



**PROYECTO FINAL DE MASTER PAIR
CURSO 2005-2006**

**SELECCIÓN DE UNA NUEVA
ARQUITECTURA DE CONTROL Y
SUPERVISION DE UNA CELULA
ROBOTIZADA DE PINTADO DE
CARROCERIAS**

Autor: Juan Carlos Rubio Calín

Tutor: Felip Fenollosa

Javier del Rio

Junio - 2006



PROYECTO FINAL DE MASTER PAIR

**SELECCIÓN DE UNA NUEVA
ARQUITECTURA DE CONTROL Y
SUPERVISION DE UNA CELULA
ROBOTIZADA DE PINTADO DE
CARROCERIAS**

ÍNDICE

MEMORIA DEL PROYECTO

1. Introducción

2. Objetivo del proyecto

3. Antecedentes

3.1 Descripción general de un sistema de pintado electrostático

3.2 Análisis Situación Inicial

4. Criterios de selección de sistemas robotizados

5. Arquitecturas de Control de sistemas robotizados

5.1 Arquitectura centralizada

5.1.1 Robot Industrial P155-Fanuc

5.1.2 Controlador de Robots RJ. Panel Operador. Teach Pendant

5.1.3 Comunicaciones I/O

5.2 Arquitectura descentralizada

5.2.1 Variorobots 5 ejes

5.2.2 Módulo de Controlador de Robots RHO4

5.2.3 Módulo de Redes: Interbus, Sercos, Ethernet, RS485

5.2.4 Módulo PLC interfase (Autómata estación)

5.2.5 Módulo E/S descentralizadas

5.2.6 Módulo de HMI (Supervisión de la célula robotizada) y Editor de procesos

5.2.7 Módulo de programación Off-line

6. Viabilidad técnica

6.1 Arquitectura Descentralizada frente Centralizada. Parametros de valoración

6.2. Hardware y software empleado de la solución adoptada

7. Justificación económica

8. Conclusiones

9. Referencias bibliográficas y webs

ANEXOS:

ANEXO 1: Cálculos consumo de pintura

1.1 Datos técnicos producción

1.2 Consumo máquinas originales y nuevas

1.3 Ahorro pintura

ANEXO 2: Reglamentación y Normas de Seguridad

PRESUPUESTO

1. Arquitectura Descentralizada

2. Arquitectura Centralizada



PROYECTO FINAL DE MASTER PAIR

**SELECCIÓN DE UNA NUEVA ARQUITECTURA
DE CONTROL Y SUPERVISION DE UNA CELULA
ROBOTIZADA DE PINTADO DE CARROCERIAS**

MEMORIA **DEL PROYECTO**

1. INTRODUCCION

- El robot industrial es cada vez más un elemento fundamental dentro de un sistema automático de producción.
- Gran importancia la integración del robot con otros robots y con otras máquinas.
- La automatización industrial tiene una clara tendencia hacia la comunicación total e interacción con sistemas CAD/CAM.



1940



1960

Master PAIR 05-06: Selección de una nueva arquitectura de control y supervisión de una célula robotizada de pintado de carrocerías

MEMORIA



1980



1990



2000



Futuro

2. OBJETIVO DEL PROYECTO

- **Sustitución de instalaciones pulverizadores electrostáticos fijas de más de diez años de existencia, por células robotizadas.**
- **Mejor calidad en el acabado, ahorro de pintura e incremento de productividad**



Máquina convencional de pintado mediante pulverizadores electrostáticos fijos

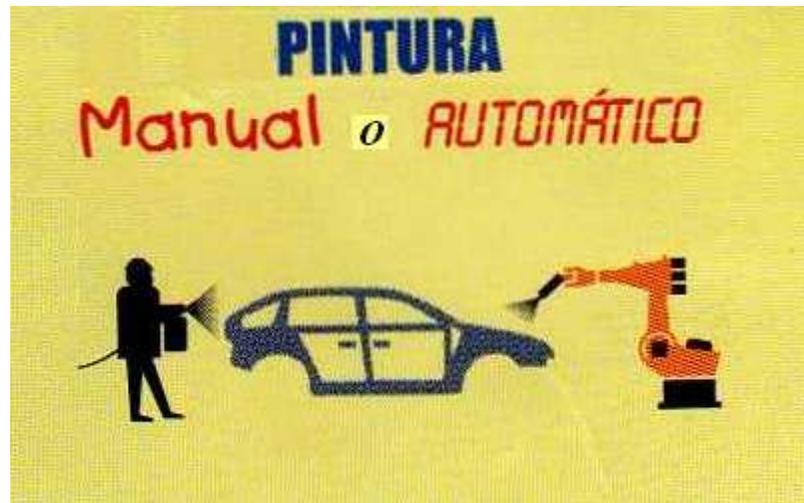
•Presentación del estudio y diseño de dos arquitecturas

- 1) Arquitectura de célula robotizada centralizada en la ya existente con controlador propietario de fabricantes de robots industriales y software especializados en robots de pintura**

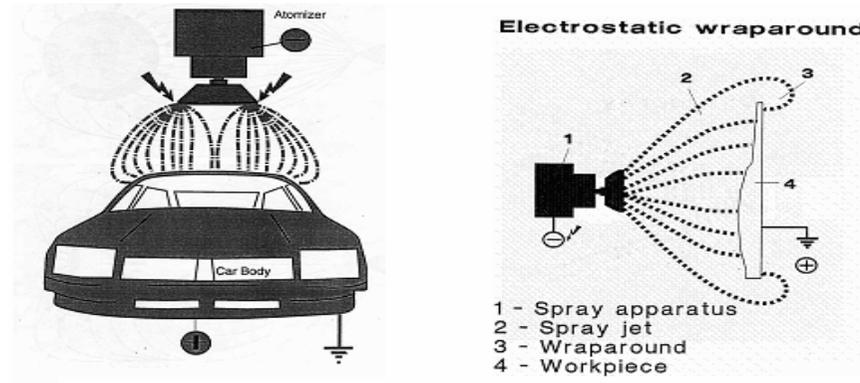
- 2) Arquitectura descentralizada en que se utiliza un PC industrial como herramienta de control de los robots, con sistemas de comunicación ,buses de campo, supervisión , control y simulación de procesos de pintado**

3. ANTECEDENTES

- **Sistema de pintado en la industria del automóvil utilizado es mediante pulverizado electrostático**
- **Aplicación más uniforme y eficaz**
- **Ahorro de un 25 a un 50 % de pintura con respecto a otras pulverizadores neumáticos convencionales.**

