPro

El software de programación de Panasonic trabaja bajo el sistema operativo Windows, y se denomina FPWinPro.

Este software nos permite programar una serie de autómatas utilizando cualquiera de los lenguajes estándares que existen. De esta forma podemos programar en el lenguaje de texto estructurado, lo cual es muy intuitivo para cualquier persona que esté familiarizada con la algorítmica.

En nuestra aplicación se ha programado una parte en contactos, que es la que a la comunicación se refiere, y el resto en texto estructurado, o más conocido en el mundo industrial como SCL (Structured Control Language).

5.1.1.1 Descripción entorno programación

El entorno de programación está estructurado al estilo de cualquier software tipo windows. Tiene una serie de menús desplegable, así como una fila de botones de acceso rápido a funciones de mayor uso. El resto de la pantalla se divide en tres ventanas.

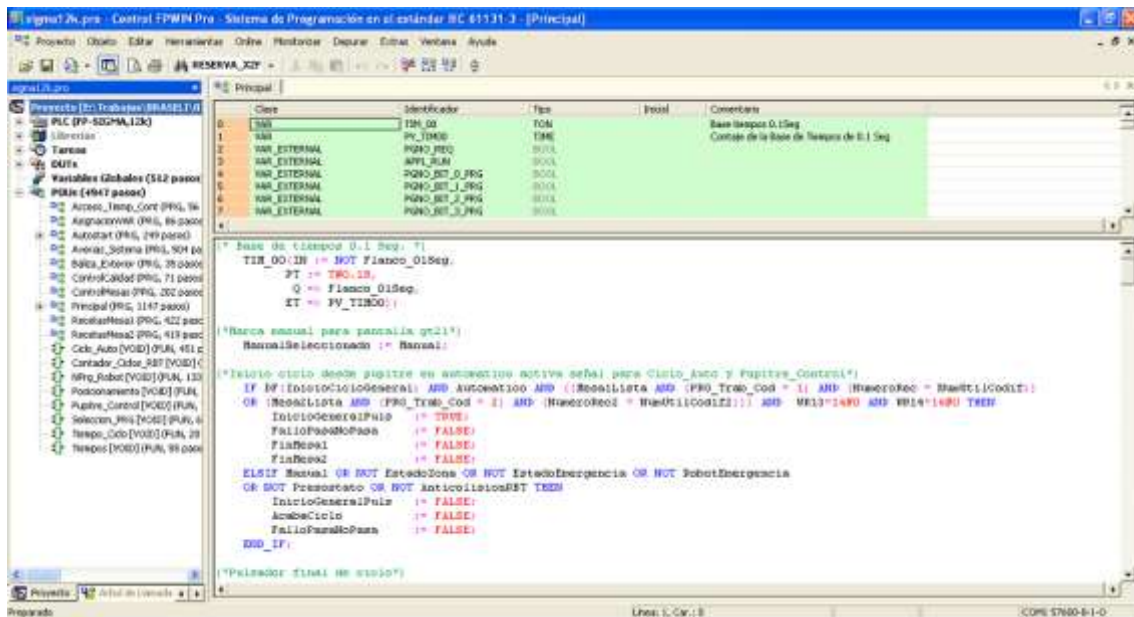


FIGURA 5-1

Tenemos a la izquierda la ventana de nuestro proyecto, con el modelo de autómata utilizado, librerías disponibles para la programación, tareas a ejecutar, DUTs (Tipos de unidades de datos), variables globales, y POU's (Programas y funciones).

En la ventana superior derecha se sitúa la tabla de variables relacionada con el programa o función abierto en la zona de edición.

En la ventana inferior derecha se encuentra la zona de edición de programa, observamos que se encuentra en modo texto, esto es porque el programa que se está editando está siendo programado en SCL.

5.1.1.2 Lenguajes de programación del compilador

Cuando se crea una nueva POU, el programa da a elegir entre los diferentes lenguajes de programación para su creación. Son:

- Diagrama de Bloques Funcionales(FBD)
- Diagrama de contactos(LD)
- Diagrama secuencial(SFC)
- Lista de instrucciones(IL)
- Texto estructurado(ST)

Tal y como indica la figura.

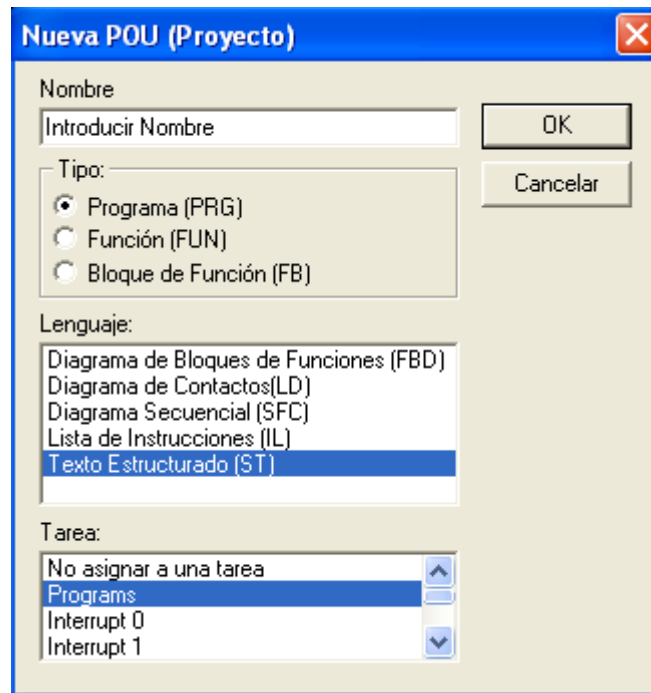


FIGURA 5-2

Esto hace que el programador pueda elegir entre los diferentes lenguajes de programación permitidos el que mejor crea oportuno para el desarrollo de su programa.

5.1.2 Software programación Pantalla Táctil GTWin

El software GTWin trabaja al igual que el FPWinPro bajo Windows, y es bastante intuitivo y sencillo de utilizar. Es un software de creación de pantallas diseñado para las serie GT de Panasonic. Estas pantallas una vez diseñadas pueden cargarse en un panel táctil GT. También tiene la opción de cargarse los datos de un panel GT en el ordenador, y así hacer cualquier modificación sobre ellos o simplemente crear una copia de seguridad de los mismos.

5.1.2.1 Descripción entorno programación

Este software dispone de una serie de menús desplegable, con una fila de botones de acceso rápido a opciones del programa y otra fila con las opciones de edición de pantallas. La zona de trabajo es muy versátil, ya que permite al programador colocar las ventanas de edición de cada pantalla en el lugar que desee, así como el acceso a todas las pantallas y los menús de elementos.

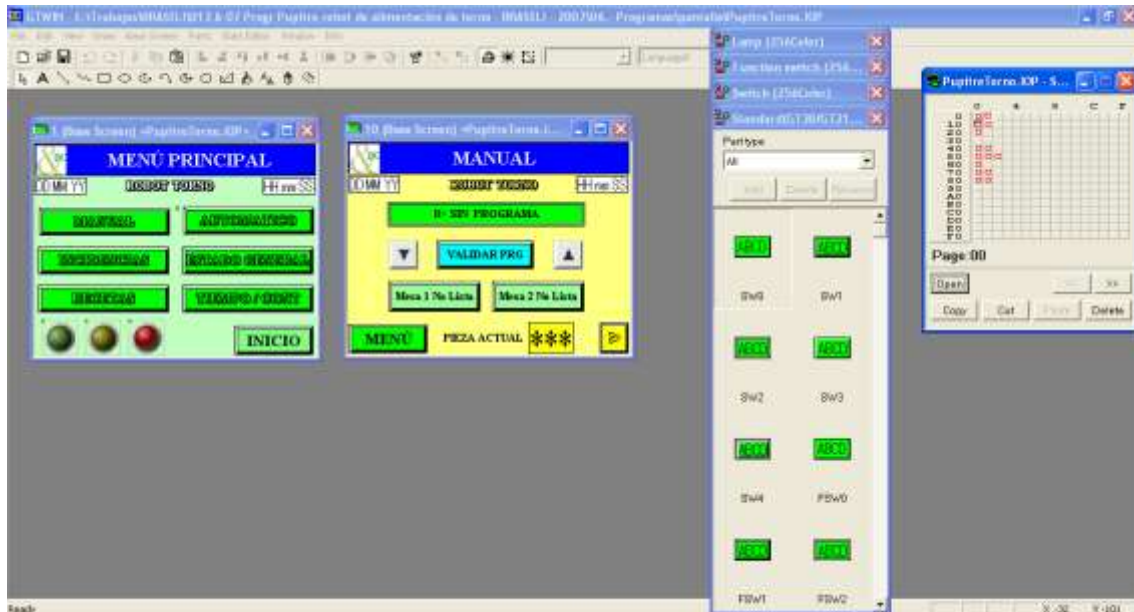


FIGURA 5-3

Dispone de cuatro menús en forma de ventanas que contienen los elementos necesarios para la creación de las pantallas. A la derecha observamos una ventana en forma de mosaico, en ésta se distribuyen todas las páginas programadas. A la izquierda vemos dos páginas, sobre ellas podemos editar las pantallas según nuestras necesidades. El aspecto que muestra de cada pantalla el programa, es el que veremos en el panel táctil una vez cargados los datos.

5.2 PROGRAMACIÓN ROBOT

5.2.1 Software programación KUKA

Los robots de Kuka trabajan con un software creado para utilizarse en sistemas bajo Microsoft Windows. De esta forma, este software se utiliza en una consola de programación creada a medida por el fabricante. En la consola, conocida como la KCP(Kuka Control Panel), tenemos un teclado y una serie de botones para la programación y utilización del robot.

5.2.1.1 Descripción entorno programación

El entorno de programación de Kuka

Los robots Kuka utilizan un lenguaje de programación llamado KRL, parecido al conocido PASCAL. Al crear un programa nuevo, se crea un archivo con una serie de líneas por defecto, esto es el programa base. A partir de este se programa la lógica y los puntos que sean necesarios para efectuar la tarea deseada.

```

1  INI
2  PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT
3
4
5  PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT

```

FIGURA 5-4

En la figura se observa el programa base, donde a parte de la línea de INI donde se recogen los datos para iniciar el movimiento del robot, vemos en dos líneas la instrucción de movimiento PTP HOME, que es el punto de inicio del robot. Entre estas dos líneas introduciremos todo nuestro programa.

5.2.1.2 Lenguaje de programación del compilador

El lenguaje KRL utilizado para la programación de los robots de Kuka está compuesto por una serie de instrucciones para la programación de movimientos, lógica de entradas-salidas.

