



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**



CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: REPOTENCIACIÓN DE LA CELDA DE SOLDADURA ROBOTIZADA QUE
INCLUYE EL BRAZO ROBÓTICO KUKA KR5-ARC, MESA POSICIONADORA,
SUJETADORES Y SISTEMA ARTICULADO DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA DE
HUMOS DE SOLDADURA EN EL LABORATORIO DE ROBÓTICA
INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE - SEDE
LATACUNGA.**

**AUTORES: ANDRADE BARRIOUEVO, KEVIN JOEL
CURAY MULLO, ALEXANDER JAVIER**

DIRECTOR: ING. SINGAÑA AMAGUAÑA, MARCO ADOLFO

LATACUNGA, MARZO 2022



OBJETIVOS

MARCO TEÓRICO

DISEÑO DE SISTEMAS

**IMPLEMENTACIÓN DE
SISTEMAS**

**PRUEBAS Y
RESULTADOS**

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**



Repotenciar la celda de soldadura robotizada que contiene brazo KUKA KR5-Arc, mesa posicionadora, sujetadores para procesos de soldadura y sistema articulado de extracción localizada de humos de soldadura.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Depurar archivos de usuario de la unidad de control del brazo robótico Kuka KR5-Arc

Verificar correcta funcionalidad del brazo robótico Kuka KR-5Arc.

Repotenciar la mesa posicionadora de soldadura.

Repotenciar los sujetadores para procesos de soldadura. (Jigs de soldadura).

Repotenciar el sistema articulado de extracción localizada de humos de soldadura.

Configurar el sistema de comunicaciones entre dispositivos.

Actualizar el software de aplicación industrial de soldadura (Diagnostico y gestión de la funcionalidad).

Implementar una aplicación completa de soldadura, que incluya movimientos sincronizados entre diferentes dispositivos.



- **Robótica Industrial**
Mejorar técnicas de producción
- **Brazo Robótico Industrial**
Manipulador multifuncional programable
- **Herramientas de un robot manipulador**
Pinzas y herramientas de trabajo
- **Celdas Robotizadas**
Conjunto completo de equipos, se instalan uno o varios robots programables

Clasificación de Robots Industriales

a). Robots manipuladores



b). Robots soldadores



c). Robots de mecanizado



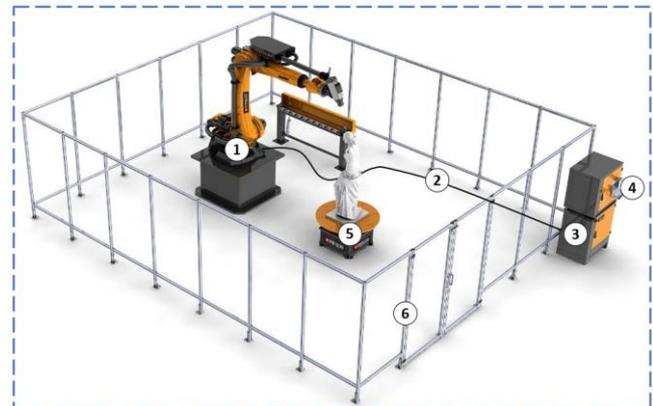
d). Robots de depósito de materiales



e). Robots de paletizado



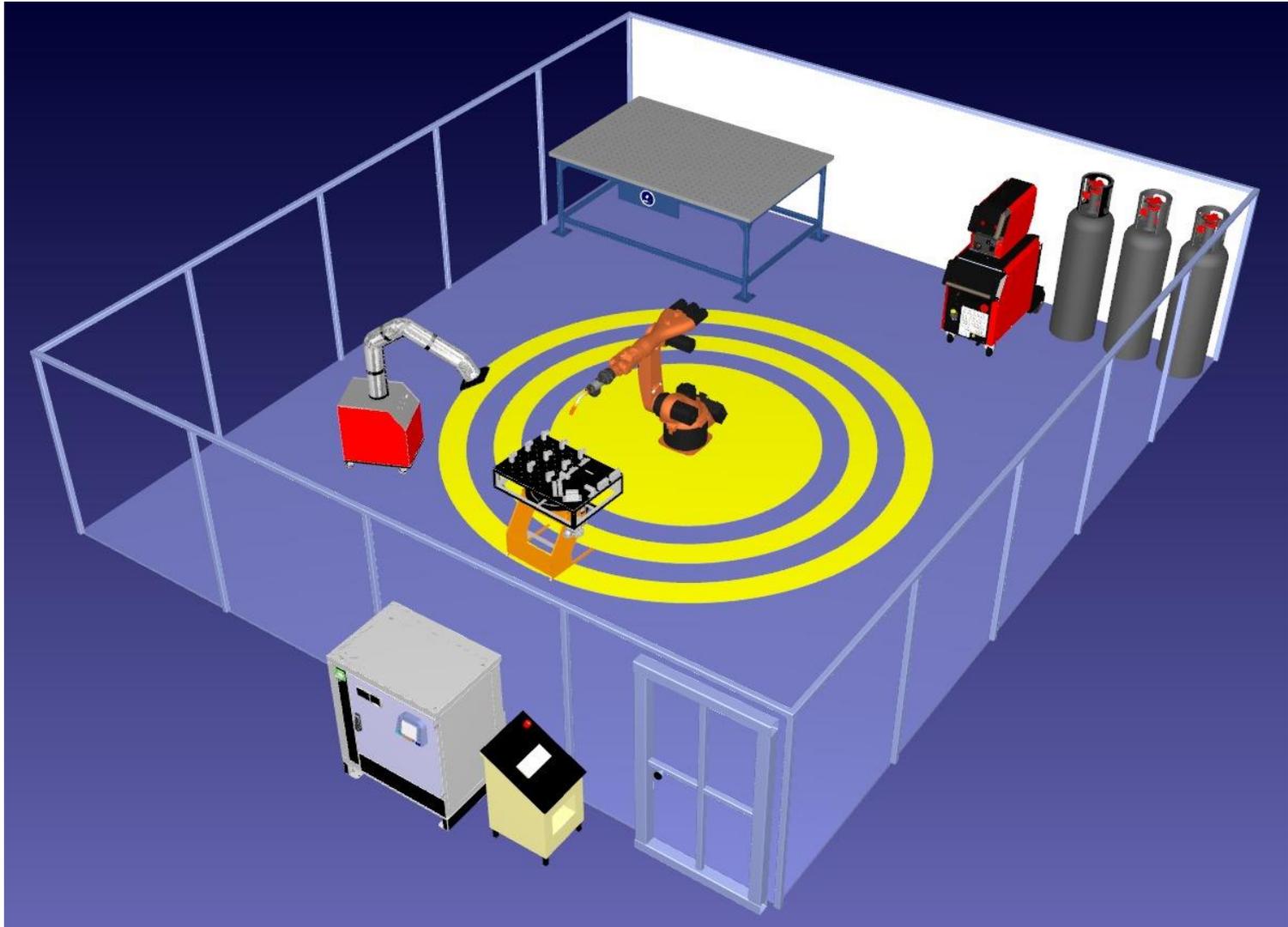
f). Robots de inspección de calidad



- **Accesorios**
Interactúan con el manipulador robótico y maximizan la funcionalidad
- **Proceso GMAW (MIG/MAG)**
Gas Metal Arc Welding.



LÍNEA BASE DEL SISTEMA



Mesa posicionadora – Tablero de control

1



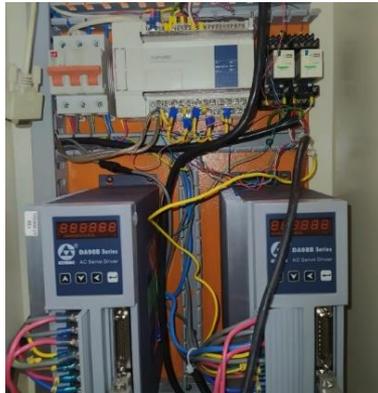
Conexiones inapropiadas del DB 44

3



Sensores y relés de la mesa posicionadora desconectados

2



Conexión eléctrica del panel de control antitécnica

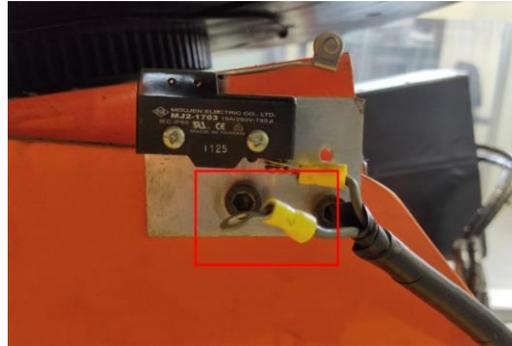
4



Dañada

Mesa posicionadora – Componentes mecánicos

1



Inactividad del final de carrera del disco

2



Mantenimiento preventivo

Mesa posicionadora – Programación de control

- 1 Inoperatividad de la mesa posicionadora
- 2 Códigos modificados en la tesis del programa PLC Xinje
- 3 Inexistencia del punto específico “home”
- 4 Inexistencia de interpretación de posiciones



Jigs de soldadura – Componentes mecánicos

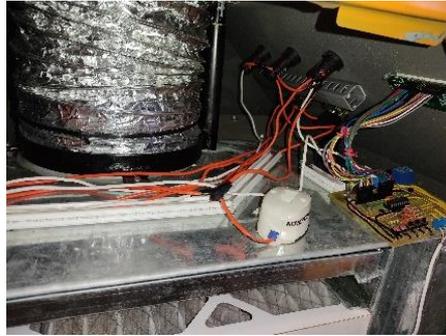
1



Inexistencia de continuidad con la tierra de la soldadora Fronius

Extractor de humos – Tablero de control

1



Mala instalación de cables de conexión en el circuito de fuerza

3



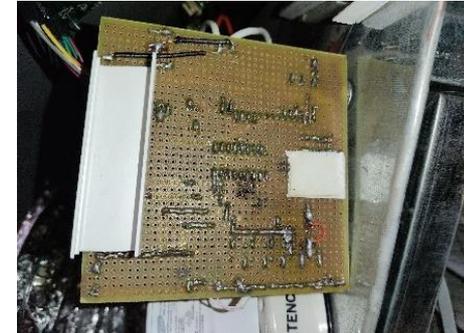
Inexistencia de etiquetas de control

2



Inexistencia de canaletas

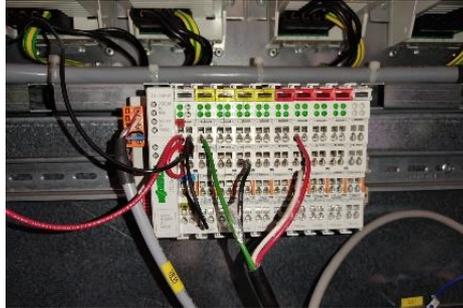
4



Circuito de control no apto para ambientes industriales

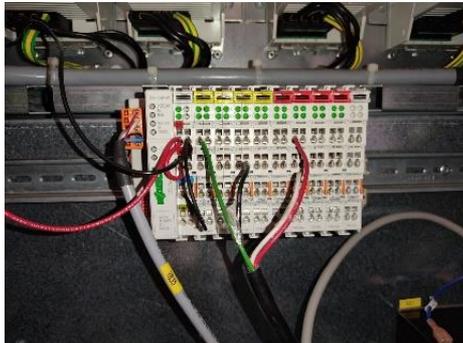
Hardware – Módulo WAGO

1



Cables sin terminales

2



Disposición entradas
y salidas en desorden

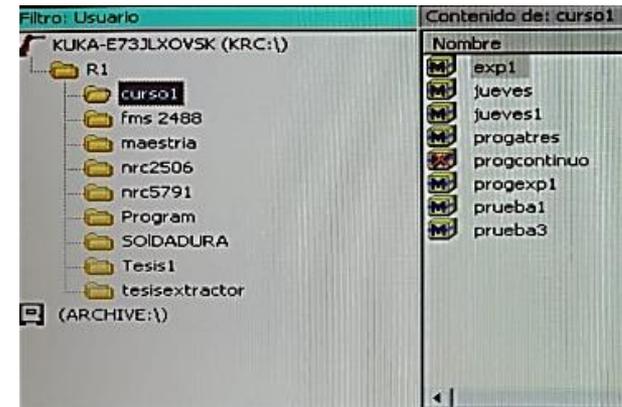
Software y programas

1

Num.	Valor	Estado	Nombre
113	●		Ausgang
114	●		Ausgang
115	●		Ausgang
116	●		Ausgang
117	●		MP
118	○		D02-Led2
119	○		D03-Led3
120	○		D04-Led4
121	○		D05-Led5
122	○		D06-Led6
123	○		D07-Led7
124	○		D08-Led8
125	○		D09-Led9
126	○		D010-Led10

Asignación de variables de entrada y salida del módulo WAGO incorrectas

2

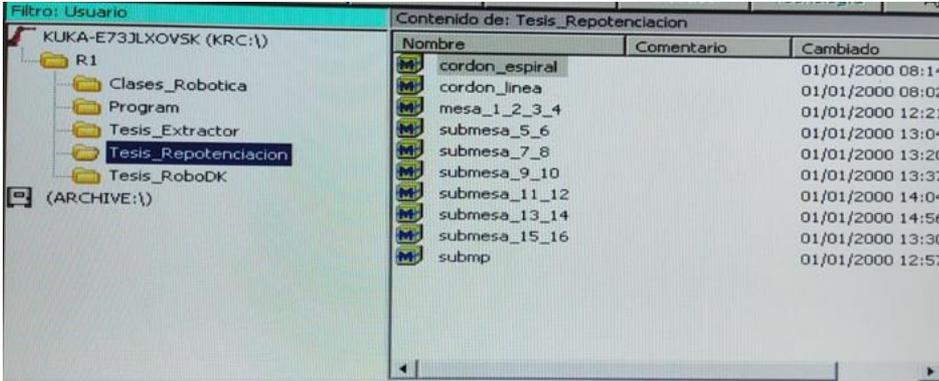


Archivos de programa obsoletos por falta de información o información irrelevante

RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

Depuración de los archivos de usuario y sistema

1



Filtro: Usuario

KUKA-E73JLXOVSK (KRC:\)

- R1
 - Clases_Robotica
 - Program
 - Tesis_Extractor
 - Tesis_Repotenciacion**
 - Tesis_RoboDK
- (ARCHIVE:\)

Contenido de: Tesis_Repotenciacion

Nombre	Comentario	Cambiado
cordón_espiral		01/01/2000 08:14
cordón_linea		01/01/2000 08:02
mesa_1_2_3_4		01/01/2000 12:21
submesa_5_6		01/01/2000 13:04
submesa_7_8		01/01/2000 13:20
submesa_9_10		01/01/2000 13:37
submesa_11_12		01/01/2000 14:04
submesa_13_14		01/01/2000 14:56
submesa_15_16		01/01/2000 13:30
submp		01/01/2000 12:57

Depurar los archivos .src y .dat elaborados precedentes a la repotenciación de la celda de soldadura



RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

Mesa posicionadora de soldadura - Tablero Eléctrico

1



Aumentar el grosor del cable a cable flexible N°18 y realizar el aislamiento mediante termo contraíbles.

3



Se reactivó los sensores inactivos y comprobó si estos realizaban alguna acción en el PLC Xinje

2



Se realizó una reconfiguración del circuito eléctrico, y etiquetado de las líneas para detectar fácilmente la correspondencia de los cables con los equipos electrónicos

4



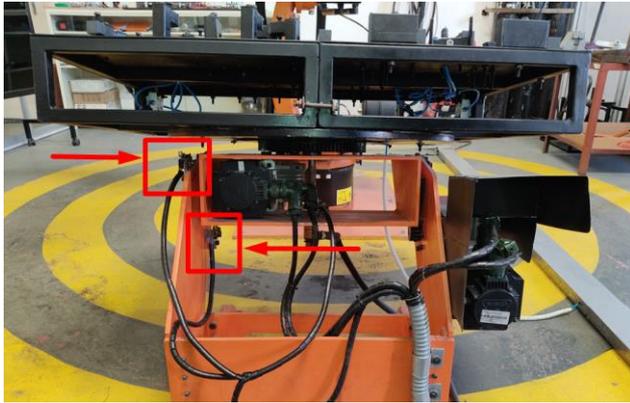
Se adquirió una nueva placa de alimentación.



RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

Depuración de los archivos de usuario y sistema

1



Se realizo correcciones en el sistema de activación de los finales de carrera

2



Se realizo tareas de limpieza para aumentar el tiempo de vida de los componentes mecánicos de la mesa posicionadora



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

Mesa posicionadora – Programación de control

1

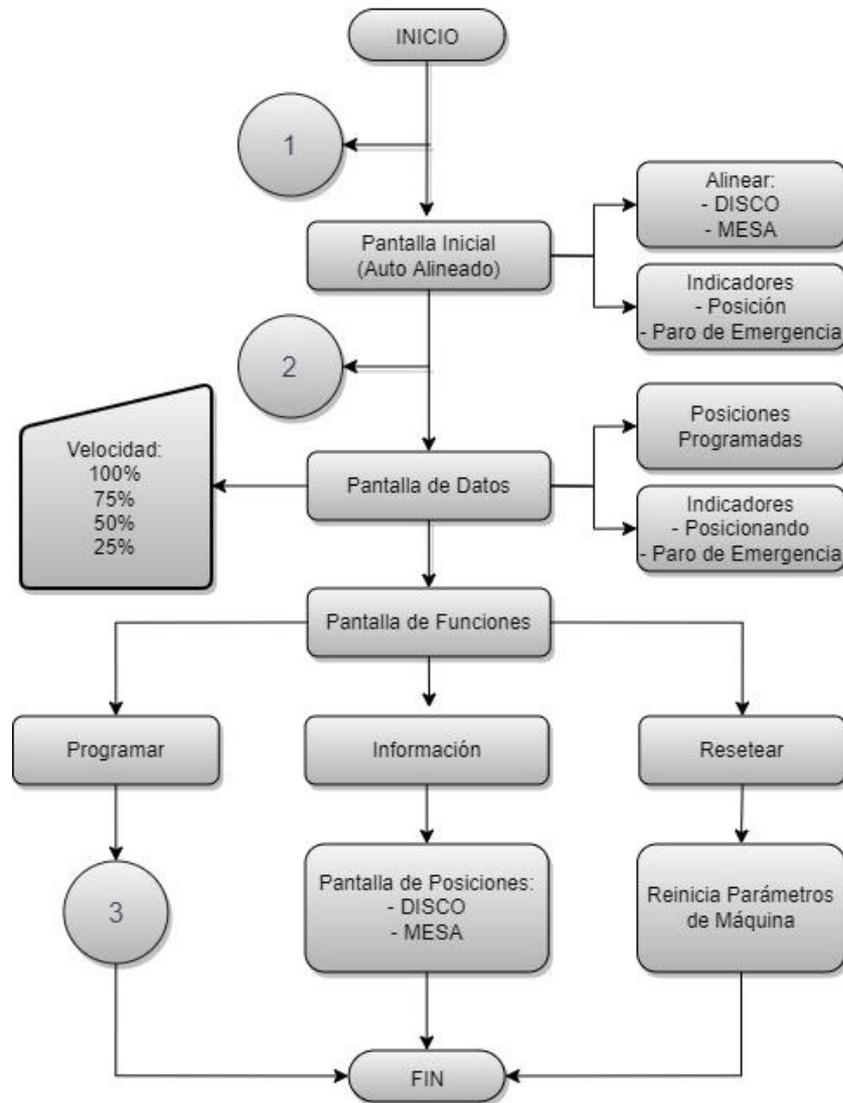
Diseño de un nuevo programa de control en Touch Win

2

Diseño de un nuevo programa de control en el PLC Xinje



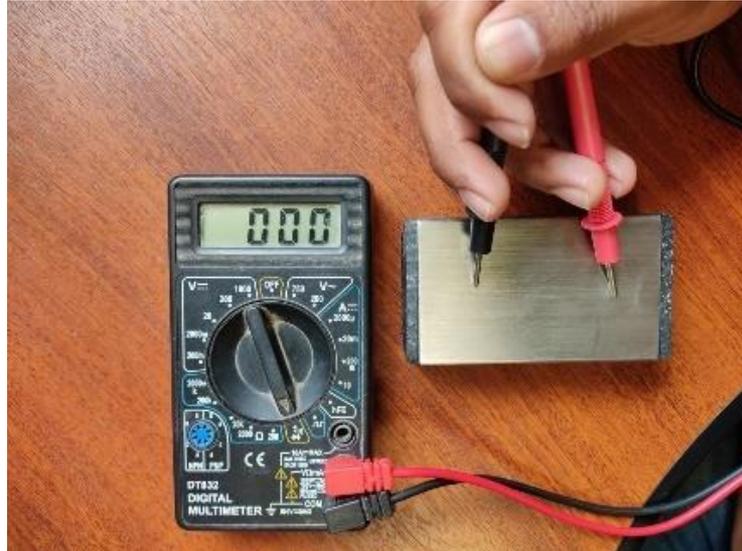
RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN



RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

Jigs de soldadura– Componentes mecánicos

1



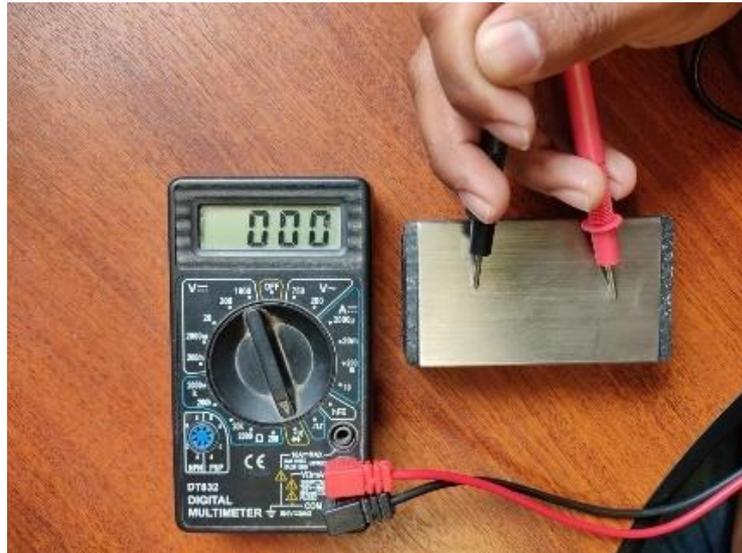
Realización de los Jigs de soldadura en acero inoxidable



RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

Jigs de soldadura– Componentes mecánicos

1



Realización de los Jigs de soldadura en acero inoxidable



RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

Extractor de humos – Tablero de control

1



Diseño del diagrama eléctrico e implementación de cables N°18 con el uso de terminales para mejorar la adherencia a los dispositivos eléctricos

3



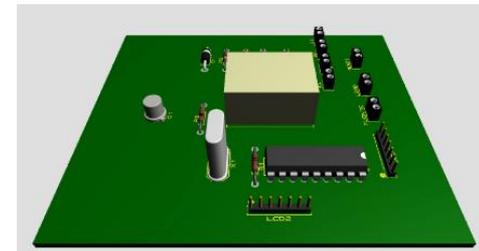
Etiquetado de los cables de conexión

2



Utilización de canaletas para mejorar la apariencia y estructura de los cables

4



Diseño del circuito eléctrico en el programa Proteus e implementación en el diagrama de fuerza.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

Depuración de los archivos de usuario y sistema

1



Limpieza de programas innecesarios

2

E/S digital (EBCListMonitor)

Num.	Valor	Estado	Nombre
113	<input type="radio"/>		RespuestaMP
114	<input type="radio"/>	SYS	DI2-Senal2
115	<input type="radio"/>		DI3-Senal3
116	<input type="radio"/>		DI4-Senal4
117	<input type="radio"/>	SYS	DI5-Senal5
118	<input type="radio"/>	SYS	DI6-Senal6
119	<input type="radio"/>	SYS	DI7-Senal7
120	<input type="radio"/>		DI8-Senal8
121	<input type="radio"/>		DI9-Senal9
122	<input type="radio"/>		DI10-Senal10
123	<input type="radio"/>		DI11-Senal11
124	<input type="radio"/>		DI12-Senal12
125	<input type="radio"/>		DI13-Senal13
126	<input type="radio"/>		DI14-Senal14

Entradas Salidas

E/S digital (EBCListMonitor)

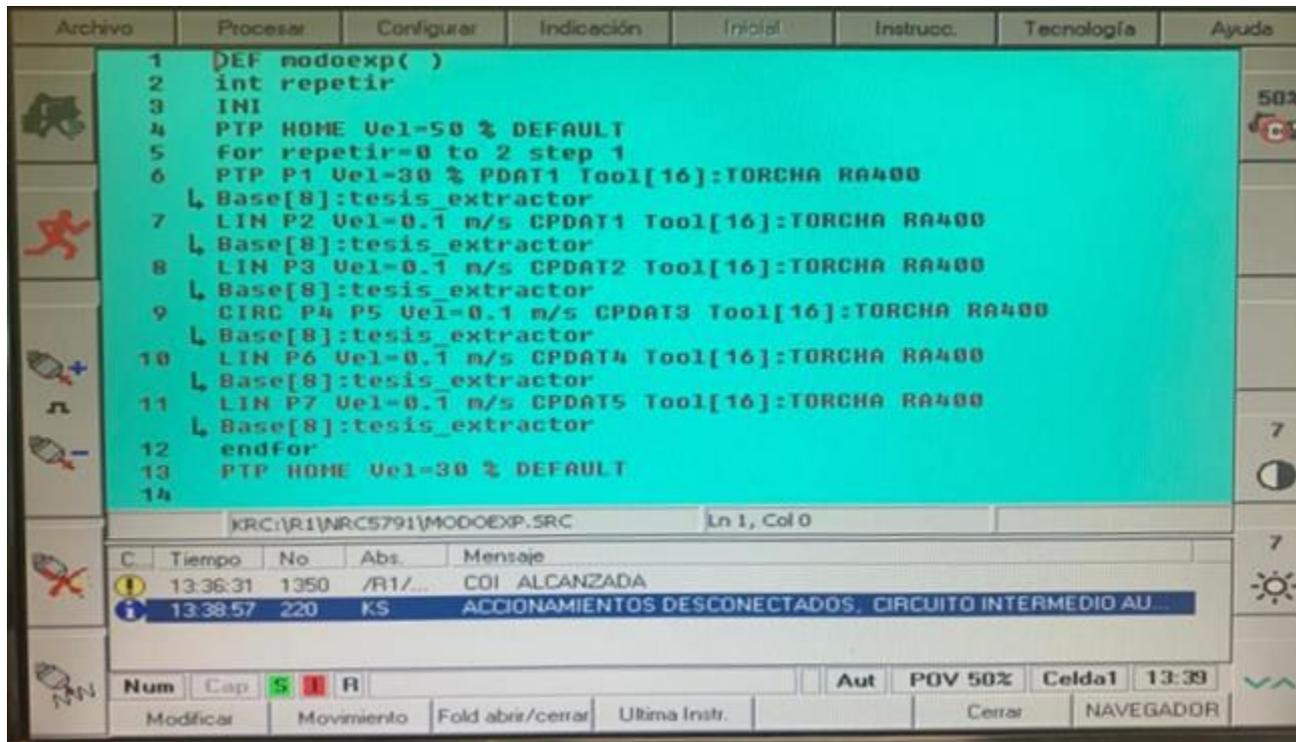
Num.	Valor	Estado	Nombre
113	<input type="radio"/>		UbicarMP
114	<input type="radio"/>		ExtractorH
115	<input type="radio"/>		DO3-Led3
116	<input type="radio"/>		DO4-Led4
117	<input type="radio"/>		DO5-Led5
118	<input type="radio"/>		DO6-Led6
119	<input type="radio"/>		DO7-Led7
120	<input type="radio"/>		DO8-Led8
121	<input type="radio"/>		DO9-Led9
122	<input type="radio"/>		DO10-Led10
123	<input type="radio"/>		DO11-Led11
124	<input type="radio"/>		DO12-Led12
125	<input type="radio"/>		DO13-Led13
126	<input type="radio"/>		DO14-Led14

Entradas Salidas

Limpieza de entradas y salidas



Control manual del brazo robótico



The screenshot displays a CNC control interface with a menu bar at the top (Archivo, Procesar, Configurar, Indicación, Inicial, Instrucc., Tecnología, Ayuda) and a main window showing a program with the following code:

```
1 DEF modoexp( )
2 int repetir
3 INI
4 PTP HOME Vel=50 % DEFAULT
5 for repetir=0 to 2 step 1
6 PTP P1 Vel=30 % PDAT1 Tool[16]:TORCHA RA400
  ↳ Base[8]:tesis_extractor
7 LIN P2 Vel=0.1 m/s CPDAT1 Tool[16]:TORCHA RA400
  ↳ Base[8]:tesis_extractor
8 LIN P3 Vel=0.1 m/s CPDAT2 Tool[16]:TORCHA RA400
  ↳ Base[8]:tesis_extractor
9 CIRC P4 P5 Vel=0.1 m/s CPDAT3 Tool[16]:TORCHA RA400
  ↳ Base[8]:tesis_extractor
10 LIN P6 Vel=0.1 m/s CPDAT4 Tool[16]:TORCHA RA400
  ↳ Base[8]:tesis_extractor
11 LIN P7 Vel=0.1 m/s CPDAT5 Tool[16]:TORCHA RA400
  ↳ Base[8]:tesis_extractor
12 endfor
13 PTP HOME Vel=30 % DEFAULT
14
```

Below the code, a status bar shows the file path: KRC:\R1\WRC5791\MODOEXP.SRC. A message log displays the following entries:

C.	Tiempo	No	Abs.	Mensaje
!	13:36:31	1350	/R1/...	COI ALCANZADA
i	13:38:57	220	KS	ACCIONAMIENTOS DESCONECTADOS, CIRCUITO INTERMEDIO AU...

The interface also includes a status bar at the bottom with fields for Num, Cap, S, I, R, Aut, POV 50%, Celda1, and 13:39, along with buttons for Modificar, Movimiento, Fold abrir/cerrar, Ultima Instr., Cerrar, and NAVEGADOR.

Se comprobó el correcto funcionamiento en movimientos PTP, lineales (LIN) y circulares (CIR).

Mesa posicionadora de soldadura – prueba retorno a Home

N°	Posición Mesa	Posición Disco	Retorno a Home
1	-27	18	Si
2	-40	35	Si
3	-55	120	Si
4	-10	40	Si
5	-90	55	Si
6	0	0	Si
7	79	33	Si
8	85	100	Si
9	65	139	Si

Con Jigs de soldadura

Sin Jigs de soldadura



PRUEBAS Y RESULTADOS

Mesa posicionadora de soldadura – prueba de comunicación

N°	Posición Mesa registrada	Posición Disco registrada	Posición Mesa obtenida	Posición Disco obtenida
1	-60	0	-60	0
2	-40	80	-40	80
3	-39	35	-39	35
4	-55	61	-55	61
5	-70	33	-70	33



PRUEBAS Y RESULTADOS

Mesa posicionadora de soldadura – prueba de repetibilidad

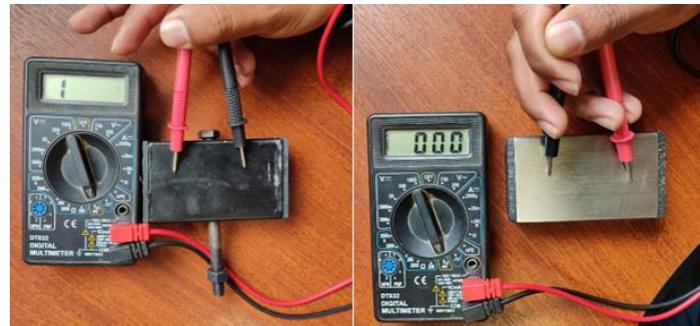
N°	Posición Mesa registrada	Posición Disco registrada
1	-10	0
2	-30	20

N° de repeticiones	Primer punto (Error absoluto)	Segundo punto (Error Absoluto)
10	0.1	0.01
20	0.08	0.07
30	0.22	0.1
40	0.13	0.12
50	0.17	0.22
60	0.29	0.25



Jigs de soldadura - continuidad

Pruebas de continuidad	Jigs de soldadura en acero AISI A36	Jigs de soldadura en acero AISI 403
Tope rectangular	1.00	0.00
Clamp de ajuste Jigs 2	1.00	0.00
Clamp fijo para placas	1.00	0.00
Clamps para perfiles	1.00	0.00
Tope para ángulos estructurales	1.00	0.00
Clamp móvil para placas	1.00	0.00
Clamps para ángulos estructurales	1.00	0.00



Extractor de humo - funcionamiento

Horas de funcionamiento del extracto de humos	Operatividad
1 hora	Correcto funcionamiento
2 horas	Correcto funcionamiento
3 horas	Correcto funcionamiento
4 horas	Correcto funcionamiento
5 horas	Correcto funcionamiento
6 horas	Correcto funcionamiento
7 horas	Correcto funcionamiento



Extractor de humo – módulo WAGO

N°	Estado de la salida 114 (ExtractorH)	Número de repeticiones	Número de encendido o apagado acertado	Fallas
1	ON	25	25	0
2	OFF	25	25	0



Aplicación general de soldadura



1. Selección del material

2. Selección del electrodo

3. Selección del gas protector



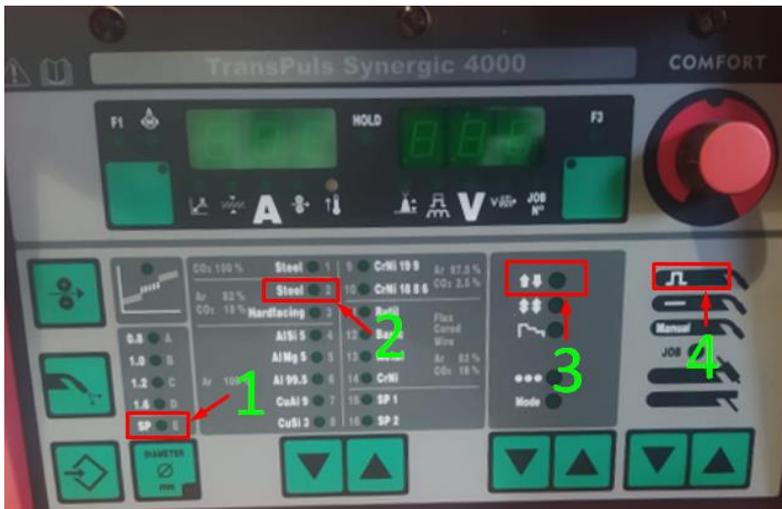
Aplicación general de soldadura



1. Selección del material

2. Selección del electrodo

3. Selección del gas protector



1. Selección diámetro de hilo

2. Selección tipo de material

3. Selección modo de operación

4. Selección Soldadura MIG/MAG -modo



Aplicación general de soldadura – Cordón lineal

N°	Voltaje (V)	Avance del cordón (m/min)	Velocidad del alambre (m/min)	Condición del cordón de soldadura	Análisis
1	19.2	0.5	4.4	Mala	Perforación del material
2	16.5	0.4	7.2	Mala	Perforación del material
3	14.2	0.5	7.5	Mala	Perforación del material
4	14.0	0.7	5.2	Regular	Existencia de chisporroteo, cordón uniforme, sobrepassa material
5	13.0	0.6	4.8	Regular	Existencia de chisporroteo, cordón uniforme, sobrepassa material
6	12.0	0.7	4.9	Excelente	Cordón uniforme, no existe chisporroteo, soldadura continua

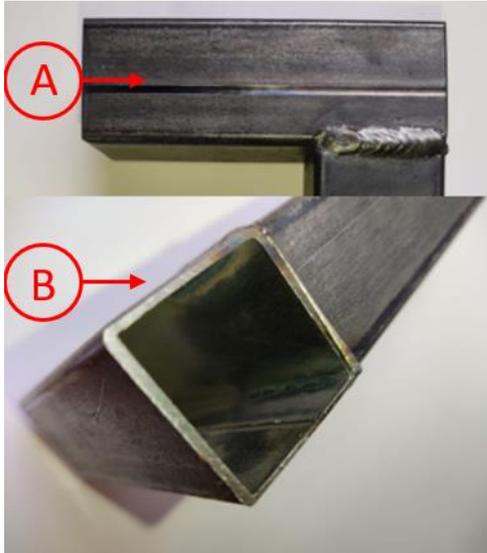


Aplicación general de soldadura – Cordón espiral

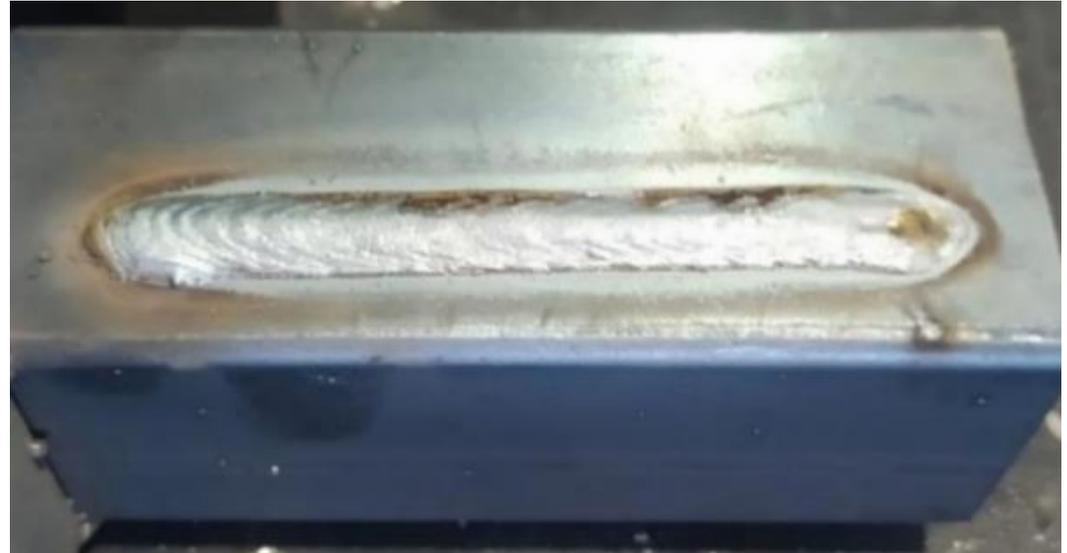
N°	Voltaje (V)	Avance del cordón (m/min)	Velocidad del alambre (m/min)	Condición del cordón de soldadura	Análisis
1	12.0	0.7	4.9	Mala	Perforación del material
2	11.0	0.6	4.0	Mala	Perforación del material
3	10.0	0.7	4.2	Regular	Existencia de chisporroteo, cordón uniforme, sobrepasa material
4	10.5	0.5	3.7	Regular	Existencia de chisporroteo, cordón no uniforme,
5	10.0	0.3	2.5	Excelente	Cordón uniforme, no existe chisporroteo, soldadura continua



Aplicación general de soldadura – Cordones

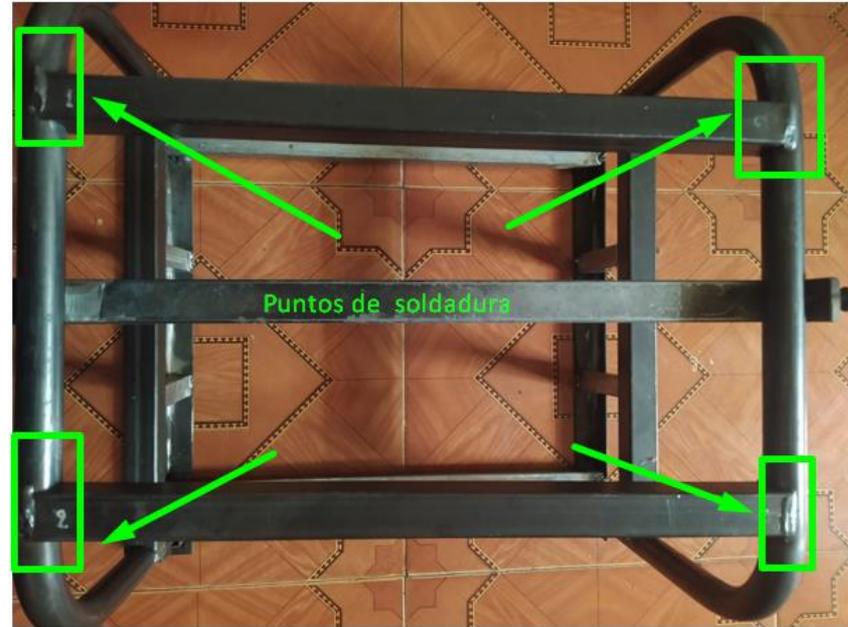
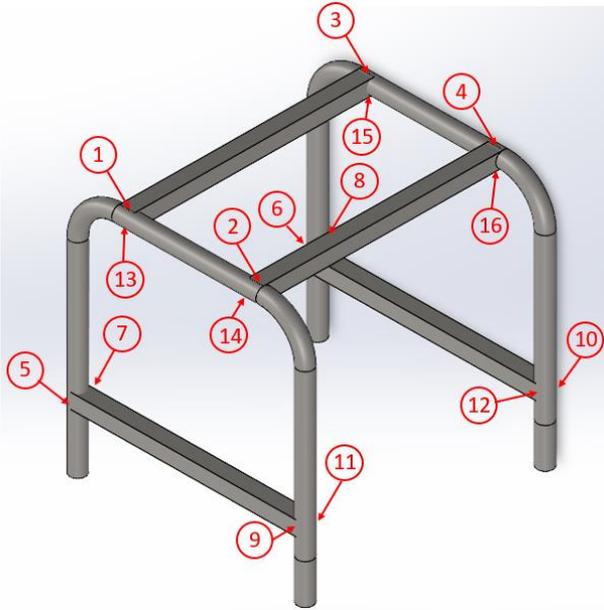


LINEAL



ESPIRAL

Aplicación general de soldadura



Validación de Hipótesis

Chi-cuadrado calculado

$$x_c^2 = \sum \frac{(f_o - f_t)^2}{f_t}$$

$$x_c^2 = 0.84$$

Chi-cuadrado de tabla

Nivel de significancia de 0,1

Grados de libertad: 51

$$x_t^2 = 64.3.$$

Análisis: $x_c^2 > x_t^2 \rightarrow$ Se rechaza H_0
Se acepta H_1

Conclusión: Se valida la hipótesis alternativa que garantizará una comunicación segura con la mesa posicionadora y el extractor de humo, y mejorará la precisión de la mesa



CONCLUSIONES

Archivos de usuario de la unidad de control del brazo robótico Kuka KR5-Arc

Funcionalidad del brazo robótico Kuka KR-5Arc.

Mesa posicionadora de soldadura.

Sujetadores para procesos de soldadura. (Jigs de soldadura).

Sistema articulado de extracción localizada de humos de soldadura.

Sistema de comunicaciones entre dispositivos.

Software de aplicación industrial de soldadura

Aplicación completa de soldadura, que incluya movimientos sincronizados entre diferentes dispositivos.



RECOMENDACIONES

Archivos de usuario de la unidad de control del brazo robótico Kuka KR5-Arc

Funcionalidad del brazo robótico Kuka KR-5Arc.

Mesa posicionadora de soldadura.

Sujetadores para procesos de soldadura. (Jigs de soldadura).

Sistema articulado de extracción localizada de humos de soldadura.

Sistema de comunicaciones entre dispositivos.

Software de aplicación industrial de soldadura

Aplicación completa de soldadura, que incluya movimientos sincronizados entre diferentes dispositivos.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA