

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECATRÓNICA
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

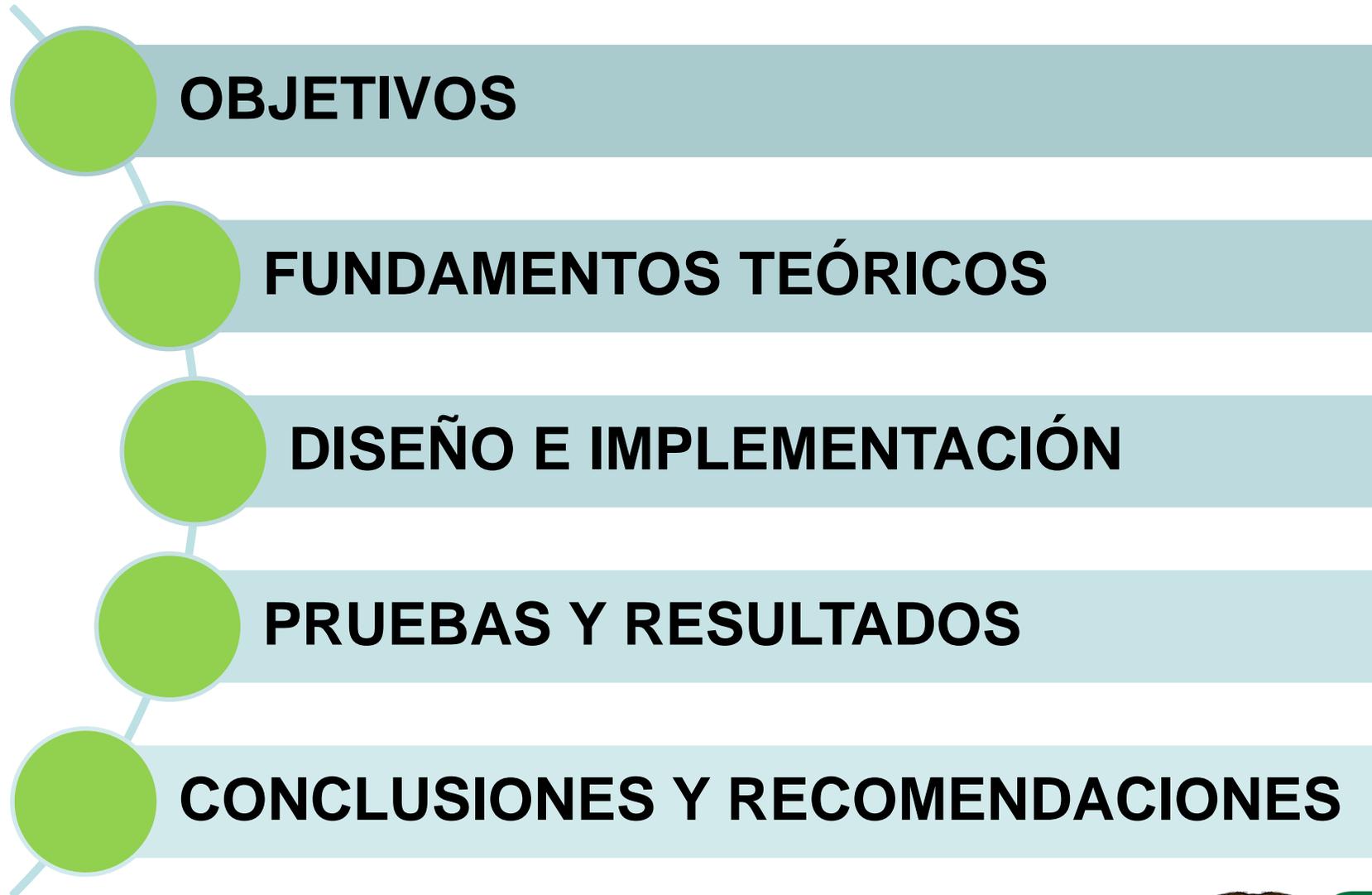
TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE SUELDA BLANDA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LETRAS ACANALADAS PARA LA EMPRESA IDEART UBICADA EN AMBATO.

AUTORES: CRUZ GALLEGOS, MATEO JOSUÉ Y CUJILEMA TAYUPANDA, JUAN JOSE

DIRECTORA: ING. CONSTANTE PRÓCEL, PATRICIA NATALY

LATACUNGA, AGOSTO 2023





OBJETIVO GENERAL



Diseñar y construir un sistema mecatrónico de suelda blanda para incrementar la producción de letras acanaladas para la empresa IDEART ubicada en Ambato.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

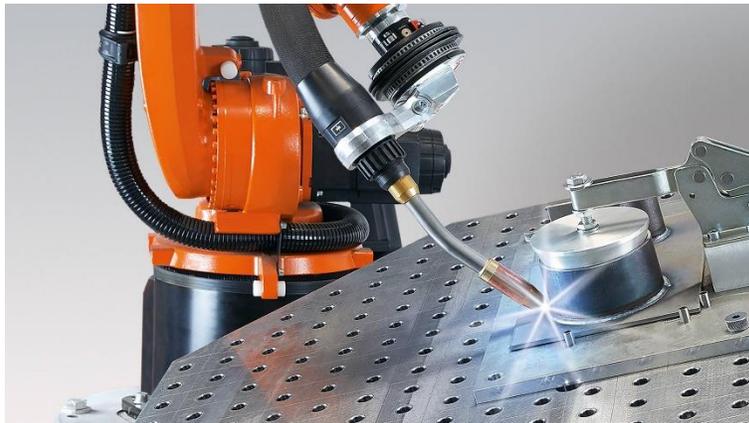
- Ensamblar un brazo robótico de código libre de 6GDL con 700 mm de alcance en su actuador final y una capacidad de carga de 2 Kg.
- Diseñar el entorno robótico compuesto por el robot de código libre de 6GDL para su área de trabajo designada compuesta por una mesa y una guía de desplazamiento.
- Diseñar y construir el actuador final del robot para la aplicación de la suelda blanda.
- Operacionalizar el sistema mecatrónico compuesto por sus dos etapas a través de una interfaz de usuario por computador.