Movimiento		CmdAnalog	
PTP	Instrucciones de movimiento 'Punto a punto', 'Lineal' y 'Circular'	CmdAnOutStat	
LIN		CmdAnOutDyn	
CIRC		Comentario	
Lógica		Normal	Inserción de una línea de comentario en un programa
WAIT	Funciones de espera dependientes de tiempo	Sello	Línea de comentario con fecha y hora en un programa
WAITFOR	Funciones de espera dependientes de una señal	Asistente KRL	
OUT: OUT	Funciones de conmutación simples	PTP	Movimiento absoluto 'Punto a punto'
OUT: PULSE	Funciones de impulso simples	PTP_REL	Movimiento relativo 'Punto a punto'
OUT: SYN OUT	Funciones de conmutación dependientes de la trayectoria	LIN	Movimiento lineal absoluto
OUT: SYN PULSE	Funciones de impulso dependientes de la trayectoria	LIN_REL	Movimiento lineal relativo
IBUS-Seg. on/off	Acoplar y desacoplar un segmento Interbus	CIRC	Movimiento circular absoluto
		CIRC_REL	Movimiento circular relativo

FIGURA 5-5

5.2.1.3 Movimientos

En la programación de movimientos se dispone de los siguientes tipos de movimientos:

- PTP (Punto a punto): La herramienta se desplaza a un punto de destino a lo largo de la trayectoria más rápida.
- LIN (Lineal): Guiado de la herramienta con velocidad definida a lo largo de una recta.
- CIRC (Circular): Movimiento de la herramienta con velocidad definida a lo largo de un recorrido circular.

Los movimientos entre cada uno de los puntos se pueden hacer de dos formas:

- Parada exacta: El robot se detiene exactamente sobre el punto programado.

-Posicionamiento aproximado (Cont): Un movimiento puede pasar suavemente a otro, en donde el robot no se detiene sobre el punto de destino de forma exacta.

5.2.2 Descripción de la consola de programación

El Panel de control KUKA, llamado “KCP”, actúa de interfaz entre el hombre y la máquina, para un manejo sencillo de la unidad de control del robot KR C1. Todos los elementos para la programación y operación del sistema de robot, con excepción del interruptor principal, se encuentran ubicados directamente en el KCP. En función de su forma ergonómica y peso reducido, el KCP no solamente puede ser utilizado como unidad de sobremesa sino también como aparato portátil. Las empuñaduras y los pulsadores de hombre muerto situados en el lado inferior del KCP, se han colocado de forma que el KCP pueda ser manejado con facilidad tanto por diestros como por zurdos. El display gráfico LCD VGA en color sirve para la visualización de las acciones de operación y programación.

En la barra de menú están en grupos las funciones del control del robot. Estos grupos (puntos del menú) deben abrirse a través de los softkeys (en la barra sobre el display) para tener acceso a otras selecciones.



FIGURA 5-6

En la ventana de programas se representa el contenido del programa seleccionado. Si no se ha seleccionado ningún programa, en la ventana de programas se visualiza el listado de los programas disponibles. Entre los números de línea y texto de las instrucciones se encuentra una flecha amarilla, dirigida hacia la derecha, llamado “puntero del programa”. Este está ubicado en la línea del programa que se está ejecutando actualmente.

Una marca adicional la representa el “Cursor de edición”, que se visualiza como una raya vertical roja. El cursor de edición está colocado al principio de la línea que actualmente se está editando.

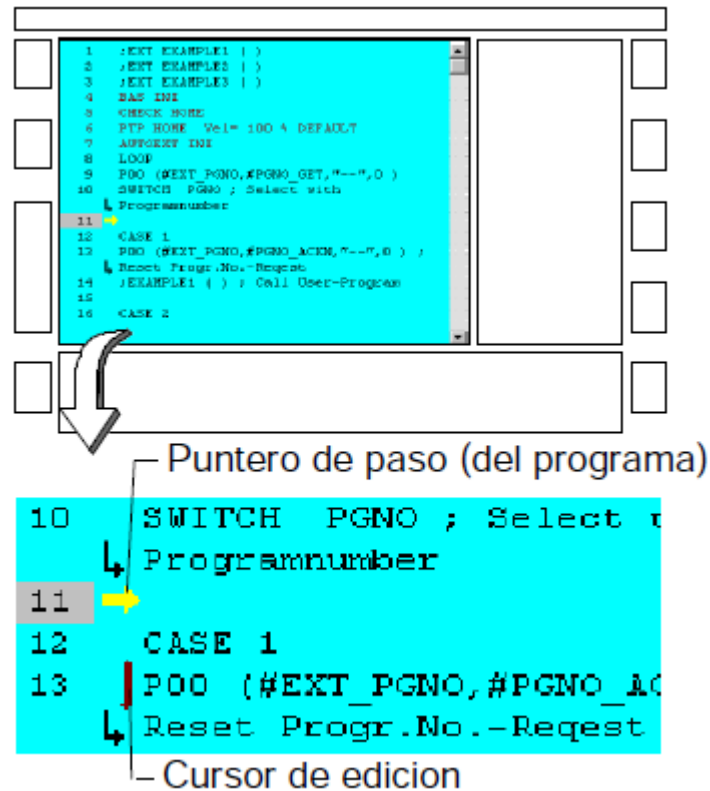


FIGURA 5-7

La ventana de estados se visualiza en pantalla en casos necesarios (por ej. para la representación de coordenadas) o para una entrada de dato definida (por ej. en la medición de herramientas). Con las teclas de cursor “←”y “→”puede moverse entre los campos de entrada.

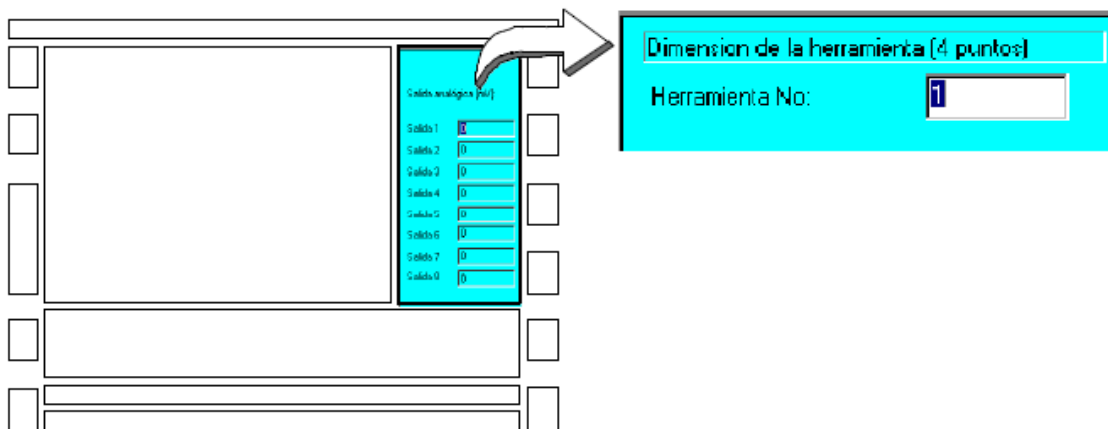


FIGURA 5-8

A través de la ventana de mensajes, la unidad de control se comunica con el operador durante el servicio del robot. Si se ha registrado un mensaje, puede ser confirmado mediante la tecla del softkey “CONFIRMAR”. Con la tecla del softkey “CONF. TODOS” se confirman todos los avisos acumulados en la ventana de mensajes. Algunos mensajes deben ser confirmados (por ej. parada de emergencia), porque sino no es posible dar entrada a otras instrucciones, o no es posible el arranque.

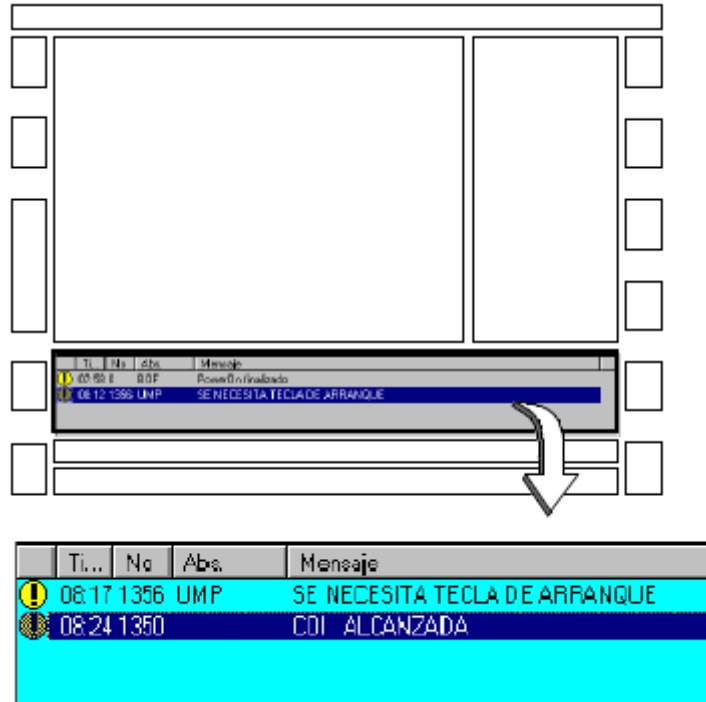


FIGURA 5-9

En la línea de estado se visualizan informaciones importantes acerca de los estados del servicio. Le pertenecen, por ejemplo, indicaciones sobre el estado de un programa o velocidad del robot.

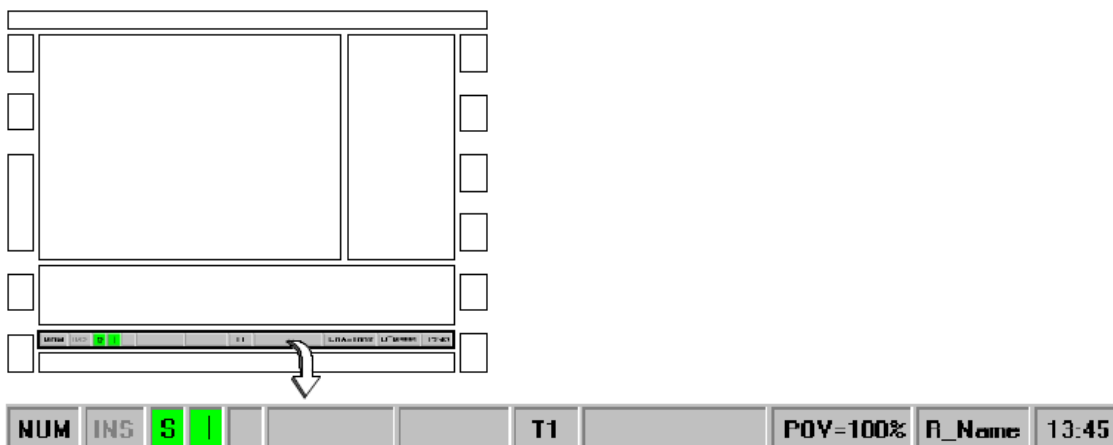


FIGURA 5-10

A través de una barra de softkeys de adaptación dinámica se ofrecen funciones que pueden ser seleccionadas con la tecla del softkey (debajo del display).