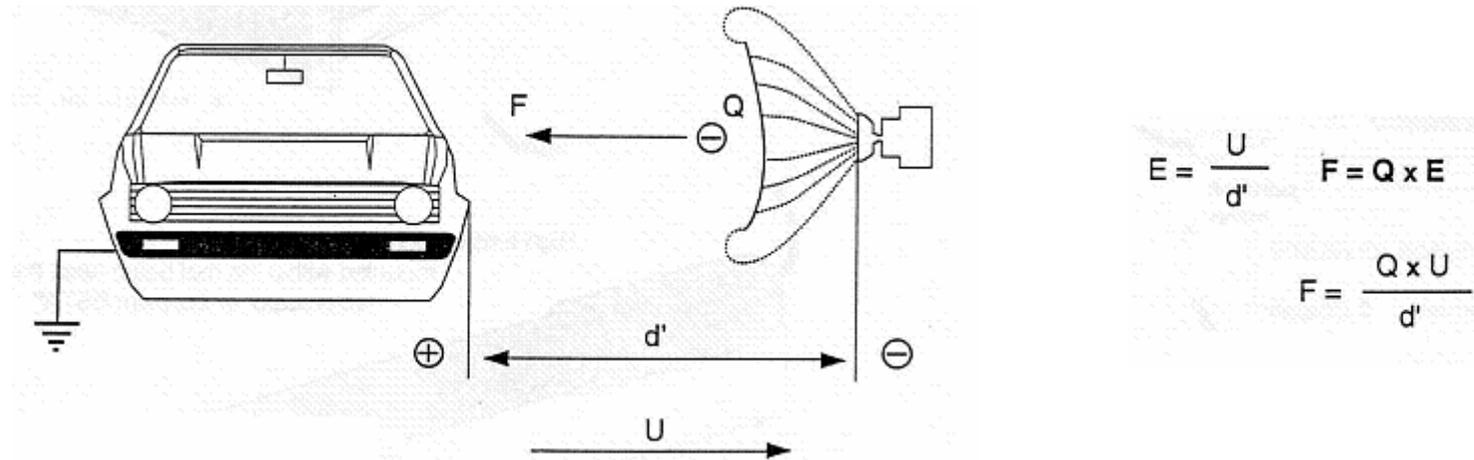


3.1 Descripción general de un sistema de pintado electrostático



Principio pintado de mediante pulverizadores electrostáticos fijos

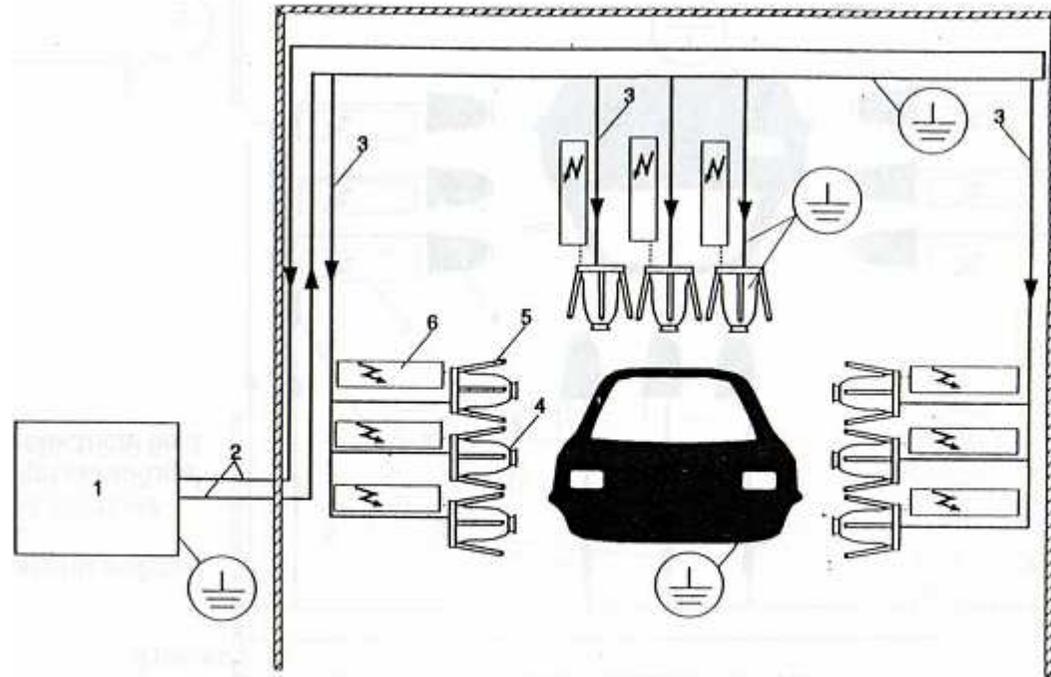
Esta técnica aplican una carga de corriente continua de alto voltaje al electrodo de la tobera del aplicador, creando un campo electrostático entre el pulverizador y el objeto a pintar, siendo en nuestro proyecto la carrocería del vehículo. La carrocería está conectada eléctricamente a tierra mediante un soporte que puede ser estacionario o móvil, en nuestro caso la cadena de transporte.



Principio pintado por alta tensión

La función de esta tensión es cargar eléctricamente la pintura, creando un campo electrostático entre ella y la superficie metálica que hay que pintar.

Un sistema de fluido a presión regulada suministra material de recubrimiento al pulverizador. En el pulverizador el aire aplicado a una turbina por rotación pulveriza el material de recubrimiento formando una niebla de material atomizado que se carga eléctricamente debido a la influencia del campo electrostático. Las partículas cargadas son atraídas y depositadas en la carrocería.

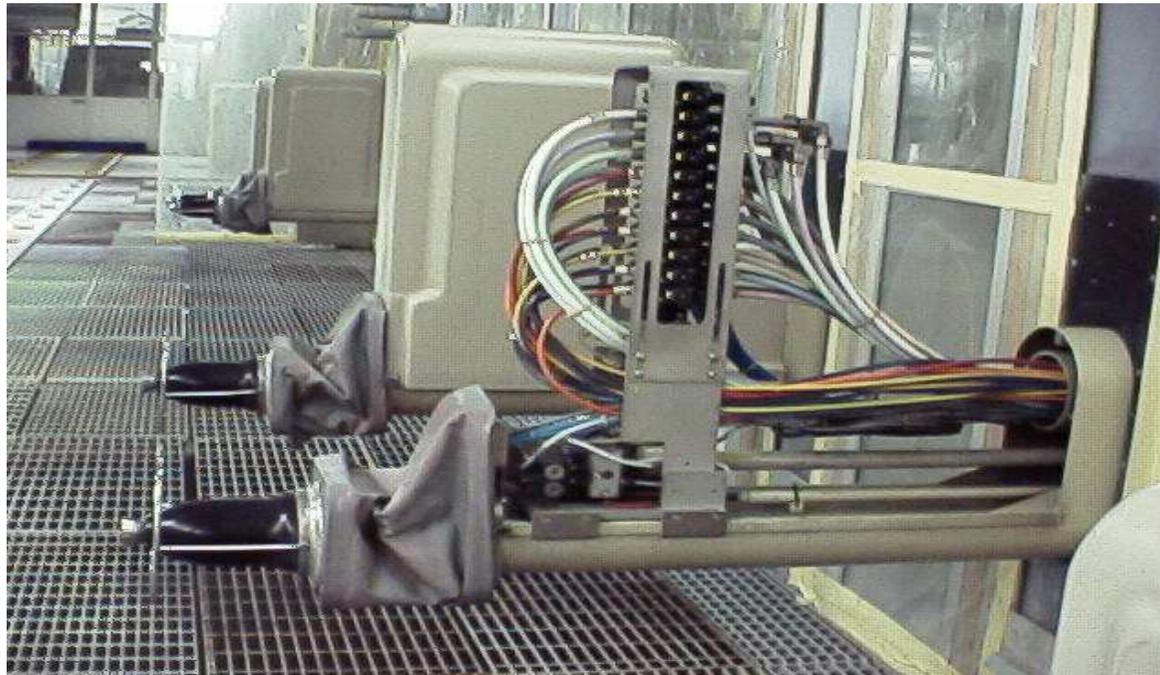


- | | | | |
|---|--|---|----------------------|
| 1 | Paint mix room | 2 | ring pipe (grounded) |
| 3 | Paint line to the atomizer (grounded) | 4 | atomizer (grounded) |
| 5 | external charge ring (at High Tension) | 6 | High Tension cascade |

Sistema de pintado por pulverizadores electrostáticos

Por tanto en un sistema de pintado por pulverizadores electrostáticos nos encontramos los siguientes elementos:

- **Aportación de pintura mediante una bomba de engranajes accionada eléctricamente**
- **Un sistema de control de revoluciones de turbina para producir la atomización**
- **Un sistema de control de presión aire de guía para efectuar el ajuste del cono de rociadura**
- **Un sistema de control y generación de alta tensión**



Detalle pulverizador electrostático fijo

3.2 Análisis de situación inicial

Existencia de una máquina convencional de pintado mediante pulverización electrostática, pero con un sistema de posicionamiento y todo el control de aplicación (revoluciones turbina, aire guía, caudal, alta tensión, silueta, ciclos de lavado...) centralizado en un PLC de más de diez años de antigüedad.

Actualización o renovación de esta arquitectura por actuales sistemas robotizados existentes con el objetivo de:

- Alcanzar los nuevos objetivos de rendimiento y eficiencia en la aplicación (véase anexo 1.1)**
- Incremento de productividad (pintado de nuevos modelos), así como mejora de la calidad y ahorro económico**
- Eliminar los principales problemas existentes en la aplicación con la máquina convencional de pintado**

Problemas existentes:

- **Existencias de diferentes franjas de espesores**
- **Zonas bajas de carrocería con espesores bajos**
- **No hay repetibilidad de la aplicación**
- **Defectos crónicos de acabado**
- **Dificultad de mantener la distancia del pulverizador a la carrocería**

Todos los problemas existentes anteriores descritos se deben la mayoría a que el control de movimiento para realizar las trayectorias de pintado está limitado con la disposición física de esta máquina



Nivel 1 al 4: Laterales



Nivel 5 Máquina de techo

El presente proyecto analizará nuevas arquitecturas de control para eliminar estos deficientes niveles de pintado y su sustitución por robots industriales

4. CRITERIOS DE SELECCION DE SISTEMAS ROBOTIZADOS

La implantación un sistema robotizado implica la consideración de un gran número de factores:

- **Normativas vigentes para este tipo de instalaciones (véase anexo 2).**
- **Elementos de regulación y sistemas de control**
- **Sistema de transporte es de tipo continuo**

Características necesarias del Robot como el elemento manipulador que cumple las prestaciones y que se requieren para la automatización de aplicaciones de Pintura

La configuración

Los grados de libertad

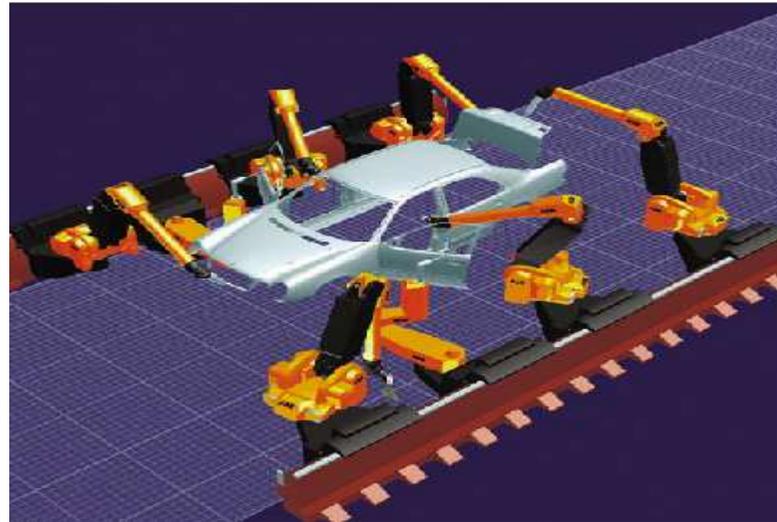
En las aplicaciones de pintura es fundamental orientar la herramienta en el espacio para acceder a posiciones complicadas, siendo preciso 5 o incluso más grados de libertad

Dentro de las diferentes morfologías de robots, se ha seleccionado los robots angulares o antropomórficos para la aplicación de pintura en transporte continuo y es preciso seleccionar la arquitectura de control, tanto hardware como software que todo sistema robotizado debe incluir

Se plantea dos tipos de arquitecturas de control, mediante robots industriales:

Una arquitectura centralizada en el sistema ya existente de control con PLC basado en los propios controladores de los robots que incorpora un software específico de la aplicación de pintura más seguimiento del vehículo

Se trata de instalar cuatro robots de pintura con un séptimo eje de translación, cada uno con su controlador propio con un diseño master-slave con el PLC de control ya presente en la instalación con comunicación típicamente vía módulos Entradas/ Salidas discretas y analógicas.