Robótica Industrial para soldadura



- Manipulador multifuncional reprogramable.
- El programador del robot establece los parámetros de la soldadura.



Suelda Blanda



- Se utiliza para unir metales con puntos de fusión relativamente bajos.
- Se realiza mediante un soplete o pistola de calor.



Efectores Finales



- Herramienta o accesorio que se adhiere a la muñeca o articulación de un robot.
- Puede incluir sensores y dispositivos de medición



Consideraciones para el diseño del entorno robótico



- Garantizar que el entorno sea seguro, eficiente y efectivo.
- Se considera: capacidad de carga, sistema de control, fuente de energía, GDL, etc.



Definición de las necesidades

N°	Necesidad
1	Capacidad de soldar en diferentes posiciones
2	Área de trabajo 650x1000 mm
3	Control de forma manual y automática
4	Diseño seguro para evitar accidentes
5	De fácil control del sistema
6	Sistema adaptable a diferentes letras acanaladas
7	Desplazamiento en diferentes orientaciones
8	Mantenimiento fácil
9	Diseño del sistema en función al área de trabajo

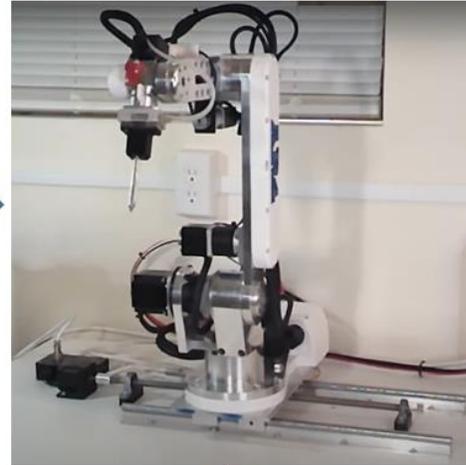


Alternativa del sistema



Soldador de Estaño – Efecto Final

Robot de seis grados de libertad



ALTERNATIVA DE
SISTEMA
MECATRÓNICO DE
SUELDA BLANDA



Controlador del Robot



Mesa de Trabajo



Guía Lineal para Robot



Alternativa del manipulador robótico



GDL

- 6

Alcance

- 700 mm

Carga util

- 2 kg

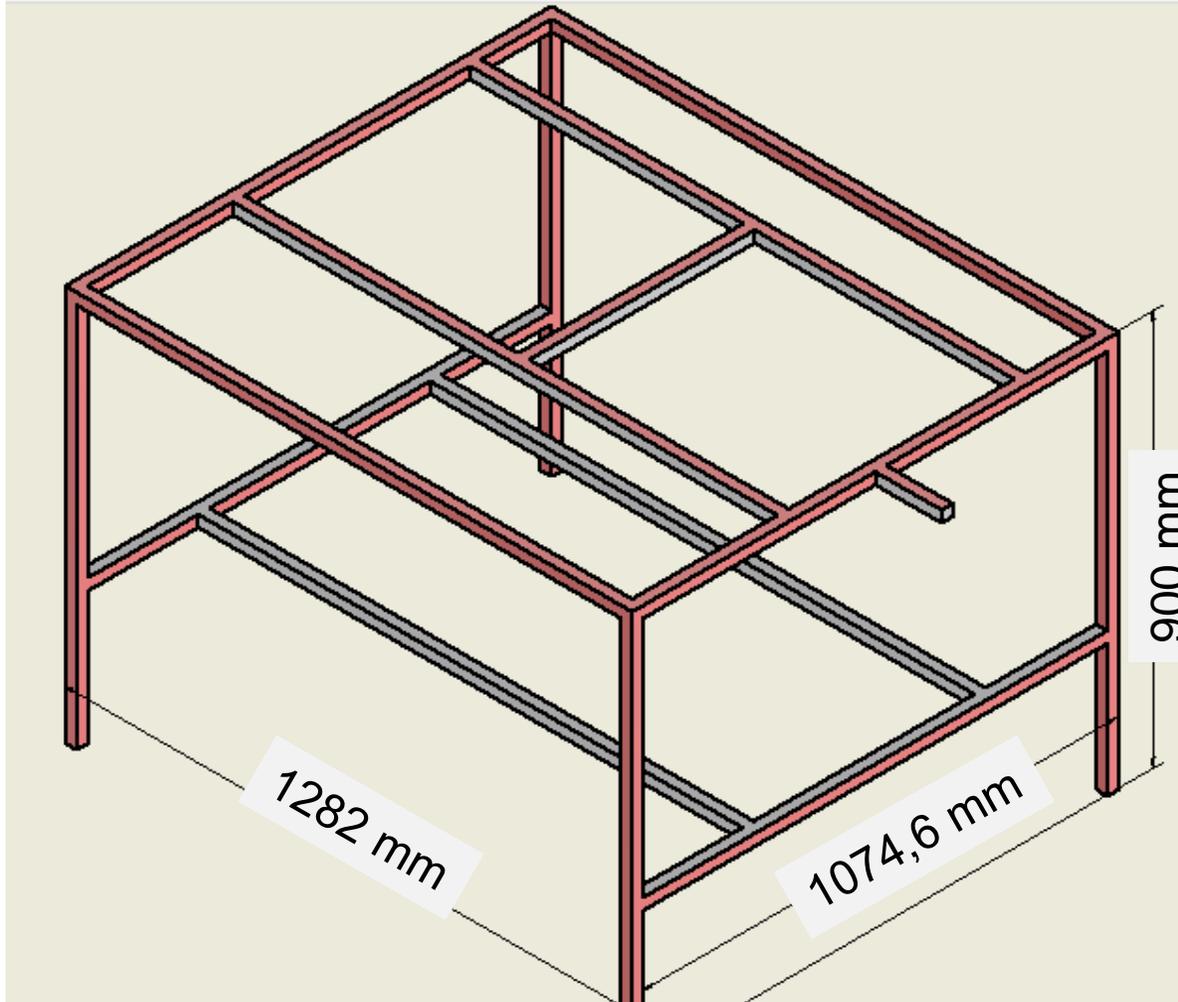
Peso

- 12,25 kg

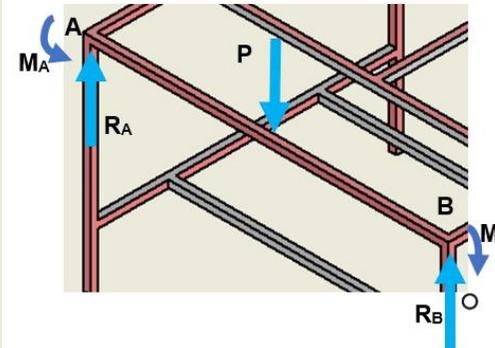
Repetibilidad

- 0.2 mm

Diseño del Entorno Robótico



Análisis



$$P = 166,77 \text{ N}$$

$$M_A = M_B = \frac{PL}{8} = 26,725 \text{ Nm}$$

$$R_A = R_B = \frac{P}{2} = 83,385 \text{ N}$$

$$\sigma_d = \frac{Sy}{8}$$

$$y_{maxd} = 0,0005 \text{ a } 0,003 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

