



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TEMA:**

REPOTENCIACIÓN DE LA CELDA DE PALETIZADO QUE INCLUYE BRAZO ROBÓTICO KUKA KR16, SISTEMA AUTOMÁTICO DE CAMBIO DE DIVERSAS HERRAMIENTAS Y BANDAS TRANSPORTADORAS, EN EL LABORATORIO DE ROBÓTICA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA.

**AUTORE:**

VILLA CARCELÉN, ANDRÉS LUIS

**TUTOR:**

ING. SINGAÑA AMAGUAÑA, MARCO ADOLFO

**LATACUNGA 2023**



OBJETIVOS

HIPÓTESIS

LÍNEA BASE DEL SISTEMA

RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

PRUEBAS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## OBJETIVO GENERAL

Repotenciar la celda de paletizado que incluye brazo robótico KUKA KR16, sistema automático de cambio de diversas herramientas y bandas transportadoras, en el Laboratorio de Robótica Industrial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.



## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Depurar archivos de usuario de la unidad de control del brazo robótico KUKA KR16.
- Verificar correcta funcionalidad del brazo robótico KUKA KR16.
- Repotenciar el sistema automático de cambio de 3 herramientas (gripper carrera larga, gripper de carrera corta, ventosa).
- Reconfigurar red de PLC's Xinje de las bandas transportadoras.
- Configurar sistema de comunicaciones entre dispositivos.
- Implementar una aplicación completa paletizado, con movimientos síncronos entre dispositivos.



## HIPÓTESIS

¿La Repotenciación de la celda de paletizado que contiene brazo robótico KUKA KR16, sistema automático de cambio de diversas herramientas y bandas transportadoras permitirá que sus componentes o accesorios puedan ser actualizados para mejorar la funcionalidad en aplicación de paletizado?



## HIPÓTESIS

### ***Variable Independiente***

- Celda de paletizado que contiene brazo robótico KUKA KR16, sistema automático de cambio de diversas herramientas y bandas transportadoras.

### ***Variables Dependientes***

- Actualización de componentes o accesorios.
- Mejora de la funcionalidad para la aplicación de paletizado

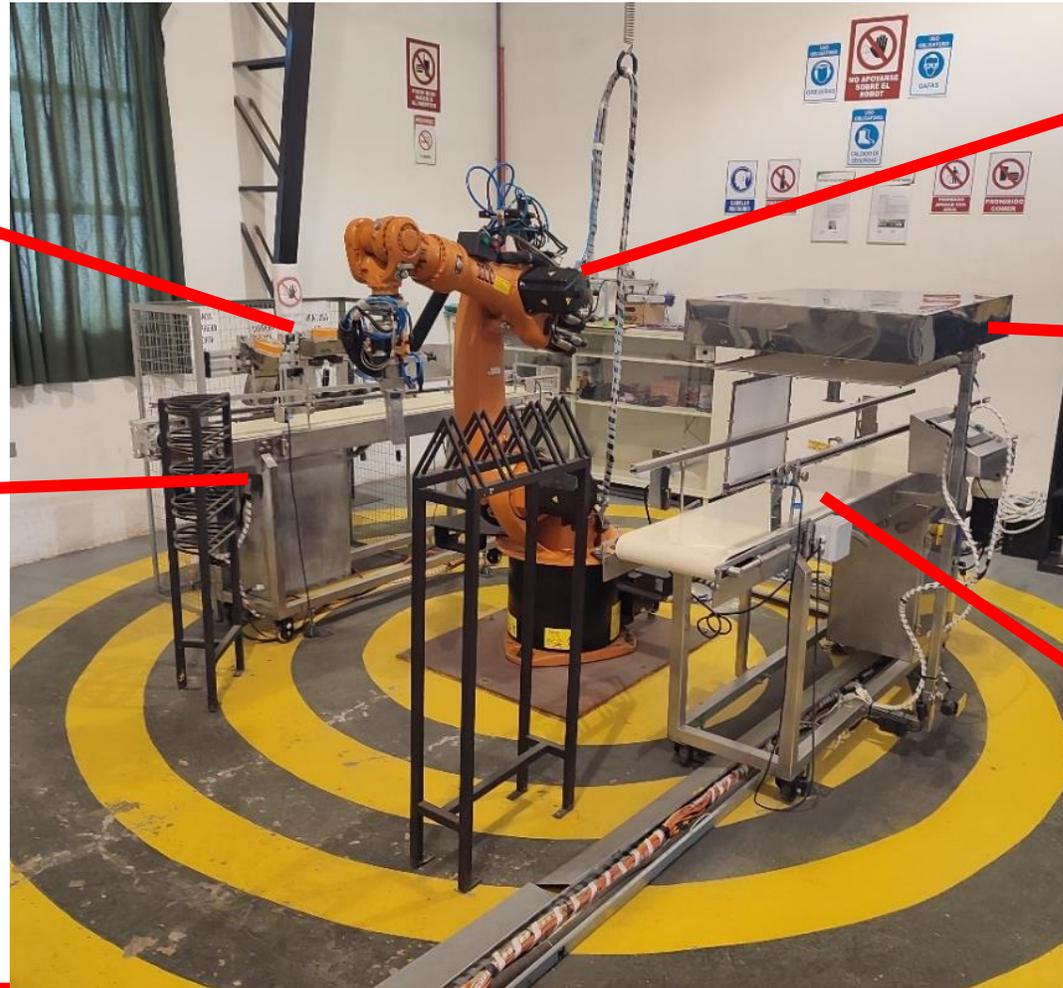


# LÍNEA BASE DEL SISTEMA

## CELDA ROBOTIZADA DE PALETIZADO

Elementos de sujeción  
H1, H2 y H3.

Banda transportadora 3



Manipulador

Sistema de Visión Artificial

Banda transportadora 4



## BRAZO ROBÓTICO KUKA KR16

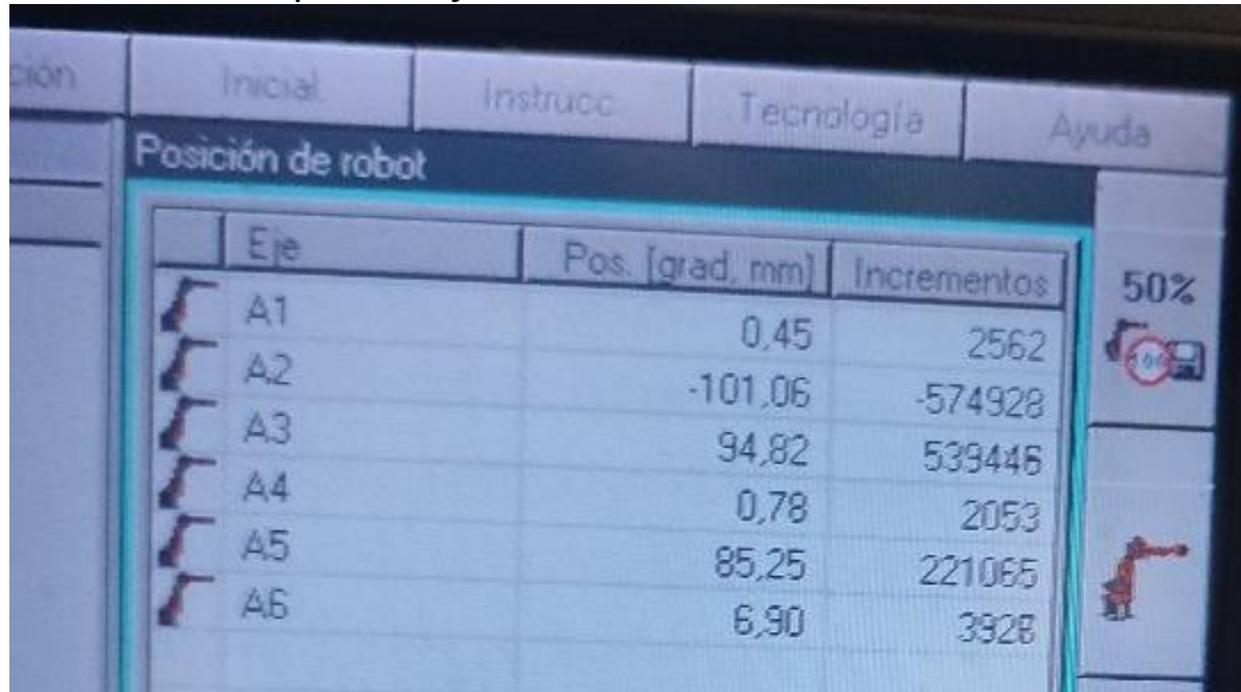
### Brazo Robótico KUKA KR16

Descripción	Brazo robótico
Marca	KUKA
Modelo	KR16
Año de fabricación	2008
No. Serie	862230
Manual	SI
Lugar de fabricación	Alemania
Unidad de control	KR C2
Nº de Ejes	6
Alimentación	400 voltios



## DATOS DEL BRAZO ROBÓTICO KUKA KR16

Posicionamiento en HOME del robot, además se puede evidenciar que los ejes están descalibrados.



The screenshot shows a control panel with a menu at the top containing 'Inicial', 'Instrucc', 'Tecnología', and 'Ayuda'. Below the menu is a section titled 'Posición de robot' which contains a table with the following data:

Eje	Pos. [grad, mm]	Incrementos
A1	0,45	2562
A2	-101,06	-574928
A3	94,82	539446
A4	0,78	2053
A5	85,25	221065
A6	6,90	3928

To the right of the table, there is a '50%' scale indicator and a small icon of a robot arm.

Datos en coordenadas específicas a los ejes del robot.

## SISTEMA AUTOMÁTICO DE CAMBIO DE HERRAMIENTAS

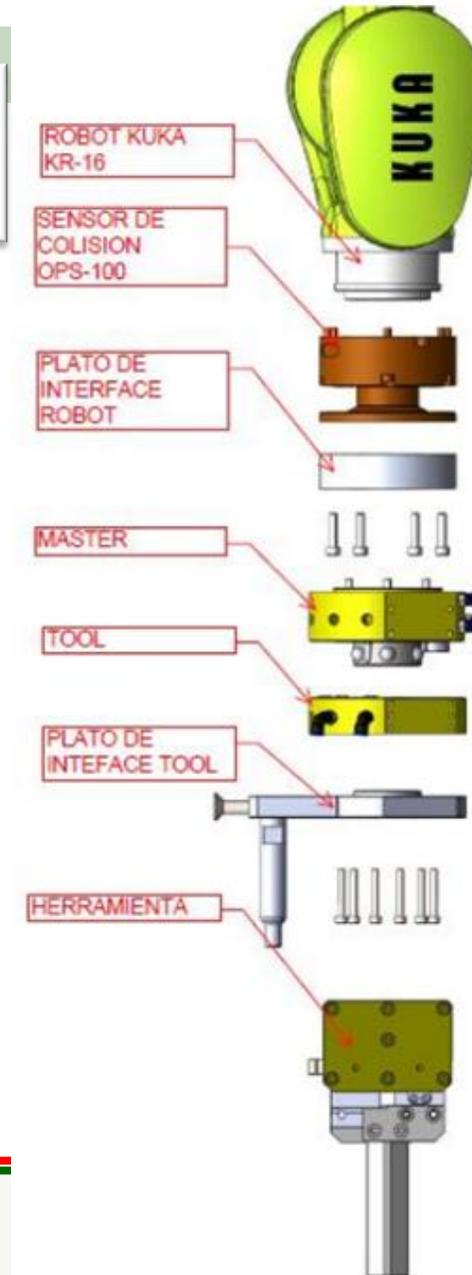
Este sistema automático cuenta con tres herramientas de trabajo que son:

- Gripper de carrera corta (H1)
- Gripper de carrera larga (H2)
- Ventosa (H3)



# LÍNEA BASE DEL SISTEMA

## SISTEMA AUTOMÁTICO DE CAMBIO DE HERRAMIENTAS



## SISTEMA AUTOMÁTICO DE CAMBIO DE HERRAMIENTAS



# LÍNEA BASE DEL SISTEMA

## Elementos de Sujeción

H1



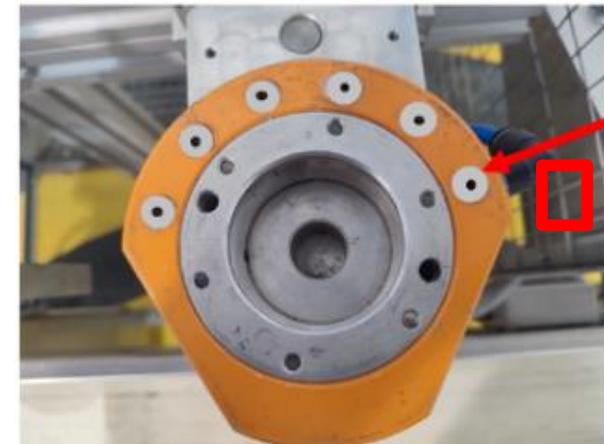
H2



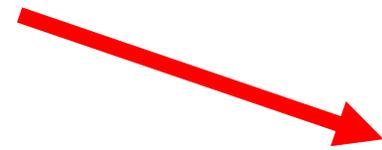
H3



Plato tool



O - RINGS



Guías  
para el  
módulo de  
montaje

Plato en V



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## BANDAS TRANSPORTADORAS

### Banda transportadora 3 y 4

Descripción	Brazo robótico
Marca	TeachDesign
Año de fabricación	2013
Procedencia	Quito – Ecuador
Dimensiones	2000x300 [mm]
Alimentación	220 [V] C.A.
Control	PLC Xinje XC3-48RT-E
Sensores	Fotoeléctricos e Inductivos
Comunicación en Red	T – Box V2.1
Touch Panel	TouchWin

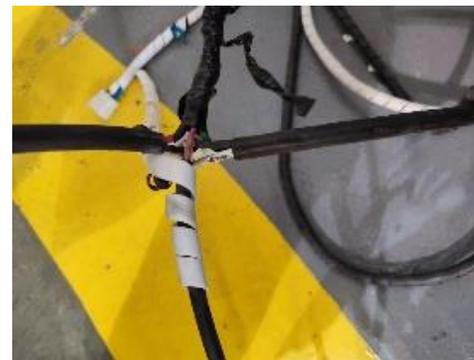
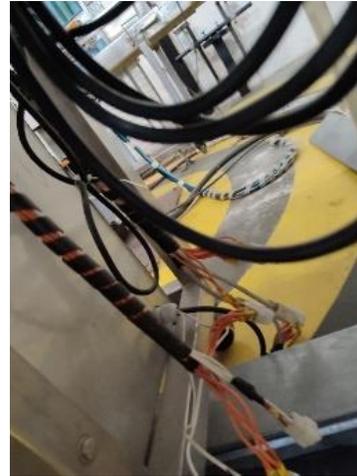
Banda transportadora 3