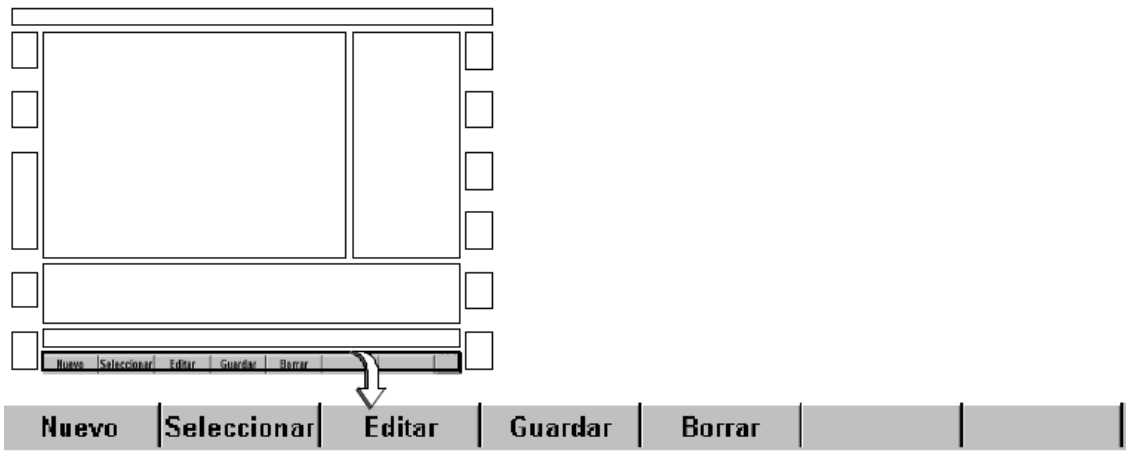


FIGURA 5-11

6. PROGRAMAS

6.1 PROGRAMA AUTÓMATA PANASONIC

6.1.1 Configuración

Se configura en primer lugar el área de memoria a utilizar, que gracias al uso de una batería interna en el autómata, permite ampliar la zona de datos del área remanente. En el área remanente se guardarán los datos de las recetas de las mesas de trabajo, así como datos de tiempos y ciclos que interesen conservar. Esta área guardará los datos incluso cuando se corte tensión al sistema.

Área de no-retención del Usuario: WR0-WR23, DT0-DT3270

Área de no-retención del Sistema: WR24-WR79, DT3271-DT28999

Área de retención del Usuario: WR80-WR97, DT29000-DT32739

Área de retención del Sistema: WR98, DT32740-DT32763

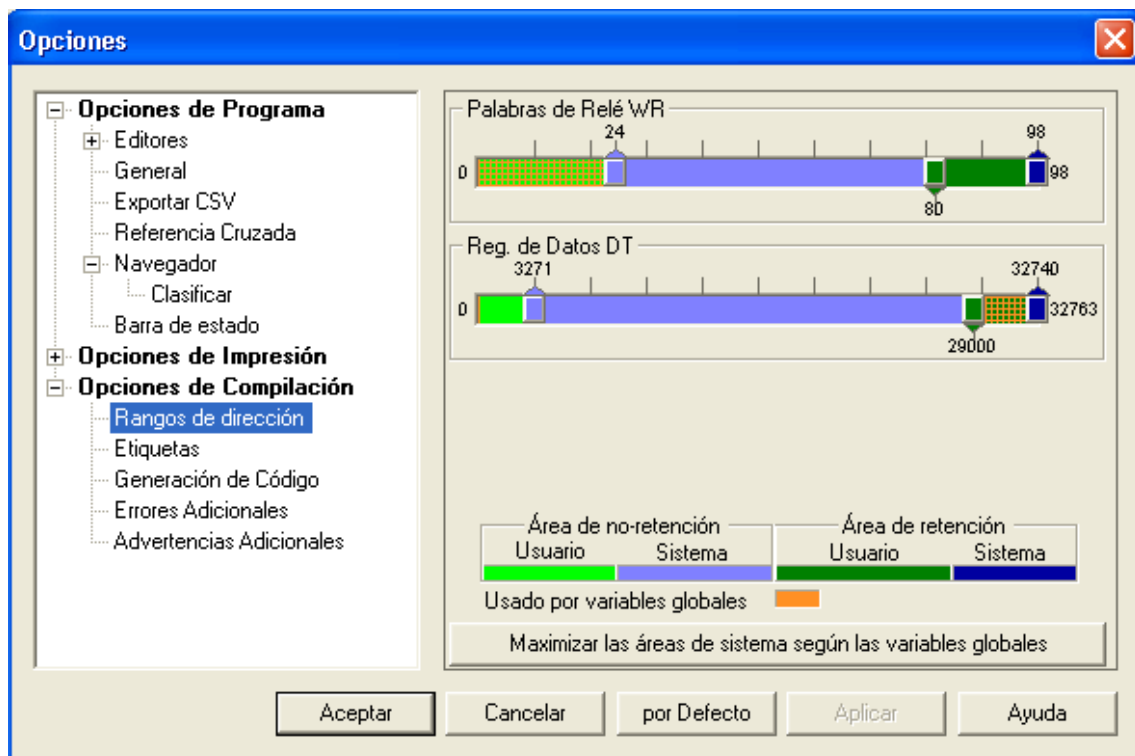


FIGURA 6-1

6.1.1.1 Entradas y Salidas

Según esquemas eléctricos se configuran las entradas y salidas del autómatas en el programa.

X0	DT Mesa 1 Dentro	Y0	Cinta Salida
X1	DT Mesa 2 Dentro	Y1	Libre
X2	DT Puerta Torno Abierta	Y2	Libre
X3	DT Puerta Torno Cerrada	Y3	Libre
X4	DT Mesa 1 Fuera	Y4	EV Mesa 1 Dentro
X5	DT Mesa 2 Fuera	Y5	EV Mesa 1 Fuera
X6	Selector Manual	Y6	EV Mesa 2 Dentro
X7	Selector Automático	Y7	EV Mesa 2 Fuera
X8	DT Pasa no Pasa Mesa 1	Y8	Soplado
X9	DT Pasa no Pasa Mesa 2	Y9	Válvula 3 B
XA	Estado de Emergencia	YA	Válvula 4 A
XB	Estado Zona Rejas	YB	Válvula 4 B
XC	Fallo Disyuntor Cinta	YC	Lámpara Verde Baliza
XD	Robot en Emergencia	YD	Lámpara Roja Baliza
XE	Anticolisión Robot	YE	Lámpara Amarilla Baliza
XF	Presostato	YF	Sirena Baliza
X20	Torno en Automático	Y20	Apertura Puerta
X21	Permiso entrada a Torno	Y21	Cierra Puerta
X22	Fin Ciclo Torno	Y22	Marcha Ciclo
X23	Útil Bit0 Mesa 1	Y23	Cierra Garra Torno
X24	Útil Bit1 Mesa 1	Y24	Piloto Mesa 1
X25	Útil Bit2 Mesa 1	Y25	Piloto Mesa 2
X26	Útil Bit3 Mesa 1	Y26	Abre Garra Torno
X27	Útil Bit4 Mesa 1	Y27	Libre
X28	Útil Bit5 Mesa 1	Y28	Libre
X29	Útil Bit0 Mesa 2	Y29	Libre
X2A	Útil Bit1 Mesa 2	Y2A	Libre
X2B	Útil Bit2 Mesa 2	Y2B	Libre
X2C	Útil Bit3 Mesa 2	Y2C	Libre
X2D	Útil Bit4 Mesa 2	Y2D	Libre
X2E	Útil Bit5 Mesa 2	Y2E	Libre
X2F	Libre	Y2F	Libre

TABLA 6-1

6.1.1.2 Módulo de comunicaciones DeviceNet

Las comunicaciones entre Robot y Autómatas Panasonic del pupitre de control son establecidas mediante el bus de campo DeviceNet. De esta forma enlazamos Pupitre y Robot a través de una manguera de cuatro hilos apantallada, pudiendo controlar todo el proceso del Robot y su arranque en modo Automático Externo. Las señales utilizadas en DeviceNet son como entradas del robot:

Palabra de Entradas WR0 en Automata	Descripción	Palabra de Entradas en Robot
R0	PGNO_BIT_0_PRG	\$IN 17
R1	PGNO_BIT_1_PRG	\$IN 18
R2	PGNO_BIT_2_PRG	\$IN 19
R3	PGNO_BIT_3_PRG	\$IN 20
R4	PGNO_BIT_4_PRG	\$IN 21
R5	PGNO_BIT_5_PRG	\$IN 22
R6	PGNO_BIT_6_PRG	\$IN 23
R7	PGNO_BIT_7_PRG	\$IN 24
R8	AE_EXT_START	\$IN 25
R9	AE_MOVE_ENABLE	\$IN 26
RA	AE_CONF_MESS	\$IN 27
RB	AE_DRIVES_ON	\$IN 28
RC	AE_DRIVES_OFF	\$IN 29
RD	PermisoTorno_aRBT	\$IN 30
RE	RESERVA	\$IN 31
RF	RESERVA	\$IN 32

TABLA 6-2

Palabra de Salidas WR1 en Automata	Descripción	Palabra de Salidas en Robot
R10	STOP_MESS	\$OUT 33
R11	PGNO_REQ	\$OUT 34
R12	APPL_RUN	\$OUT 35
R13	PERI_RDY	\$OUT 36
R14	ALARM_STOP	\$OUT 37
R15	USER_SAF	\$OUT 38
R16	SEL_T1	\$OUT 39
R17	SEL_T2	\$OUT 40
R18	SEL_AUT	\$OUT 41
R19	SEL_EXTERN	\$OUT 42
R1A	ON_PATH	\$OUT 43
R1B	PRO_ACT	\$OUT 44
R1C	IN_HOME	\$OUT 45
R1D	ERR_TO_PLC	\$OUT 46
R1E	PiezaTerminada	\$OUT 47
R1F	RBTenTorno	\$OUT 48

TABLA 6-3

6.1.2 Estructura del programa

El programa está estructurado en varios programas generales y funciones que son llamadas desde éstos. Se ha hecho de tal forma que sea muy sencilla la localización de cualquier parte del

programa. Así beneficia en gran parte al departamento de mantenimiento y resolución de averías de la fábrica donde se instala el sistema.

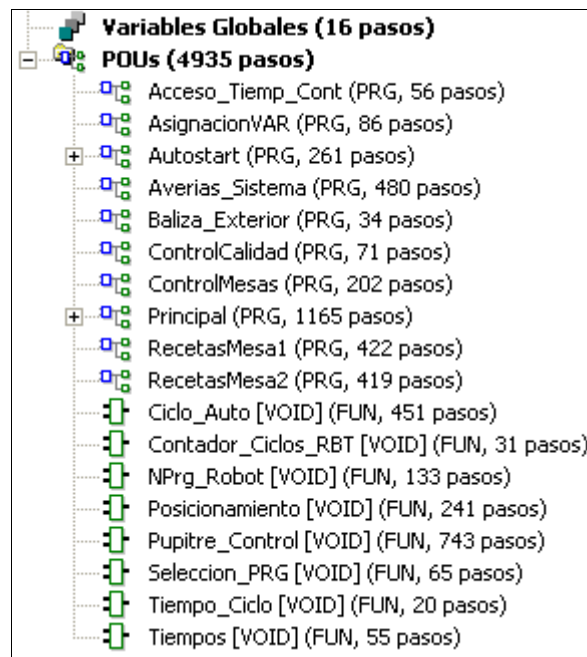


FIGURA 6-2

6.1.3 Descripción Programas y Funciones

El programa “Acceso_Tiemp_Cont” controla la clave de acceso del usuario en la pantalla táctil, para así poder acceder a pantallas de tiempos y configuraciones.