$$y_{maxd} = \frac{L}{360}$$

Valor diseño

$$\sigma_d = 35 \text{ MPa}$$

$$y_{maxd} = 3,56 \text{ mm}$$

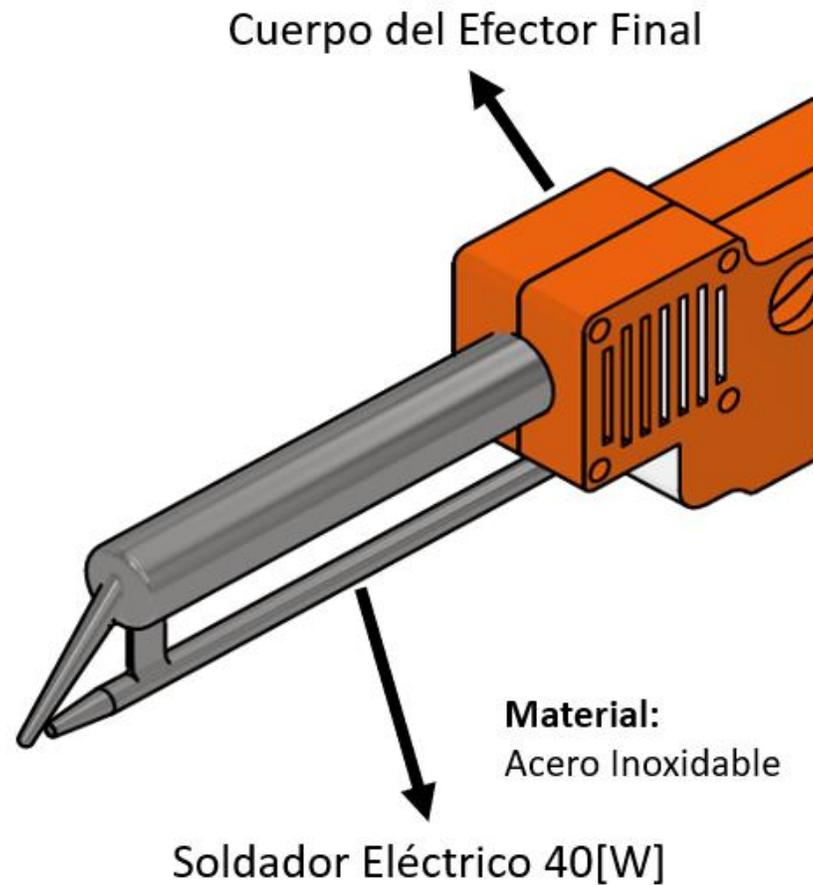
Valor calculado

$$\sigma_c = 34,987 \text{ MPa}$$

$$y_{max} = 0,943 \text{ mm}$$

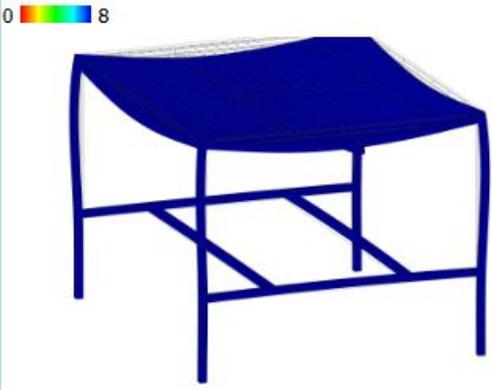
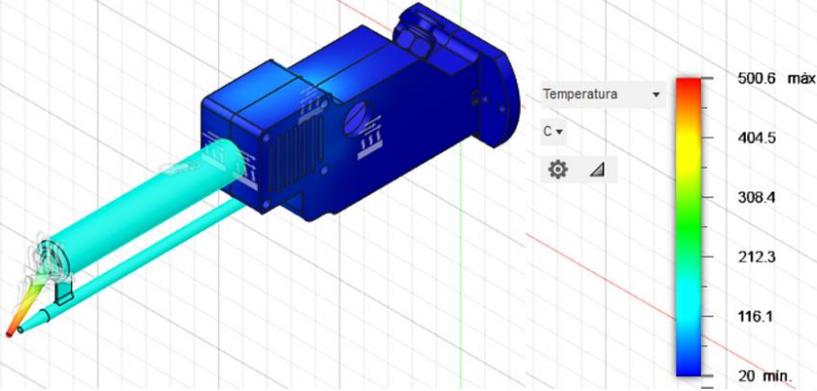


Diseño del Efecto Final para la Suelda Blanda