Banda transportadora 4



## SISTEMA DE CABLEADO



## TABLEROS ELÉCTRICOS



Tablero eléctrico de  
banda transportadora 3



Tablero eléctrico de  
banda transportadora 4

## PLC DE BANDAS TRANSPORTADORAS

PLC de banda transportadora 4



PLC de banda transportadora 3



## PANTALLAS TÁCTILES

Pantalla TouchWin para banda transportadora 4



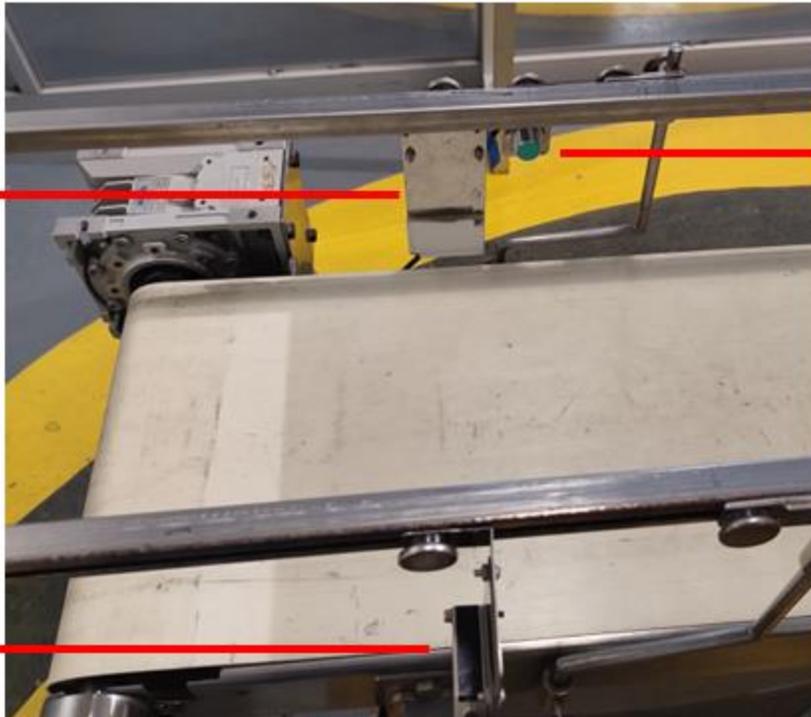
Pantalla TouchWin para banda transportadora 3



# LÍNEA BASE DEL SISTEMA

## SENSORES

Espejo sensor  
Fotoeléctrico



Sensor  
Fotoeléctrico

Sensor  
Inductivo



SENSOR  
INDUCTIVO

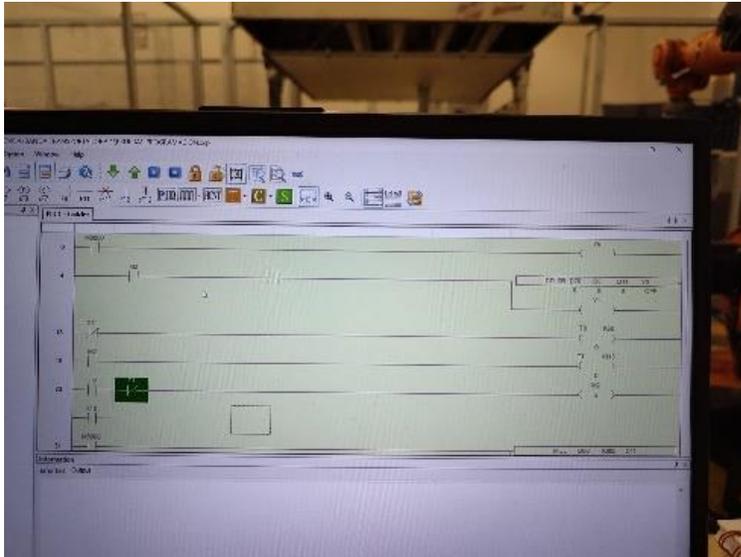


SENSOR  
FOTOELECTRICO



## PROGRAMACIÓN

### PLC



### Pantalla Táctil



# LÍNEA BASE DEL SISTEMA

Software

VERSIÓN DE SOFTWARE



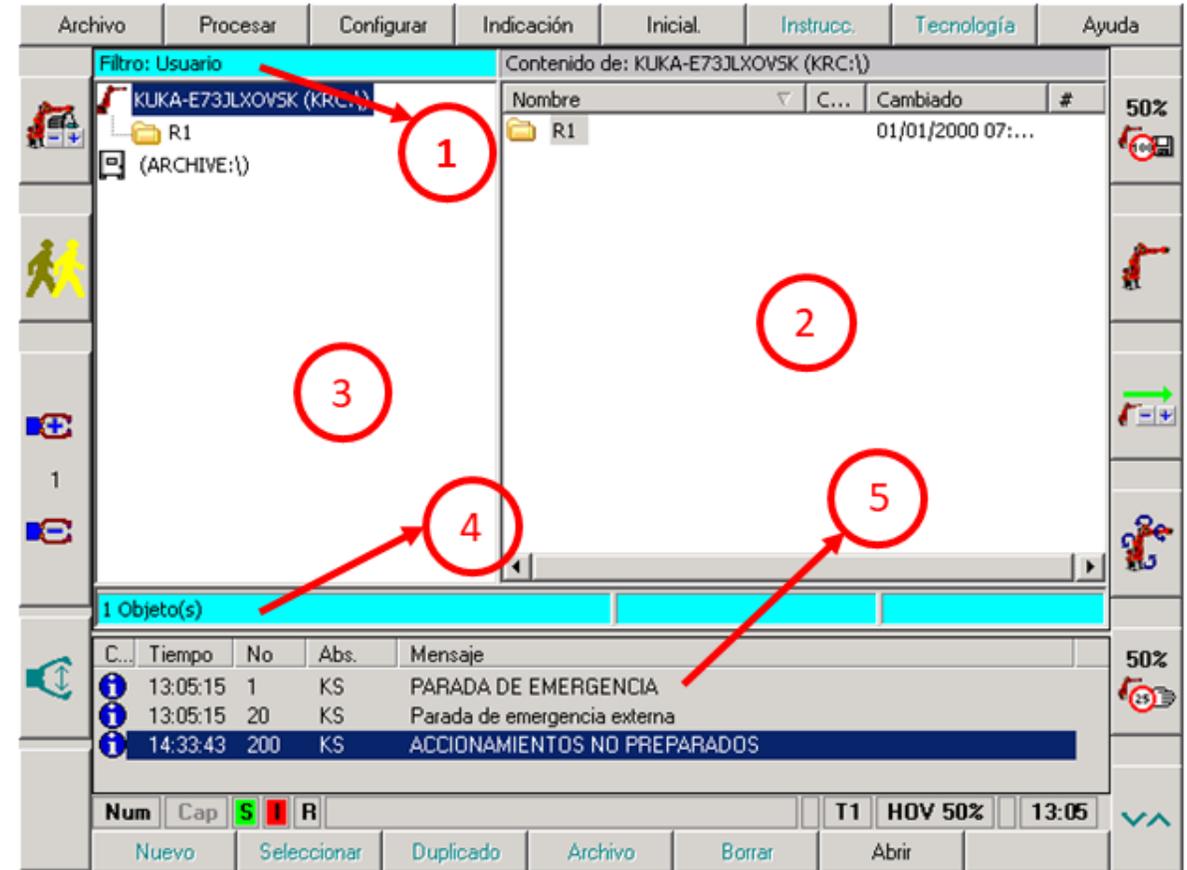
KCP



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

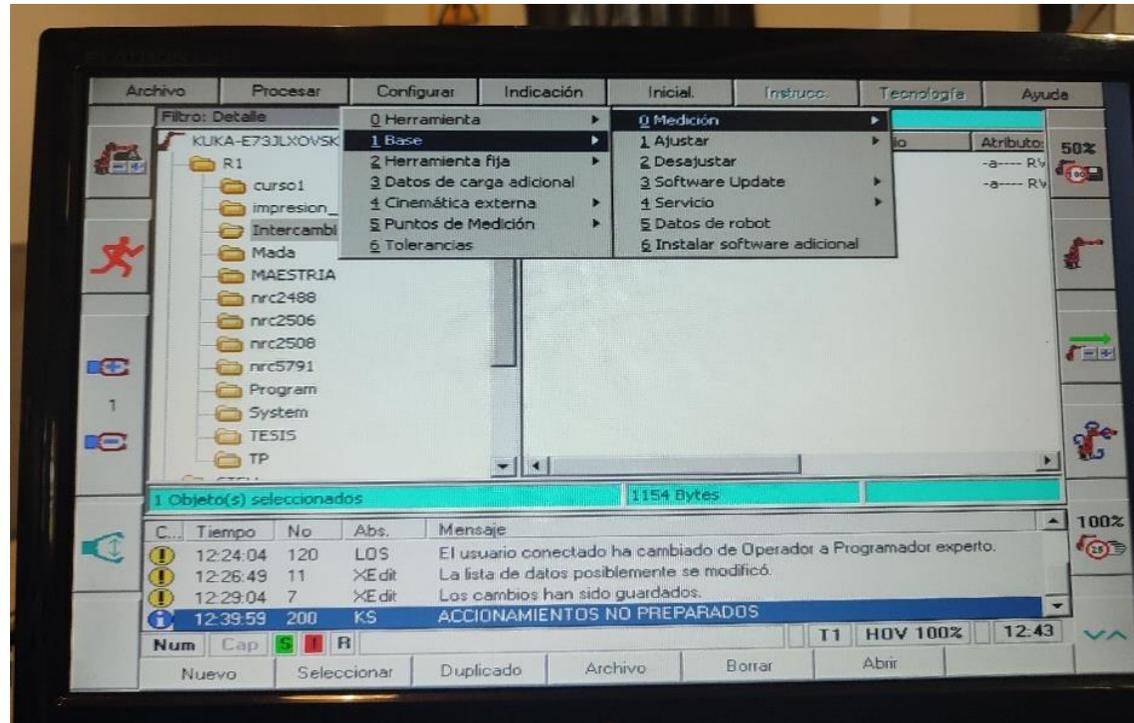
## MENÚ BASICO DE SISTEAMA

- (1) Encabezamiento
- (2) Lista de directorios o lista de ficheros
- (3) Estructura de directorios, representación de propiedades
- (4) Línea de estados
- (5) Mensajes