El programa “AsignaciónVAR” contiene el direccionamiento de todas las variables que se usan en las comunicaciones con el robot.

El programa “Autostart” es el único escrito en diagrama de contactos, y controla las comunicaciones con el robot.

El programa “Averías_Sistema” controla las averías que se muestran en pantalla activándose cada una con un temporizador. Calcula el número de incidencias activas, y en caso de no tener ninguna y activarse una, gestiona el salto a la pantalla de incidencias en el panel táctil.

El programa “Baliza_Exterior” controla cada una de las luces de la baliza, así como la sirena, según la incidencia activa o el estado del ciclo automático.

El programa “ControlCalidad” realiza un conteo de las piezas realizadas. Al alcanzarse el número de piezas que el operario ha seleccionado, para así poder revisar la calidad de la

fabricación, se envía una señal al robot para que éste la deposite en la zona de control. También se puede activar el control de calidad mediante un botón de la pantalla, así el robot dejará la pieza en el ciclo actual.

El programa “ControlMesas” gestiona el contaje de las piezas fabricadas en cada bandeja. Según el número de programa seleccionado y estando la mesa cargada, carga el número de programa correspondiente para el robot. Al finalizar una mesa, comprueba que la otra esté lista, y de ser así, carga el programa del robot de dicha mesa.

El programa “Principal” controla el inicio y fin de ciclo automático del programa. A continuación se obtienen los números de bandejas codificados. Desde aquí se hace la llamada a una serie de funciones del programa que se describen más adelante. Por último se controla la parada de emergencia de los accionamientos del robot, y se controlan las salidas que activan los movimientos de las mesas y de la garra del torno.

El programa “RecetasMesa1” control el direccionamiento en memoria de hasta cien recetas para la primera mesa.

El programa “RecetasMesa2” hace lo mismo que el anterior pero para la segunda mesa.

La función “CicloAuto” controla el arranque en modo automático externo del robot. En la figura se muestran todas las variables de la función.

La función “Contador_Ciclos” hace el contaje de ciclos del robot, teniendo un contador parcial y otro total, reseteables desde pantalla.

La función “Nprg_Robot” codifica el número de programa para enviar al robot y gestiona la conversión cuando el robot la requiere.

La función “Posicionamiento” calcula la posición en la que el robot debe recoger la pieza en la bandeja.

La función “Pupitre_Control” gestiona todo el ciclo de trabajo automático y controla las señales del programa del robot. A continuación vemos el Diagrama de flujo del ciclo de control del Pupitre.

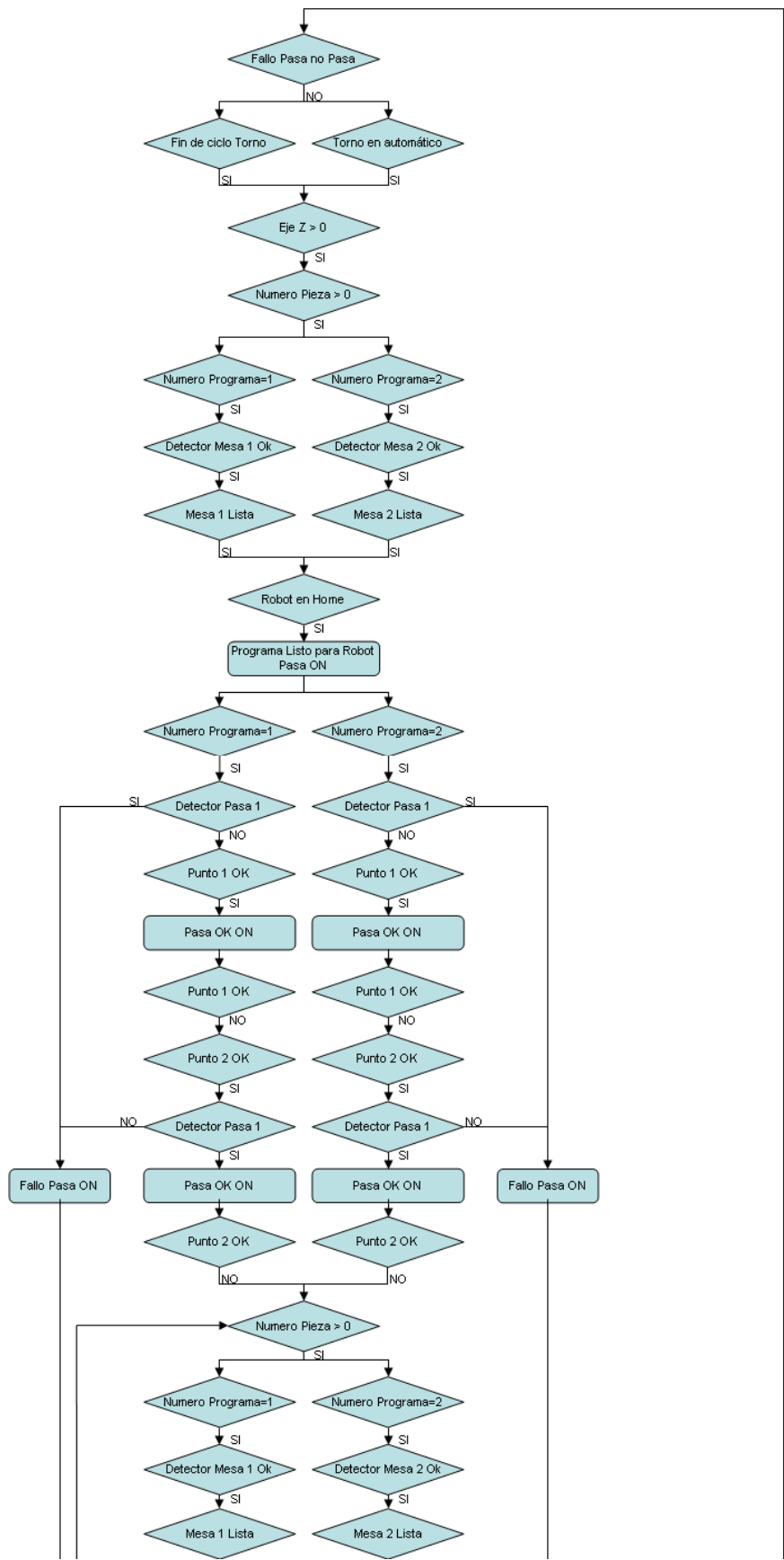




FIGURA 6-3

La función “Seleccion_PRG” contiene el control de la selección del programa que se hace desde la pantalla.

La función “Tiempo_Ciclo” calcula el tiempo total del ciclo del robot para mostrarlo en pantalla.

La función “Tiempos” calcula los tiempos de máquina que se muestran en pantalla.

Todo el código de programa con comentarios se encuentra en el anexo del proyecto.

6.2 PROGRAMA PANTALLA TÁCTIL PANASONIC

6.2.1 Configuración enlace con autómatas

La configuración de la pantalla tiene varios apartados, pero entre ellos los más importantes son los que se describen a continuación.

El Basic Setup es donde se indica el Título de la pantalla, y el área de comunicación con el PLC. En este caso se configura como área de Palabras desde el DT70 hasta el DT72 de la memoria de PLC, y como área de bits desde la palabra WR20 hasta la WR22.

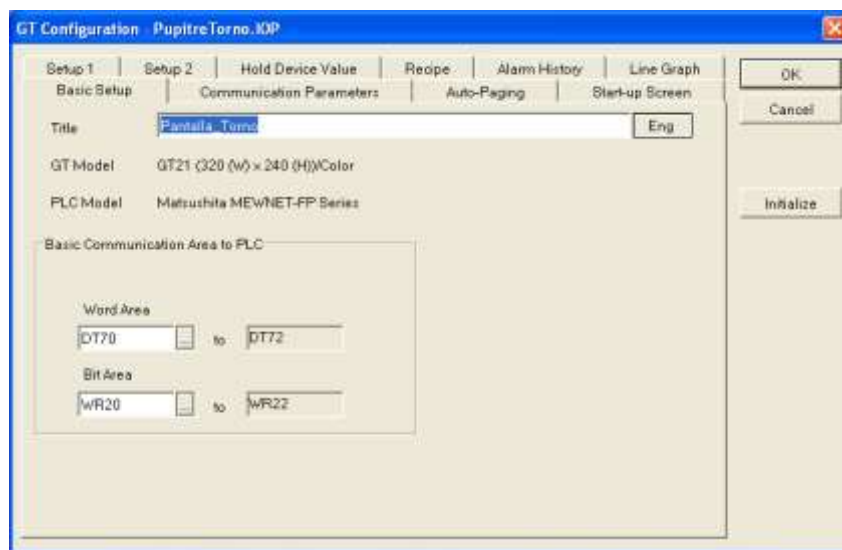


FIGURA 6-4

Los parámetros de comunicación entre el PLC y la pantalla se configuran a una velocidad de 57600 baudios, 8 bits de datos, 1 bit de parada y paridad impar. El puerto de programación de la pantalla se ajusta a 115200 baudios, 8 bits de datos, 1 bit de parada, y paridad impar. El resto de parámetros se dejan por defecto.

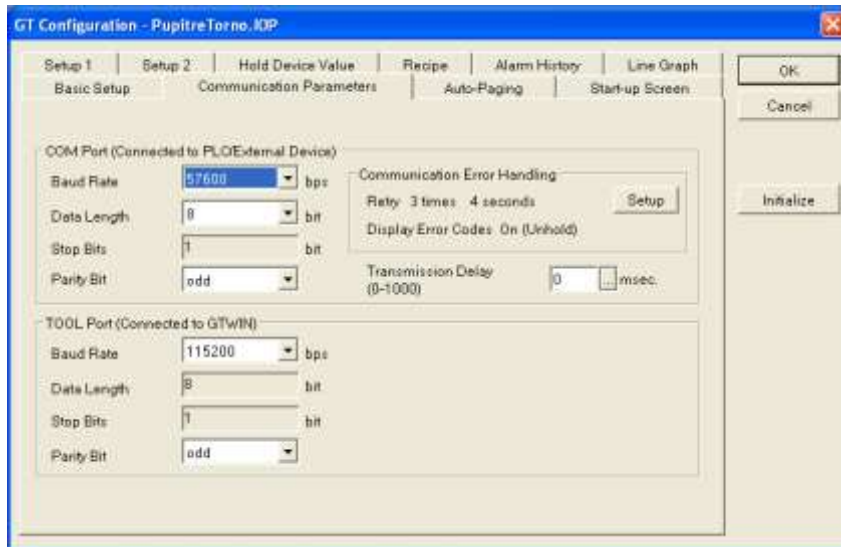


FIGURA 6-5

Las alarmas del sistema se configuran a partir de la palabra WR13, un total de 32 alarmas. Se designa un número de grabaciones máximo de 160. Cada alarma se activa al estar el bit correspondiente activado “ON”.