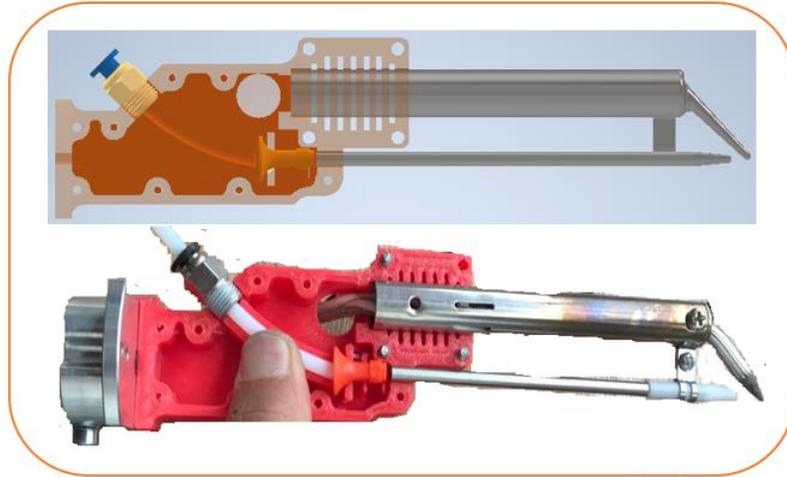
Propiedad	Valor
Densidad	1.06E-06 kg / mm ³
Módulo de Young	2240 MPa
Temperatura de fusión	210 – 250 °C
Límite de elasticidad	20 MPa
Resistencia máxima a tracción	29.6 MPa

Análisis CAE

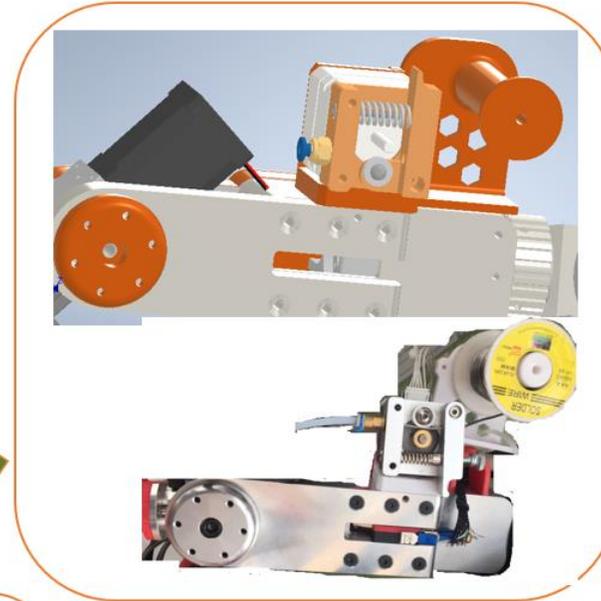
Figura	Análisis	Resultado
	Factor de seguridad	$N = 15$
	Temperatura	$T_{max} = 500\text{ °C}$ $T_{min} = 20\text{ °C}$