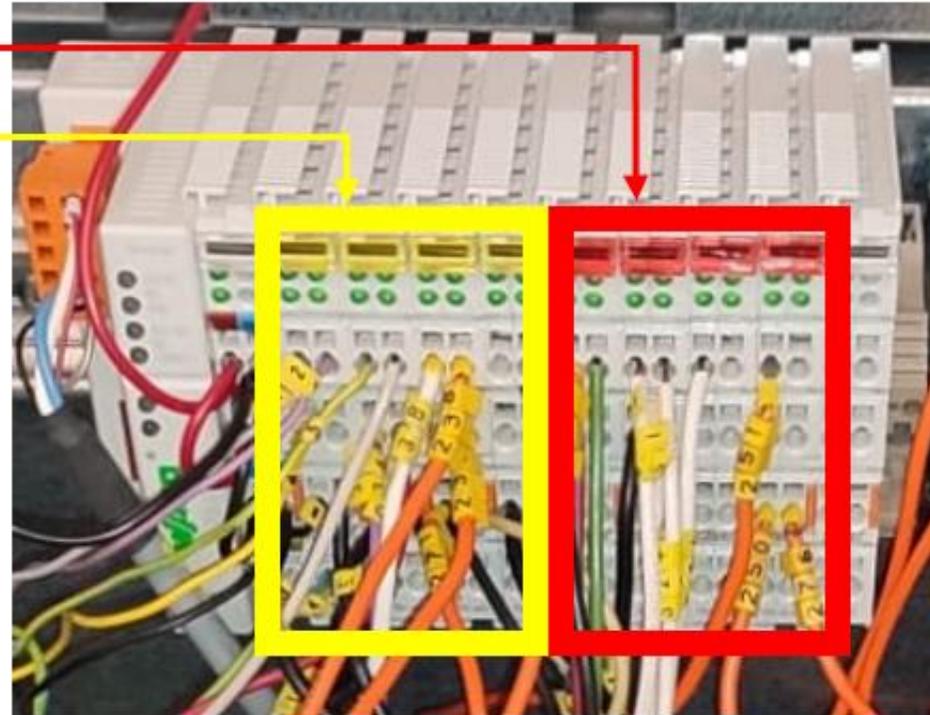
# LÍNEA BASE DEL SISTEMA

## NAVEGADOR



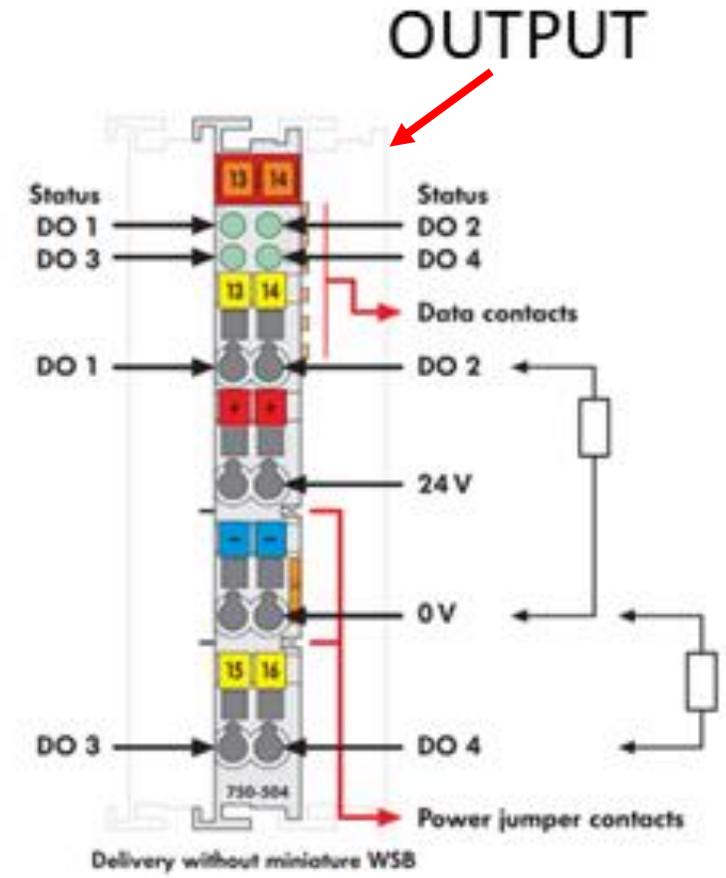
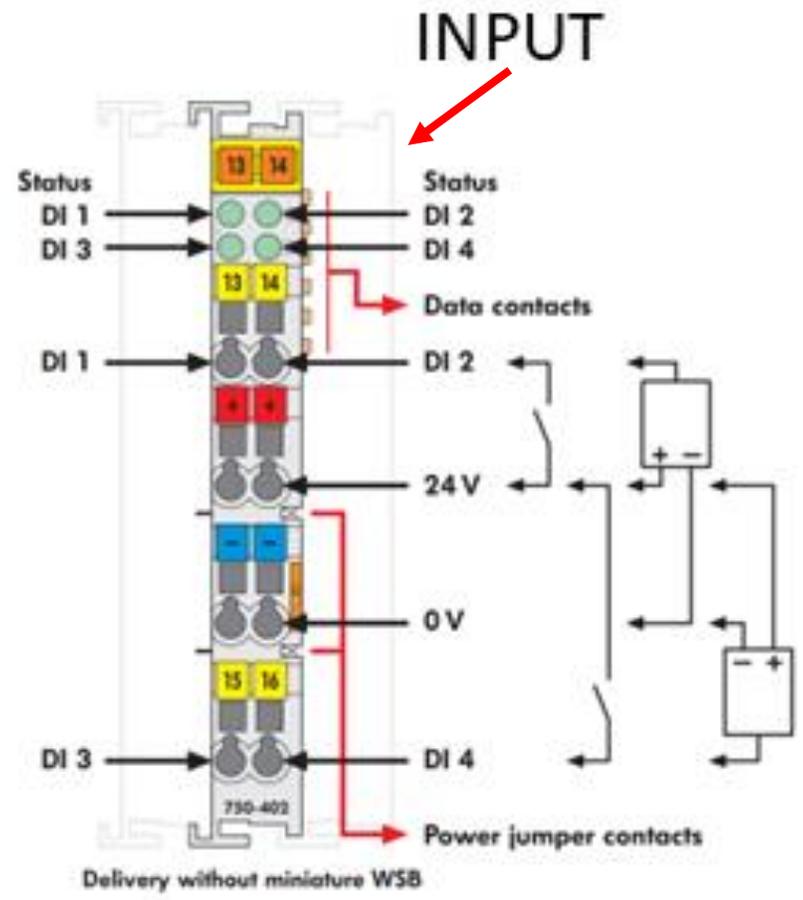
## Módulo WAGO

Salidas Digitales  
Entradas Digitales



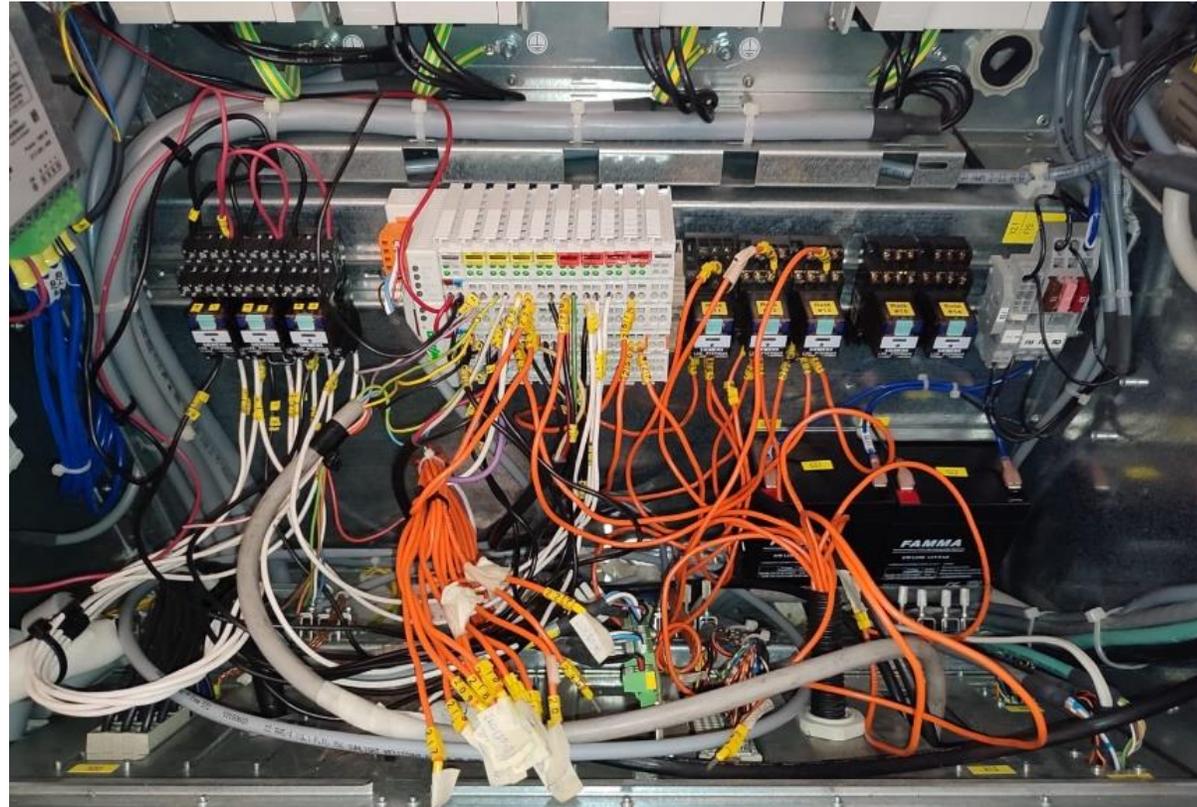
# LÍNEA BASE DEL SISTEMA

## Módulo WAGO



## Módulo WAGO

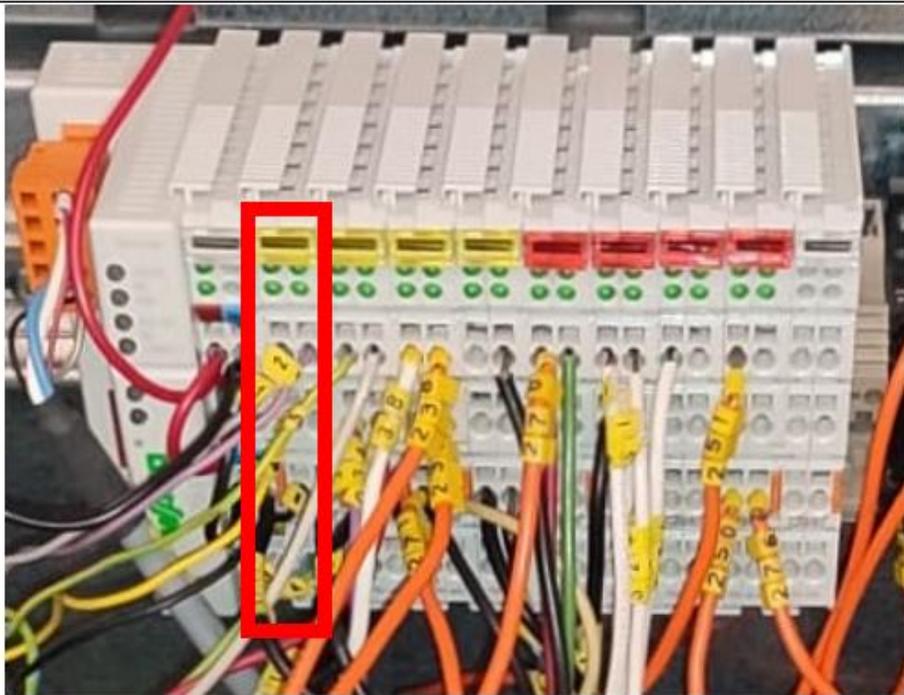
Condiciones iniciales



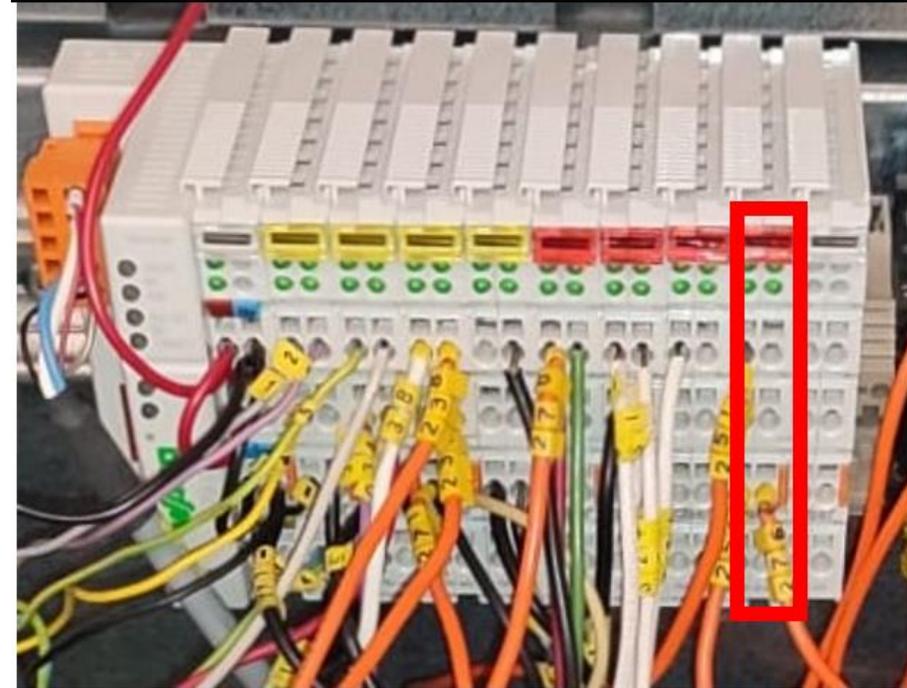
# LÍNEA BASE DEL SISTEMA

## Módulo WAGO

Entradas digitales



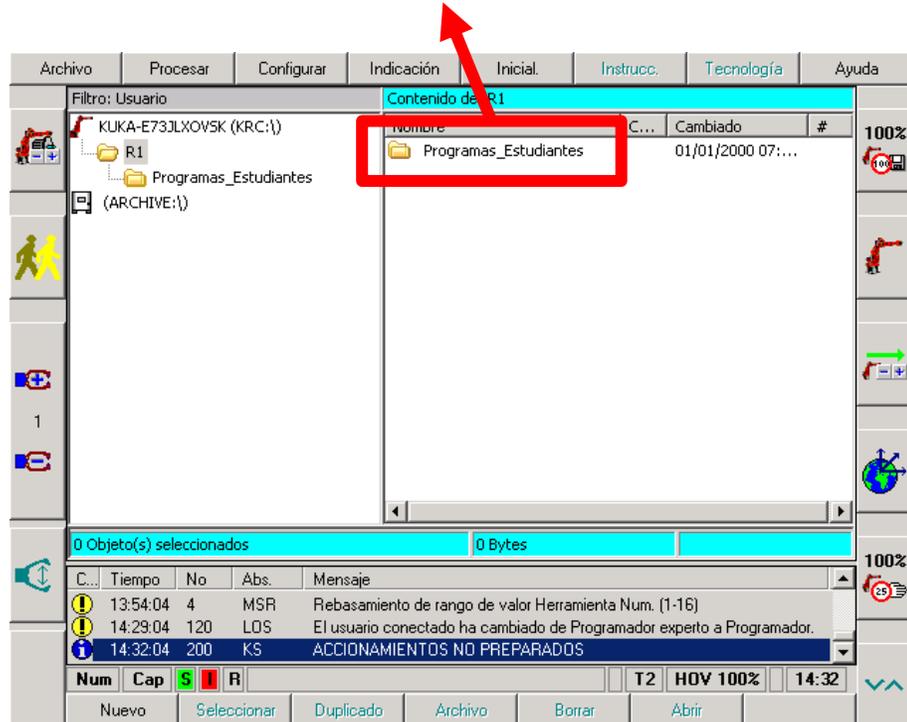
Salidas digitales



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

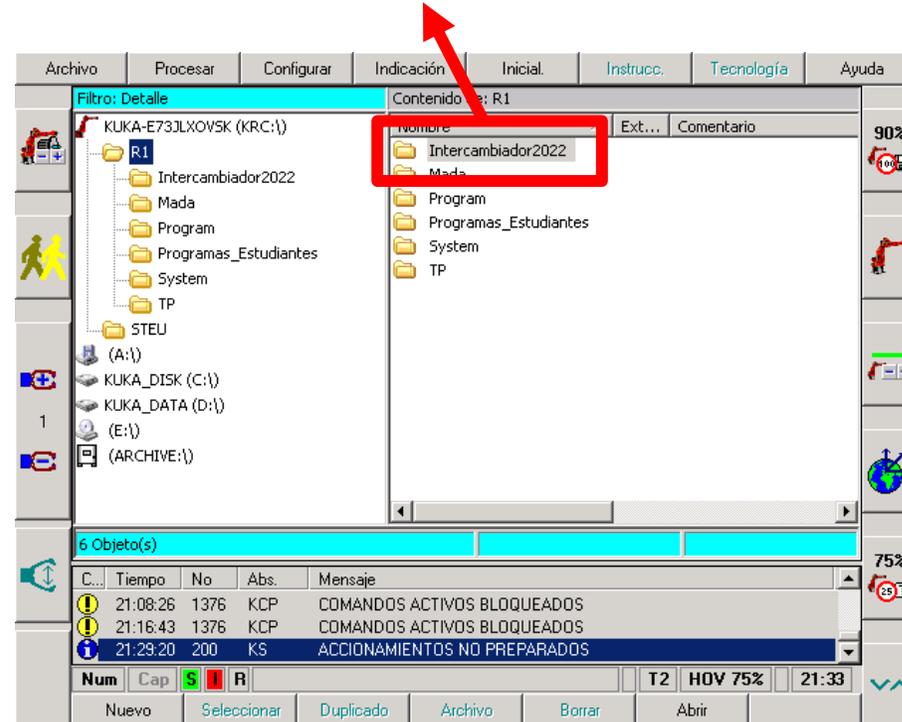
Menú básico de sistema actualizado

*Programas\_Estudiantes*



Programador

*Intercambiador2022*



Programador modo experto



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

Entradas digitales

E/S digital (KRCListMonitor)			
Num.	Valor	Estado	Nombre
1	<input checked="" type="radio"/>		Abierto
2	<input type="radio"/>		Pos C
3	<input type="radio"/>		Pos B
4	<input type="radio"/>		Pos A
5	<input type="radio"/>		Cerrado
6	<input checked="" type="radio"/>		Colision (OPS)
7	<input type="radio"/>		Desbloqueado_H
8	<input type="radio"/>		Bandas Activadas
9	<input type="radio"/>		Senal_S1
10	<input type="radio"/>		Senal_S2
11	<input type="radio"/>		Senal_S3
12	<input type="radio"/>		Senal_S4
13	<input type="radio"/>		LIBRE
14	<input checked="" type="radio"/>		Bloqueado_H
15	<input type="radio"/>		LIBRE
16	<input type="radio"/>		LIBRE

Entradas Salidas

Salidas digitales

E/S digital (KRCListMonitor)			
Num.	Valor	Estado	Nombre
1	<input checked="" type="radio"/>		Abierto
2	<input type="radio"/>		Pos C
3	<input type="radio"/>		Pos B
4	<input type="radio"/>		Pos A
5	<input type="radio"/>		Cerrado
6	<input checked="" type="radio"/>		Colision (OPS)
7	<input type="radio"/>		Desbloqueado_H
8	<input type="radio"/>		Bandas Activadas
9	<input type="radio"/>		Senal_S1
10	<input type="radio"/>		Senal_S2
11	<input type="radio"/>		Senal_S3
12	<input type="radio"/>		Senal_S4
13	<input type="radio"/>		LIBRE
14	<input checked="" type="radio"/>		Bloqueado_H
15	<input type="radio"/>		LIBRE
16	<input type="radio"/>		LIBRE

Entradas Salidas



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## ELEMENTOS DE SUJECCIÓN

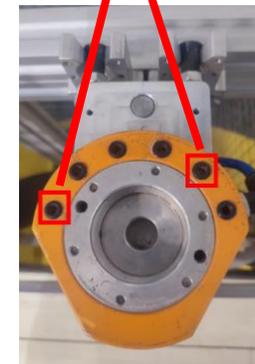


H1

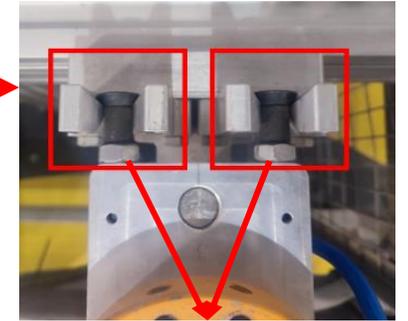
H2

H3

O - RINGS



Plato Tool



Guías  
para el  
módulo de  
montaje



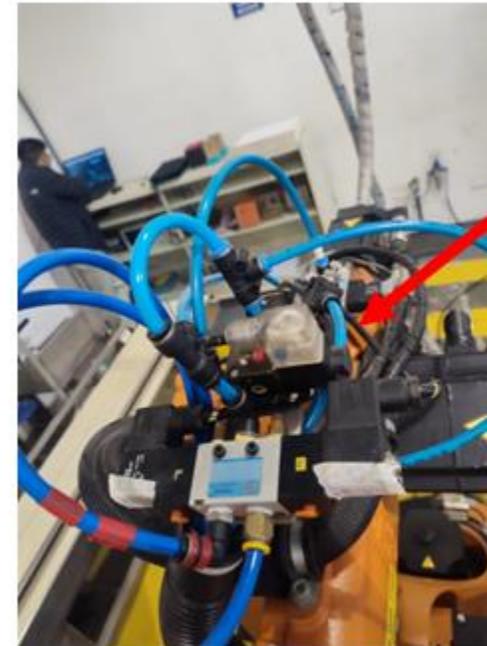
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## INTERCAMBIADOR DE HERRAMIENTAS

Sensor de colisión

Acople Plato  
Master  
Intercambiador de  
Herramientas



Sistema de  
alimentación  
neumática para el  
Intercambiador de  
Herramientas

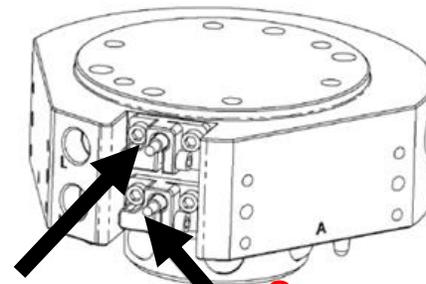
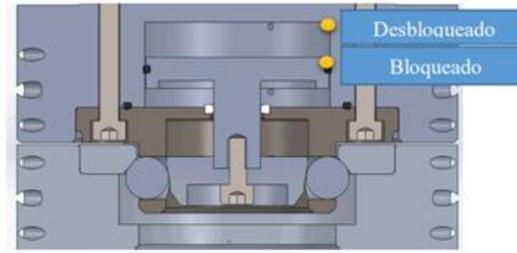


# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## SENSOR INDUCTIVO

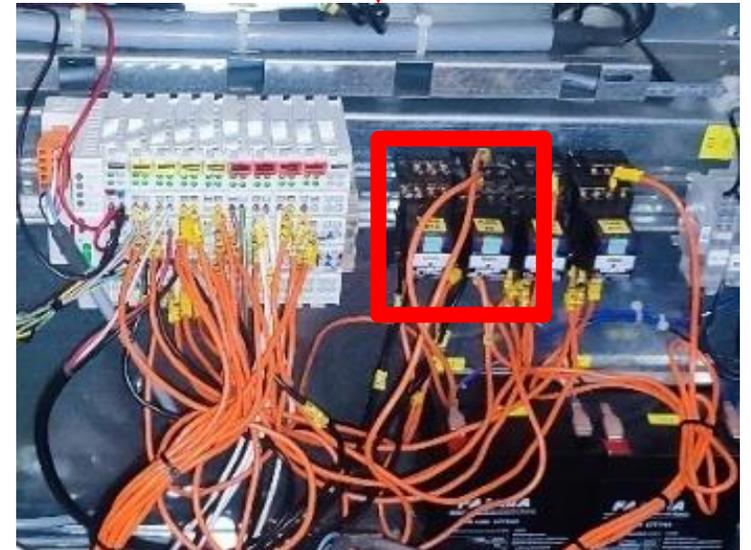


Sensor inductivo  
SICK IM05-0B8NS-ZW1



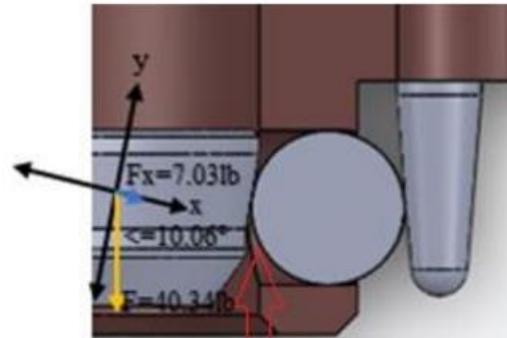
Sensor de desbloqueo

Sensor de bloqueo

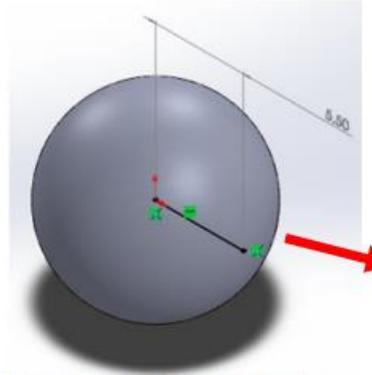


# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## SOLUCIÓN DE ACOPLE MACHO

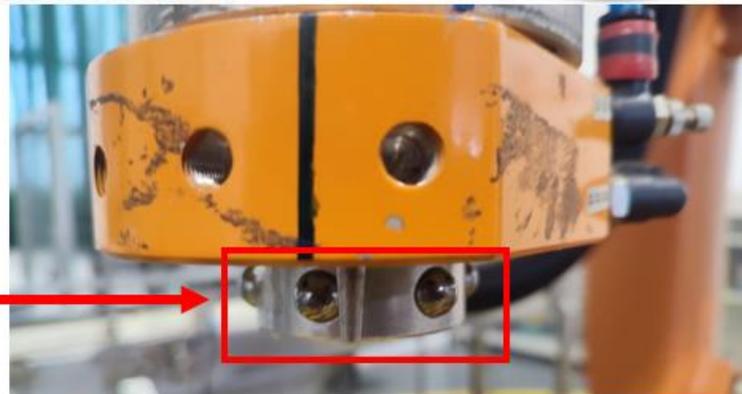


Huella de contacto



Esfera de acero  
 $R = 5.5[\text{mm}]$

Acople Macho para  
esfera de acero



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

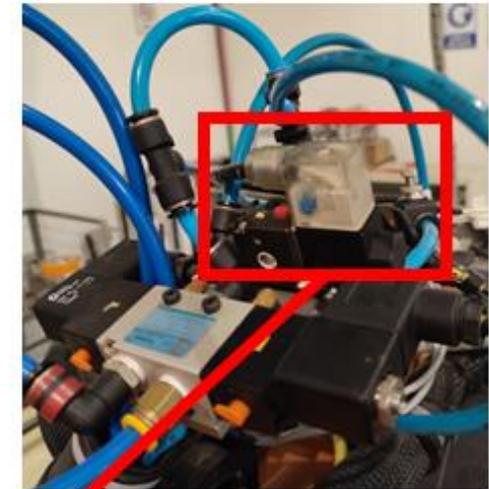
## ELECTROVÁLVULA

E/S digital (KRCListMonitor)

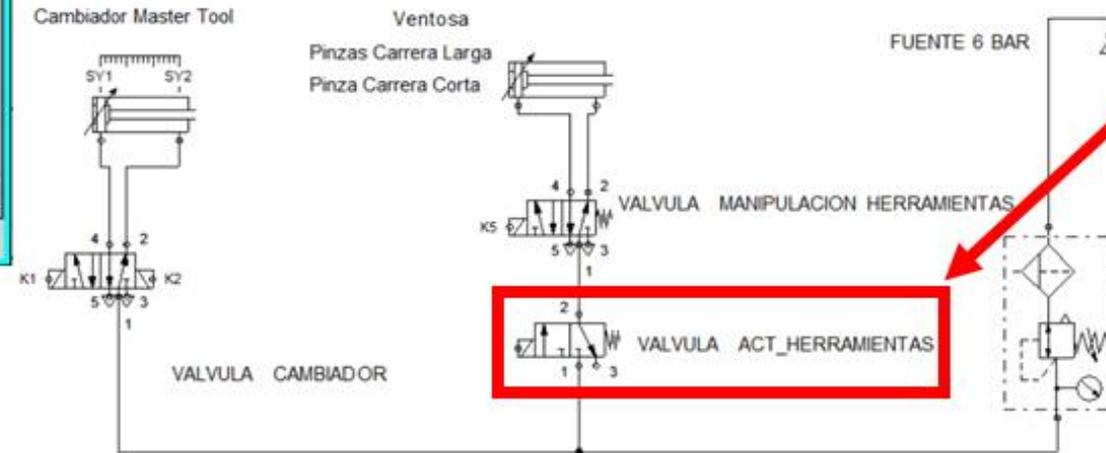
Num.	Valor	Estado	Nombre
1	●		Cerrar_Gripper
2	○		Abrir_Gripper
3	○		LIBRE
4	○		LIBRE
5	○		Bloquear_H
6	○		Desbloquear_H
7	○		LIBRE
8	○		LIBRE
9	○		Activar_H
10	○		Activar bandas trans.
11	○		LIBRE
12	○		LIBRE
13	○		VISION
14	○		LIBRE
15	○		LIBRE
16	○		LIBRE

Entradas Salidas

Alimentación neumática al Sistema de Cambio Automático de Herramientas



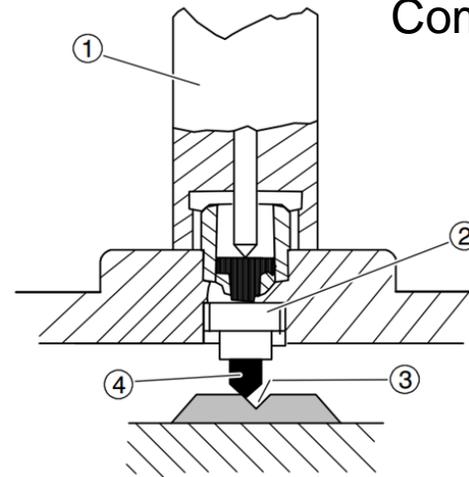
Electroválvula



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## CALIBRACIÓN DE LOS EJES DEL ROBOT

### Posicionamiento Cero



### Comparador electrónico

- (1) Unidad electrónica de ajuste o reloj comparador
- (2) Cartucho de medición
- (3) Entalladura de medición
- (4) Palpador



### Guías en cada articulación



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## NUEVO POSICIONAMIENTO HOME



Archivo Procesar Configurar Indicación Inicial Instrucc Tecnología Ayuda

Filtro: Detalle Contenido de: R1

KUKA-E73JLX0V5

- R1
- STEU
- (A:\)
- KUKA\_DISK (C:\)
- KUKA\_DATA (D:\)
- (E:\)
- (ARCHIVE:\)

Nombre

- Intercambiador2022
- Mada
- Program
- Programas\_Estudiantes
- System
- TP

Posición de robot

Eje	Pos. [grad, mm]	Incrementos
A1	0,00	-15
A2	-90,00	-511988
A3	90,00	512019
A4	0,00	-10
A5	90,00	233368
A6	0,00	-2718

0 Objeto(s) seleccionados 0 Bytes

Cartesiano Especifico ejes

C...	Tiempo	No	Abs.	Mensaje
i	22:30:49	200	KS	ACCIONAMIENTOS NO PREPARADOS
i	22:36:31	1	KS	PARADA DE EMERGENCIA
i	22:36:31	20	KS	Parada de emergencia externa

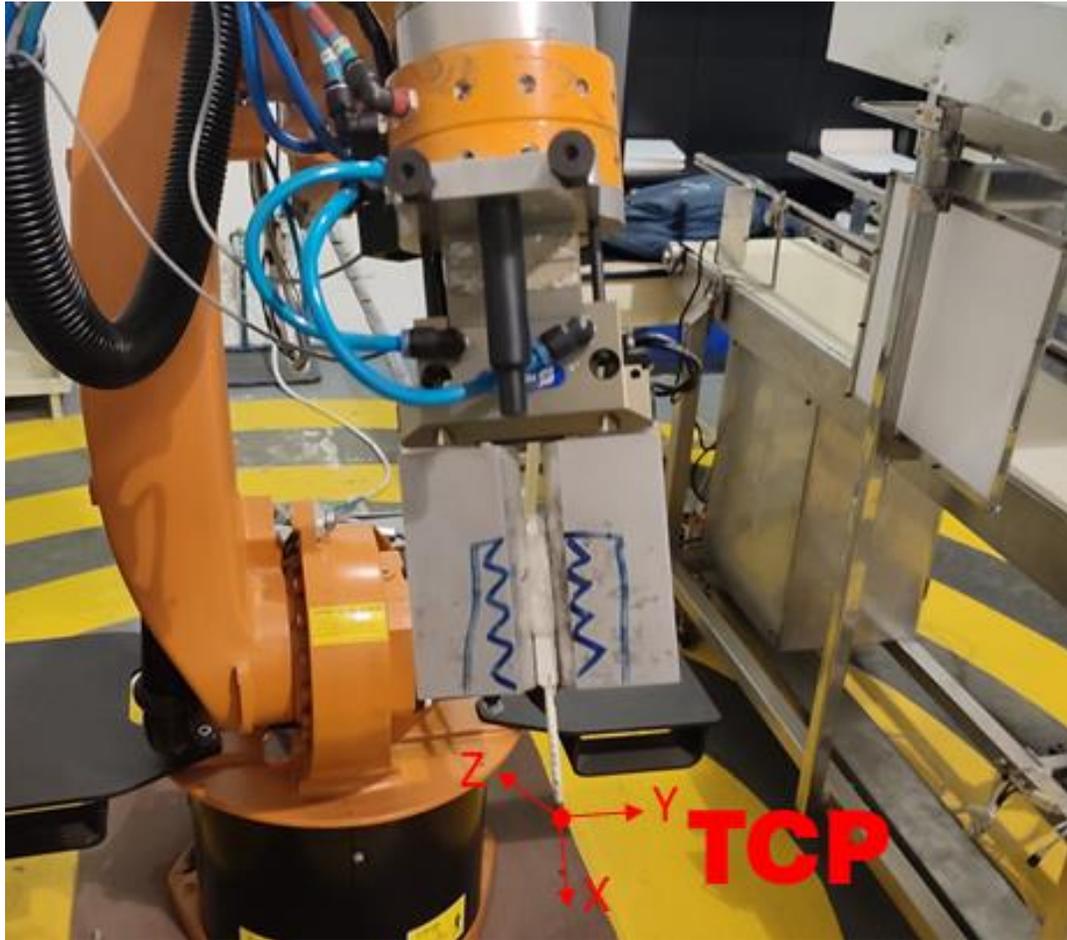
Num Cap S I R T2 HOV 100% 12:04

Cartesiano Cerrar

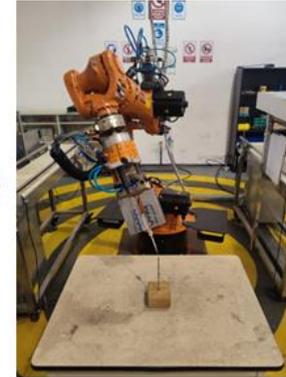


# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## CONFIGURACIÓN DE UNA NUEVA HERRAMIENTA



1ro →



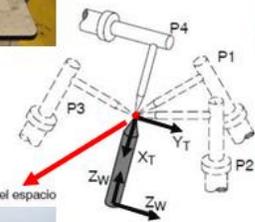
→ 2do



↓ 3ro



← 4to



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## CONFIGURACIÓN DE UNA NUEVA HERRAMIENTA

Medición

Herramienta Num.

Nombre de herramienta:

Por favor, presionar la tecla 'Guardar' para almacenar los datos. De otro modo los datos calculados no se guardarán. Los datos se guardarán automáticamente si selecciona ABC 2-Pt, ABC World, Datos ca

X [mm]:

Y [mm]:

Z [mm]:

Error

Error obtenido

**0.812**



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## CONFIGURACIÓN DE UNA NUEVA HERRAMIENTA

### 3-puntos

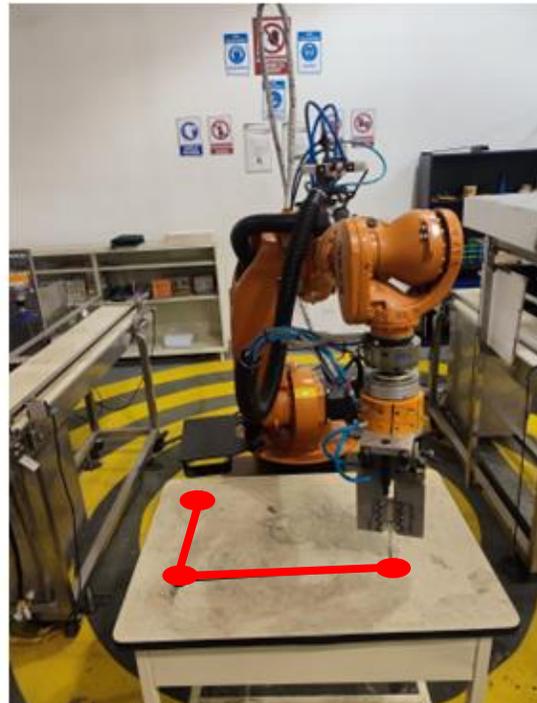
Medición

Medición de herramienta Num.

Base Num.

Nombre del sistema base:

Mover el TCP a un punto con valor Y positivo en el plano X-Y del nuevo sistema de Base



Medición

Base Num.

Nombre del sistema base:

Por favor, pulsar 'Guardar' para almacenar los datos. De otro modo los datos calculados no serán guardados.

X [mm]:	<input type="text" value="939.391"/>	A [°]:	<input type="text" value="-0.002"/>
Y [mm]:	<input type="text" value="-287.233"/>	B [°]:	<input type="text" value="0.000"/>
Z [mm]:	<input type="text" value="724.301"/>	C [°]:	<input type="text" value="-0.004"/>



## PRUEBAS DE MOVIMIENTOS DEL ROBOT

LINE

CIRC

PTP

```
Archivo  Procesar  Configurar  Indicación  Inicial.  Instrucc.  Tecnología  Ayuda
29
30 WAIT Time=1 sec
31 OUT 6 'Desbloquear_H' State=FALSE
32
33 WAIT Time=0.5 sec
34 OUT 5 'Bloquear_H' State=TRUE
35
36 WAIT Time=1 sec
37 WAIT FOR ( IN 14 'Bloqueado_H' )
38 OUT 5 'Bloquear_H' State=FALSE
39
40 LIN P6 Vel=0.01 m/s CPDAT2 Tool[1]:tesis_2023 Base[2]:interca
41 LIN P7 Vel=0.5 m/s CPDAT4 Tool[1]:tesis_2023 Base[2]:intercar
42 CIRC P8 P9 Vel=0.5 m/s CPDAT5 Tool[1]:tesis_2023 Base[2]:inte
43
44 interrupt off
45 PTP HOME Vel=30 % DEFAULT
46
47 END
```

KRC:\R1\INTERCAMBIADOR2022\INTERCAMBIA# Ln 1, Col 0

C...	Tiempo	No	Abs.	Mensaje
i	21:41:55	200	KS	ACCIONAMIENTOS NO PREPARADOS
!	22:09:18	1356	KCP	SE NECESITA TECLA DE ARRANQUE

Num Cap S I R T1 HOV 100% 22:14

Modificar Movimiento Fold abrir/cerrar Ultima Instr. Cerrar NAVEGADOR

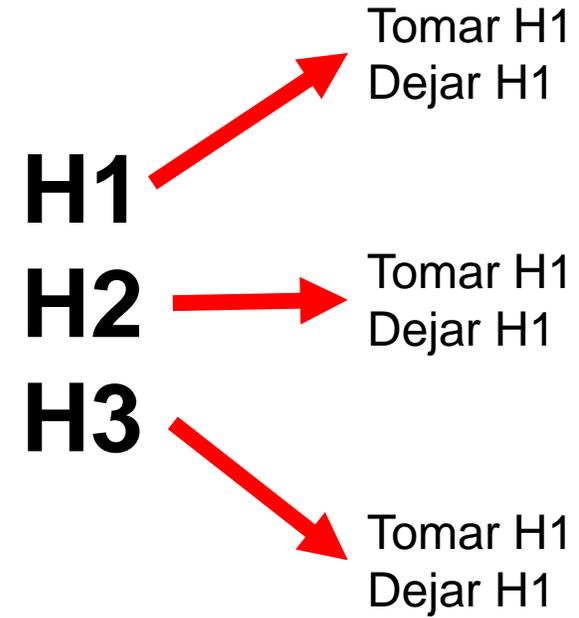


# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## PROGRAMACIÓN PARA TOMAR Y DEJAR HERRAMIENTAS

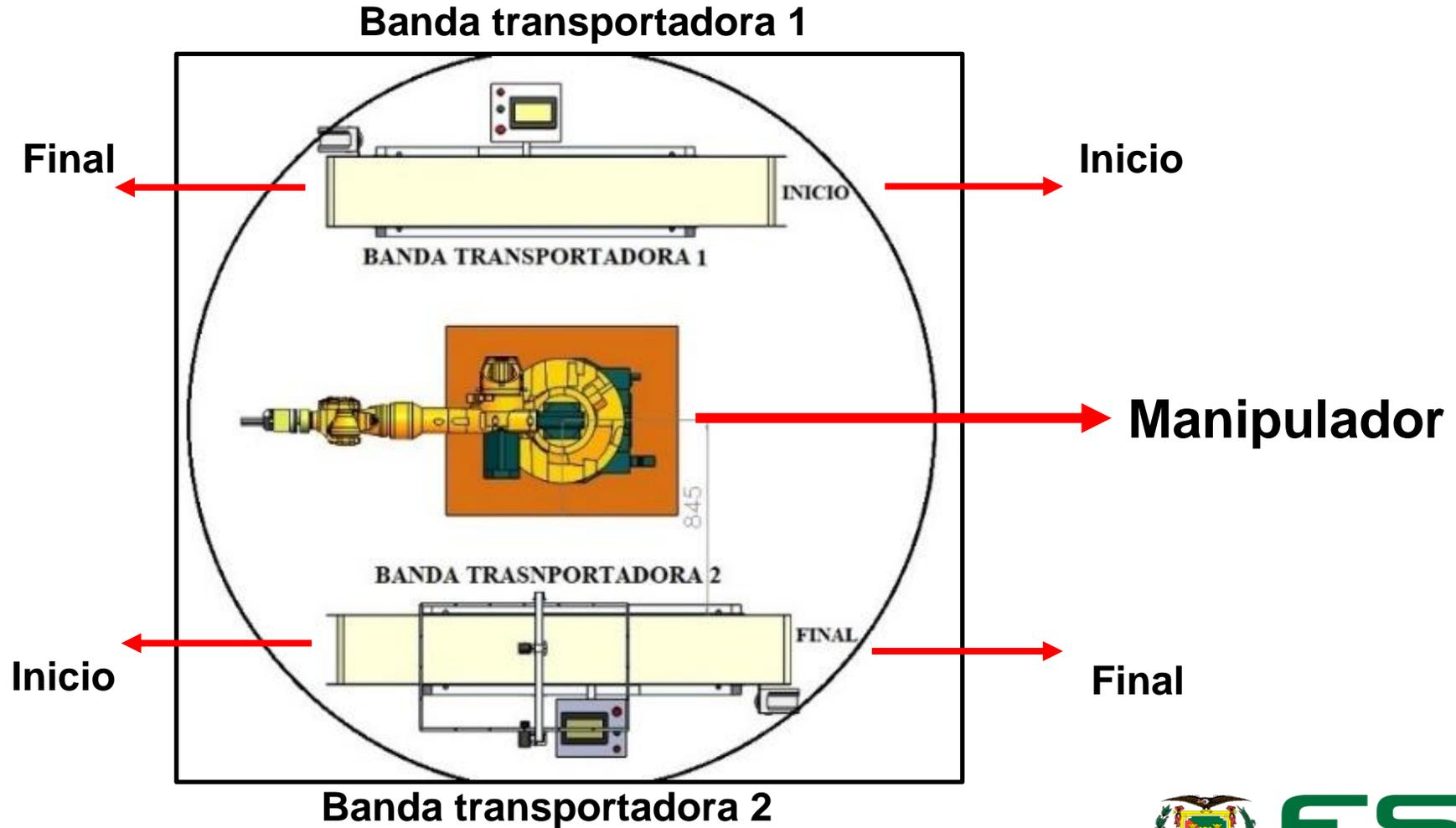
```
Archivo  Procesar  Configurar  Indicación  Inicial  Instrucc.  Tecnología  Ayuda
1 DEF tomar_h1( )
2 INI
3
4 BAS (RINITMOV,0)
5
6 PTP HOME Vel=30 % DEFAULT
7
8 interrupt decl 1 when $In[6]==false do stoppps()
9 interrupt on
10
11 WAIT FOR ( IN 1% 'Bloqueado_H' )
12 WAIT Time=1 sec
13 OUT 9 'Activar_H' State=TRUE
14 WAIT Time=1 sec
15 OUT 5 'Bloquear_H' State=FALSE
16 OUT 6 'Desbloquear_H' State=FALSE
17 OUT 9 'Activar_H' State=FALSE
18 WAIT Time=1 sec
19
20 PTP P1 Vel=20 % PDAT3 Tool[1]:tesis_2023 Base[2]:intercambiad
KRC:IR1|INTERCAMBIADOR2023|INTERCAMBI|Ln 1, Col 0
C: Tiempo: No | Abs. | Mensaje
21:41:55 200 KS ACCIONAMIENTOS NO PREPARADOS
22:09:10 1366 KCP SE NECESITA TECLA DE ARRANQUE
Num Cap 3 R T1 HOV 100% 22:13
Modificar Movimiento Fold abrir/cerrar Ultima Inst. Cesar NAVEGADOR
```

```
Archivo  Procesar  Configurar  Indicación  Inicial  Instrucc.  Tecnología  Ayuda
1 DEF dejar_h1( )
2 INI
3
4 BAS (RINITMOV,0)
5
6 PTP HOME Vel=30 % DEFAULT
7
8 interrupt decl 1 when $In[6]==false do stoppps()
9 interrupt on
10
11 WAIT FOR ( IN 1% 'Bloqueado_H' )
12 WAIT Time=1 sec
13 OUT 9 'Activar_H' State=TRUE
14 WAIT Time=1 sec
15 OUT 6 'Desbloquear_H' State=FALSE
16 OUT 5 'Bloquear_H' State=FALSE CONT
17 OUT 9 'Activar_H' State=FALSE
18 WAIT Time=1 sec
19
20 PTP P1 Vel=20 % PDAT3 Tool[1]:tesis_2023 Base[2]:intercambiad
KRC:IR1|INTERCAMBIADOR2023|INTERCAMBI|Ln 1, Col 0
C: Tiempo: No | Abs. | Mensaje
21:41:55 200 KS ACCIONAMIENTOS NO PREPARADOS
22:09:10 1366 KCP SE NECESITA TECLA DE ARRANQUE
Num Cap 3 R T1 HOV 100% 22:12
Modificar Movimiento Fold abrir/cerrar Ultima Inst. Cesar NAVEGADOR
```



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

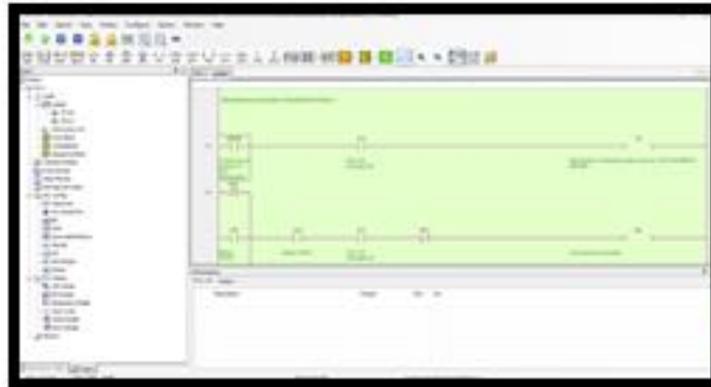
## BANDAS TRANSPORTADORAS



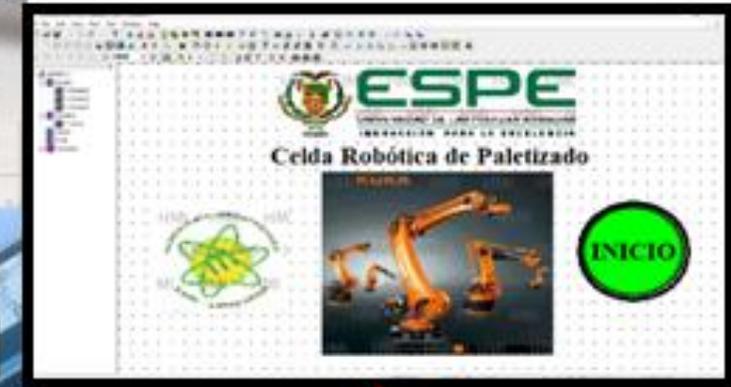
# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Programación PLC



Programación HMI



Versiones de cada software son: "XCPPro V3.3Q" y "TouchWin Edit Tool"



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

HMI (Interfaz - Hombre - Maquina)



Ventana de INICIO



INTERFAZ USUARIO



INFORMACION



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## MODO MANUAL

Selección de modo manual



Banda activada en Modo manual

Posición



Velocidad



Aceleración



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## MODO AUTOMÁTICO

Selección de modo automático



Banda activada en Modo automático

Velocidad  
Aceleración

Objeto

Led indicador de  
presencia de  
objetos

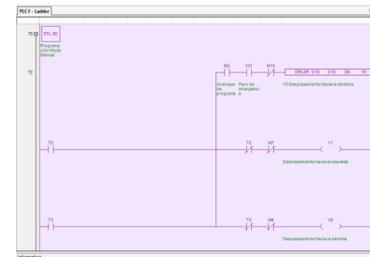
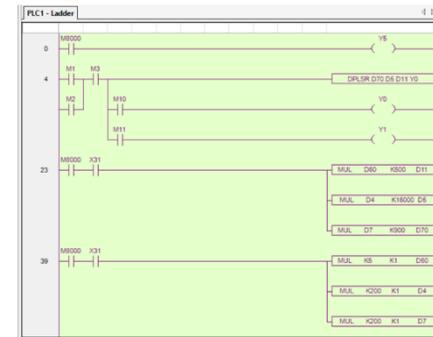
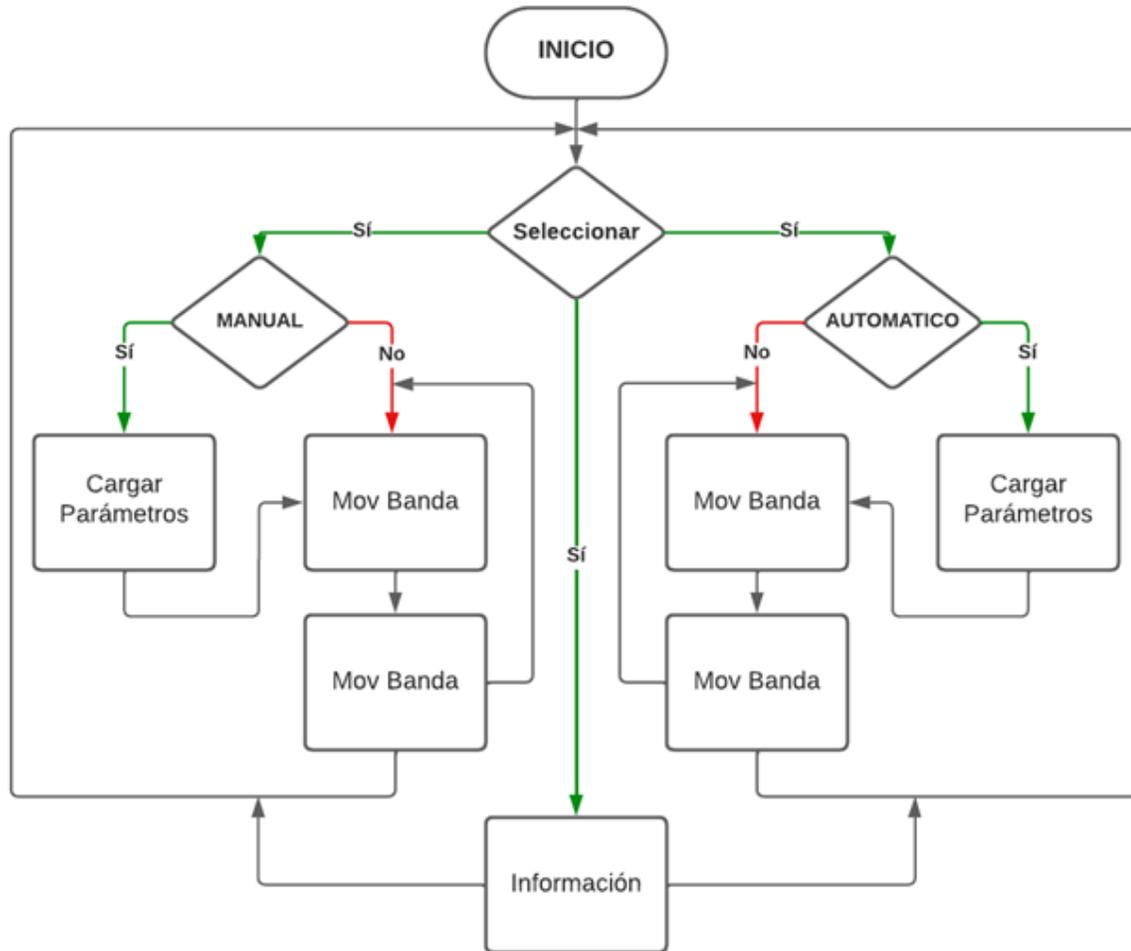


Sensor

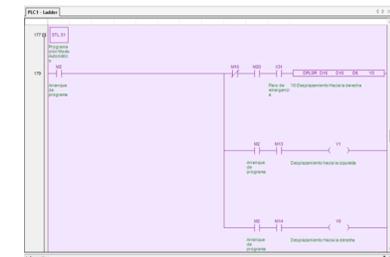


# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## DIAGRAMA DE FLUJO PARA PROGRAMACIÓN DE BANDAS TRANSPORTADORAS



PROGRAMACION MODO MANUAL

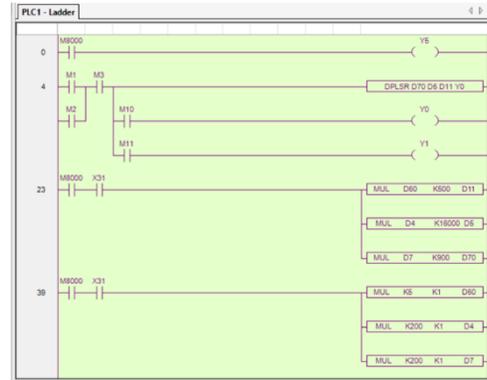
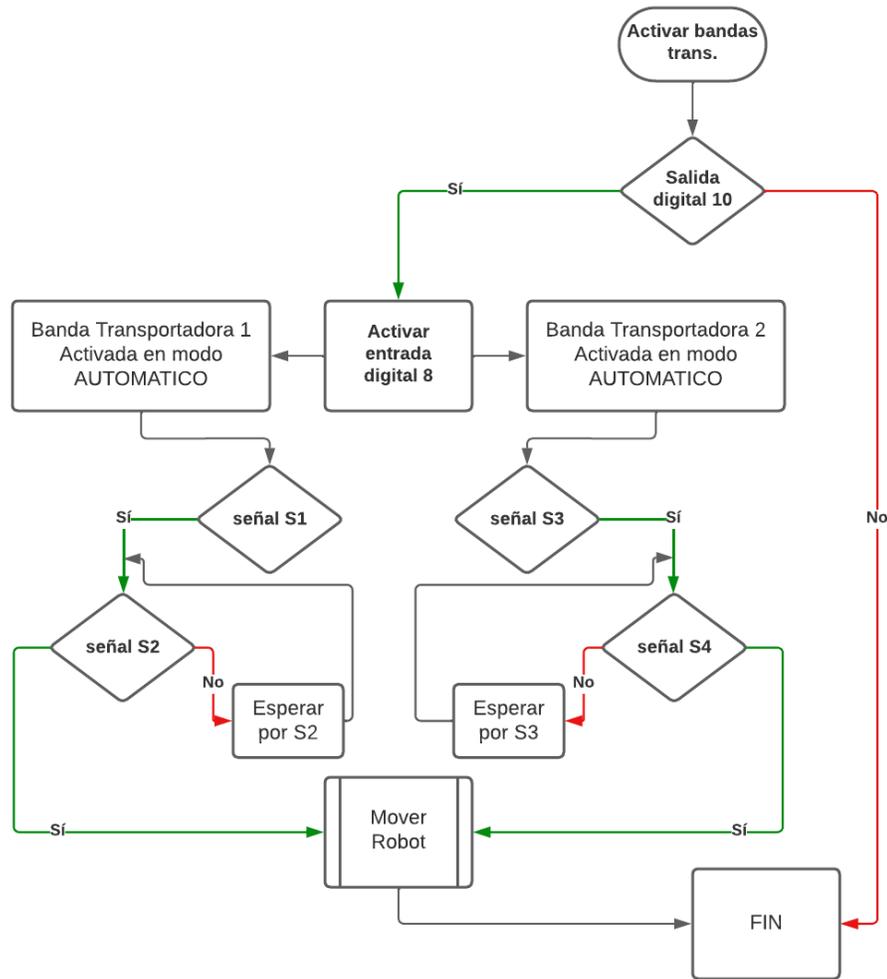


PROGRAMACION MODO AUTOMATICO



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS (BANDAS TRANSPORTADORAS Y MÓDULO WAGO)



Num.	Valor	Estado	Nombre
1			Cerrar_Gripper
2			Abrir_Gripper
3			LIBRE
4			LIBRE
5			Bloquear_H
6			Desbloquear_H
7			LIBRE
8			LIBRE
9			Activar_H
10		<input checked="" type="checkbox"/>	Activar bandas trans.
11			LIBRE
12			LIBRE
13			VISION

Num.	Valor	Estado	Nombre
1		<input type="checkbox"/>	Abierto
2		<input type="checkbox"/>	Pos C
3		<input type="checkbox"/>	Pos B
4		<input type="checkbox"/>	Pos A
5		<input type="checkbox"/>	Cerrado
6		<input checked="" type="checkbox"/>	Colision (OPS)
7		<input type="checkbox"/>	Desbloquead_H
8		<input checked="" type="checkbox"/>	Bandas Activadas
9		<input type="checkbox"/>	Señal_S1
10		<input type="checkbox"/>	Señal_S2
11		<input type="checkbox"/>	Señal_S3
12		<input type="checkbox"/>	Señal_S4
13		<input type="checkbox"/>	LIBRE
14		<input checked="" type="checkbox"/>	Bloqueado_H

Salidas digitales

Entradas digitales



Banda Transportadora 1

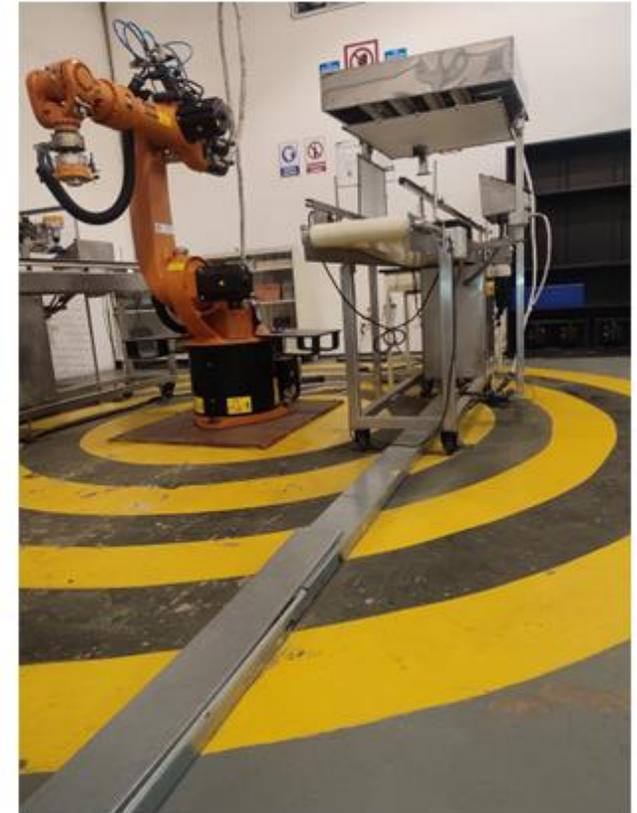


Banda Transportadora 2



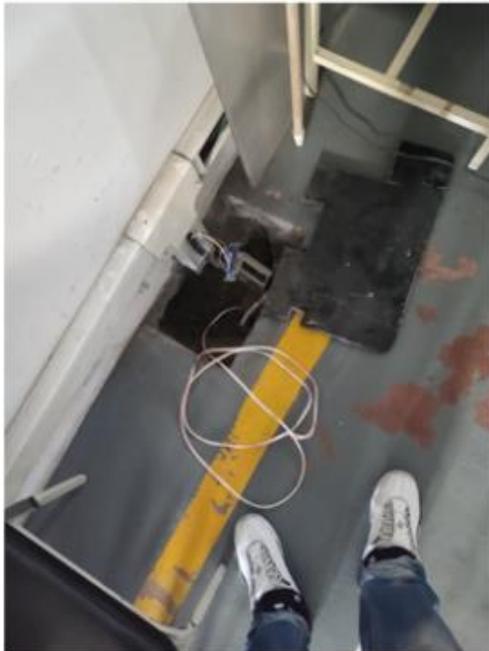
# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## DEPURACIÓN DE CABLES



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

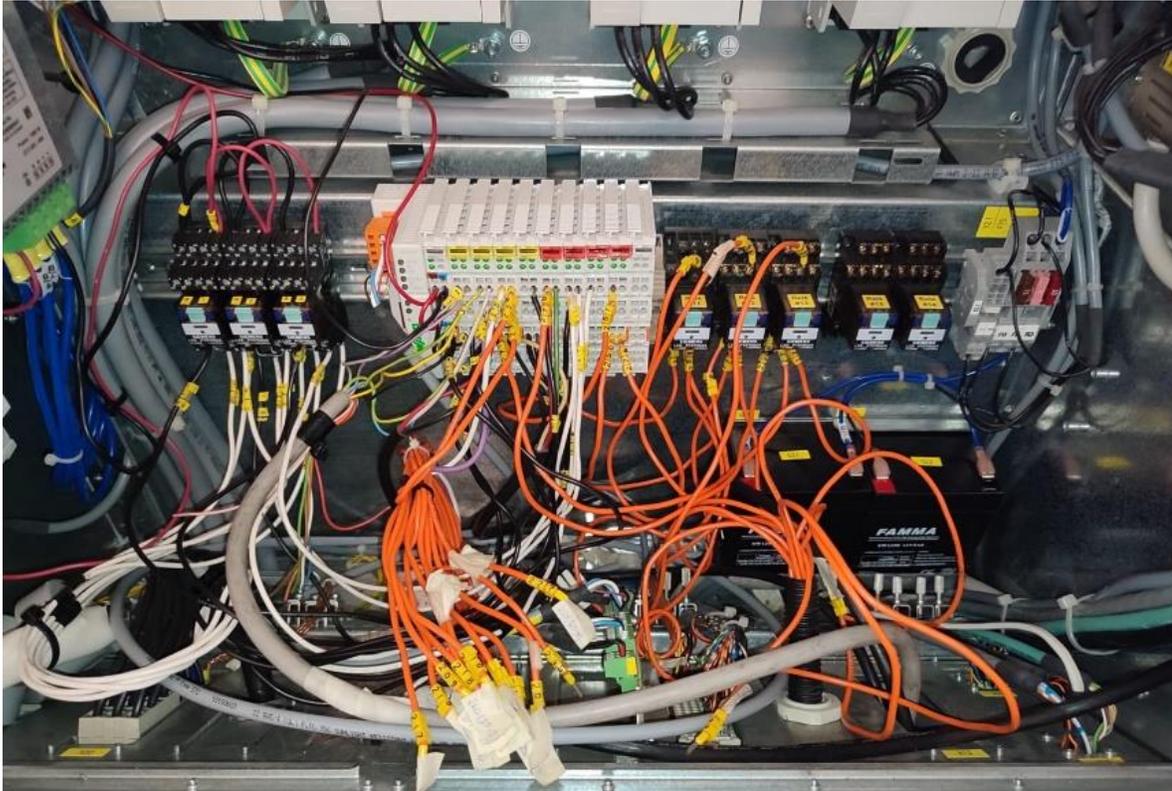
ALIMENTACIÓN 110V



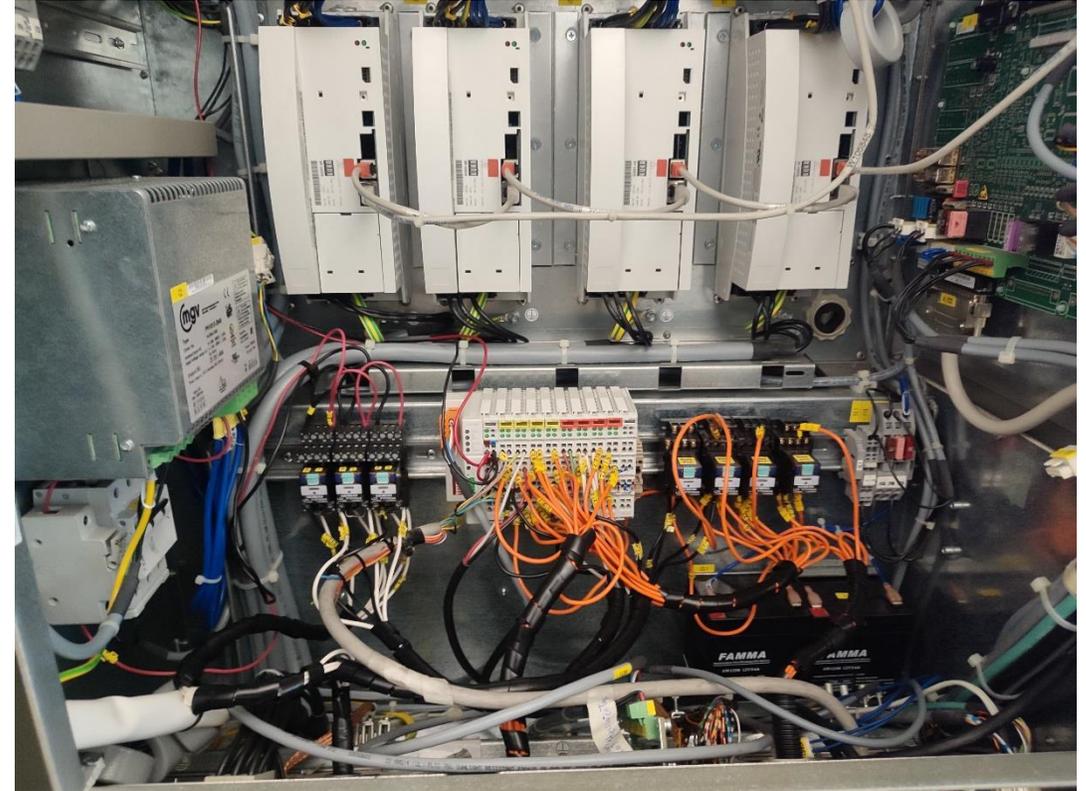
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## SISTEMA DE COMUNICACIONES ENTRE DISPOSITIVOS



ANTES

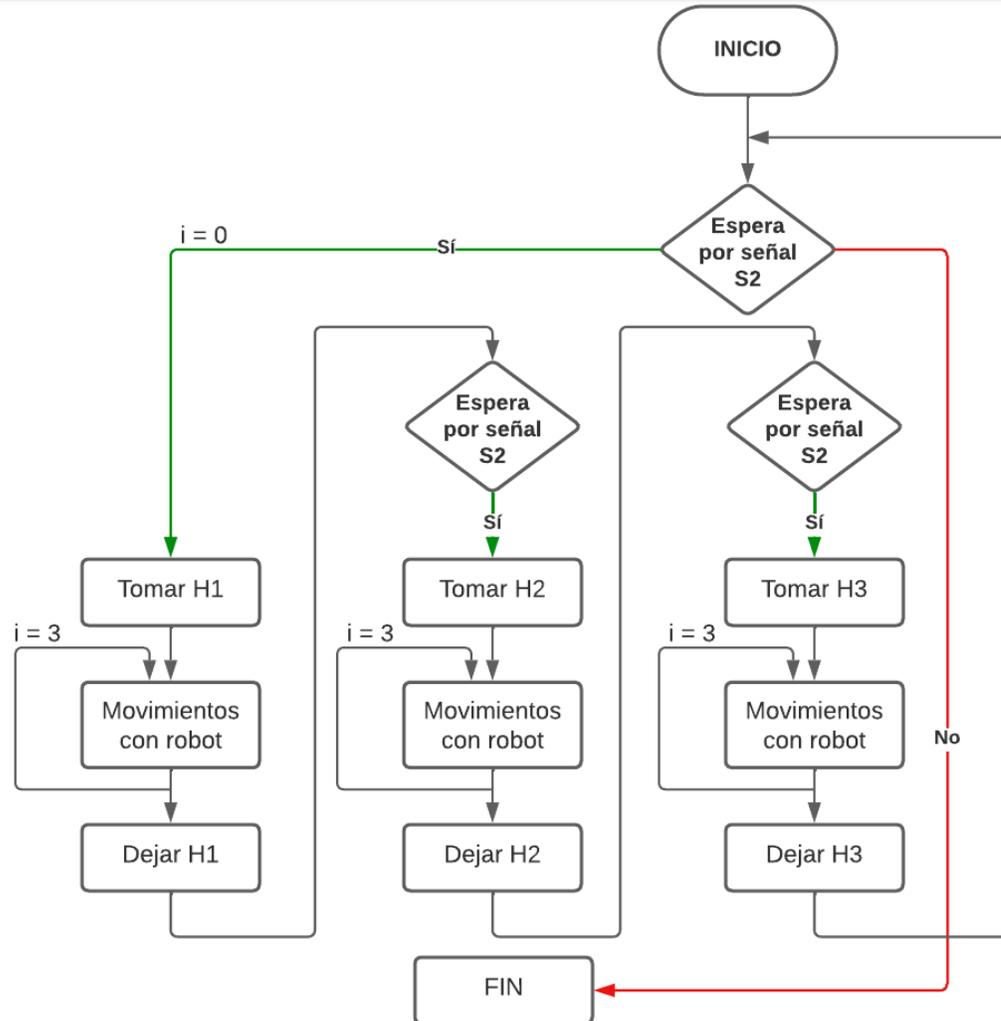


DESPUES



# RECONFIGURACIÓN Y REPOTENCIACIÓN

## DIAGRAMA DE FLUJO PARA APLICACIÓN COMPLETA DE PALETIZADO



```
Archivo  Procesar  Configurar  Indicación  Inicial  Instrucc.  Tecnología  Ayuda
29
30 WAIT Time=1 sec
31 OUT 6 'Desbloquear_H' State=FALSE
32
33 WAIT Time=0.5 sec
34 OUT 5 'Bloquear_H' State=TRUE
35
36 WAIT Time=1 sec
37 WAIT FOR ( IN 14 'Bloqueado_H' )
38 OUT 5 'Bloquear_H' State=FALSE
39
40 LIN P6 Vel=0.01 m/s CPDAT2 Tool[1]:tesis_2023 Base[2]:interca
41 LIN P7 Vel=0.5 m/s CPDAT4 Tool[1]:tesis_2023 Base[2]:intercar
42 CIRC P8 P9 Vel=0.5 m/s CPDAT5 Tool[1]:tesis_2023 Base[2]:inte
43
44 interrupt off
45 PTP HOME Vel=30 % DEFAULT
46
47 END
```

C...	Tiempo	No	Abs.	Mensaje
	21:41:55	200	KS	ACCIONAMIENTOS NO PREPARADOS
	22:09:18	1356	KCP	SE NECESITA TECLA DE ARRANQUE

Num Cap [G] [R] T1 HOV 100% 22:14

Modificar Movimiento Fold abrir/cerrar Ultima Instr. Cerrar NAVEGADOR



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## PRUEBAS CON MOVIMIENTOS PTP

Base 1 que se denomina B1

Base 2 que se denomina B2

La herramienta que se utiliza en

estas pruebas es:

Herramienta 1 denominada H1

	Movimientos PTP				
	H1	B1	H1	B2	TOTAL # PRUEBAS
Funciona	5	5	5	5	20
No Funciona	0	0	0	0	0
TOTAL # PRUEBAS	5	5	5	5	20



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## PRUEBAS CON MOVIMIENTO LINE

	Movimientos LINE				
	H1	B1	H1	B2	TOTAL # PRUEBAS
Funciona	5	5	5	5	20
No Funciona	0	0	0	0	0
TOTAL # PRUEBAS	5	5	5	5	20



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## PRUEBAS CON MOVIMIENTO CIRC

	Movimientos CIRC				
	H1	B1	H1	B2	TOTAL # PRUEBAS
Funciona	5	5	5	5	20
No Funciona	0	0	0	0	0
<b>TOTAL # PRUEBAS</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>20</b>



## PRUEBAS EN INTERCAMBIADOR DE HERRAMIENTAS

Las variables utilizadas para estas pruebas son:

*TH1 → Tomar Gripper carrera corta*

*DH1 → Dejar Gripper carrera corta*

*TH2 → Tomar Gripper carrera larga*

*DH2 → Dejar Gripper carrera larga*

*TH3 → Tomar Ventosa*

*DH3 → Dejar Gripper Ventosa*

*A → 30% Velocidad nominal de programa*

*B → 50% Velocidad nominal de programa*

*C → 75% Velocidad nominal de programa*

*D → 100% Velocidad nominal de programa*



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## PRUEBAS DE PROGRAMAS PARA TOMAR Y DEJAR H1, H2 Y H3

TH1					
	A	B	C	D	TOTAL
Funciona	3	4	5	8	20
No Funciona	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	3	4	5	8	20

TH2					
	A	B	C	D	TOTAL
Funciona	3	4	5	8	20
No Funciona	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	3	4	5	8	20

TH3					
	A	B	C	D	TOTAL
Funciona	3	4	5	8	20
No Funciona	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	3	4	5	8	20

DH1					
	A	B	C	D	TOTAL
Funciona	3	4	5	8	20
No Funciona	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	3	4	5	8	20

DH2					
	A	B	C	D	TOTAL
Funciona	3	4	5	8	20
No Funciona	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>					20

DH3					
	A	B	C	D	TOTAL
Funciona	3	4	5	8	20
No Funciona	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	3	4	5	8	20



## PRUEBAS EN BANDAS TRANSPORTADORAS

Las variables utilizadas para estas pruebas son:

*BT1 → Banda Transportadora 1*

*BT2 → Banda Transportadora 2*

*PO → Posición*

*VE → Velocidad*

*AC → Aceleracion*



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## PRUEBAS MODO MANUAL EN BANDA TRANSPORTADORA 1

BT1 (MANUAL)							
	20%	50%	0%	20%	50%	20%	
	PO	VE	AC	PO	VE	AC	TOTAL
<b>FUNCIONA</b>	3	2	4	3	2	4	18
<b>NO FUNCIONA</b>	0	0	1	0	0	1	2
<b>TOTAL</b>	3	2	5	3	2	4	20

Pruebas variando aceleración

BT1 (MANUAL)							
	40%	30%	10%	40%	70%	10%	
	PO	VE	AC	PO	VE	AC	TOTAL
<b>FUNCIONA</b>	3	4	2	3	4	2	18
<b>NO FUNCIONA</b>	0	1	0	0	1	0	2
<b>TOTAL</b>	3	5	2	3	5	2	20

Pruebas variando velocidad

BT1 (MANUAL)							
	30%	50%	20%	75%	50%	20%	
	PO	VE	AC	PO	VE	AC	TOTAL
<b>FUNCIONA</b>	4	3	2	4	3	2	18
<b>NO FUNCIONA</b>	0	1	0	0	1	0	2
<b>TOTAL</b>	4	4	2	4	4	2	20

Pruebas variando posición



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## PRUEBAS MODO MANUAL EN BANDA TRANSPORTADORA 2

BT2 (MANUAL)							
	20%	50%	0%	20%	50%	20%	
	PO	VE	AC	PO	VE	AC	TOTAL
<b>FUNCIONA</b>	3	2	4	3	2	4	18
<b>NO FUNCIONA</b>	0	0	1	0	0	1	2
<b>TOTAL</b>	3	2	5	3	2	4	20

Pruebas variando aceleración

BT2 (MANUAL)							
	40%	30%	10%	40%	70%	10%	
	PO	VE	AC	PO	VE	AC	TOTAL
<b>FUNCIONA</b>	3	4	2	3	4	2	18
<b>NO FUNCIONA</b>	0	1	0	0	1	0	2
<b>TOTAL</b>	3	5	2	3	5	2	20

Pruebas variando velocidad

BT2 (MANUAL)							
	30%	50%	20%	75%	50%	20%	
	PO	VE	AC	PO	VE	AC	TOTAL
<b>FUNCIONA</b>	4	3	2	4	3	2	18
<b>NO FUNCIONA</b>	0	1	0	0	1	0	2
<b>TOTAL</b>	4	4	2	4	4	2	20

Pruebas variando posición



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## PRUEBAS MODO AUTOMATICO EN BANDA TRANSPORTADORA 1

BT1					
	40%	20%	80%	20%	
	VE	AC	VE	AC	TOTAL
FUNCIONA	3	5	3	5	16
NO FUNCIONA	1	1	1	1	4
TOTAL	3	5	3	5	20

Pruebas variando velocidad

BT1					
	50%	0%	50%	30%	
	VE	AC	VE	AC	TOTAL
FUNCIONA	3	4	3	4	14
NO FUNCIONA	1	2	1	2	6
TOTAL	3	4	3	4	20

Pruebas variando aceleración



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## PRUEBAS MODO AUTOMATICO EN BANDA TRANSPORTADORA 2

BT2					
	40%	20%	80%	20%	
	VE	AC	VE	AC	TOTAL
FUNCIONA	3	5	3	5	16
NO FUNCIONA	1	1	1	1	4
TOTAL	3	5	3	5	20

Pruebas variando velocidad

BT2					
	50%	0%	50%	30%	
	VE	AC	VE	AC	TOTAL
FUNCIONA	3	4	3	4	14
NO FUNCIONA	1	2	1	2	6
TOTAL	3	4	3	4	20

Pruebas variando aceleración



## PRUEBAS DE PROGRAMAS PARA HERRAMIENTAS H1, H2 Y H3

Las variables utilizadas para estas pruebas son:

*AGC → Programa para gripper carrera corta*

*AGL → Programa para gripper carrera larga*

*AV → Programa para la ventosa*

*A → 30% Velocidad nominal de programa*

*B → 50% Velocidad nominal de programa*

*C → 75% Velocidad nominal de programa*

*D → 100% Velocidad nominal de programa*



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## PROGRAMAS PARA LA APLICACIÓN

AGC					
	A	B	C	D	TOTAL
<b>FUNCIONA</b>	3	4	5	8	20
<b>NO FUNCIONA</b>	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	3	4	5	8	20
AGL					
	A	B	C	D	TOTAL
<b>FUNCIONA</b>	3	4	5	8	20
<b>NO FUNCIONA</b>	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	3	4	5	8	20
AV					
	A	B	C	D	TOTAL
<b>FUNCIONA</b>	3	4	5	5	14
<b>NO FUNCIONA</b>	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	3	4	5	8	14

Pruebas H1

Pruebas H2

Pruebas H3



## PRUEBAS DE PROGRAMAS PARA APLICACIÓN DE PALETIZADO

Las variables utilizadas para estas pruebas son:

*APP → Programa principal*

*A → 30% Velocidad nominal de programa*

*B → 50% Velocidad nominal de programa*

*C → 75% Velocidad nominal de programa*

*D → 100% Velocidad nominal de programa*

APP					
	A	B	C	D	TOTAL
Funciona	3	4	5	8	20
No Funciona	0	0	0	0	0
TOTAL					20



## VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Acorde al tema planteado se formuló la hipótesis:

¿La Repotenciación de la celda de paletizado que contiene brazo robótico KUKA KR16, sistema automático de cambio de diversas herramientas y bandas transportadoras permitirá que sus componentes o accesorios puedan ser actualizados para mejorar la funcionalidad en aplicación de paletizado?

Se procede a validar la hipótesis mediante el Chi cuadrado, con los valores obtenidos en cada uno de los componentes repotenciados y reconfigurados



## VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

M1: Movimientos PTP

M2: Movimientos LINE

M3: Movimientos CIRC

DH1: Dejar gripper carrera corta

DH2: Dejar gripper carrera larga

DH3: Dejar ventosa

B1T: Total Banda transportadora 1

APP: Aplicación general de paletizado

TH1: Tomar gripper carrera corta

TH2: Tomar gripper carrera larga

TH3: Tomar ventosa

AGC: Programa gripper carrera corta

AGC: Programa gripper carrera larga

AGV: Programa gripper carrera corta

B2T: Total Banda transportadora 2



# PRUEBAS Y RESULTADOS

TABLA DE VALORES OBTENIDOS PARA ANÁLISIS CON EL CHI CUADRADO

Valores obtenidos de pruebas realizadas																
	M	M	M	TH	DH	TH	DH	TH	DH	BT	BT	AG	AG	AG	AP	TOTAL
	1	2	3	1	1	2	2	3	3	1	2	C	L	V	P	#
																PRUEBAS
<b>FUNCIONA</b>	20	20	20	20	20	20	20	20	20	84	84	20	20	20	20	428
<b>NO_FUNCIONA</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0	0	0	0	32
<b>TOTAL # PRUEBAS</b>	20	20	20	20	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	460



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## TABLA DE VALORES OBTENIDOS PARA ANÁLISIS CON EL CHI CUADRADO

### Frecuencias Observadas

		Pruebas															Total	
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15		
Funciona o no funciona	B1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	84	84	20	20	20	20	<b>428</b>
	B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0	0	0	0	<b>32</b>
	Total	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>460</b>									

Nivel de confianza % : 95%

### Frecuencias Esperadas

		Pruebas															Total	
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15		
Funciona o no funciona	B1	18.61	18.61	18.61	18.61	18.61	18.61	18.61	18.61	18.61	18.61	93.04	93.04	18.61	18.61	18.61	18.61	<b>428</b>
	B2	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	6.96	6.96	1.39	1.39	1.39	1.39	<b>32</b>
	Total	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>460</b>									

Estadístico Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) : 44.710

Grados de libertad (gl) : 14

Significación (p) : < 0.0001

<http://www.winepi.net/sp/stats/chi21.asp>



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## RESULTADOS

$$ft(\text{frecuencia teorica}) = \frac{(\text{total de la fila } i) \cdot (\text{total de la columna } j)}{\text{numero total de datos}}$$

Se calcula el grado de libertad :

$$v = (\text{número de filas} - 1) \cdot (\text{número de columnas} - 1)$$

$$v = (2 - 1) \cdot (15 - 1)$$

$$v = 14$$

Fórmula del Chi-cuadrado Calculado es mediante:

$f \rightarrow$  frecuencia observada

$ft \rightarrow$  frecuencia teórica

$X_{calculada}^2 \rightarrow$  formula Chi - cuadrado

$$X_{calculada}^2 = \sum \frac{(f - ft)^2}{ft}$$

$$; X^2 = 44,71$$



## RESULTADOS

El nivel de **significancia** a considerar es de **0.001** y un **nivel de confianza del 95%**, se procede a validar y compara los valores con la tabla del Chi cuadrado

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,0
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,63
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,210
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,34
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,27
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,08
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,81
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,47
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,09
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,66
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,20
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,72
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,21
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,68
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,14
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,57
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,99
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,40

$$X_{\text{tabla}}^2 = 36,12$$

$$X_{\text{calculada}}^2 = 44,71$$



## RESULTADOS

**Acorde a los valores obtenidos, se deduce que el valor del Chi cuadrado la tabla de distribución es menor al valor del Chi cuadrado calculado, de tal forma que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que indica, que, La repotenciación de la celda de paletizado que contiene brazo robótico KUKA KR16, sistema automático de cambio de diversas herramientas y bandas transportadoras permitirá que sus componentes o accesorios puedan ser actualizados para mejorar la funcionalidad en aplicación de paletizado, **este análisis se cumple en la mejora de la funcionalidad para la aplicación de paletizado.****



## RESULTADOS

Para la validación de la variable “**Actualización de componentes o accesorios.**”, se aplica el **método hipotético-deductivo (H-D)**

“Toda **hipótesis [H]** implicada por un **informe de observación [E]** está confirmada por éste”. **Por lo tanto, si E implica lógicamente H, entonces E confirma H.**

El método H-D se representa de la siguiente manera:  $H - I \rightarrow O$ ; dónde: **[H] representa la hipótesis; [I] las condiciones iniciales; [O] las consecuencias observables**

Para este proyecto se tiene que: H = Hipótesis planteada para el presente proyecto.

I = Línea base de la celda robotizada

E = Actualización (reparación, cambio) de componentes o accesorios y depuración de conexiones de cables de potencia y comunicación.

**Los resultados de la actualización de componentes, complementan las consecuencias observables [O], por lo tanto, se valida la hipótesis [H] planteada, específicamente la actualización de los componentes o accesorios de la celda robotizada.**

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

- La celda de paletizado que incluye brazo robótico KUKA KR16, sistema automático de cambio de diversas herramientas y bandas transportadora fue repotenciada exitosamente permitiendo generar aplicaciones de paletizado.
- Aplicando ingeniería inversa al sistema automático de cambio de herramientas (gripper de carrera larga, gripper de carrera corta, ventosa).
- La reconfiguración de los PLC's en las dos bandas transportadoras y la actualización de la interfaz hombre-máquina (HMI) renovada, permitió un control más versátil sobre las operaciones de las bandas transportadoras,



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

- A través de procesos de calibración en los ejes del robot, la creación de bases y herramientas personalizadas de acuerdo a la aplicación y la configuración de un nuevo punto de inicio home, se logró potenciar la funcionalidad brazo robótico KUKA KR16.
- Se estableció una comunicación entre todos los componentes presentes en la celda, que engloba al manipulador, el sistema automático de cambio de herramientas y las bandas transportadoras, esta sinergia entre los componentes, fue generada mediante el uso del módulo WAGO que permite la comunicación entre los distintos elementos de la celda, optimizando así el funcionamiento global y la ejecución de aplicaciones de paletizado.
- Se desarrolló una aplicación integral de paletizado que engloba la coordinación de movimientos entre el manipulador, las bandas transportadoras y la automatización del montaje y desmontaje de herramientas. Esta aplicación fue diseñada siguiendo una lógica secuencial, lo que da lugar a un proceso semiautomático sincronizado.



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## RECOMENDACIONES

- Previo al desarrollo de una aplicación de paletizado, es importante revisar detenidamente los manuales de usuario específicamente elaborados para este proyecto de integración curricular.
- Es aconsejable que, al finalizar la operación del manipulador, se evite dejar la herramienta montada en este sin apagarlo
- Evitar apagar el manipulador sin previamente ubicarlo en la posición de origen HOME
- Se recomienda utilizar la herramienta número 1 y bases y número 1 y 2, Para el desarrollo de nuevas aplicaciones de paletizado.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo a los componentes de la celda robotizada de paletizado, que incluye intercambiador de herramientas y bandas transportadoras. El mantenimiento del brazo robótico KUKA KR16 debe ser realizado los por personal especializado.



***GRACIAS***