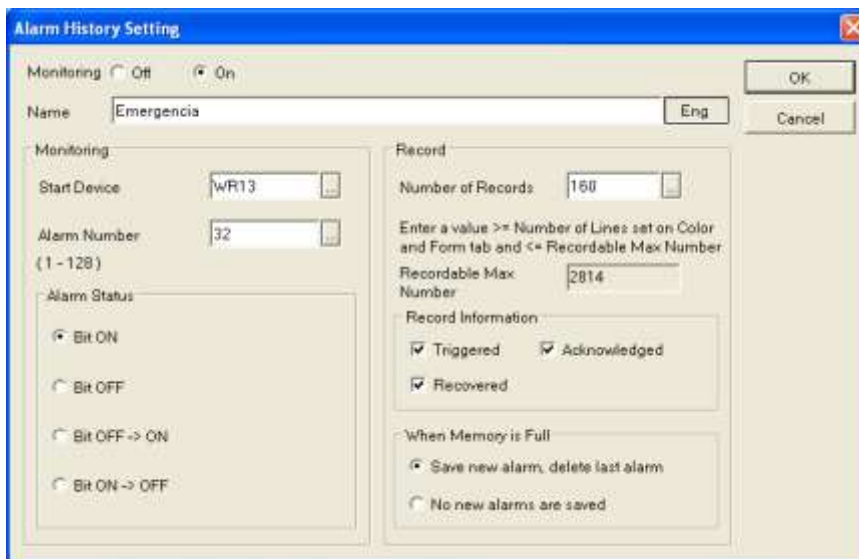


FIGURA 6-6

Se activa el historial de alarmas y se configura para utilizar el área de memoria de la palabra WR23.

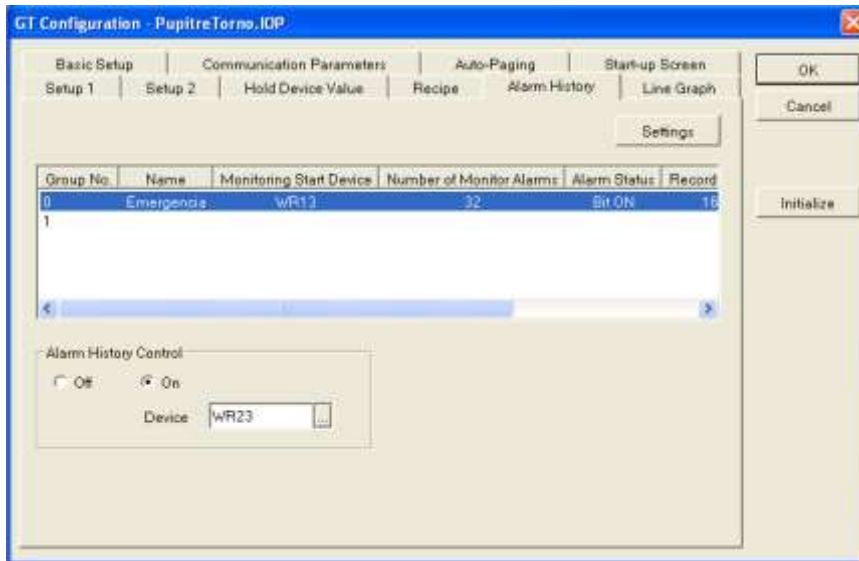


FIGURA 6-7

6.2.2 Estructura de la pantalla

La pantalla está dividida en varias partes, todas ellas accesibles desde la pantalla de menú principal: Manuales, Automático, Incidencias, Estado general, Recetas y Tiempos y contadores. Se establece una organización de rápido acceso a selecciones y visualizaciones necesarias.

6.2.3 Descripción de todas las pantallas

Al dar tensión al pupitre de control, la primera pantalla que aparece es la de presentación con el logo de la empresa instaladora. Desde ella se accede al menú principal.



FIGURA 6-8

En la pantalla del menú principal podemos acceder a las diferentes secciones de la pantalla. También se muestran los pilotos de la baliza que indican el estado de nuestro sistema. Mediante el botón de Inicio volveríamos a la pantalla de presentación.



FIGURA 6-9

La pantalla de Manual a la que se accede en primer lugar desde el menú principal, permite la selección del programa a ejecutar siempre que estemos en modo manual. Tenemos dos botones que indican el estado de las mesas de alimentación del robot, en el estado que se muestran no se iniciaría programa al no haber ninguna mesa lista. Abajo se indica el número de pieza actual a cargar, pudiendo cambiar ese número pulsando sobre él. A través del botón de la esquina derecha de abajo accedemos a la segunda pantalla de manuales.



FIGURA 6-10

La segunda pantalla de manuales tiene los diferentes botones para accionar los movimientos de las mesas, la puerta del torno y la garra del mismo, estando en modo manual en el caso del torno, y en el caso de las mesas tanto en manual como en automático, solo que en modo automático solamente moveremos la mesa que no esté siendo utilizada por el robot.



FIGURA 6-11

La pantalla de Automático nos indica el programa de la mesa que está cargada, los contadores de piezas y el tiempo de ciclo. Podemos resetear el contador parcial mediante el botón rojo.

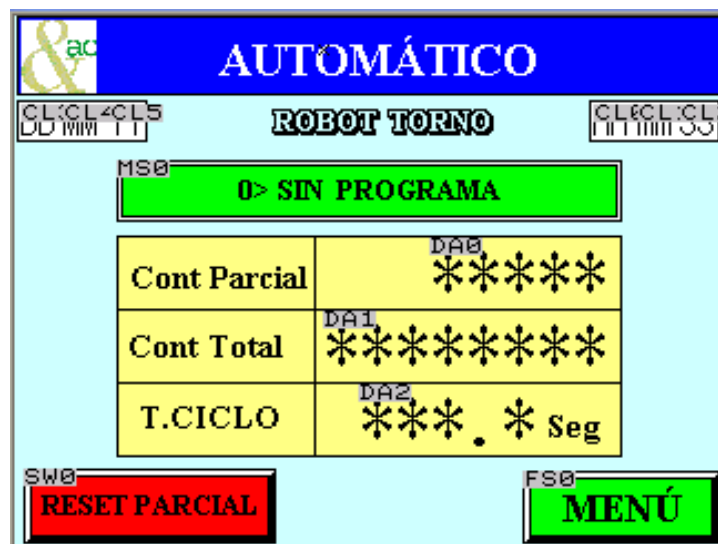


FIGURA 6-12

La pantalla de Alarmas (Incidencias) muestra el listado de las averías o avisos activos. También nos muestra el número de averías activas en el lugar que vemos dos asteriscos. Mediante el botón rojo reseteamos las averías o avisos y con el botón de Histórico accedemos al mismo.



FIGURA 6-13

La pantalla de Histórico de alarmas nos muestra fecha y hora de cada aviso mostrado en la pantalla anterior, pudiendo confirmarlas o borrarlas.



FIGURA 6-14

En la pantalla de Estado General (Automático) vemos también el programa de la mesa que está cargado. Vemos los dos botones mediante los cuales iniciamos el ciclo de trabajo, o indicamos que finalice el ciclo que esté realizando. En el recuadro naranja se indica la pieza actual cargada. Mediante el botón amarillo accedemos a la segunda pantalla de Estado General.

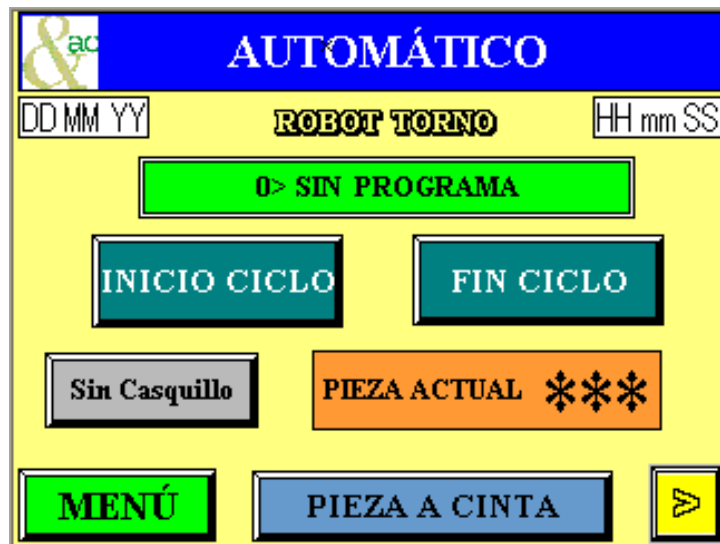


FIGURA 6-15

En esta pantalla de Estado General se muestran todos los valores de posicionamiento que se cargan en el robot.



FIGURA 6-16

Al intentar acceder desde el menú principal a los tiempos y contadores, nos aparecerá la siguiente pantalla de Código Acceso. Pulsando sobre el recuadro verde nos mostrará un teclado abajo mostrado, donde introduciremos el código de Supervisor facilitado. Una vez introduzcamos el código, pulsamos el botón Acceder y nos aparecerá la pantalla de Tiempos/Contadores.



FIGURA 6-17

La pantalla de Tiempo/Contadores que aparece en primer lugar, muestra los diferentes tiempos que el pupitre de control va contabilizando. Cada uno de los tiempos se resetea con el botón rojo de Reset. Al igual que en las demás pantallas, el botón amarillo nos da acceso a la siguiente pantalla.

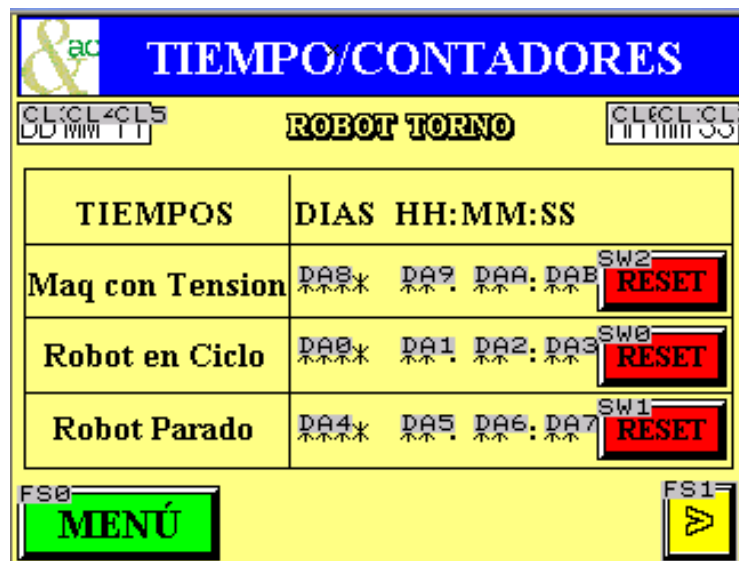


FIGURA 6-18

En esta pantalla de Tiempo/Contadores se visualiza el conteje de ciclos de máquina, con un contador parcial y otro total, cada uno con su botón para su reseteo. Cada uno de los botones amarillos nos da acceso a las diferentes pantallas de la misma sección.

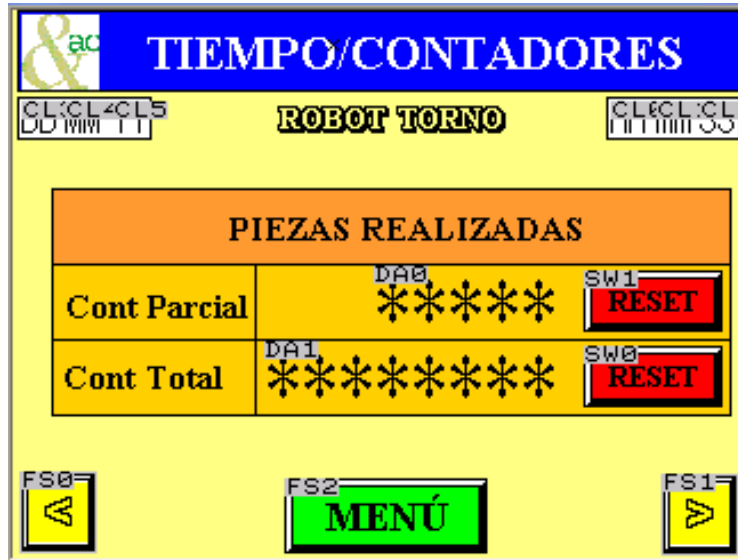


FIGURA 6-19

En esta pantalla de Tiempo/Contadores se accede a la configuración interna de la pantalla GT21 de Panasonic introduciendo el código de acceso por medio del teclado abajo mostrado.



FIGURA 6-20

La pantalla de Recetas Mesa 1 muestra el número de receta seleccionado y su nombre. Todos los demás recuadros son para la configuración de la bandeja y el posicionamiento del robot en ella. El funcionamiento de las recetas consiste en indicar el número de receta a fabricar, que en nuestro caso se selecciona automáticamente con el conector DB9 de cada bandeja, y pulsar el botón de Cargar. Para introducir nuevas recetas basta con rellenar cada recuadro con los valores necesarios, y pulsar el botón de Guardar. Con el botón amarillo de la esquina derecha de abajo accedemos a la mesa 2.

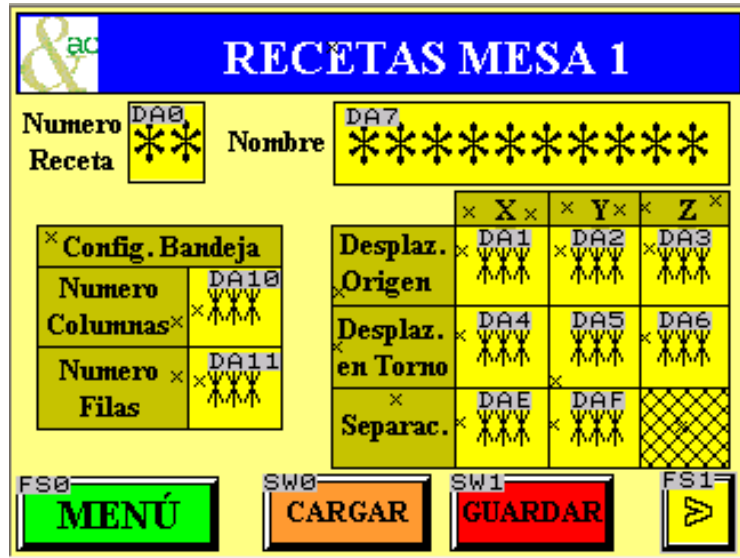


FIGURA 6-21

La pantalla de Recetas de la mesa 2 funciona igual que la anterior.

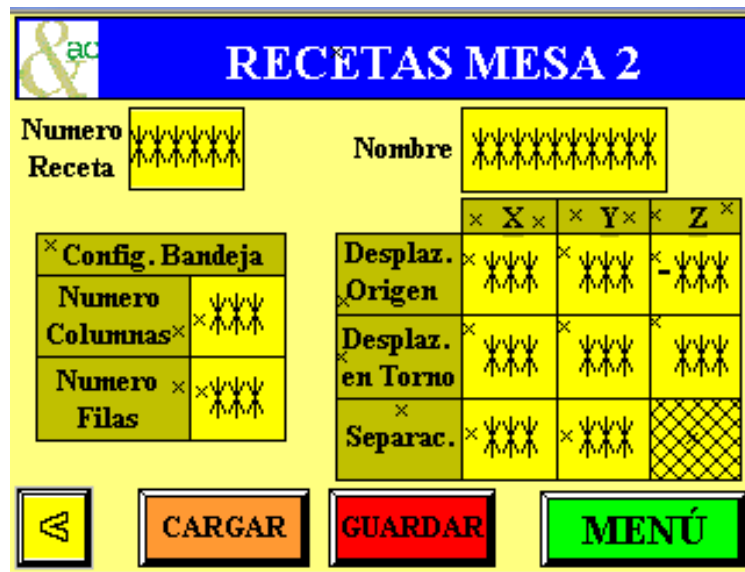


FIGURA 6-22

6.3 PROGRAMA ROBOT KUKA

6.3.1 Configuración

El robot tiene varios archivos que hemos de modificar para la configuración del mismo. En el archivo de Datos de Máquina configuraremos nuestras entradas y salidas, así como las señales de automático externo, que es el modo en el que trabajará el robot. El archivo de comunicaciones se configura para funcionar como maestro en una red DeviceNet.

El software del mando KRC1 diferencia entre el usuario y el experto. El usuario no necesita conocimientos de sintaxis de programación, ya que confecciona programas guiados por menú. Al rearmar el sistema se selecciona, en forma estándar, automáticamente el nivel de usuario.

Si las funciones del nivel de usuario no son suficientes, puede cambiarse al nivel de experto. El experto puede entonces programar, a través del teclado ASCII, en el lenguaje de programación de robots KRL (KUKA Robot Language), así como editar archivos del sistema o de inicialización (sistemas de bus).

Para comenzar a trabajar con los movimientos del robot, se realiza el ajuste de sus ejes por medio de un reloj comparador o unidad electrónica de medida. En el ajuste del robot, los ejes son llevados a una posición mecánica definida, llamada posición mecánica cero. Esta posición mecánica cero representa una asignación al ángulo de accionamiento del eje y está definida mediante una entalladura o una marca.

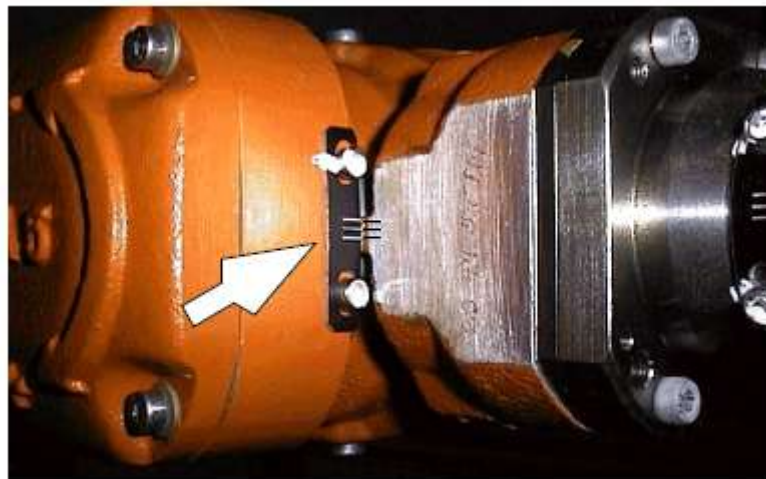


FIGURA 6-23



FIGURA 6-24

Para su ajuste, se realiza el desplazamiento del eje a ajustar, y cuando el palpador de medición cruza el punto más bajo de la entalladura de medición, se ha alcanzado la posición mecánica cero. El comparador electrónico transmite a la unidad de control una señal eléctrica. Utilizando un reloj comparador mecánico, la posición mecánica cero es reconocida por el cambio abrupto en la dirección de movimiento de la aguja indicadora. La posición de preajuste facilita el desplazamiento a la posición mecánica cero. La posición de preajuste está marcada del lado exterior por medio de un trazo o de una marca como muesca, y se encuentra un poco antes de la posición cero. Antes del desplazamiento de ajuste propiamente dicho, debe desplazarse el eje a esta posición.

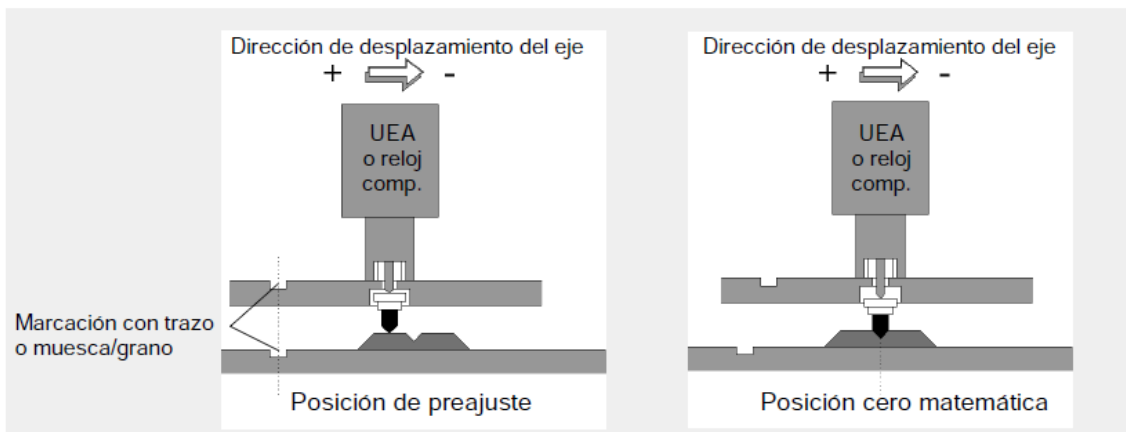


FIGURA 6-25

6.3.1.1 Datos de Máquina

El archivo \$Config.dat se configura en modo experto. Así mismo aunque las señales las definimos editando el archivo, también está la posibilidad de configurarlas mediante los menús accesibles en modo de trabajo experto.

Programas declarados para poder ejecutarlos desde el programa Cell.SRC.

EXT PRG1 () ; Programa de la mesa 1

EXT PRG2 () ; Programa de la mesa 2

Variables para la programación.

REAL N,M

INT A,B,C

6.3.1.2 Entradas y salidas

Las entradas y salidas digitales son editadas en el archivo \$Config.DAT. A continuación vemos las variables que hemos definido para el sistema.

SIGNAL DTPINZA1 \$IN[1] ; Detector pieza en pinza 1

SIGNAL DTPINZA2 \$IN[2] ; Detector pieza en pinza 2

SIGNAL PERM_IN_TORNO \$IN[30] ; Permiso entrada a torno

SIGNAL PASANOPASAON \$IN[31]

SIGNAL PASANOPASAOK \$IN[32]

SIGNAL NUMPIEZA \$IN[33] TO \$IN[64] ; Numero de pieza desde PLC

SIGNAL X0 \$IN[65] TO \$IN[80] ; Distancia X desde origen a punto inicio nueva mesa

SIGNAL Y0 \$IN[81] TO \$IN[96] ; Distancia Y desde origen a punto inicio nueva mesa

SIGNAL Z0 \$IN[97] TO \$IN[112] ; Distancia Z desde el origen a punto nueva mesa

SIGNAL INCY \$IN[113] TO \$IN[128] ; Distancia Y entre piezas

SIGNAL NUMX \$IN[129] TO \$IN[144] ; Numero piezas en X

SIGNAL NUMY \$IN[145] TO \$IN[160] ; Numero piezas en Y

SIGNAL ABRIRPINZA1 \$OUT[1] ; Abrir pinza 1

SIGNAL ABRIRPINZA2 \$OUT[2] ; Abrir pinza 2

SIGNAL CERRARPINZA1 \$OUT[3] ; Cerrar pinza 1

SIGNAL CERRARPINZA2 \$OUT[4] ; Cerrar pinza 2

SIGNAL PIEZATERMINADA \$OUT[47] ; Pieza terminada a plc

SIGNAL RBTDEINTROTORNO \$OUT[48] ; Robot dentro torno

SIGNAL PUNTO1 \$OUT[49]

SIGNAL PUNTO2 \$OUT[50]

SIGNAL SOPLAR \$OUT[51]

SIGNAL ABRIENDOP1 \$OUT[52]
 SIGNAL CERRANDOP1 \$OUT[53]
 SIGNAL ABRIENDOP2 \$OUT[54]
 SIGNAL CERRANDOP2 \$OUT[55]

6.3.1.3 Automático Externo

En líneas de producción, es necesario poder iniciar los procesos del robot desde un puesto central, en este caso un PLC en el pupitre de control. A través de la interfaz “Automático externo”, un PLC central puede comunicar con el control del robot y activar diferentes procesos del mismo. De igual modo, la unidad de control del robot puede transmitir informaciones acerca de los estados de servicio y avisos de anomalía al PLC central. En el control del robot, KRC1, se realiza todo ello por medio del arranque automático del equipo, el programa de organización específico de la tecnología es el CELL.SRC y a funciona a través de las funciones del módulo P00. Las variables para el funcionamiento del robot en modo Automático Externo se indican a continuación.

PGNO	Señal	Entrada	Señal
1	PGNO_TYPE	E	1026 EXT_START
8	PGNO_LENGTH	E	1025 MOVE_ENABLE
E 33	PGNO_FBIT	E	1026 CONF_MESS
E 41	PGNO_PARITY	E	140 DRIVES_ON
E 42	PGNO_VALID	E	1025 DRIVES_OFF

FIGURA 6-26

PGNO_TYPE. No se trata ni de una entrada ni de una señal, sino que es una variable. Con su valor puede prefijar el formato con el que desea que el PLC principal tome lectura del número de programa transmitido.

PGNO_LENGTH. Tampoco esta se trata de una entrada o señal, sino de nuevo de una variable. Con su valor puede prefijar el ancho del bloque de bits del número de programa transmitido por el PLC principal.

PGNO_FBIT. Entrada que representa el primer bit del número de programa.

PGNO_PARITY. Entrada sobre la que se transmite el bit de paridad del PLC principal.

PGNO_VALID. Entrada sobre la cual se transmite el comando de lectura del número de programa por el PLC principal.

EXT_START. Al colocar esta señal se puede iniciar, o bien continuar, un programa con interfaz de E/S activa.

MOVE_ENABLE. Esta entrada es utilizada para el control de los accionamientos del robot a través del PLC principal.

CONF_MESS. Activando esta señal, el ordenador principal puede autoborrar los avisos de fallos originados (confirmación).

DRIVES_ON. Mediante un impulso de nivel alto durante 20 ms, como mínimo, en esta entrada, el PLC principal puede activar los accionamientos del robot.

DRIVES_OFF. Mediante un impulso de nivel bajo durante 20 ms, como mínimo, en esta entrada, el PLC principal puede desactivar los accionamientos del robot.

Configurar AUTOMÁTICO EXTERNO Salidas					
Salida	Señal	Salida	Señal		
A	1010	A	994	STOPMESS	T2
A	33	A	995	PGNO_REQ	AUT
A	34	A	140	APPL_RUN	EXTERN
A	1012	A	147	PERI_RDY	ON_PATH
A	1013	A	1021	ALARM_STOP	PRO_ACT
A	1011	A	1000	USER_SAF	IN_HOME
A	993	A	35	T1	ERR_TO_PLC

FIGURA 6-27

STOPMESS. Esta salida es puesta por el control del robot para indicarle al PLC principal que se ha producido un mensaje que requiere la parada del robot.

PGNO_REQ. Con un cambio de señal en esta salida se requiere al PLC principal, que transmita un número de programa.

APPL_RUN. Con la activación de esta salida, el control del robot comunica al PLC principal que se está procesando en este preciso momento un programa.

PERI_RDY. Con la activación de esta salida el control del robot comunica al PLC principal que los accionamientos del robot están activados.

ALARM_STOP. Esta salida es reseteada cuando se produce un evento de parada de emergencia.

USER_SAF. Esta salida es reseteada al abrir un contacto del conmutador de control del vallado de seguridad (en el modo de servicio AUTO), o bien al soltar un pulsador de hombre muerto (en el modo de servicio TEST).

T1, T2, AUT, EXTERN. Estas salidas son activadas al quedar seleccionado el modo de servicio correspondiente. Esto se hace a través del selector de la KCP.

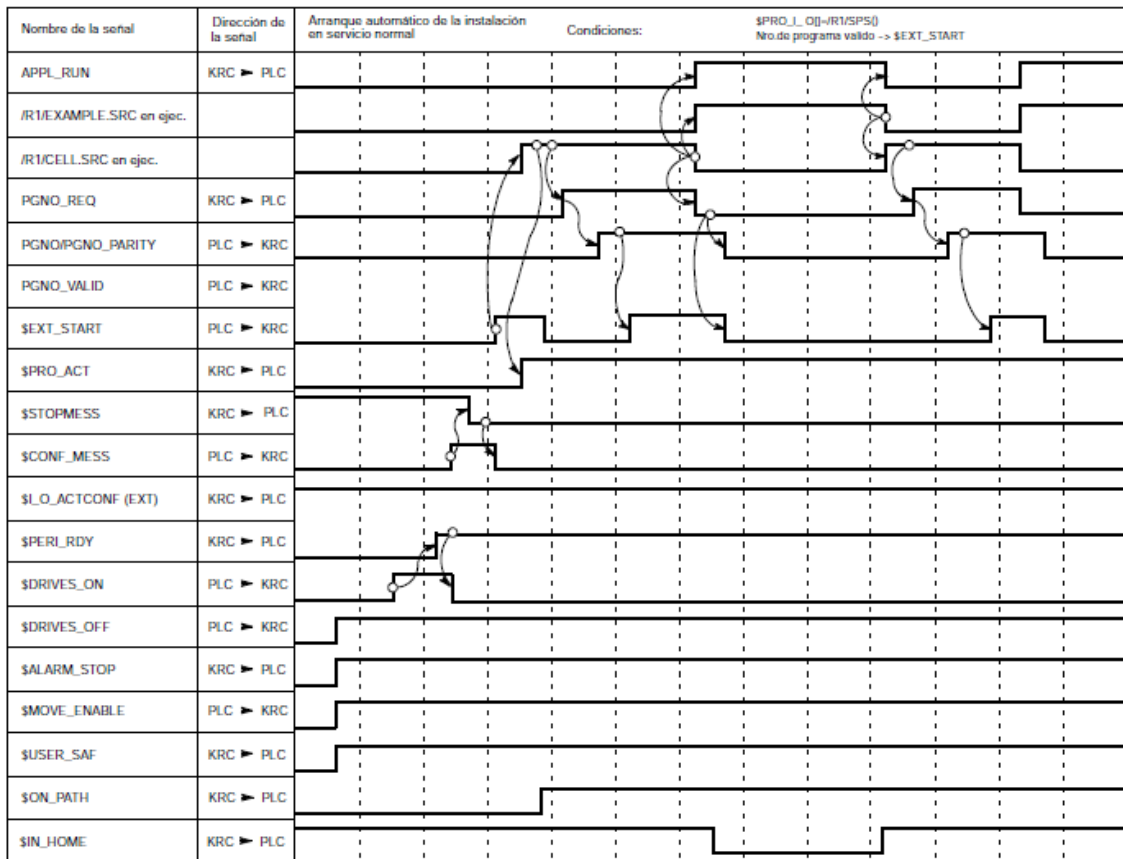
ON_PATH. Esta salida estará activa mientras el robot se encuentra dentro de su trayectoria programada.

PRO_ACT. Esta salida estará activa cuando esté activo un proceso o bien la ejecución del programa en el nivel de robot está activa.

IN_HOME. Esta salida comunica al PLC principal si el robot se encuentra en su posición de partida (HOME).

ERR_TO_PLC. Activando esta salida, el control del robot comunica al PLC principal de que se ha producido un fallo de la unidad de control o de tecnología.

En la gráfica siguiente vemos el diagrama del Arranque automático de la instalación y servicio normal con confirmación del número de programa por medio de la señal \$EXT_START.



GRÁFICA 6-1

6.3.1.4 Comunicaciones DeviceNet

Se configura el bus de campo DeviceNet para comunicar el robot con el pupitre de control. El archivo Devnet.ini es donde se define la red Devicenet, con 500 baudios por segundo y en el nodo 1 un esclavo con la dirección 5, que en este caso se trata del PLC. El robot tiene la dirección 0 por defecto y es maestro en la red CAN.

```
[krc]
debug=0
baudrate=500

[1]
macid=5
```

En el archivo Iosys.ini se configuran todas las señales, tanto las físicas de la MFC, como las del bus de comunicaciones DeviceNet.

[DRIVERS]

MFC=0,mfcEntry,mfcdrv.o

DEVNET=2,dnInit,dndrv.o

[MFC]

INW0=0 ;\$IN[1-16]

OUTW0=0 ;\$OUT[1-16]

OUTW2=2 ;\$OUT[17-32]

[DEVNET]

INW2=0 ;\$IN[17-32]

INDW4=2 ;\$IN[33-64]

INW8=6 ;\$IN[65-80]

INW10=8 ;\$IN[81-96]

INW12=10 ;\$IN[97-112]

INW14=12 ;\$IN[113-128]

INW16=14 ;\$IN[129-144]

INW18=16 ;\$IN[145-160]

INW20=18 ;\$IN[161-176]

INW22=20 ;\$IN[177-182]

OUTW4=0 ;\$OUT[33-48]

OUTDW6=2 ;\$OUT[49-64]

OUTW10=6 ;\$OUT[65-96]

OUTW12=8 ;\$OUT[97-112]

OUTW14=10 ;\$OUT[113-128]

OUTW16=12 ;\$OUT[129-144]

6.3.1.5 Programa Cell y definición de programas

La selección de programas desde el robot en el modo Automático Externo, lo gestiona el programa Cell.src, desde el que se inicializan variables y donde se carga cada uno de los programas según la selección que envíe el pupitre de control.

La definición de cada uno de los programas se hace en el archivo Config.dat, es la forma de darlos de alta para poder ser llamados desde cualquier programa como en este caso el Cell.src.

Cell.SRC:

```

&ACCESS RVO
&COMMENT HANDLER on external automatic
DEF CELL ( )

;FOLD INIT;%R2.0.2,%{E}%MKUKATPBASIS,%CINITP00,%VINITP00,%P
DECL CHAR DMY[3]
DMY[]="---"
;ENDFOLD
;FOLD BAS INI;%R1.1.5,%{E}%MKUKATPBASIS,%CINIT,%VINIT,%P
INTERRUPT DECL 3 WHEN $STOPMESS==TRUE DO IR_STOPM ( )
INTERRUPT ON 3
BAS (#INITMOV,0 )
;ENDFOLD
;FOLD CHECK HOME;%{E}%R1.1.5,%MKUKATPBASIS,%CCHECK,%VHOME,%P
$H_POS=XHOME
IF CHECK_HOME==TRUE THEN
P00 (#CHK_HOME,#PGNO_GET,DMY[],0 ) ;Testing Home-Position
ENDIF
;ENDFOLD
;FOLD PTP HOME Vel= 100 %
DEFAULT;%{E}%R1.1.5,%MKUKATPBASIS,%CMOVE,%VPTP,%P 1:PTP, 2:HOME, 3:,
5:100, 7:DEFAULT
$H_POS=XHOME
PDAT_ACT=PDEFAULT
BAS (#PTP_DAT )
FDAT_ACT=FHOME
BAS (#FRAMES )
BAS (#VEL_PTP,100 )
PTP XHOME
;ENDFOLD
;FOLD AUTOEXT INI;%{E}%R1.1.5,%MKUKATPBASIS,%CINIT,%VAUTOEXT,%P
P00 (#INIT_EXT,#PGNO_GET,DMY[],0 ) ; Initialize extern mode
;ENDFOLD
LOOP
P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_GET,DMY[],0 )
SWITCH PGNO ; Select with Programnumber

CASE 1
P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 ) ; Reset Progr.No.-Request
PRG1 ( ) ; Mesa 1

CASE 2
P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_ACKN,DMY[],0 ) ; Reset Progr.No.-Request
PRG2 ( ) ; Mesa 2

DEFAULT
P00 (#EXT_PGNO,#PGNO_FAULT,DMY[],0 )
ENDSWITCH
ENDLOOP
END

```

En resumen este programa inicializa una serie de interrupciones del sistema automático externo, y asegura que se inicia el ciclo con el robot en la posición HOME. Una vez inicializado, se mantiene en un bucle (LOOP) donde según el número de programa que le envíe el PLC, cargará el PRG1.SRC, programa de carga de la primera bandeja, o el PRG2.SRC, programa de carga de la segunda bandeja.

6.3.2 Estructura del programa

El programa del robot para cargar las piezas de la primera bandeja está dividido en varias partes. En primer lugar inicializa las variables de movimiento de las pinzas, abriendo éstas en caso de que estén cerradas y comprobando sus detectores.

A continuación está la parte de control del sistema Pasa No Pasa, donde mediante el intercambio de unas señales con el programa del PLC y con la detección del detector que tiene el sistema instalado, el robot realiza dos movimientos donde se hace la comprobación de la pinza. Esta parte de programa solamente es ejecutada al inicio de trabajo con la mesa o tras un paro del sistema y re arranque del mismo.

En la siguiente parte de programa está grabado el punto P3, que es el punto de origen de la mesa de carga, a partir de este punto es donde se calcula la posición a la que debe ir el robot en la bandeja de piezas, esta posición se la envía el PLC. Con este cálculo realizado, el robot se dirige a coger la pieza.

Con la pieza en la Pinza 1 del robot, éste se dirige al torno, donde espera el permiso de entrada al mismo por medio del PLC. Una vez obtiene el permiso, entra y recoge la pieza del torno con la Pinza 2, y seguidamente deposita la pieza de la Pinza 1 en el Torno. Por medio de la señal que envía al PLC, de que está el robot dentro del torno, el PLC gestiona la cogida de la pieza por parte del torno.

A continuación el robot sale del torno indicándoselo al PLC, así este da marcha de ciclo al torno, y se dirige a la estación de soplado. En esta estación el robot indica al pupitre que le active la señal de soplado varias veces en diferentes posiciones, de esta forma se logra quitar la viruta de la pieza recién torneada.

Por último, el programa del robot gestiona por orden del PLC si debe depositar la pieza terminada en la bandeja de salida hacia depósito, o bien en la de control de calidad. Una vez dejada la pieza, el robot vuelve a su posición HOME, y espera la nueva carga de programa por parte del PLC.

7. PRESUPUESTO

A continuación se detalla el presupuesto general del desarrollo e instalación de la célula de manipulación robotizada. Está dividido en tres partidas. La primera partida se valora los componentes necesarios para el proyecto. En la segunda se valora el desarrollo de ingeniería, la documentación y la programación del robot y pupitre. En la tercera se valora la instalación y puesta en marcha de la célula robotizada.

PRESUPUESTO CÉLULA ROBOT MANIPULADOR PARA TORNO	
COMPONENTES	PRECIO
Pupitre de Control con PLC y Pantalla Táctil TFT Panasonic	5.800 €
Robot Kuka KR6-2 con control KRC1	29.000 €
Materiales eléctricos y neumáticos para Garra Robot	800 €
Materiales eléctricos y neumáticos para estación de soplado	190 €
Materiales eléctricos y neumáticos para Mesa de alimentación	950 €
Materiales eléctricos para la instalación e interconexión de todos los elementos	2.000 €
Cerramiento de rejillas con estructura de aluminio	1.800 €
Pequeño material	600 €
Total Partida 1	41.140 €
INGENIERÍA	
Ingeniería y desarrollo del Proyecto	5.500 €
Documentación	2.000 €
Programación de PLC, pantalla y robot	6.000 €
Total Partida 2	13.500 €
INSTALACIÓN	
Instalación de todos los componentes	2.500 €
Puesta en marcha	3.000 €
Total Partida 3	5.500 €
Subtotal Partidas	60.140 €
IVA (16%)	9.622,40 €
Total Presupuesto	69.762,40 €

TABLA 7-1

La empresa contrata del proyecto, Plásticos Ferro S.L., ve correcto el precio presupuestado y por tanto se lleva a cabo la instalación y puesta en marcha del mismo. La empresa valora que

este presupuesto es para un primer torno que se quiere robotizar, pero se le hace saber que parte del desarrollo que va a tener que pagar en este primer robot, se lo ahorrará en futuras instalaciones de las mismas características que posiblemente lleven a cabo.

8. CONCLUSIONES

Actualmente la aplicación que se describe en el proyecto está 100% operativa. En un principio hubo una pausa del proyecto debido al traslado de los tornos de trabajo de la empresa Braseli S.L. en Miranda de Ebro (Burgos), a la empresa Ferroplast S.L. Santa Fé (Granada), ambas del grupo Plásticos Ferro S.L., pero tras la pausa de dos años del proyecto, en 2009 se recupera y se logra hacer la puesta en marcha de la célula del robot de manipulación.

La aplicación ha logrado aumentar la producción de la línea de fabricación de piezas de latón de forma considerable, ya que hoy por hoy el sistema está operativo y fabricando las 24 horas del día, pero sobre todo, gracias a que una vez rellenas las bandejas de piezas a fabricar, el sistema tarda alrededor de dos horas en vaciar las bandejas y producir todas las piezas.

Antes de la incorporación de la célula, la fabricación del mismo número de piezas tardaba aproximadamente una cuarta parte de tiempo más que ahora. Esto es debido a que el robot no necesita hacer las paradas que son necesarias para el operario, como comer, ir al baño... En definitiva la continuidad y fiabilidad de la aplicación que nos ocupa, hace que el conjunto del sistema sea un gran avance en cuanto a versatilidad y productividad en la línea de fabricación.

Desde la implantación del sistema y puesta en funcionamiento, el cliente, contento con el correcto funcionamiento del mismo, y siempre pensando en posibles mejoras, comenzó a estudiar posibles ampliaciones en la célula del robot. Una de estas mejoras que el cliente nos presenta es la incorporación de una máquina de montaje de casquillos a las piezas de latón que fabrica el torno. Esta máquina es ya hoy una realidad, y ya se ha comenzado a trabajar en la incorporación de la misma al ciclo de trabajo del robot.

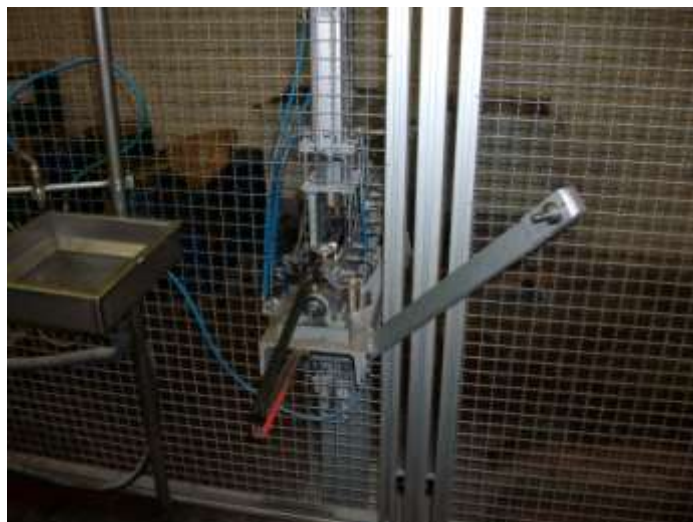


FIGURA 8-1

9.BIBLIOGRAFÍA

Historia de la Robótica

<http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>

Documentación de PLC y HMI

<http://www.panasonic-electric-works.es>

Comunicaciones DeviceNet

http://www.spse.com.ar/sitios_internos/mantenimiento_distrito/electrica/manuales/Weg/SSW07-Manual-DeviceNet-R00-es_ES-10000046974.pdf

Documentación técnica Kuka

<http://www.kuka-robotics.com/spain/es/>

DVD Documentación Kuka:

Hardware. Operating instruction KR 6/2, 15/2, 15L6/2

Hardware. Operating instruction KRC1

Software. Operating handbook Release R2.2

Software. Program handbook Release 2.2