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Efecto final



Soldador Eléctrico



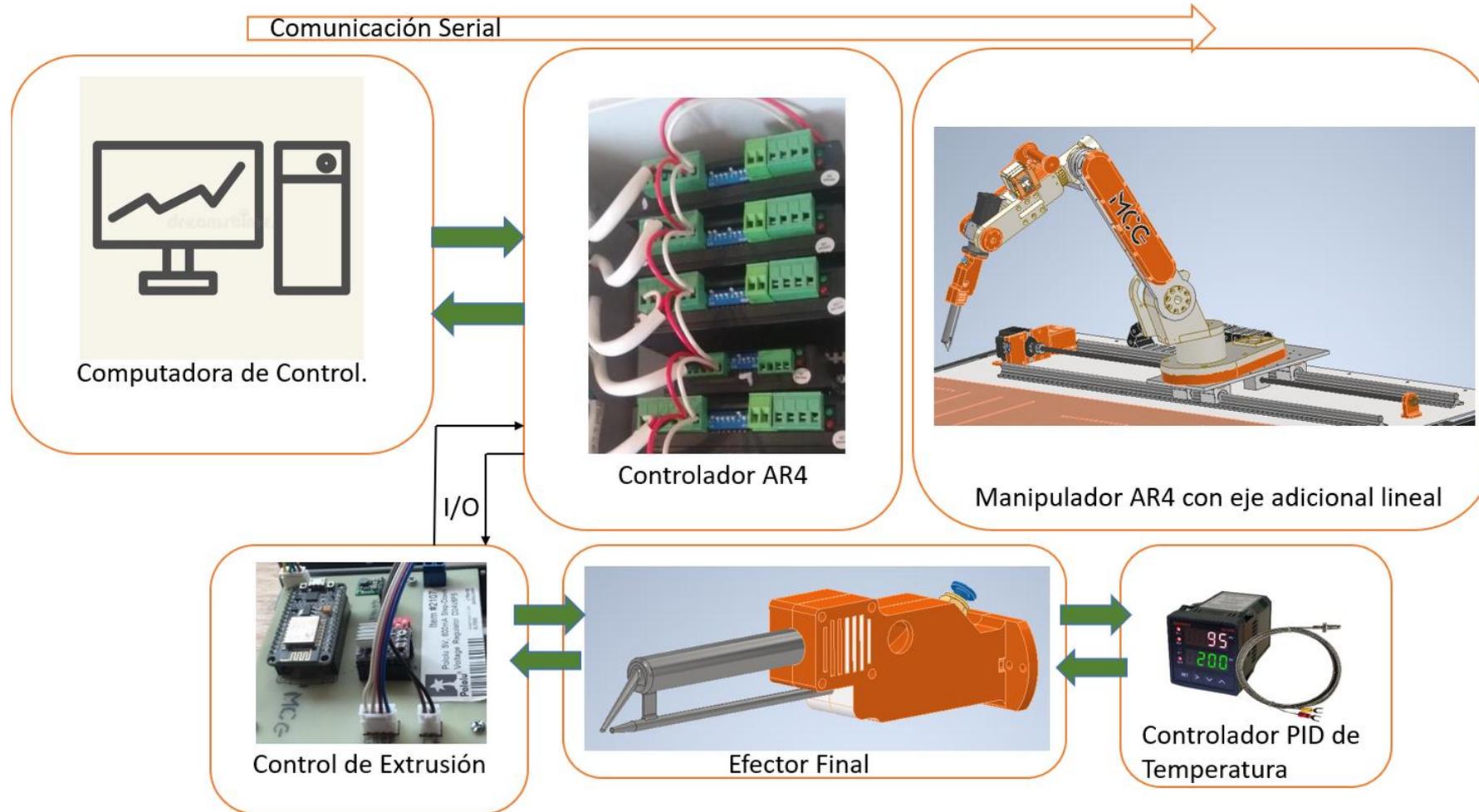
Extrusor de Estaño



Efecto Final



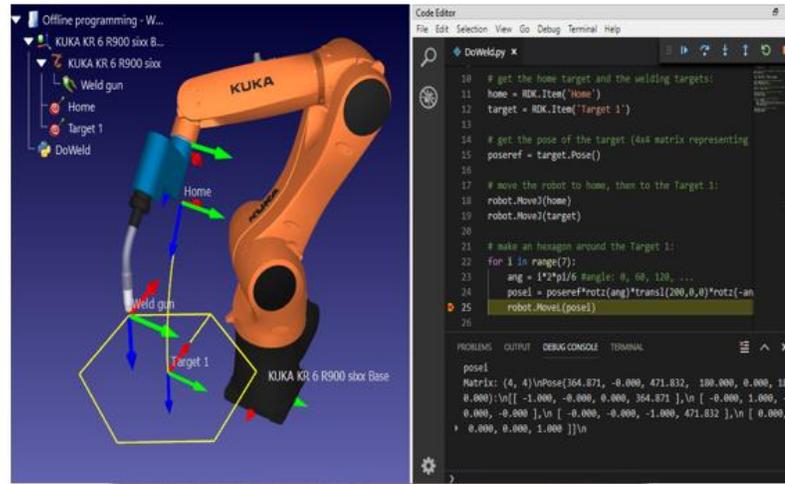
Sistema de control del sistema mecatrónico



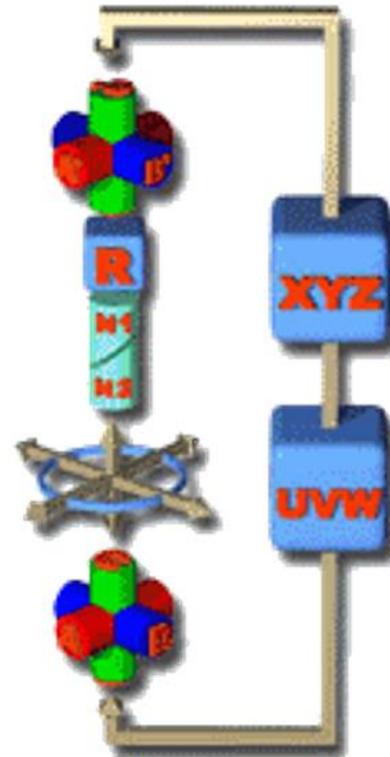
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Arquitectura de Comunicación y envío de programas

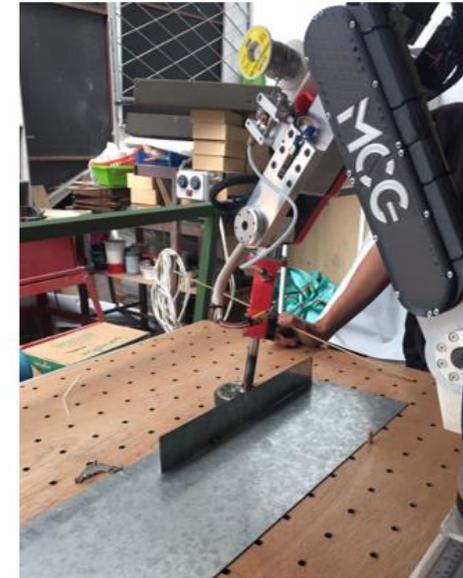
Trayectorias en RoboDK



Firmware AR4



Trayectoria Real AR4

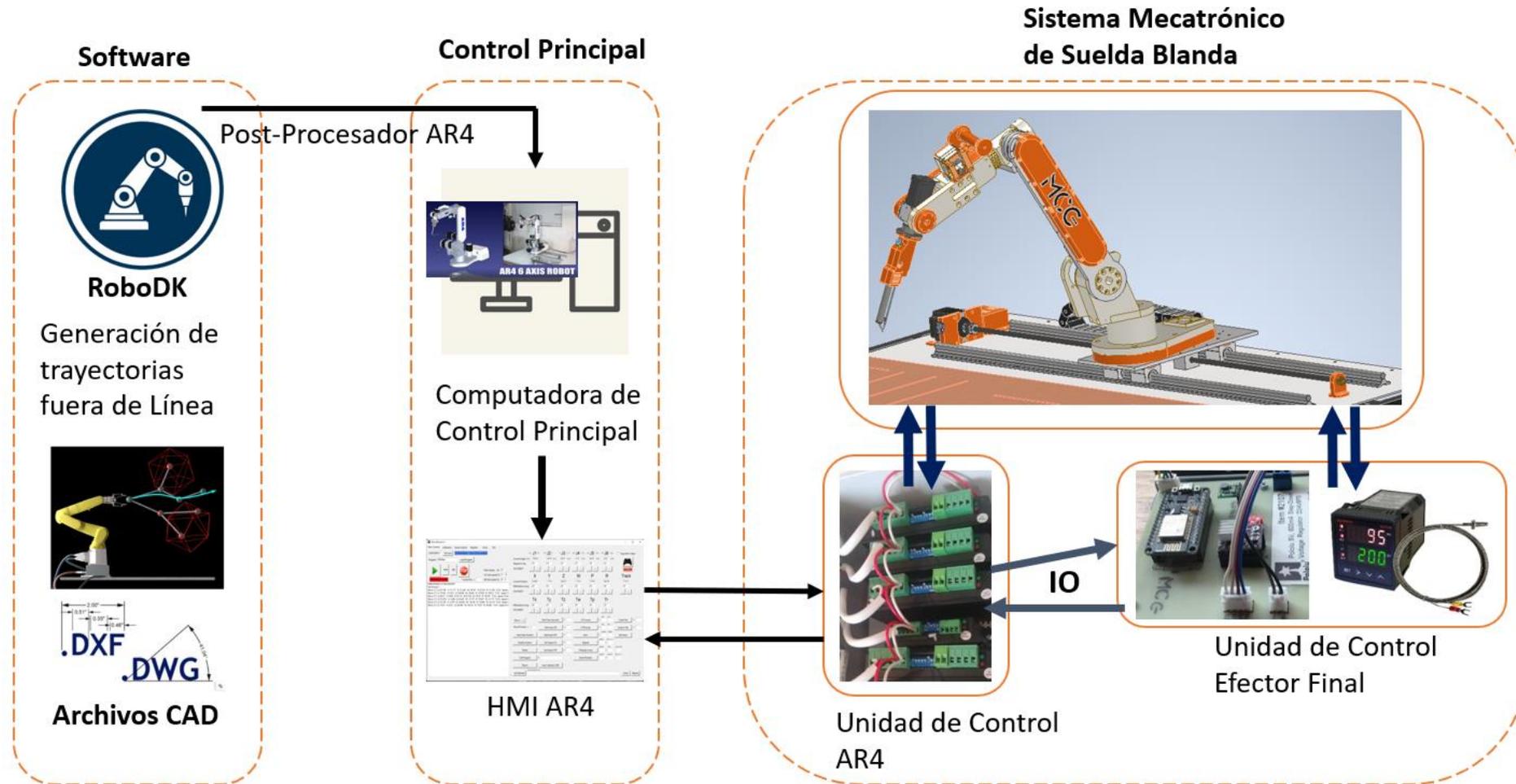


Post Procesador adaptado AR4

Envío de Datos al controlador

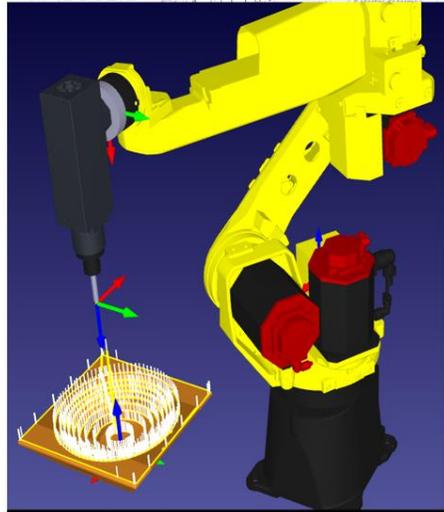


Arquitectura de Comunicación y envío de programas

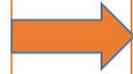


PRUEBAS Y RESULTADOS

Pruebas del Post Procesador adaptado



Trayectoria Generada por Simulación



```

BUSY_LAMP_OFF = 0;
ABORT_REQUEST = 0;
PAUSE_REQUEST = 0;
DEFAULT_GROUP = 1;*,*,*,*
CONTROL_CODE = 00000000 00000000;
/MN
1: / Program generated by RoboDK v3.4.5 /
2: / For Fanuc M-10iA/10S on 20/04/2018 /
3: / 09:26:48 /
4: / Using nominal kinematics /
5: PR[9,1]=-612.358 /
6: PR[9,2]=-52.293 /
7: PR[9,3]=0.000 /
8: PR[9,4]=0.000 /
9: PR[9,5]=0.000 /
10: PR[9,6]=0.000 /
11: UFRAME[9]=PR[9] /
12: UFRAME_NUM=9 /
13: PR[9,1]=255.600 /
14: PR[9,2]=0.000 /
15: PR[9,3]=00.000 /
16: PR[9,4]=0.000 /
17: PR[9,5]=90.000 /
18: PR[9,6]=0.000 /
19: UTOOL[9]=PR[9] /
20: UTOOL_NUM=9 /