Robots Industriales de 6 ejes , más 7º eje de seguimiento de carrocerías

Comunicación basada en RS 232 C (opcional ethernet) al panel de operador existente.

La 2ª arquitectura plantea una instalación nueva con respecto a la existente, sustituyendo el sistema de control antiguo (incluyendo el PLC)

Sistema de control descentralizado formado por :

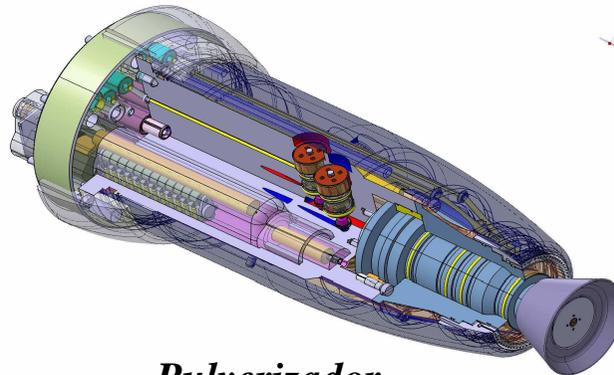
- **PC Industrial como herramienta de control de los robots**
- **Diversos dispositivos conectados entre si mediante bus de campo**
- **Programas de control y comunicación construidos sobre el estándar TCP/IP**
- **Sistemas para la gestión y simulación del proceso de pintado**
- **PC Monitor con pantalla táctil que sustituyen los incómodos paneles de operador basados en lámparas y pulsadores.**
- **Robots de 5 grados de libertad**



Robots Industriales de 5 ejes, con 1º eje de translación vertical

VENTAJAS DEL PROCESO DE PINTADO CON ROBOTS RESPECTO A OTRAS MAQUINAS DE PINTADO:

- **Gran área de trabajo**
- **Velocidad de aplicación constante**
- **Hardware en el interior del brazo y software específico**



Pulverizador

- **Muñecas especiales para pintura que junto al pulverizador forman parte del aplicador que realiza la tarea**

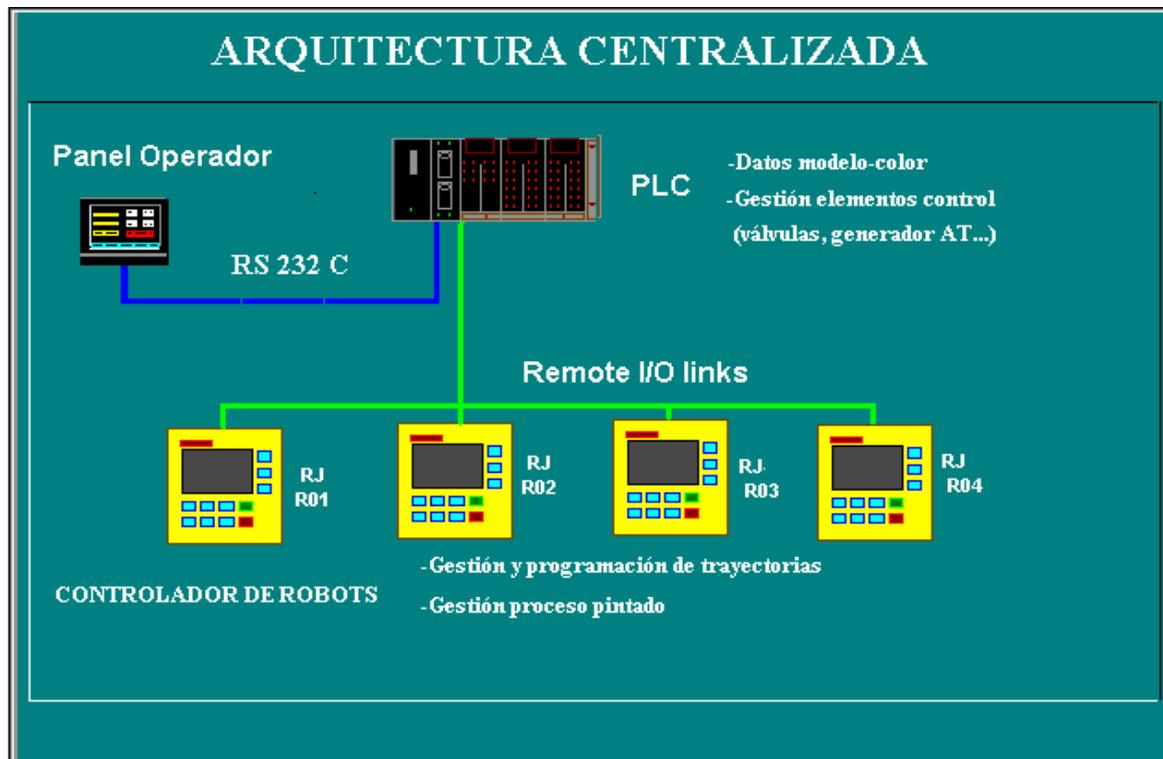
Muñecas especiales (pintura):



Pulverizador en muñecas especiales de pintura

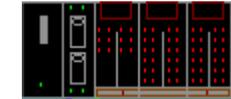
5. ARQUITECTURAS DE CONTROL DE SISTEMAS ROBOTIZADOS

5.1 Arquitectura centralizada



La configuración de la célula robotizada, está constituida por los siguientes elementos:

• **PLC fabricante Allen-Bradley**



• **Panel de operador PANELVIEW**

• **Robot industrial pintura P155-FANUC**



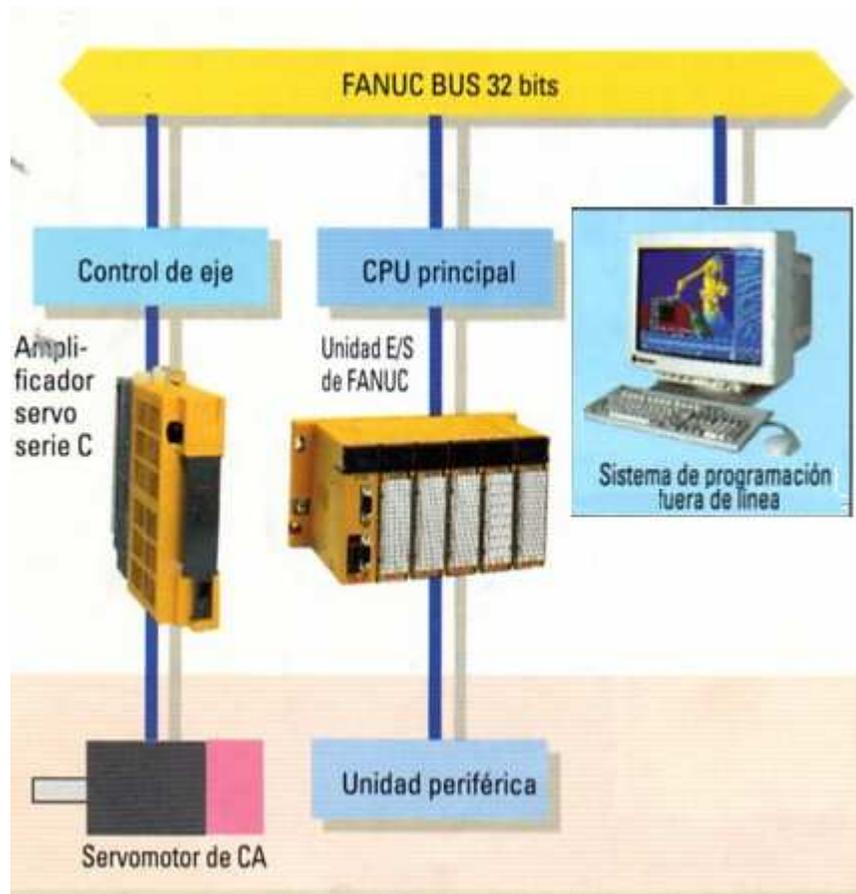
• **Controlador de robots RJ.**



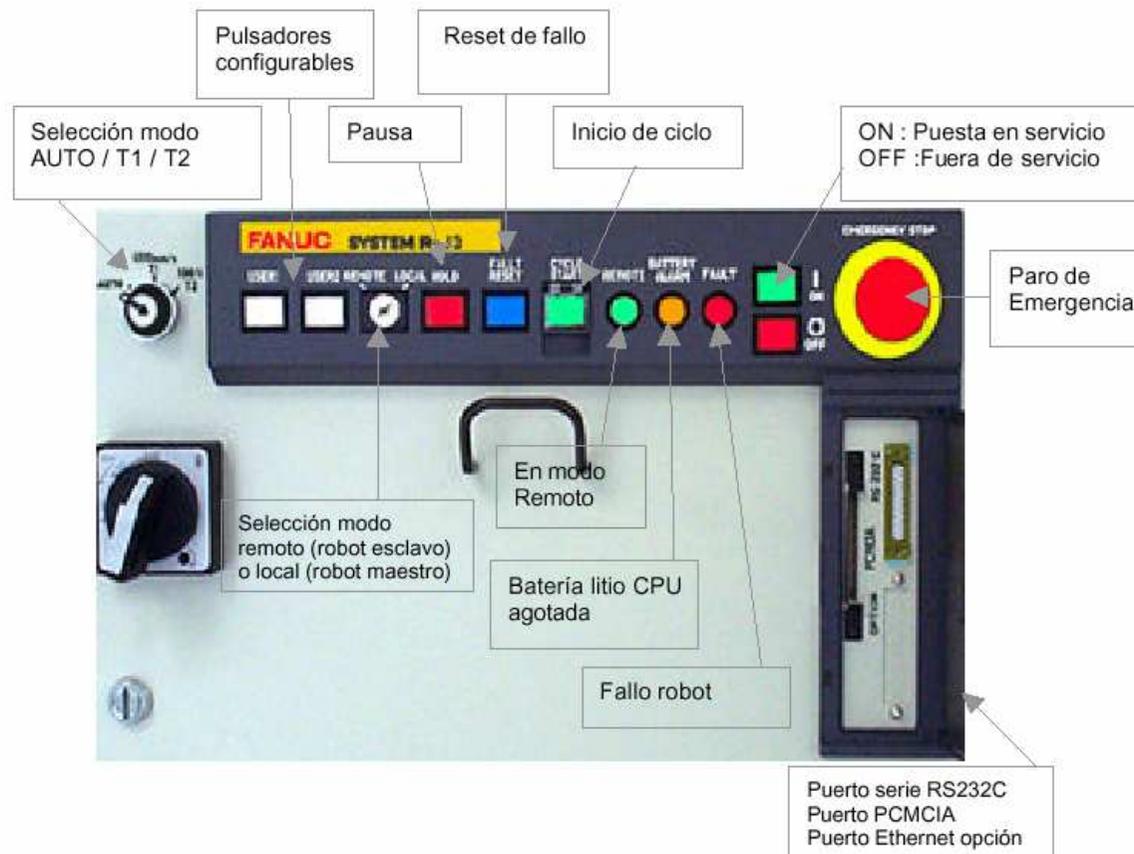
• **Teach Pendant**



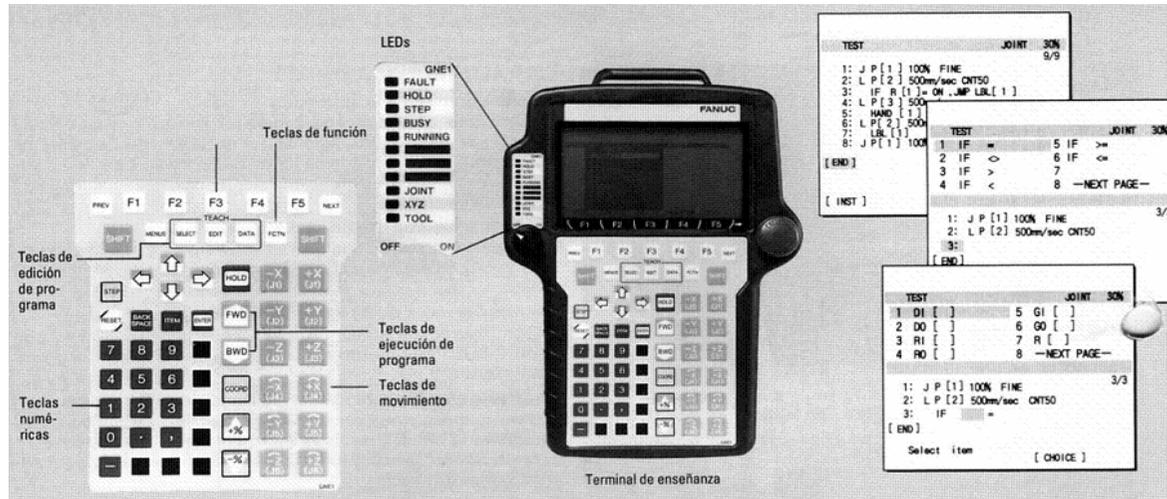
Sistema Robotizado Fanuc



Panel Operador System R-J Fanuc



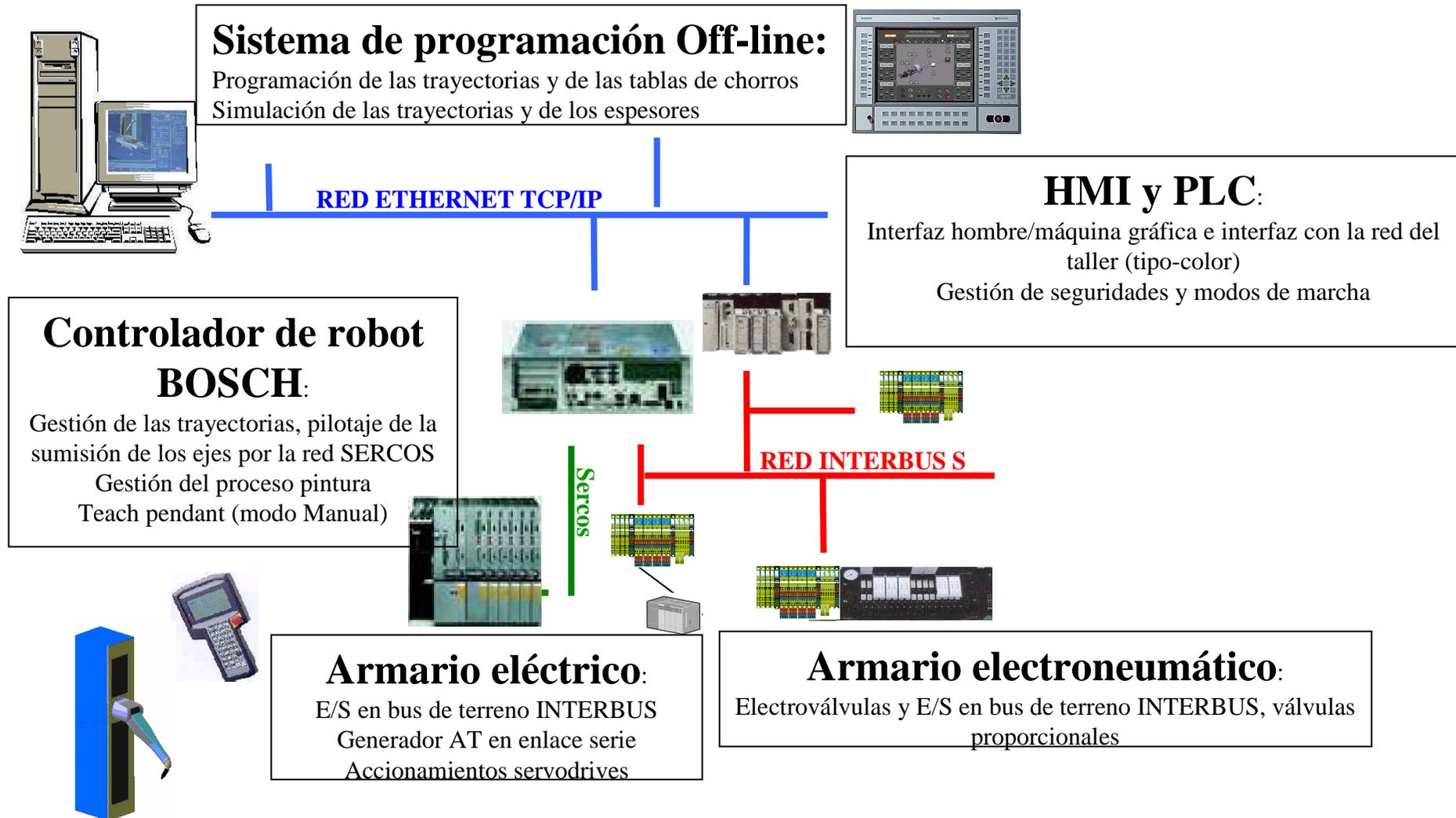
Programación textual Fanuc



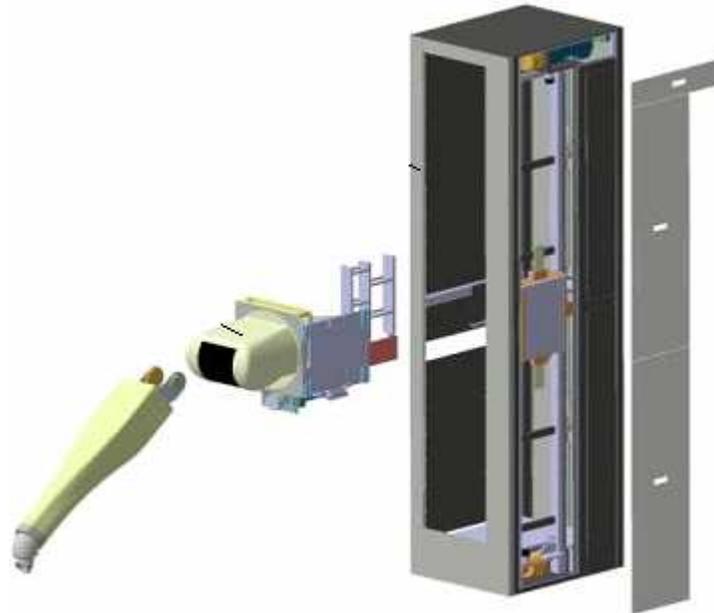
Típico programa de aplicación de pintura

Nombre del programa	→	PROC001	JOINT 30%
Observación	→	1: This program paints a door.	
Instrucción del movimiento	→	2: J P[1] 100% FINE	
Instrucciones del programa	}	3: GunSel[2]	
		4: Preset[10]	
		5: J P[2] 1200mm/sec CNT100 GUN=ON	
Instrucciones del programa	}	6: L P[3] 1200mm/sec CNT100	
		7: Preset[3]	
Instrucciones del programa	}	8: L P[5] 1200mm/sec CNT100	
		9: L P[6] 1200mm/sec CNT100 GUN=OFF	
Delimitador del programa	→	[End]	
		POINT GUNON PAINT GUNOFF TOUCHUP>	

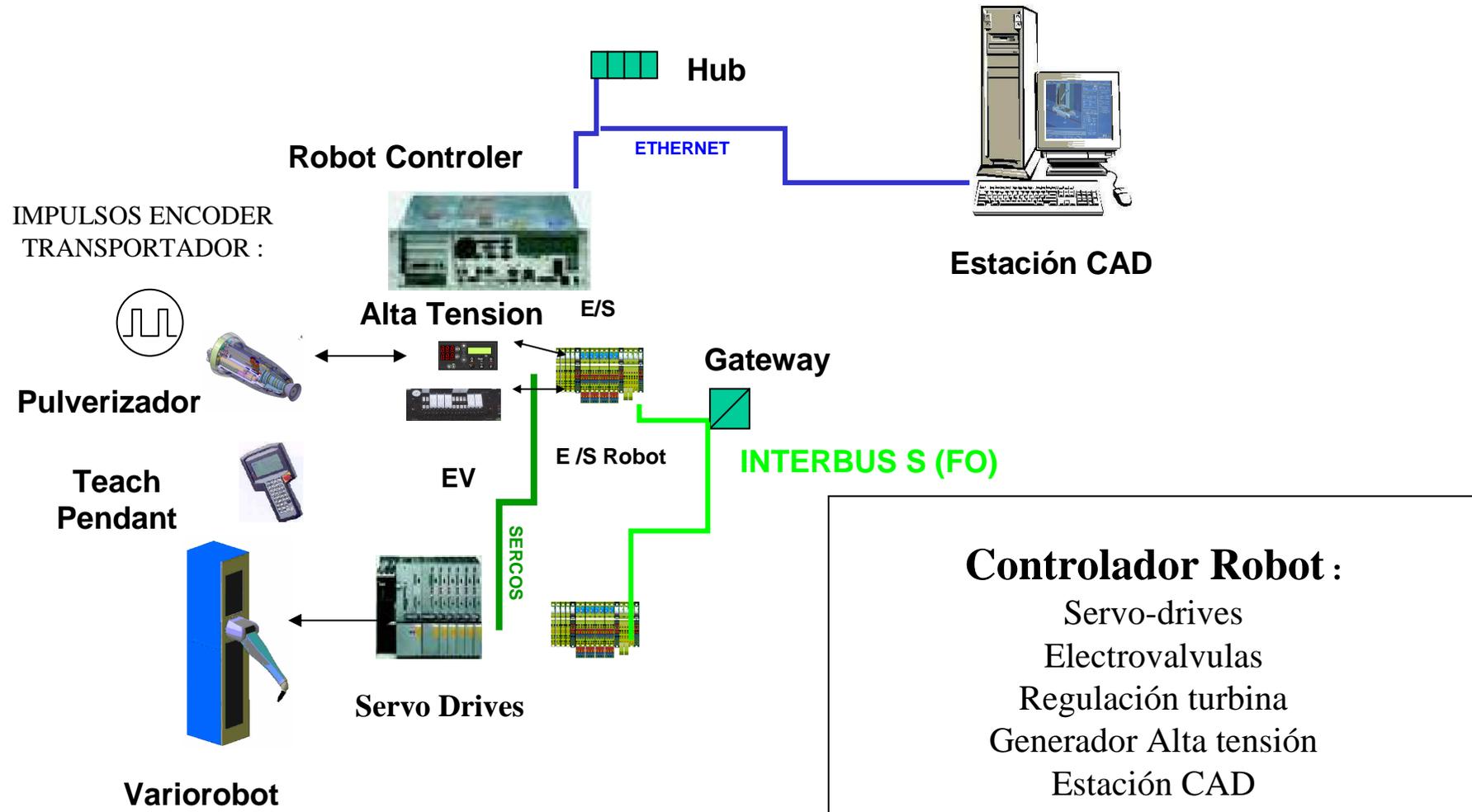
5.2 Arquitectura Descentralizada



5.2.1 Variorobots 5 ejes



5.2.2 Módulo controlador de robots RHO4



5.2.3 Módulo de Redes

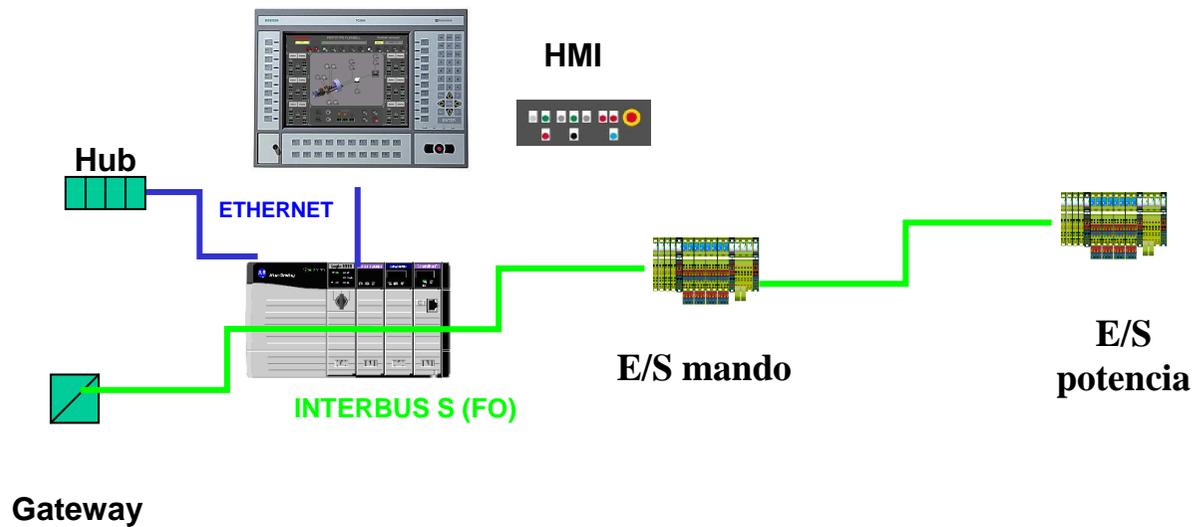
Las redes propias de la instalación son:

- **Red ETHERNET**
- **Red INTERBUS**
- **Red SERCOS**
- **Red RS485 HMI**

Los elementos que conforman la unión de redes

- **Compuertas (Gateways)**
- **Hubs**
- **Medio de transmisión (fibra óptica)**

5.2.4 Módulo PLC interfase (Autómata estación)



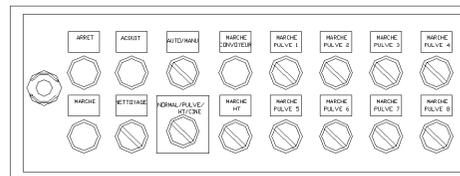
5.2.5 Módulo E/S descentralizadas



5.2.6 Módulo HMI (Supervisión de la célula robotizada) y Editor de Procesos



PHG2000
Teach Pendant
BOSCH RHO4



**PC industrial
+
sistema de vistas de
conducción de instalación**

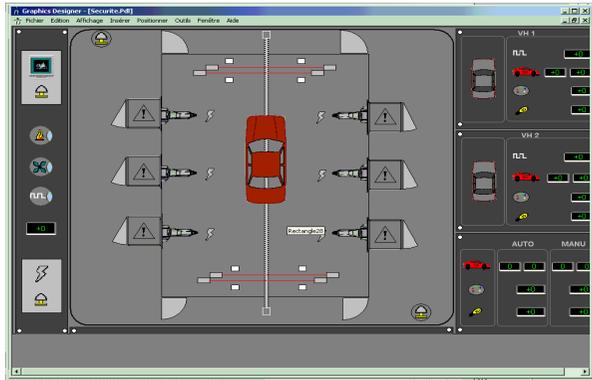
Pupitre de Botonería conducción de instalación:

- **Modo manual normal**
- **Modo manual cinemático**
- **Modo manual pulverizador**
- **Modo manual alta tensión**

- **Vista general**
- **Vista Codificación**
- **Vista Proceso**
- **Vista Pulverizadores**
- **Vista de los Robots**
- **Vista de las alarmas**

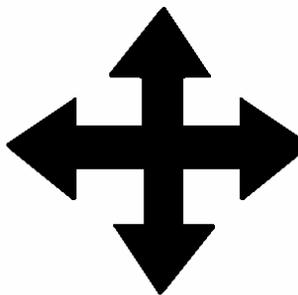
Master PAIR 05-06: Selección de una nueva arquitectura de control y supervisión de una célula robotizada de pintado de carrocerías

MEMORIA



vista general

- Seguridades
- Información transporte modelo, color vehículo
- Defectos



vista pulverizador

- Introducción consignas analógicas
- Visualización y mando de electroválvulas



vista proceso

- Informaciones analógicas: Consignas y retorno de caudal, aire guía, alta tensión y rotación turbina

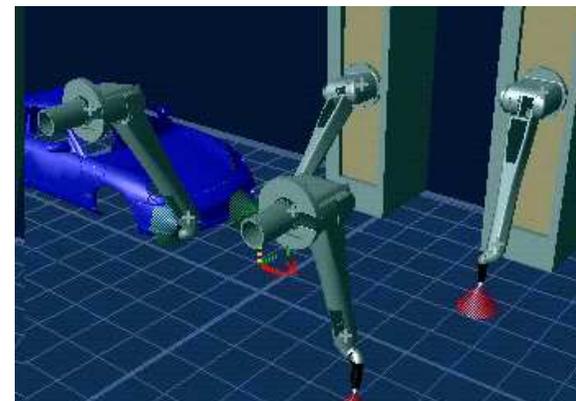
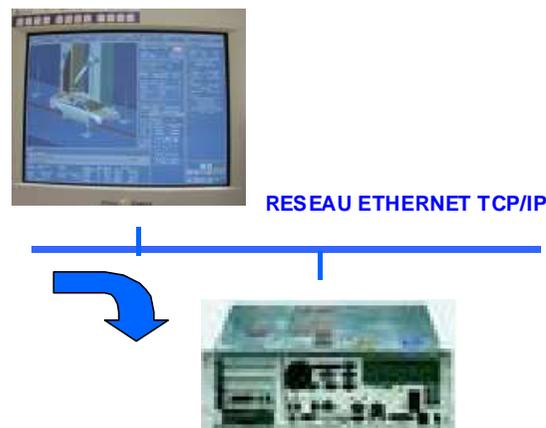
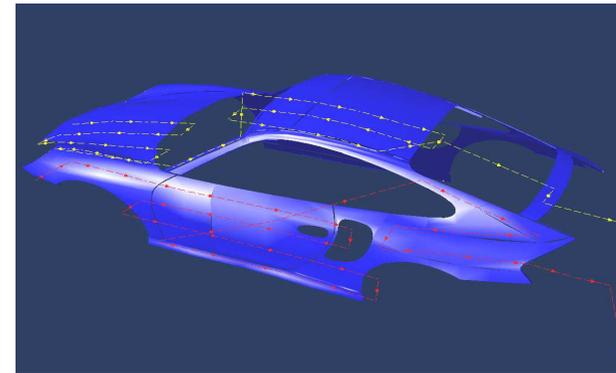


vista robot

- Información trayectorias
- Mandos manuales
- Defectos cinemáticas

5.2.7 Módulo programación y simulación Off-line

- 1) Modelización del proyecto**
- 2) Integración de los vehículos**
- 3) Programación de las trayectorias**
- 4) Simulación**
- 5) Descarga**



6. VIABILIDAD TECNICA:

6.1 Arquitectura Descentralizada frente Centralizada. Parámetros de valoración

Clasificamos en 3 grupos los parametros a valorar:

Grupo I: Supervisión, control, programación, simulación y comunicación

Grupo II: Seguridad, mantenimiento y ampliación equipos

Grupo III: Puesta en marcha, amortización e inversión

GRUPO I

- **Supervisión y control (Rsviiew/PanelView).....9**
Disponer en un solo sistema de todas las funciones de control y supervisión del proceso

- **Facilidad Programación (Teach/Robcad).....9**
Un solo lenguaje de programación reduce tiempo en programación

- **Interfaz con otros sistemas (procesamiento de datos, visualización, trabajo en red).....6**
Comunicación abierta con otras aplicaciones

- **Capacidad Simulación (Online/Offline).....6**
Utilizar sistemas de simulación reduce los errores planificación, horas de programación y pérdidas de producción

GRUPO II

•Robustez Hardware (Fabricante propietario/Varios).....9

Experiencia en diseño de robots de pintura de fabricantes propietarios frente a nuevos fabricantes garantizan componentes

•Estabilidad Procesador (CPU/Pc Industrial).....8

La fiabilidad en tiempo real de una CPU

•Seguridad proceso (PLC/PCL).....7

Salvaguardar la información y evitar perturbaciones electromagnéticas garantiza la exactitud y seguridad del proceso del sistema

•Seguridad personal.....10

Evitar accidentes en instalaciones robotizadas principal objetivo de una nueva instalación

•Índice de fiabilidad.....8

Mantenimiento sencillo y rápido dan fiabilidad al proceso

•Diagnos de averías.....7

Detección de las fuentes de problemas y su corrección reduciendo los costos de mantenimiento y el tiempo de parada

•Ampliación equipos.....7

Independizarse del estándar de fabricantes individuales y reducción los costos de cableado para cualquier ampliación

•Ciclo de vida 8

El sistema debe ser eficiente y evitar quedar obsoleto

GRUPO III

•Plazo amortización.....10

La rentabilidad a corto plazo = buena inversión

•Tiempo puesta en producción.....10

Tiempos de puesta en producción más cortos

•Precio.....10

Ahorro materiales

**Master PAIR 05-06: Selección de una nueva arquitectura de control y supervisión
de una célula robotizada de pintado de carrocerías**

MEMORIA

Tabla de valoraciones					
Parametros	Arquitectura Descentralizada (D)	Arquitectura Centralizada (C)	Valor P	Valor AD (DxP)	Valor AC (CxP)
Supervisión y Control	9	6	9	81	54
Programación	9	6	9	81	54
Interfaz con otros sistemas	8	5	6	48	30
Capacidad Simulación	10	2	6	60	12
Robustez hardware	7	9	9	63	81
Estabilidad Procesador	7	9	8	56	72
Seguridad del proceso	8	7	7	56	49
Seguridad personal	8	6	10	80	60
Indice de fiabilidad	8	6	8	64	48
Diagnosís de averías	6	5	7	42	35
Ampliación equipos	8	6	7	56	42
Ciclo de vida	8	5	8	64	40
Plazo amortización	8	10	10	80	100
Tiempo puesta en producción	9	6	10	90	60
Precio	8	10	10	80	100
VALORACION TOTAL				6,6	5,6

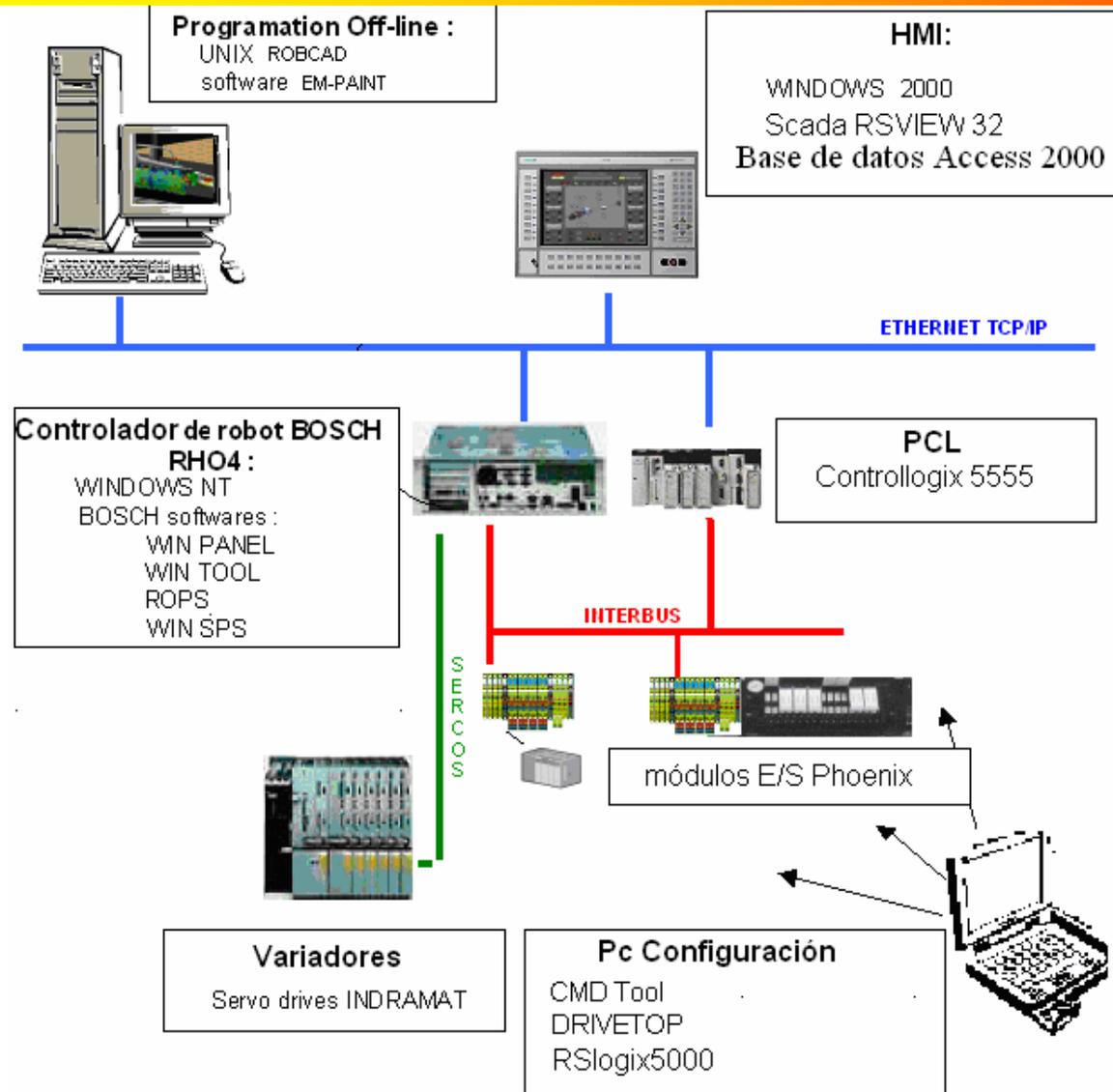
***6.2 Hardware y software empleado de la solución adoptada:
Arquitectura de control descentralizada***

- **CPU denominada RHO4 del fabricante BOSCH :
Sistema operativo en tiempo real (vxworks) y Windows NT , Rops,
WinSPS,Wintool,Gateway, Winpanel**
- **Herramienta gráfica de simulación y programación de trayectorias
ROBCAD con el software de pintado EM-PAINT en la estación UNIX**
- **Interfaz de usuario (SCADA) RSVIEW32 de ALLEN-BRADLEY en
un PC de supervisión con Windows 2000 y pantallas de edición en
entorno Access 2000 para procesar datos**
- **PLC interfase con Taller ControlLogix5555 , software controlLogix 5000**

- **Red ethernet y Buses de campo INTERBUS (IBS) con fibra óptica**
- **Módulos descentralizados (entradas/salidas) con software CMDTOOLS del fabricante PHOENIX CONTACT y BURKERT**
- **Servomotores antideflagrantes (zona EX) ,con cables prefabricados de INDRAMAT y conectados en anillo de fibra óptica mediante la red SERCOS, con software para su parametraje de variadores y calibración de ejes DRIVETOP**

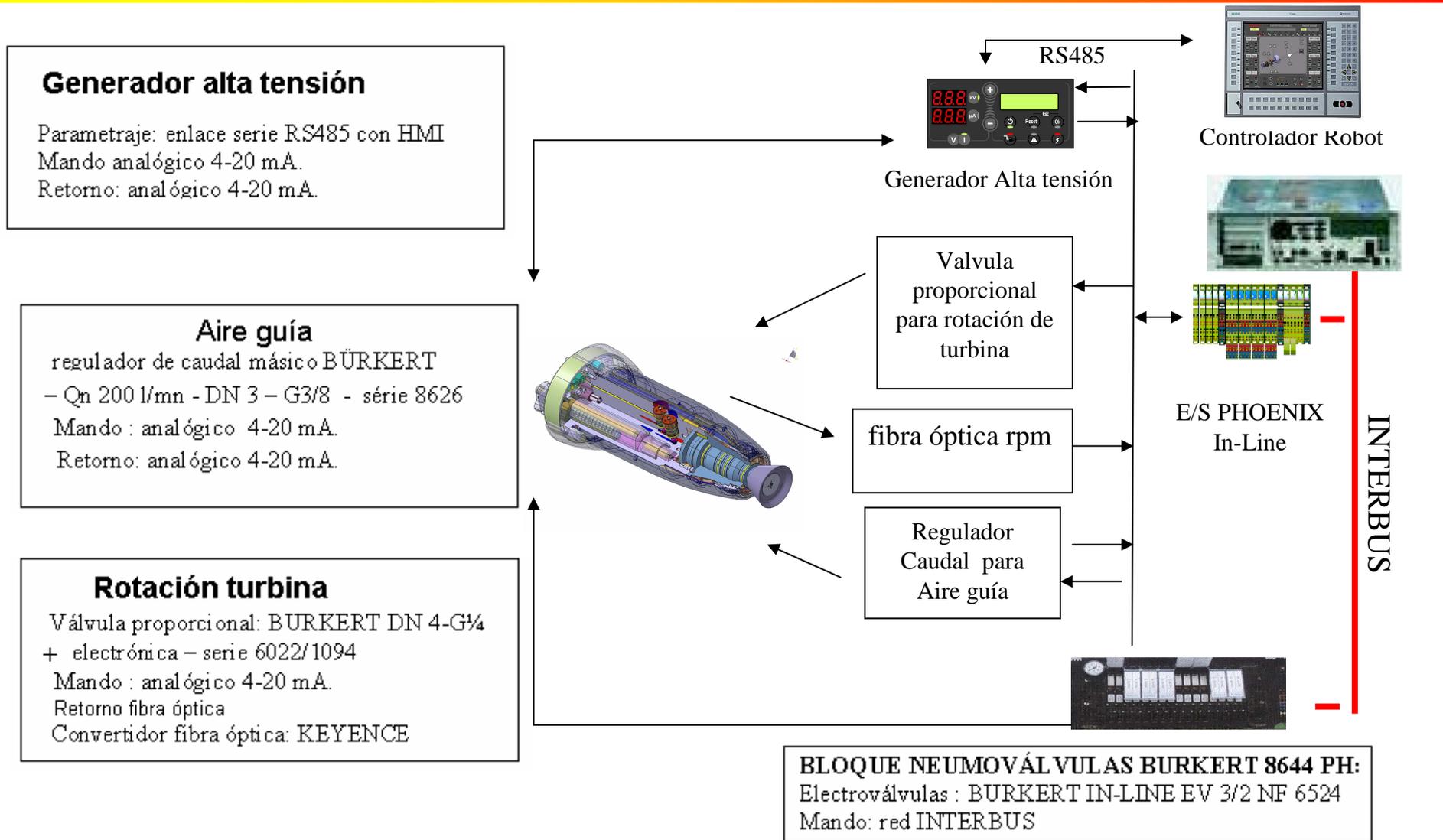
Master PAIR 05-06: Selección de una nueva arquitectura de control y supervisión de una célula robotizada de pintado de carrocerías

MEMORIA



Master PAIR 05-06: Selección de una nueva arquitectura de control y supervisión de una célula robotizada de pintado de carrocerías

MEMORIA



Vista del conjunto de regulación y control del pulverizador electrostático

7. JUSTIFICACION ECONOMICA

Factores para determinar la viabilidad y rentabilidad económica de la automatización robotizada de un proceso:

- **Tecnología utilizada (Tabla de valoración)**
- **Datos básicos de coste:**
 - **Costes de inversión (Véase presupuesto):**
 - **Coste de Materiales :material eléctrico, software y material mecánico**
 - **Costes de Ingeniería**
 - **Costes varios de Instalación**
 - **Costes de explotación**
 - **Beneficios explotación (véase anexo 1)**

Método de período de recuperación

(ahorro de producto – costes explotación) = inversión inicial del proyecto

Presupuesto Arquitectura Descentralizada:

- **Coste de inversión total: 970.418 euros**
- **Coste de explotación: 46.210 euros**
- **Beneficio explotación: 873.600 euros**

$$\mathbf{-970418+(873600-46210)+0,17*(873600-46210) = 0}$$

Amortización = 1 año y 2 meses aproximadamente

Presupuesto Arquitectura Centralizada:

- **Coste de inversión total: 728.156 euros**
- **Coste de explotación: 86.685 euros**
- **Beneficio explotación: 873.600 euros**

$$-728156+(873600-86685)* 0,925 = 0$$

Amortización = 11 meses aproximadamente

8. CONCLUSIONES

Las dos arquitecturas de control cumplen:

- Reducción de consumo de pintura de un 44 % aproximadamente.**
- Período de recuperación de la inversión corto**

La capacidad simulación, reducción tiempo programación, modularidad, bajo coste de cableado, diagnóstico preciso , seguridad y nuevas tecnologías presentan mayor ventaja para la elección de un sistema robotizado con arquitectura descentralizada frente arquitectura centralizada

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y WEBS

Libros:

- Fundamentos de robótica *Antonio Barrientos..., McGraw-Hill, Madrid 1997)*
- Robótica Industrial *G. Ferraté..., Marcombo, Barcelona (1986)*
- Curso de robótica *J.M^a. Angulo Usategui..., Paraninfo, Bilbao (1985)*
- Robótica práctica. Tecnología y Aplicaciones *J.M^a. Angulo Usategui..., Paraninfo, Madrid (1996)*

Catálogos:

- Catálogo Automationwork 05/06 de Phoenix Contact
- Catálogo Paintools de Fanuc Robotics
- Catálogo Vizdür S.A y Eisenmann,S.A (Ingenierías de dedicadas a Instalaciones para tratamiento y pintura de superficies)
- Catálogo Rockwell Automation

Webs:

<http://www.bosch.de/>

<http://www.phoenixcontact.com/>

<http://www.interbus.com>

<http://www.fanucrobotics.es>

<http://www.pomtava.com>

<http://www.eisenmann.com>

<http://www.tecnomatix.com>

<http://www.keyence.com>

<http://www.trelectronic.com>

<http://www.burkert.com>

<http://www.boschrexroth.com>

<http://www.rockwellautomation.com>

<http://www.durr.com>

Sesiones Master Pair:

Postgrado en Automatización Industrial: PLC's y Comunicaciones
(2004-2005): sesiones nº 1,2,3,5,6,22,23,24,25 y 30

Postgrado en Tecnologías de Control industrial y Scada (2004-2005):
sesiones nº 23 al 30

Postgrado de Proyectos de Automatización Industrial (2005-2006):
sesiones nº 2,6,7,8,9,10,11,13,24 y 25

Postgrado en Automatización Industrial: Sensores y accionamientos (2005-2006):
sesiones nº 23,24 y 25



PROYECTO FINAL DE MASTER PAIR

**SELECCIÓN DE UNA NUEVA ARQUITECTURA DE
CONTROL Y SUPERVISION DE UNA CELULA
ROBOTIZADA DE PINTADO DE CARROCERIAS**

ANEXOS

ANEXO 1: CALCULOS CONSUMO PINTURA

1.1 Datos Técnicos producción

Presencia: 960 min/día

Pausas y Limpieza técnica: 80 min/día

Tiempo productivo: 880 min/día. 224 días al año

Eficiencia min. Instalación: 92,3%

Tiempo efectivo: 812 min/día

Capacidad producción: 400 pasos/día en dos turnos

Tiempo ciclo (tacto): $812/400 = 2,03$ min/carr.(Min.2'018'')

Cadencia de turno: aprox. 30 carrocerías/hora

Longitud de carrocerías: Entre 3375 mm y 4205 mm

Altura carrocerías: Entre 1200 mm y 1215,5 mm

Ancho carrocerías: Entre 1640 mm y 1662 mm

Altura carrocería sobre skid: Bajos 408 mm/ Techo 1613-1623,5mm

Longitud skid: 4400 mm

Paso medio: 7100 mm

Número de modelos: 10 modelos

Número de colores: 16 colores (metalizados y no metalizados)

Velocidad de transporte: 3,5 mts./min

Espesor medio de aplicación: entre 18 y 22 micras

1.2 Cálculo de consumo de pintura

1.2.1 Máquinas Originales

Dispone de 11 pulverizadores electrostáticos fijos, 8 en los laterales en cuatro niveles que lo identificamos por Z 1.1, Z2.1, Z1.2, Z2.2, Z1.3,Z2.3,Z1.4, Z2.4, y 3 en el techo, como Z3.1, Z3.2, Z3.4

Ejemplo Cálculo

Nivel 1:

Z1.1 / Z2.1 = 120 ml /minuto = 2 ml/segundo

Cota de inicio: 40 cm

Cota final: 285 cm

Longitud de trabajo= 2450 mm

Tiempo de aplicación: 2450 mm / 58,5 mm/seg. = 42

Consumo pintura: 2 ml/s * 42 s = 84 ml

Total: 84 ml * 2 pulverizadores = 168 ml

Nivel 1:

Total Z1.1 / Z2.1 = 84 ml * 2 pulverizadores = 168 ml

Nivel 2:

Total Z1.2 / Z2.2 = 113 ml * 2 pulverizadores = 226 ml

Nivel 3:

Total Z1.3 / Z2.3 = 128 ml * 2 pulverizadores = 256 ml

Nivel 4:

Total Z1.4/ Z2.4 = 115 ml * 2 pulverizadores = 230 ml

**TOTAL LATERALES = 168 ml + 226 ml + 256 ml + 230 ml
(8 pulverizadores) = 880 ml**

Nivel techo:

Total Z3.1 / Z3.4 = 2,7 ml/s * 79,5 s = 215 ml * 2 = 430 ml

Total Z3.2 = 2,3 ml/s * 79,5 s = 183 ml

TOTAL TECHO: 430 + 183 ml (3 pulverizadores) = 613 ml

**Consumo total por carrocería = 880 + 613 = 1.493 ml
(11 pulverizadores)**

1.2.2 Máquinas nuevas

Longitud de trabajo= 11500 mm * 2 robots = 23000 mm

Tiempo de aplicación: 23000 mm / 175 mm/seg. = 131,5 seg.

Consumo pintura: 3 ml/s * 131,5 s = 394,5 ml

Longitud de trabajo= 13125 mm * 2 robots = 26250 mm

Tiempo de aplicación: 26250 mm / 175 mm/seg. = 150 seg.

Consumo pintura: 3 ml/s * 150 s = 450 ml

Consumo total por carrocería = 394,5 + 450 = 844,5 ml

1.3 Ahorro anual :

El volumen previsto de producción anual es de :

$$224 \text{ días} * 400 \text{ carrocerías/día} = 89.600 \text{ uds.}$$

$$\text{Consumo ahorro producto por carrocería : } 1.493\text{ml} - 844,5 \text{ ml} = 648,5 \text{ ml}$$

Precio pintura: 15 euros/litro

$$\text{Consumo total producto anual: } 89600 * 0,65 \text{ litros} = 58.240 \text{ litros}$$

$$\text{Ahorro total producto anual: } 58.240 * 15 = 873.600 \text{ euros}$$

Con los nuevos sistemas de pintado tenemos un ahorro del 44 % pintura

$$844,5\text{ml} / 1493 \text{ ml} = 0,56$$

ANEXO 2: REGLAMENTACION Y NORMAS SEGURIDAD

Reglamento Electrotécnico de Baja tensión e Instrucciones complementarias

Normas UNE y DIN

Normativa ISO

Publicaciones del Comité Electrotécnico Internacional (CEI)

Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo

Prescripciones sobre la prevención de accidentes

Ley sobre medios técnicos de trabajo

Directiva europea máquina 98/37 CEE



PROYECTO FINAL DE MASTER PAIR

**SELECCIÓN DE UNA NUEVA ARQUITECTURA
DE CONTROL Y SUPERVISION DE UNA CELULA
ROBOTIZADA DE PINTADO DE CARROCERIAS**

PRESUPUESTO

1. ARQUITECTURA DESCENTRALIZADA

Capítulo I. Controlador de robots	12.186,6 €
Capítulo II. Autómata Estación.....	7.185 €
Capítulo III. Vario robots.....	97.495,96 €
Capítulo IV. Interfaz HMI-Robcad.....	39.236 €
Capítulo V. Elementos regulación y control	9.200,16 €

El presupuesto total incluye los elementos de compra de materiales eléctricos , software , mecánicos, ingeniería e instalación

TOTAL MATERIAL ELECTRICO.....	215.304 €
TOTAL SOFTWARE.....	21.800 €
TOTAL MATERIAL MECANICO.....	25.000 €
TOTAL INGENIERIA.....	462.104 €
TOTAL INSTALACIÓN.....	46.210 €
TOTAL PROYECTO.....	970.418 €

El presupuesto Total del presente proyecto es de NOVECIENTOS SETENTA MIL CUATROCIENTOS DIECIOCHO EUROS

2. ARQUITECTURA CENTRALIZADA

Capitulo I. Controlador de robots System- RJ.....88.804 €

Capitulo II. Autómata Estación (ya existente)

Capitulo III. Robots P-155.....130.467 €

Capitulo IV. Interfaz Panel View1.860 €

Capitulo V. Elementos regulación y control (ya existente)

El presupuesto total incluye los elementos de compra de materiales eléctricos , software , mecánicos, ingeniería e instalación

TOTAL MATERIAL ELECTRICO	221.131 €
TOTAL SOFTWARE.....	15.045 €
TOTAL MATERIAL MECANICO.....	110.565 €
TOTAL INGENIERIA.....	346.741 €
TOTAL INSTALACIÓN.....	34.674 €
TOTAL PROYECTO.....	728.156 €

**El presupuesto Total del presente proyecto es de SETECIENTOS VEINTE
Y OCHO MIL CIENTO CINCUENTA Y SEIS EUROS**