21: / Spindle /
22: L D[1] 20% CMTS /
23: L D[2] 1000mm/sec CMTS /
24: L D[3] 1000mm/sec CMTS /
25: L D[4] 1000mm/sec CMTS /
26: L D[5] 5mm/sec CMTS /
27: L D[6] 5mm/sec CMTS /
28: L D[7] 5mm/sec CMTS /
29: L D[8] 5mm/sec CMTS /
30: L D[9] 5mm/sec CMTS /
31: L D[10] 17mm/sec CMTS /
32: L D[11] 17mm/sec CMTS /
33: L D[12] 17mm/sec CMTS /
34: L D[13] 17mm/sec CMTS /
35: L D[14] 17mm/sec CMTS /
    
```

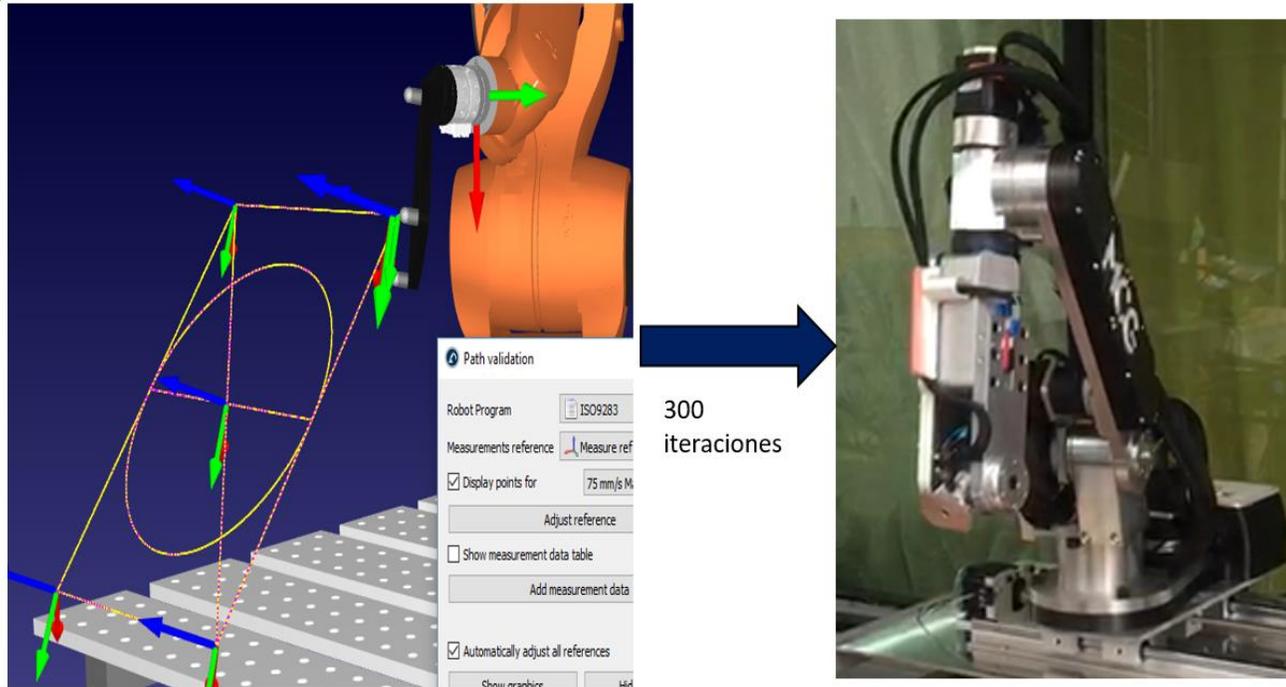
Post Procesador

N.º	Prueba	Comando Enviado	Comando Recibido	Resultado
1	Mover Articulación	MJX286.83Y0.13Z438.45Rz179.98Ry0.00Rx179.98Tr0Sp25Ac10Dc10Rm50WF	MJX286.83Y0.13Z438.45Rz179.98Ry0.00Rx179.98Tr0Sp25Ac10Dc10Rm50WF	Correcto
2	Movimiento Lineal	MLX286.83Y0.13Z438.45Rz179.98Ry0.00Rx179.98Tr0Sp25Ac10Dc10Rm50WF	MLX286.83Y0.13Z438.45Rz179.98Ry0.00Rx179.98Tr0Sp25Ac10Dc10Rm50WF	Correcto
3	Movimiento Circular	MAX286.83Y0.13Z438.45Rz179.98Ry0.00Rx179.98Ex386.65Ey0.35Ez438.70Tr0Sp25Ac10Dc10Rm50WF	MAX286.83Y0.13Z438.45Rz179.98Ry0.00Rx179.98Ex386.65Ey0.35Ez438.70Tr0Sp25Ac10Dc10Rm50WF	Correcto



Pruebas de precisión de las trayectorias creadas

ISO9283: Pruebas de rendimiento

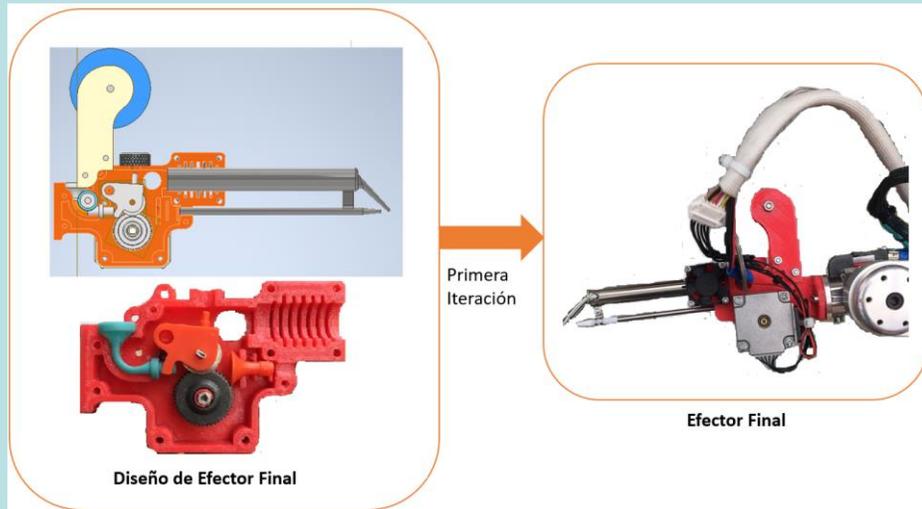


Repetibilidad Errores	Media (mm)	std(mm)	max(mm)	six sigma	Puntos
1	0,017	0,017	0,119	0,068	46
2	0,01	0,006	0,028	0,027	46
3	0,019	0,014	0,088	0,062	46
4	0,013	0,007	0,041	0,034	46
5	0,015	0,011	0,054	0,047	46

Error de posición:	Media(m)	std(mm)	max(mm)	six sigma	Puntos
Nominal:	2,667	0,35	3,194	3,726	300
Calibrada:	0,385	0,182	0,67	0,93	300

Pruebas del efector final

Alternativa inicial



Alternativa final



PRUEBAS Y RESULTADOS

Pruebas de Soldadura Blanda



Ensayo	Aplicación de penetrante	Visibilidad de porosidad	Satisfacción
1	Penetrante visible rojo	Poco visible	5
2	Penetrante visible rojo	Poco visible	5
3	Penetrante visible rojo	Poco visible	5
4	Penetrante visible rojo	Poco visible	5
5	Penetrante visible rojo	Visible	4
6	Penetrante visible rojo	Poco visible	5
7	Penetrante visible rojo	Poco visible	5
8	Penetrante visible rojo	Poco visible	5
9	Penetrante visible rojo	Poco visible	5
10	Penetrante visible rojo	Visible	4
Satisfacción general:			4,8

PRUEBAS Y RESULTADOS

Pruebas de Suelda Blanda en trayectorias de letras acanaladas.



	Contornos rectos	Contornos Curvos
Prueba Satisfactoria	9	6
Prueba Insatisfactoria	1	4



Validación de la Hipótesis

¿Es posible incrementar la producción de letras acanaladas en la empresa IDEART ubicada en la ciudad de Ambato mediante el sistema mecatrónico para la suelda blanda. ?

Se utiliza una significancia de 5% para probar si la cantidad producida es la misma en los dos procesos.

Producción	Total
Sistema mecatrónico de suelda blanda	7
Proceso Manual	3



PRUEBAS Y RESULTADOS

N^o	Proceso de producción	O_i	π_i	e_i	$\frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$
1	Sistema mecatrónico de Suelda blanda	7	0.5	5	0.8
2	Proceso Manual	3	0.5	5	0.8
	Total	10	1	10	1.6

$$X_c^2 = 1.6$$

$$x_{critico}^2 = 3.841$$

$$X_c^2 < x_{critico}^2$$

g.l.	Probabilidad							
	0,005	0,010	0,025	0,050	0,100	0,900	0,950	0,975
1	0,0000	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,7055	3,8415	5,0239
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,1026	0,2107	4,6052	5,9915	7,3778



TRABAJOS REALIZADOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se implementó el sistema mecatrónico de suelda blanda utilizando un robot antropomórfico de seis grados de libertad

Se seleccionó un manipulador AR4 de Annin Robotics de seis grados de libertad para el sistema mecatrónico de suelda blanda debido a su capacidad de desplazamiento

Se diseñó un efector final especializado para la tarea de suelda blanda, incorporando un sistema de extrusión controlado por la computadora principal del controlador



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El sistema mecatrónico de suelda blanda se construyó tomando como base una mesa de trabajo de acero A36 de 1.20m cuadrados, que incorpora en su estructura el manipulador robótico configurado al área de trabajo útil

La operacionalización del sistema mecatrónico se logra mediante la combinación del HMI del robot y el entorno de trabajo RoboDK para generar trayectorias fuera de línea, utilizando un postprocesador

La producción de letras acanaladas se incrementa mediante el sistema mecatrónico; no obstante, el proceso manual no se descarta, ya que en casos específicos donde se busca simplicidad



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Recomendaciones

Se recomienda revisar el manual de usuario del sistema mecatrónico y ajustar adecuadamente los parámetros de funcionamiento

Se sugiere realizar pruebas periódicas de validación de la calidad de las suelda por inspección visual cada 100 horas de uso

Se sugiere evitar cualquier intervención durante el proceso de soldadura llevado a cabo por el manipulador

Es importante realizar un monitoreo continuo del desempeño del sistema mecatrónico de suelda blanda, a fin de identificar posibles áreas de mejora y optimización



Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA