



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCION – REY BALDUINO BÉLGICA

Guía Para la docencia de Brazo robótico Mitsubishi-Festo Melfa RV-2SDB

Trabajo de titulación para optar por el título de
técnico universitario en robótica y mecatrónica

Alumno:

Juan Manuel Corvalan Labra

Profesor guía:

Felipe Benavides Pantoja
concepción, chile
Agosto de 2023

Resumen

Brazo robótico Mitsubishi-Festo Melfa rv-2sdb
“guía para la docencia y base para los estudiantes”

La robótica ha demostrado ser una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia en la industria de la manufactura. En particular, los brazos robóticos y otros equipos automatizados han disminuido significativamente la necesidad de la intervención humana en los procesos industriales. Para ayudar a los estudiantes a comprender mejor el funcionamiento y uso de los brazos robóticos, esta guía se centrará en el modelo Mitsubishi RV-2SDB.

Esta guía de docencia proporcionará información detallada sobre las partes del brazo robótico, su funcionamiento, programación, medidas de precaución, normas de seguridad, mantenimiento básico, software y ventajas. Los estudiantes también tendrán la oportunidad de poner en práctica sus conocimientos y habilidades en distintos laboratorios de trabajo diseñados para el óptimo uso de estos equipos.

Con esta guía, los estudiantes aprenderán cómo utilizar el brazo robótico Mitsubishi RV-2SDB para mejorar la eficiencia y productividad en la manufactura. Al finalizar esta guía, los estudiantes estarán capacitados para trabajar con brazos robóticos y otros equipos automatizados.

Contenido

Contenido	1
Índice de Tablas.....	2
Índice de ilustraciones.....	3
Introducción	6
Capítulo 1: Brazo Robótico	7
1.1 Que es un brazo robótico	7
1.2 Componentes que lo conforman	7
Capítulo 2: Mitsubishi-Festo Melfa RV-2SDB	13
2.1 Características	13
2.2 Componentes	17
2.3 Controlador CR1DA-771	19
2.4 Mantenimiento (Básico).....	24
2.5 Medidas de Seguridad y Precaución	26
Capítulo 3 Programación.....	34
3.1 Teach Pendant.....	34
3.2 Uso y Programación	35
3.2.1 Comandos.....	37
3.2.2 Programación	44
3.3 Software	71
Anexo: Laboratorios	73
Laboratorio 1	74
Laboratorio 2.....	85
Laboratorio 3	93
Laboratorio 4.....	102
Conclusiones	105
Referencias.....	106

Índice de Tablas

<i>Tabla 2-1: Nomenclatura Grupo A & B</i>	13
<i>Tabla 2-2: Nomenclatura Grupo C</i>	14
<i>Tabla 2-3: Nomenclatura Grupo D</i>	15
<i>Tabla 2-4: Nomenclatura Grupo E</i>	16
<i>Tabla 2-5: Características Brazo Robótico Mitsubishi RV-2SDB</i>	16
<i>Tabla 2-6: Controlador CR1DA-771 Botones y conectores (Parte frontal)</i>	19
<i>Tabla 2-7: Controlador CR1DA-771 Conectores (Parte trasera)</i>	21
<i>Tabla 2-8: CR1DA-771 Detalles técnicos</i>	22
<i>Tabla 3-1: Teach Box: Botones y sus Funciones</i>	35
<i>Tabla 3-2: Funciones de control de posición y operaciones</i>	38
<i>Tabla 3-3: Funciones de Control de Programa</i>	40
<i>Tabla 3-4: Funciones de la herramienta</i>	42
<i>Tabla 3-5: Funciones de señales de entrada y salida</i>	42
<i>Tabla 3-6: Funciones de Programas en paralelo</i>	42
<i>Tabla 3-7: Funciones sin categoría definida</i>	43
<i>Tabla Lab 1-1: Contenido Laboratorio 1</i>	74
<i>Tabla Lab 1-2: Secuencia de encendido 1, Controlador Mitsubishi</i>	76
<i>Tabla Lab 1-3: secuencia de inicio 2, TB y termino de la secuencia de inicio</i>	77
<i>Tabla Lab 1-4: inicio de modo JOG</i>	77
<i>Tabla Lab 1-5: Uso detallado de Modo JOINT</i>	79
<i>Tabla Lab 1-6: Uso detallado de Modo WORK</i>	81
<i>Tabla Lab 1-8: Ejemplo tabla de identificación</i>	83
<i>Tabla Lab 2-1: Contenido Laboratorio 2</i>	85
<i>Tabla Lab 2-2: secuencia de programa automático</i>	91
<i>Tabla Lab 3-1: Contenido Laboratorio 3</i>	93
<i>Tabla Lab 4-1: Tabla contenido Laboratorio</i>	102

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1: comparativo brazo Humano/Robot</i>	7
<i>Ilustración 2: Brazos roboticos, tipo Normal, Scara y Delta</i>	8
<i>Ilustración 3: Servomotores</i>	8
<i>Ilustración 4: Brazo Robótico Mitsubishi y sus ejes</i>	9
<i>Ilustración 5: Posicionamiento y movilidad de la Herramienta del Brazo Robótico Mitsubishi</i>	9
<i>Ilustración 6: Actuador de tipo ventosa</i>	10
<i>Ilustración 7: Actuador de tipo herramienta equipado con una fresadora</i>	10
<i>Ilustración 8: Ejemplo del funcionamiento de dispositivos de entrada/salida</i>	11
<i>Ilustración 9: Ejemplos de distintos lenguajes de programación</i>	12
<i>Ilustración 10: Brazo Robótico RV-2SDB USM</i>	17
<i>Ilustración 11: Controlador Mitsubishi CR1DA-771</i>	17
<i>Ilustración 12: Teach Box (vista frontal y trasera)</i>	18
<i>Ilustración 13: RIA-BOX (vista frontal y trasera)</i>	18
<i>Ilustración 14: Controlador CR1DA-771 y sus distintos botones y conexiones (parte frontal)</i>	19
<i>Ilustración 15: Controlador CR1DA-771 y sus distintos botones y conexiones (parte Trasera)</i>	21
<i>Ilustración 16: Base del brazo con las baterías expuestas</i>	24
<i>Ilustración 17: Válvulas de paso y decantadores</i>	25
<i>Ilustración 18: Teach Pendant R32TB en uso</i>	34
<i>Ilustración 19: Teach Pendant/Teaching Box/ [T/B] R32TB</i>	35
<i>Ilustración 20: Menú inicio y Menú principal T/B</i>	44
<i>Ilustración 21: Menú FILE/EDIT</i>	44
<i>Ilustración 22: Pantalla de nombrado de Nuevo programa</i>	45
<i>Ilustración 23: Menú de visualización de Programa T/B</i>	46
<i>Ilustración 24: Menú [POSI.] (1)</i>	46
<i>Ilustración 25: Menú [POSI.] (2)</i>	47
<i>Ilustración 26: Secuencia de borrado en Menú [POSI.]</i>	47
<i>Ilustración 27: Menú de Copia</i>	48
<i>Ilustración 28: Menú Renombrar</i>	49
<i>Ilustración 29: Menú Borrar</i>	49
<i>Ilustración 30: Ejemplo de tabla de números de serie de origen de los servos</i>	50
<i>Ilustración 31: Menú 4 ORIGIN/BRK</i>	50
<i>Ilustración 32: Menú de Origen DATA. de puntos de origen</i>	51
<i>Ilustración 33: Menú de Origen DATA. aceptando datos ingresados</i>	51
<i>Ilustración 34: Menú de Origen MECH</i>	51
<i>Ilustración 35: Menú BRAKE y deshabilitar frenos</i>	52
<i>Ilustración 36: Topes mecánicos de los servomotores</i>	52
<i>Ilustración 37: Menú MECH, Registro de puntos de origen</i>	53
<i>Ilustración 38: Ilustración de referencian de la herramienta (JIG)</i>	53
<i>Ilustración 39: Menú de origen TOOL</i>	53
<i>Ilustración 40: Menú BRAKE (TOOL)</i>	54
<i>Ilustración 41: Alineación de hendiduras para ajuste de origen TOOL</i>	55
<i>Ilustración 42: Menú TOOL, registro de punto de origen</i>	55
<i>Ilustración 43: Menú de Origen ABS</i>	56
<i>Ilustración 44: Marca ABS</i>	56
<i>Ilustración 45: Ubicación marcas ABS en el brazo</i>	57
<i>Ilustración 46: Menú BRAKE (ABS)</i>	57
<i>Ilustración 47: Menú ABS, Registro de puntos de origen</i>	58

<i>Ilustración 48: Menú de origen USER</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 49: Menú USER, Registro de puntos de origen</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 50: TB modo JOG (Teclas)</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 51: Deadman Switch (Enable Switch)</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 52: Modo JOG</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 53: Modo JOG-JOINT.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 54: Modo JOG-XYZ</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 55: Modo JOG-TOOL</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 56: Modo JOG-3-XYZ.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 57: Modo JOG-CYLNDER</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 58: Modo JOG-WORK.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 59: Modo ENHANCED, WORK COORD.</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 60: Representación de modo WORK.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 61: WORK COORD. guardado de posiciones.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 62: WORK COORD, definir puntos.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 63: WORK COORD, finalizar y volver al menú principal</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 64: Control de velocidad [OVRD]</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 65: Modo HAND.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 66: Modo MONITOR</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 67: Monitor input, navegación de entradas</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 68: Monitor Error log, navegación.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 69: Monitor Output, Navegación y Control de salidas.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 70:CIROS</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 71: Cosimir</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 72: Ilustración componentes asociados.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 73: Secuencia activación servos en TB modo manual.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 74: Menú JOG, modo WORK.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 75: Menú MONITOR, entradas y salidas digitales</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 76: RIA-BOX y comunicación con los equipos</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 77: Esquema de programa deseado</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 78: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVS y ejemplo</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 79: Guardado de posiciones desde menú de programa y menú POS</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 80: Creación de nuevo programa.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 81: Programación Lab 2: Condición de inicio.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 82:Programación Lab 2: Comando de movimiento</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 83: Programación Lab 2: Condición de finalización</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 84: Programación Lab 2: Comando de espera</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 85: Extracto manual Melfa Basic: Comando MOV y ejemplo</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 86: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVR.....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 87: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVR2</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 88: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVR3.....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 89: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVC.....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 90: Extracto manual Melfa Basic: Ejemplo de movimientos en interpolación circular.....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 91: Programación Lab 3: Secuencia de inicio.....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 92: Programación Lab 3: Secuencia de activación cinta transporte</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 93: Programación Lab 3: Movimiento del brazo y espera de seguridad.....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 94: Programación Lab 3: Secuencia cinta 1</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 95: Programación Lab 3: Secuencia cinta 2, actuador.....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 96: Programación Lab 3: Secuencia cinta 2, transporte</i>	<i>100</i>

<i>Ilustración 97: Programación Lab 3: Secuencia final.....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 98: Panel de control Brazo y Estación 1</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 99: Programación Lab 4: Secuencia de inicio.....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 100: Programación Lab 4: Secuencia selector de modo</i>	<i>104</i>

Introducción

Para el avance en la preparación universitaria y optimización de tiempos, es necesario el material complementario, ya que este es capaz de motivar además de ayudar al alumno y al profesor en lo que respecta a las habilidades necesarias

El trabajo realizado en este documento está enfocado en la ayuda para tanto alumnos como docentes en conceptos de manipulación de brazos robóticos, ya que parte de lo explicado en el documento puede ser utilizado en otros equipos de distintas marcas, ya que algunos de estos son conceptos básicos para estos equipos. La guía consiste en una base introductoria al concepto de brazo robótico, al hardware y software interno, al software de trabajo y su funcionamiento en conjunto con estaciones de la celda flexible, además cuenta con un anexo de 4 laboratorios para complementar el aprendizaje y reforzar conceptos imprescindibles que acompañaran al estudiante durante el tiempo que manipule estos equipos.

Objetivo general:

Facilitar conocimiento, conceptos, técnicas y resolución de problemas, mediante esta guía de brazo robótico Mitsubishi-Festo Melfa rv-2sdb y sus 4 laboratorios complementarios, además de proporcionar material que brindara un apoyo extra en momentos de necesidad

Objetivos específicos:

- Estudiar y analizar que es un brazo robótico y su estructura
- Estudiar y analizar software y lenguaje de programación del brazo robótico Mitsubishi-Festo
- Trabajar en laboratorios que complementan el aprendizaje de los capítulos de la guía
- Sintetizar información relevante para el aprendizaje del alumno acerca del tema
- Enseñar normas de uso y normas de seguridad

Capítulo 1: Brazo Robótico

1.1 Que es un brazo robótico

Un brazo robótico es una especie de brazo mecánico diseñado para realizar una actividad o varias, una gran cantidad de veces, esto gracias a las articulaciones con las que está estructurado y componentes, es capaz de realizar movimientos y acciones precisas y veloces (según sea requerido), su capacidad de carga y su rango de movimiento está directamente relacionado con sus servomotores y numero de articulaciones, según el número de estas en el robot y el tipo de uso que se le dará, se clasifica el tipo, su función principal es agilizar tareas que se requiere repetitividad y precisión, por ejemplo en líneas de producción sus características lo hacen versátil para distintas actividades en rubros, como: minería, mecánica automovilística, farmacéutica, alimenticia, construcción entre otros.

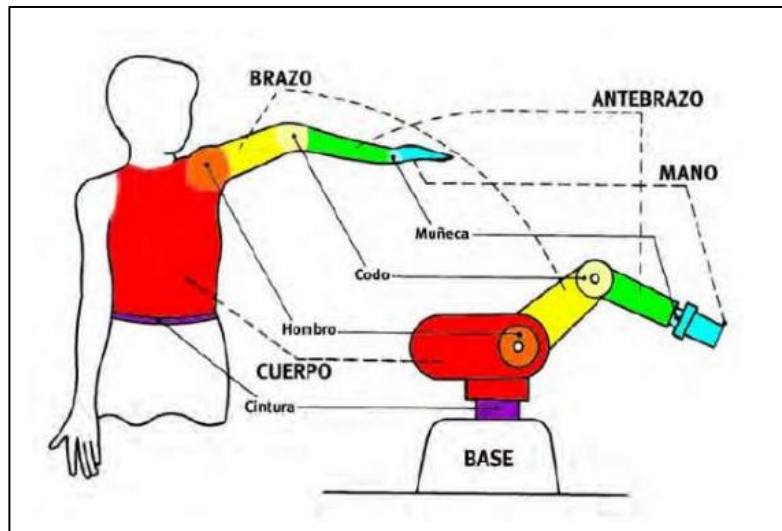


Ilustración 1: comparativo brazo Humano/Robot

1.2 Componentes que lo conforman

Los componentes básicos que conforman un brazo robótico son:

El manipulador, los actuadores, el controlador, sensores, articulaciones, muñeca, actuador final o gripper, dispositivos de entrada y salida

Manipulador: La parte principal del robot, pues es la estructura en sí misma, compuesta por una estructura solida o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten el movimiento. Este puede estar fabricado por distintos tipos de materiales, como: teflón, plástico, acero, etc. dependiendo del uso que se le dará.



Ilustración 2: Brazos roboticos, tipo Normal, Scara y Delta

Actuadores: Los actuadores son el componente de fuerza del brazo, encargados de efectuar el movimiento de este, en las distintas articulaciones. Existen muchos tipos de actuadores, los brazos robóticos generalmente utilizan servomotores. Algunos tipos de servomotores transmiten la fuerza directamente al segmento del brazo y otros utilizan correas o cadenas.



Ilustración 3: Servomotores

Articulaciones: Una de las partes del manipulador más importantes después de los actuadores, son los encargados de unir todos los segmentos del brazo y convertir el movimiento circular de los actuadores en movimiento lineal o angular en las articulaciones y segmentos a los que esté acoplado el conjunto. Son las articulaciones las que dotan al brazo robótico de los “grados de libertad” y según la cantidad de articulaciones, serán la cantidad de grados de libertad que tendrá.

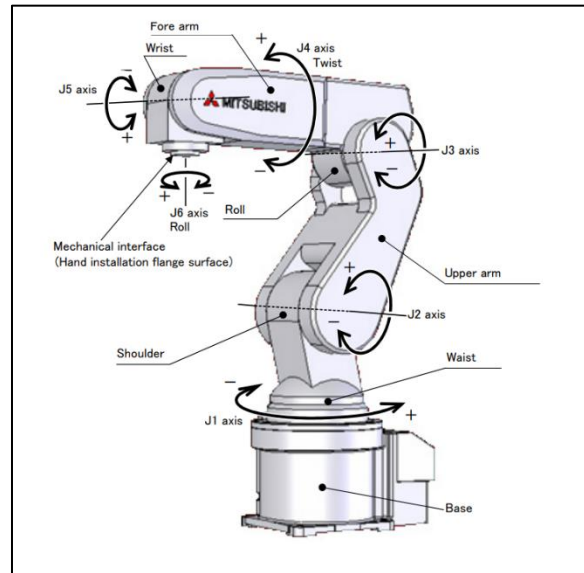


Ilustración 4: Brazo Robótico Mitsubishi y sus ejes

Muñeca: Es el único segmento del brazo que posee (en la mayoría de los casos) más de un grado de libertad, su trabajo es unir el brazo con el actuador final y proporcionarle la movilidad necesaria para el uso del actuador final y corregir la posición de ser necesario, puede otorgar a ésta: elevación, giro y en algunos casos desviación.

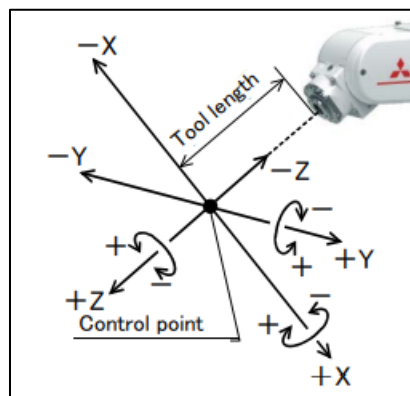


Ilustración 5: Posicionamiento y movilidad de la Herramienta del Brazo Robótico Mitsubishi

Actuador final: Es la pieza final del brazo, (comparándolo con el brazo humano, esta sería la mano), este va fijado a la muñeca del brazo, su trabajo es realizar la tarea para la que se programó el brazo, se puede organizar en 2 grupos, según la tarea que se le va a dar:

- **Dispositivo de sujeción:** Utilizado para trasladar objetos de punto A hasta punto B, pueden ser del tipo pinza o gripper, o de tipo ventosa, dependiendo del uso de este.



Ilustración 6: Actuador de tipo ventosa

- **Herramienta:** Equipo diseñado para trabajar en brazos robóticos o adaptados para funcionar en condiciones en las que el ser humano no puede trabajar o intervenir, pueden ser: taladros, soldadoras y cortadoras de plasma, pistola de pintura, entre otros



Ilustración 7: Actuador de tipo herramienta equipado con una fresadora

Dispositivos de entrada y salida: Es lo que permite introducir y extraer datos del controlador, es el puente de comunicación entre el operador, el controlador y sistemas externos al controlador. Su principal función es el intercambio de información para monitoreo, funcionamiento y programación.

- Dispositivos de entrada: Son aquellos de los que se recibe información, ya sean sensores, teclados, interruptores entre otros.
- Dispositivos de salida: Son aquellos que entregan información transformada o codificada para su interpretación, pueden ser monitores, buzzers, actuadores entre otros.

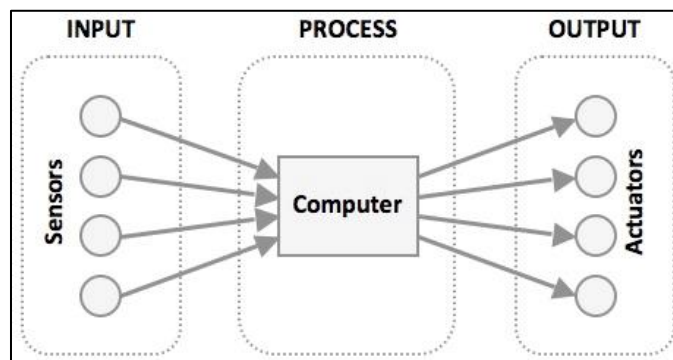


Ilustración 8: Ejemplo del funcionamiento de dispositivos de entrada/salida

Sensores: Son dispositivos de entrada de datos que entregan información acerca del estado de componentes, condiciones del entorno y ambiente, posicionamiento, todo esto para que el robot sea capaz de responder a estas variables de forma correcta y optima, y también responder ante condiciones inesperadas (siempre y cuando exista alguna preparación de curso de acción previa no necesariamente para la situación), un ejemplo serían los sensores encoder en los servomotores, que según estos el robot tiene configurados límites de carrera para evitar daños en la estructura.

Lenguaje de programación: Es una de las partes fundamentales para el funcionamiento y el controlador, existen muchos tipos de lenguajes de programación y cada controlador funciona con un tipo de lenguaje específico, el lenguaje de programación es el que dicta la estructura del programa mediante el cual el robot funcionara, sin este o si no se encontrase bien redactado y estructurado, el robot puede no funcionar o lo hará de una forma incorrecta, lo cual podría llegar a ocasionar accidentes o daños tanto al operador como a los equipos.



Ilustración 9: Ejemplos de distintos lenguajes de programación

Capítulo 2: Mitsubishi-Festo Melfa RV-2SDB

El Mitsubishi-Festo Melfa RV-2SDB es un brazo robótico diseñado y distribuido gracias a la colaboración de los fabricantes Mitsubishi Electric y Festo Robotics. Es parte de un conjunto de sistemas para manufactura de las mismas compañías, el trabajo principal de brazo es transportar piezas desde la fresadora CNC a la primera estación de la celda flexible, mas no se limita solamente a esa función, también puede ser utilizado para distintos trabajos, gracias a su adaptabilidad otorgada por sus 6 ejes de libertad y efector final o herramienta intercambiable, por lo que su versatilidad dependerá de cómo lo implemente el técnico que realice la investigación de viabilidad y planificación.

2.1 Características

Este es un modelo de brazo robótico de tipo vertical de 6 ejes altamente adaptable a distintos tipos de entorno de trabajo y distintas actividades, por lo que existe más de un modelo de este. Para el reconocimiento del tipo de robot y sus características se puede utilizar el número de modelo (nombre del robot) y verificar sus características con la tabla de nomenclaturas.

Las nomenclaturas para los robot Mitsubishi de esta serie se divide en 5 grupos: A, B, C, D & E.

-Grupo A & B.

Tabla 2-1: Nomenclatura Grupo A & B

<u>R</u> <u>V</u> - <u>x</u> <u>SD</u> <u>x</u> - <u>x</u> (1) (2) (3) (4) (5)	Nomenclatura
<u>V</u> (1)	Corresponde al tipo de Robot: Robot Vertical
<u>x</u> (2)	Especificaciones de capacidad de carga máxima (Kg): 6 = 6Kg 12 = 12Kg 18= 18Kg
<u>SD</u> (3)	Serie del robot: SD
<u>x</u> (4)	Modelo: L: modelo extensión de brazo C: modelo de cuarto despejado LC: modelo de extensión en cuarto despejado
<u>x</u> (5)	Especificaciones de dimensiones y ambiente: [Vacío] : manipulado por controlador CR3D-7*1M (para RV-12SD) CR2D-7*1 (para RV-6SD)

	[SM6xx]: ambiente con neblina de aceite, manipulado por controlador CR3D-7*1M-SM6xx (solo para modelo RV-6SD) [SULxx]: especificaciones de uso en laboratorios, manipulado por controlador CR3D-7*1M-SULxx (para RV-12SD) CR2D-7*1-SULxx (para RV-6SD) [SULM6xx]: especificaciones de uso en laboratorios/ambiente con neblina de aceite, manipulado por controlador CR3D-7*1M-SULM6xx (solo para modelo RV-6SD)
--	--

Grupo C.

Tabla 2-2: Nomenclatura Grupo C

RV-3 (1) (2)	SD (3)	J (4)	B (5)	x - x (6) (7)	Nomenclatura
		V (1)			Corresponde al tipo de robot: Robot vertical.
		3 (2)			Especificaciones de capacidad de carga máxima (Kg): 3 = 3Kg.
	SD (3)				Serie del robot: SD.
		J (4)			Ejes: J = sistema compuesto de 5 ejes. [Vacío] = sistema compuesto de 6 ejes.
			B (5)		Frenos: B = Todos los ejes están equipados con un freno. [Vacío] = modelo básico, los ejes J4 y J6 no cuentan con un freno.
				C (6)	Tipo de modelo: C = modelo de cuarto despejado [Vacío] = modelo básico
				x (7)	Especificaciones especiales: [Sxx] : manipulado por controlador CR1DA-7*1-Sxx [S3xx] : manipulado por controlador CR2D-7*1-S3xx [SM6xx] : ambiente con neblina de aceite, manipulado por controlador CR3D-7*1M-SM6xx [SUL3xx] : especificaciones de uso en laboratorios/ambiente con neblina de aceite, manipulado por controlador CR2D-7*1-SUL3xx [SULM6xx] : especificaciones de uso en laboratorios/ambiente con neblina de aceite, manipulado por controlador CR3D-7*1M-SULM6xx

Grupo D.

Tabla 2 ¡Error! Utilice la pestaña Inicio para aplicar 0 al texto que desea que aparezca aquí.-3:
Nomenclatura Grupo D

RH-x SDH xx xx x - xx (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)	Nomenclatura
<u>H</u> (1)	Corresponde al tipo de Robot: Robot Vertical.
<u>x</u> (2)	Especificaciones de capacidad de carga máxima (Kg): 6 = 6Kg 12 = 12Kg 18= 18Kg
<u>SD</u> (3)	Serie del robot: SD.
<u>xx</u> (4)	Especificaciones del largo del brazo: 35 = brazo de 350mm 45 = brazo de 450mm 55 = brazo de 550mm 70 = brazo de 700mm
<u>xx</u> (5)	Especificaciones del área de trabajo del eje Z: 17 = brazo de 170mm 20 = brazo de 200mm 30 = brazo de 300mm 32 = brazo de 320mm
<u>x</u> (6)	Especificaciones de dimensiones y ambiente: M = modelo de neblina de aceite C = modelo de cuarto despejado [Vacío] = modelo básico
<u>xx</u> (7)	Especificaciones opcionales: [Sxx]: RH-6SDH manipulado solo por controlador CR1DA-7*1-Sxx RH-12/18SDH manipulado solo por controlador CR1DA-7*1-Sxx [S3xx]: manipulado por controlador CR2D-7*1-S3xx (solo el modelo RH-6SDH) [SM6xx]: ambiente con neblina de aceite, manipulado por controlador CR3D-7*1M-SM6xx [SUL3xx]: especificaciones de uso en laboratorios/ambiente con neblina de aceite, manipulado por controlador CR2D-7*1-SUL3xx (solo modelo RH-12/18SDH) [SULM6xx]: especificaciones de uso en laboratorios/ambiente con neblina de aceite, manipulado por controlador CR3D-7*1M-SULM6xx (solo modelo RH-12/18SDH)

Grupo E.

Tabla 2-4: Nomenclatura Grupo E

RV-2 (1) (2)	SD (3)	B (4)	- X (5)	Nomenclatura
<u>V</u> (1)				Corresponde al tipo de Robot: Robot Vertical
<u>2</u> (2)				Especificaciones de capacidad de carga máxima (Kg): 2 = 2Kg
	<u>SD</u> (3)			Serie del robot: SD
		<u>B</u> (4)		Frenos: B = Todos los ejes están equipados con un freno. [Vacío] = modelo básico, los ejes J4 y J6 no cuentan con un freno.
			<u>x</u> (5)	Especificaciones especiales: [Sxx]: manipulado por controlador CR1DA-77*-Sxx [SM6xx]: cables y conectores de la maquinaria (entre el brazo y el controlador), son originales, de tipo cuadrado., manipulado por controlador CR1DA-77*-S12

las características específicas del brazo robótico son:

Tabla 2-5: Características Brazo Robótico Mitsubishi RV-2SDB

Robot		RV-2SDB
Tipo Constructivo		Brazo Articulado Vertical
Montaje		Puede montarse en paredes, techos o suelos
Número de ejes		6
Longitud del Brazo (mm)		230+270
Esfuerzo de elevación	Valor Nominal (kg)	2 (kg)
	Máximo (kg)	3 (kg) Con la Muñeca Hacia Abajo
Velocidad Máxima Resultante (mm/s)		4.400 (mm/s)
Límites de trabajo máx. (mm)		504
Resolución (mm)		± 0.02
Peso (kg)		19 (kg)
Rango de Operación (Grados °)	J1	480° (-240° a +240°)
	J2	240° (-120° a +120°)
	J3	160° (0° a +160°)
	J4	400° (-200° a +200°)
	J5	240° (-120° a +120°)
	J6	720° (-360° a +360°)
Velocidad Máxima de Operación (Grados/Segundos) (°/seg)	J1	225 (°/seg)
	J2	150 (°/seg)
	J3	275 (°/seg)
	J4	412 (°/seg)
	J5	450 (°/seg)
	J6	720 (°/seg)

2.2 Componentes

El brazo robótico está compuesto por distintos componentes que en conjunto le dan al brazo robótico las cualidades por las cuales es tan práctico y conveniente.

Brazo robótico: es la estructura principal del brazo robótico, encargada del movimiento de este y contener los principales actuadores del equipo tales como: servomotores y sensores encoder, en el caso de este brazo también se encuentra integrado un actuador neumático.



Ilustración 10: Brazo Robótico RV-2SDB USM

Controlador: Es el dispositivo de control principal del brazo robótico, responsable de mantener el equipo en funcionamiento y almacenar, calcular, interpretar, ejecutar y controlar las acciones del brazo.



Ilustración 11: Controlador Mitsubishi CR1DA-771

Teach pendant/Teaching box/TB: Dispositivo de monitoreo y programación principal, este dispositivo se utiliza para operar el brazo en modo manual y enseñarle posiciones, trayectorias y acciones, por lo que es imprescindible para el funcionamiento del brazo.



Ilustración 12: Teach Box (vista frontal y trasera)

RIA BOX: Caja de interfase o RIA BOX, es un terminal de direccionamiento de entradas y salidas digitales, conectado directamente con el controlador, indispensable para el funcionamiento con otros sistemas y accesorios externos del brazo. Cada caja soporta 16 entradas y 16 salidas digitales y los led en la parte frontal indican el estado del bit que están representando, se iluminan cuando la respectiva entrada/salida emite/recibe una señal, como un sensor activándose o un motor energizándose, hay que tener en cuenta que el número plasmado en el RIA BOX no es necesariamente el número que representa ese dispositivo en direccionamiento del brazo robótico.



Ilustración 13: RIA-BOX (vista frontal y trasera)

2.3 Controlador CR1DA-771

Es el componente base para el funcionamiento del Brazo Robótico, se encarga de energizar, recibir y enviar señales, permitir comunicación entre componentes y distintos equipos, almacenar y ejecutar la programación y configurar los modos de funcionamiento (automático y manual).

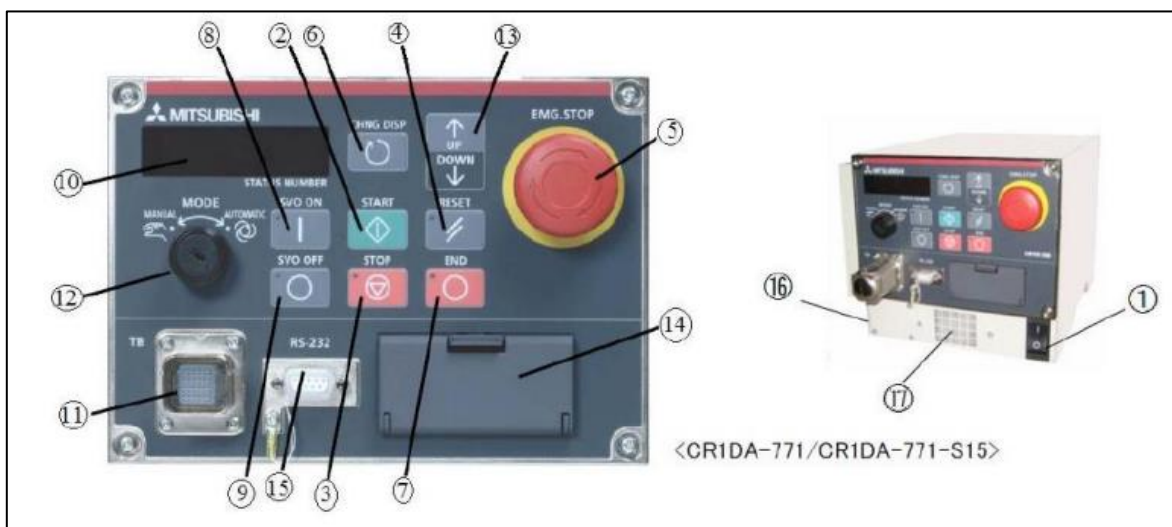


Ilustración 14: Controlador CR1DA-771 y sus distintos botones y conexiones (parte frontal)

Tabla 2-6: Controlador CR1DA-771 Botones y conectores (Parte frontal)

Nº	Nombre	Función
1	POWER	Interruptor para el encendido/apagado de tanto el controlador y brazo como para el TB (Teach box).
2	START	Inicia el programa seleccionado y activa el robot, una vez iniciado el programa, este corre de forma continua hasta pulsar nuevamente.
3	STOP	Detiene el programa seleccionado y el robot inmediatamente
4	RESET	Restaura estado de error/errores y reinicia el programa.
5	EMG. STOP	Emergency stop o parada de emergencia, detiene el robot cuando existe la necesidad de detenerlo inmediatamente, cuando es activada, esta detiene todo en general, tanto el robot como en todas las estaciones involucradas.
6	CHANGE DISP	Cambia el contenido mostrado en la pantalla del controlador: Número de línea en ejecución, Override, error y numero de programa.
7	END	Finaliza el programa que se está ejecutando en la última línea.
8	SVO. ON	SERVO ON, activa la alimentación y funcionamiento de los servo-motores del robot, el led correspondiente a servo en el TB permanece de color verde mientras los servos estén en funcionamiento.

9	SVO OFF	SERVO OFF, desactiva la alimentación y funcionamiento de los servo-motores del robot, el led correspondiente a servo en el TB permanece de color rojo mientras los servos estén desactivados.
10	STATUS NUMBER	Función donde el display muestra el número de error, el número de programa y el porcentaje de velocidad de los servos.
11	CONEXIÓN DE TEACHING BOX (TB)	Es un punto de conexión especializado que se utiliza para vincular el teaching box al controlador.
12	MODE	Activa los diferentes modos de operación del robot, ya sea modo manual o automático • AUTO (Op.): Seleccionando esta operación el controlador queda activado como único manipulador • TEACH: Cuando este modo es seleccionado el TB es activado, esto da a entender que las operaciones y los movimientos quedan restringidos para que se comande desde el TB • AUTO (Ext.): Seleccionando este modo, queda el pc activado como dispositivo propio de control para el brazo robótico, deshabilitando los anteriores.
13	UP/DOWN	Moverse por los contenidos del display de estado, editar Override.
14	CUBIERTA DE TERMINALES (CR1DA-700 SERIES)	Terminal que conecta el cable de alimentación.
15	CONECTOR A PC	Este es un emisor receptor de datos de especificación RS-232 para hacer la conexión entre el controlador y el pc.
16	ENCHUFE DE ALIMENTACION (COSTADO)	Transportador de energía, a partir del suministro eléctrico de alimentación central.
17	FILTRO DE ENTRADA DE AIRE	Permite la ventilación y recirculación de aire para la refrigeración interna

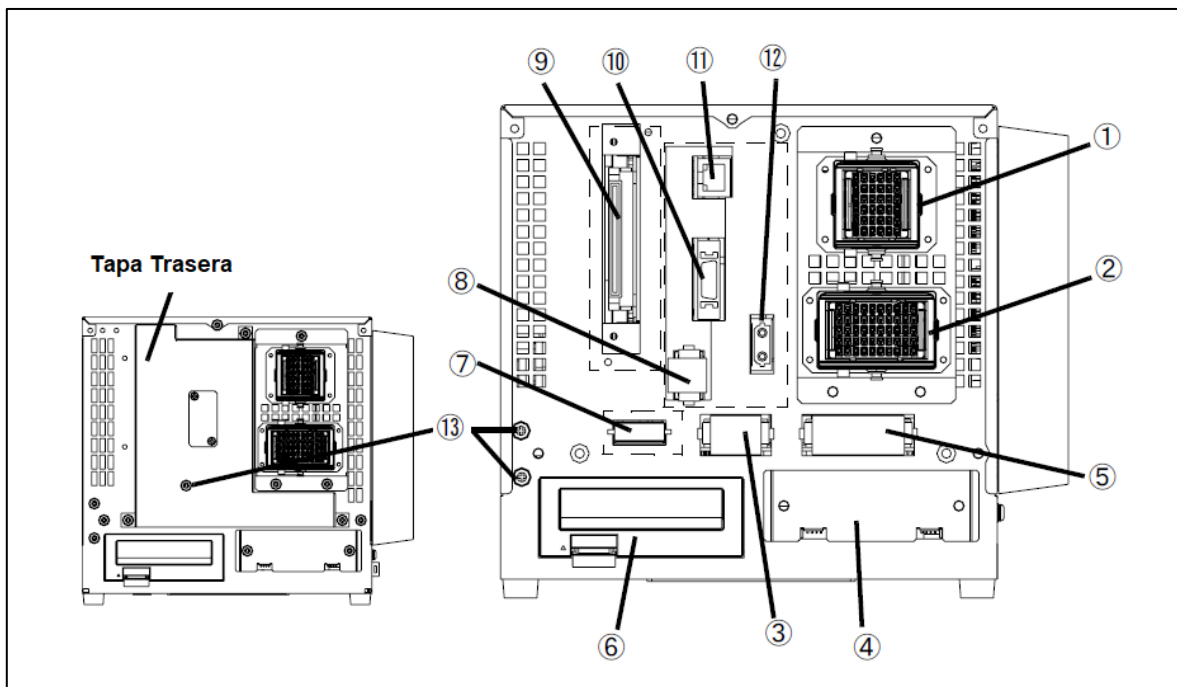


Ilustración 15: Controlador CR1DA-771 y sus distintos botones y conexiones (parte Trasera)

Tabla 2-7: Controlador CR1DA-771 Conectores (Parte trasera)

N°	Nombre	Función
1	Conector Cable-Maquina (Energía Motores) (CN1)	Conectar controlador a la base del brazo robótico y energizarlos (Conector CN1)
2	Conector Cable-Maquina (Señal Motores) (CN2)	Conectar controlador a la base del brazo robótico y recibir señales y retroalimentación de estos (Conector CN2).
3	Puerto externo de Salida de Parada de Emergencia (EMGOUT)	La condición de "Parada de Emergencia" se emite como salida para ser interpretada.
4	Ranura Mano (HND)	Ranura para instalar interface opcional de Mano neumática (Gripper neumático).
5	Puerto Externo de Entrada de Parada de Emergencia (EMGIN)	Puerto dedicado para instalación de interruptor de Parada de Emergencia opcional.
6	Ranura Opcional (SLOT1)	Ranura dedicada para interfaces opcionales.
7	Conector de la unidad de extensión de conexiones de tipo entradas/salidas en paralelo (RIO / con cobertor de interfase)	Permite la conexión con la unidad de extensión de entradas/salidas en paralelo.
8	Entrada Parada Especial (SKIP / con cobertor de Interface)	Permite la instalación de un interruptor que detiene el robot inmediatamente.
9	Cartucho de expansión de memoria (MEMORY CASSETTE / con cobertor de interface)	Permite la instalación de un cartucho de memoria opcional.

10	Interface de Seguimiento (CNENC / con cobertor de Interface)	Permite conectar el cable de un encoder, si es que este utiliza la función de seguimiento.
11	Interface Ethernet (LAN1)	Permite la conexión de un cable ethernet. *para la utilización del cable ethernet es necesario instalar una linea de filtrado de ruido y el núcleo de ferrita al cable de ethernet.
12	Conector adicional de ejes (OPT)	Permite la conexión de ejes adicionales al conjunto del brazo para su control.
13	Terminales de Tierra (tres puntos) (GND)	Tornillos dedicados a los conectores a tierra del controlador.

Detalles de controlador:

Tabla 2-8: CR1DA-771 Detalles técnicos

		CR1DA-771	Observaciones
Lenguaje de Programación		MELFA-BASIC V	
Determinación de la posición		Aprendizaje, introducción manual de datos (IMD)	
Entradas/Salidas Externas	Entradas/Salidas Generales	0 Entradas/ 0 Salidas (Max. 256/256 como equipamiento especial)	
	Entradas/Salidas Especiales	Definido por usuario	
	Entradas/Salidas Para Pinza-Mano	4 Entradas / 0 Salidas	Como opción pueden incorporarse 4 salidas adicionales.
	Paradas de emergencia externas	1	Con diseño basado en dos circuitos
	Contacto de cierre de puerta	1	Con diseño basado en dos circuitos.
	Pulsador de permiso	1	Con diseño basado en dos circuitos.
	Sincronizador para eje adicional	1	Con diseño basado en dos circuitos.
	Estado operativo	1	Con diseño basado en dos circuitos.
	Salida de errores		Con diseño basado en dos circuitos.

Interfaces	RS-232	1	Aplicación para pc, Sensor de captación de imagen, etc.
	Ethernet	1	10BASE-T/100BASETX.
	USB	1	Solo función de dispositivo, conector Mini-B
	Eje adicional	1	Para un total de hasta 8 servomotores en conjunto
	Seguimiento de la cinta transportadora	1	Para dos encoder
	Conexión en la mano del robot	1	Para dos pinzas neumáticas
	Slot de ampliación	1	Para dos interfaces adicionales
Alimentación eléctrica	Tensión de entrada	200-230V AC $\pm 10\%$, Monofásica (180-253V)	
	Potencia absorbida kVA	0,5	Sin pico de corriente transitorio de conexión
	Frecuencia Hz	50/60Hz	
Temperatura ambiente °C		0-40°	
Nivel de rendimiento (PL)		D	
Dimensiones (An*Al*Pr) mm		240*200*290	Sin piezas sobresalientes
Peso (Kg)		9Kg aprox.	
Carcasa/clase de protección		Carcasa cerrada para instalación sobre suelo / IP20	

2.4 Mantenimiento (Básico)

El mantenimiento básico del brazo robótico incluye la inspección visual, limpieza y reemplazo de piezas. Estas tareas son importantes para asegurar un rendimiento óptimo del brazo robótico y prolongar su vida útil.

- 1- La Carga/Reemplazo de baterías [Brazo]: las baterías del brazo necesitan ser revisadas y recargadas una vez al mes, el modelo de las baterías es el 16500. Una vez que la batería del brazo se descarga, este pierde los datos de origen de los servomotores y bloquea su funcionamiento.

el procedimiento de la carga/reemplazo de baterías, consiste en buscar el compartimento de baterías en la parte trasera de la base del brazo (1), justo encima de los conectores **[CN1]** y **[CN2]** (2), la tapa está fijada por 4 tornillos (5), si las baterías están descargadas, con el brazo des-energizado y cuidado, desconecte la clavija que va a la placa del brazo (4) y con cuidado retire las 4 baterías (3) y sus respectivos cables. Si todavía las baterías no están descargadas al momento de hacer el mantenimiento, mantenga encendido el brazo durante este procedimiento y solo retire las baterías para cargarlas de a 2. Recuerde que las baterías 16500 trabajan con 3,5v, por lo que es necesario un cargador especial que se adapte a las especificaciones requeridas.

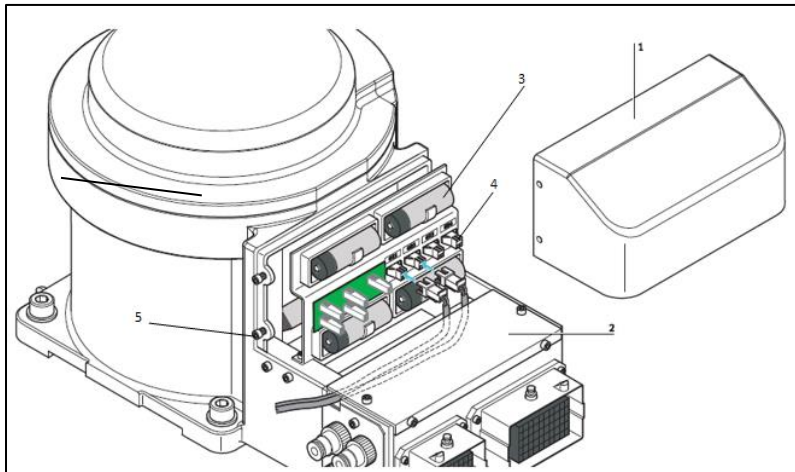


Ilustración 16: Base del brazo con las baterías expuestas

- 2- Purga de contaminante en sistema neumático: los decantadores de las líneas neumáticas después de cierto tiempo se llenan de líquido proveniente de la humedad ambiental, es necesario purgarlo debido a que este daña los componentes y actuadores electrónicos, especialmente los que van conectados a los gripper del brazo, la estación 1 y la estación 2. Para realizar la purga es necesario una llave Allen y un recipiente para recolectar el líquido, la secuencia consiste en cerrar la válvula de paso principal de presión hacia el sistema y que se despresurice, en el fondo del bazo colector hay una válvula de despiche, en algunos sistemas esta válvula va atornillada, en otros es de tipo botón, coloque el recipiente bajo el colector y habilite la válvula de despiche, una vez realizado coloque las válvulas en su posición original y reponga el suministro de aire.



Ilustración 17: Válvulas de paso y decantadores

2.5 Medidas de Seguridad y Precaución

Para el ítem de medidas de seguridad se incluirán extractos del manual oficial de seguridad que se podrían considerar como necesarios para esta guía para la docencia, ya que el documento oficial, está dirigido para el robot realizando otras funciones a las descritas en el manual

Los entornos de operación de un robot pueden afectar su vida útil, función, rendimiento y seguridad. Si los entornos operativos de un robot no cumplen las siguientes condiciones, se deben tomar las medidas adecuadas para evitar que el robot quede expuesto a tales condiciones no deseadas.

1. Electricidad estática:

- Electricidad estática superior a 4kv puede almacenarse en el cuerpo del robot o el controlador.
- Electricidad estática superior a 8kv en el aire podría liberarse a través de descargas eléctricas.

Recomendaciones:

Prevenir el almacenamiento de electricidad estática; descargar de electricidad estática a tierra.

2. Temperatura y humedad:

- La temperatura ambiente debe estar dentro del rango nominal, entre 0°C y 45°C para la serie M, y entre 0°C y 40°C para la serie E.
- El robot debe mantenerse alejado de la luz solar directa y de cualquier fuente de calor.
- La humedad relativa debe estar dentro del rango (entre 45% y 85%, sin condensación)

Recomendaciones:

Un equipo local de calefacción o refrigeración; un cobertor resistente al calor, aislamiento al mantenerlo alejado de la fuente de calor.

3. Atmósfera:

- No debe haber polvo, aceite en forma de neblina ni gas corrosivo en la atmósfera.
- No se deben esparcir virutas de metal ni material conductor.
- Ningún gas combustible y explosivo debe estar contenido en la atmósfera.

Recomendaciones:

Se recomiendan equipos que prevengan la neblina de aceite. Utilice una funda resistente al polvo o a la neblina de aceite.

-Nota: nunca utilice robots en una atmósfera combustible o explosiva, Instale el controlador en un gabinete blindado si se usa en una mala atmósfera, ya que el controlador en sí tiene aberturas para enfriamiento.

4. Líquido:

-El agua y otros líquidos no deben salpicar un robot y el controlador directamente
-Cualquier parte de un robot y/o controlador no debe sumergirse en agua o ningún otro líquido.

5. Vibraciones:

-La vibración y los impactos deben ser de 3,5G como máximo durante el transporte.
-La vibración y los impactos deben ser de 0,5G como máximo durante el uso normal.

6. Presión atmosférica:

-La altura sobre el nivel del mar no debe superar 1000M. El robot no puede trabajar en vacío.

Recomendación: alimentar con presión hasta llegar a 1 atm.

- Consideraciones de seguridad en cada operación

1. Brazo robótico, Controlador y Panel de control:

- Proporcione suficiente espacio libre para que las secciones móviles y la periferia del robot no se enreden ni choquen. Si el robot requiere que se configure el origen, asegúrese de que no haya interferencia con la periferia en la postura de configuración del origen.
- Solo el rango de movimiento de la articulación **J1** puede limitarse en puntos fijos, el método alternativo para limitar el rango de movimiento de las otras articulaciones solo lo proporciona el fabricante, o puede utilizarse interruptores de límite de posición de acuerdo con IEC 204-1.
- Si los métodos de protección no están en el lugar del robot, la designación de un área restringida debe estar en su lugar antes de continuar.

- Cuando se requiera que los operadores realicen operaciones manuales asociadas con el robot, tales como carga y descarga de piezas, debe tenerse en cuenta estas en la disposición del sistema del robot, ya sea proporcionando dispositivos de aviso de carga para que el operador no acceda al área peligrosa sin estar informado, o proporcionando las protecciones adecuadas para la actividad manual.
- Retire la placa de fijación de los ejes del brazo (placa otorgada por el fabricante para alinear los ejes durante el ingreso del punto de origen) antes de operar el robot.
- Al instalar el robot, el controlador y los equipos periféricos, tenga en cuenta los medios de acceso para permitir el acceso con seguridad a todas las áreas utilizadas para las operaciones de producción, ajuste y mantenimiento.
- No se suba ni se cuelgue del cuerpo o los segmentos del robot.
- No suba ni coloque objetos pesados sobre el controlador.
- Asegúrese de que no entren materiales extraños en el brazo robótico o el controlador. La entrada de material conductor como tornillos o piezas de metal, o la entrada de material inflamable como aceite podría provocar roturas, daños, etc.

2. Cableado

- Apriete los conectores de los cables entre el robot y el controlador de acuerdo con las instrucciones del manual de instalación.
- No tire ni doble los cables con fuerza. Proteja los cables con conductos o cubiertas si es necesario.
- Al instalar conductos o cubiertas, se deben tomar medidas para evitar que las personas tropiecen y se deben indicar las señales de precaución necesarias.
- Mantenga los cables del robot y el cable de E/S (I/O) externas alejados de otros cables, como los cables de alimentación y las líneas de tierra. Asegúrese de que el cable de E/S externas esté blindado.
- No confunda las conexiones de los terminales. Esto podría provocar roturas o daños, etc.
- No confunda la polaridad (+, -). Esto podría provocar roturas o daños, etc.
- No conecte ni desconecte los cables o conectores mientras la alimentación esté ENCENDIDA.

3. Mano, Gripper o herramienta:

- Cuando utilice el Gripper motorizado opcional o el neumático, siga las instrucciones del manual. Asegúrese de que el peso total, incluidas las piezas de trabajo, esté dentro de la carga nominal.
- Si es necesario, fije la herramienta extractora especialmente diseñada al extremo del gripper de acuerdo con la forma de las piezas de trabajo. Asegúrese de que la herramienta no tenga bordes afilados ni proyecciones, excepto las partes funcionalmente necesarias.
- Cuando repare una mano hecha por el cliente, asegúrese de que el peso total, incluidas las piezas de trabajo, esté dentro de la carga nominal. Especialmente, al arreglar una mano desequilibrada, también se debe tener en cuenta el par nominal de los ejes de la muñeca.
- Cuando coloque una mano hecha por el cliente en la brida del robot, asegúrela con los pernos especificados. Asegúrese de que la mano no tenga

bordes afilados ni proyecciones, excepto las partes funcionalmente necesarias, y proporcione cubiertas y otras protecciones según sea necesario.

- Si los cables y las mangueras están conectados a la mano o gripper, evite que los cables y las mangueras se retuerzan o dañen y que restrinjan el movimiento del robot.
- Cuando utilice un gripper o mano neumática, suministre aire limpio cuya presión esté dentro de los 0,7 MPa [7 kg/cm²], ya que una presión superior a esta puede provocar la rotura de la tubería neumática interna en el brazo del robot.
- Si existe la posibilidad de que una mano suelte una pieza de trabajo durante el movimiento causando condiciones peligrosas, se deben tomar las medidas necesarias para el mecanismo de agarre de la mano para evitar tales peligros.
- La mano debe estar diseñada y construida de modo que la falla de energía no cause la liberación de la carga ni resulte en una condición peligrosa. Para mantener el estado de apertura o cierre de una mano neumática incluso cuando falla la energía eléctrica, use un solenoide doble para controlar la mano.
- Agarrar una pieza de trabajo cargada con electricidad estática podría causar un mal funcionamiento debido a una descarga eléctrica a través de la mano y el brazo del robot. Por lo tanto, utilice siempre una estructura aislada para la mano y el brazo del robot.
- La energía para el sensor de confirmación se suministra a través del cable de verificación manual conectado al robot (opcional). Si el extremo del cable no se puede manipular lo suficiente debido a esto, el extremo podría entrar en contacto con el dispositivo periférico o el brazo robótico mientras la alimentación está encendida y podría provocar accidentes por cortocircuito. Por lo tanto, trate siempre con cuidado el extremo cuando utilice el cable de control manual.

4. Teach Pendant/Teaching Box (TB):

- Apriete el conector del cable del Teach Pendant. No tire ni doble el cable con fuerza.
- Determine el área donde se almacena el TB y evite que este se caiga por descuido y provoque un mal funcionamiento o daño.

5. Cableado a tierra:

- Asegúrese de conectar a tierra el robot y el controlador eléctricamente de acuerdo con las instrucciones del manual. La conexión a tierra es indispensable para evitar descargas eléctricas, reducir las cargas electrostáticas, mejorar la resistencia al ruido eléctrico y reducir las interferencias electromagnéticas.
- El robot y el controlador deben conectarse a tierra por separado. Mantenga los puntos de tierra alejados de los de otros equipos eléctricos grandes.

6. Parada de Emergencia:

- Instale el interruptor de parada de emergencia manual cerca del robot donde se pueda operar fácilmente. Conéctelo al terminal de parada de emergencia externo del controlador. Cuando haya varios lugares de instalación, instale varios interruptores. Consulte

el manual de instrucciones para conocer las especificaciones eléctricas.

- En el caso del sistema complejo diseñado para trabajar en conjunto, los dispositivos de parada de emergencia deben detener no solo al robot en sí, sino también a todos los demás equipos relacionados si su funcionamiento continuo puede ser peligroso. En este caso, por ejemplo, es deseable un interruptor de emergencia que tenga más de un contacto.

7. Indicadores:

- Se debe proporcionar la información pertinente, como indicar claramente los modos de trabajo del robot y mostrar el motivo de la parada del robot no programada. Para ello, utilice los bits de E/S (I/O) dedicados del controlador. (por ejemplo, ejecutar, esperar, restablecer, error).
- Cuando el riesgo pueda surgir por una falla en la operación de la maquinaria no supervisada, la máquina debe estar equipada para emitir una señal acústica o luminosa adecuada como advertencia.

8. Aislamiento de la fuente de alimentación:

- Cada sistema de robot debe tener medios para aislar cada una de sus fuentes de energía mediante operación manual.
- El aislamiento debe ser visible (interrupción visible de la continuidad en el suministro de energía) o visiblemente garantizado al permitir una verificación de la posición del control operativo en la unidad de aislamiento, y debe quedar claro qué áreas de la máquina están aisladas.
- Si es necesario, se deben tomar medidas para bloquear el dispositivo de aislamiento en la posición 'APAGADO' o 'ABIERTO' para evitar una operación descuidada.
- Cuando se corta la energía, la mano o Gripper cae más o menos sola porque no hay frenos instalados en los ejes de la muñeca. Si esto puede conducir a una condición peligrosa, la posición de la muñeca debe cambiarse de antemano o la energía debe apagarse a tiempo para evitar una condición peligrosa.
- Cuando se desconecta la alimentación del robot, la mano, etc., puede caer ligeramente desde el momento en que se desconecta la alimentación hasta que se activan los frenos. Si existe algún riesgo de interferencia, etc., con los dispositivos periféricos, coloque el robot en una postura en la que no se cree un estado peligroso antes de apagarlo.

OBS: el modelo Mitsubishi Melfa RV-2SDB viene equipado con frenos en los servomotores, por lo que el gripper no se cae cuando se genera un desabastecimiento de energía a menos de que estén desactivados los frenos.

➤ Enseñanza y programación

- Siempre que sea posible, la programación debe realizarse con todas las personas fuera del espacio protegido. Cuando sea necesario realizar la programación con personal dentro del espacio protegido, se deben proporcionar y procedimientos de trabajo seguros y observar

atentamente.

- La velocidad de la operación JOG se puede modificar durante la operación automática, se recomienda utilizar la velocidad mínima al haber más de un manipulador.
- Cuando la operación automática puede ser iniciada por el dispositivo de enseñanza, nunca seleccione el modo automático en el espacio protegido.

- Al enseñar dentro del área de protección de seguridad, siempre asegure el derecho de prioridad para el control del robot (TB). (Configure siempre el interruptor de modo del controlador en "Manual" y configure el interruptor "Habilitar/Deshabilitar" del TB en "Habilitar".) De lo contrario, podría causar un estado muy peligroso ya que el robot podría comenzar a funcionar con comandos externos.

- El interruptor de cambio de modo del controlador tiene una llave. Asegúrese de que nadie más que el operador pueda cambiar el modo.

- Suprima cualquier movimiento del dispositivo que pueda causar un peligro en el área de protección de seguridad, o asegúrese de que solo el operador pueda controlar el dispositivo.

- Asigne un monitor durante el trabajo de enseñanza para que la operación del robot pueda detenerse inmediatamente si ocurre alguna anomalía. Asegúrese de que los otros operadores, que no sean el operador con el TB, dentro del área de protección de seguridad (dentro de la cerca de seguridad) tengan un interruptor de parada de emergencia cerca de ellos.

- Mantener suficiente iluminación para producir un ambiente de trabajo fácil para los operadores.

- Como contramedida de emergencia durante la enseñanza, no dé la espalda al robot y asegúrese de mantener un pasaje para refugiarse.

- El programador debe devolver las protecciones suspendidas a su efectividad original antes de iniciar la operación automática del sistema de robot.

- Después de completar el trabajo de enseñanza, validar y asegurar los dispositivos de protección que fueron invalidados temporalmente y recuperar la función original.

➤ Verificación de programa

- Después de enseñar y programar, siempre confirme la programación con operación por pasos antes de iniciar la operación automática.

- Al confirmar la operación dentro del área de protección de seguridad, siga los procedimientos de trabajo predeterminados de la misma manera que el trabajo de enseñanza del robot.

- Cuando un dispositivo periférico vaya a iniciarse en sincronización con la señal de E/S (I/O) del robot durante la confirmación, tenga especial cuidado con la operación. Al igual que con la operación de enseñanza, suprima cualquier movimiento del dispositivo que pueda causar un peligro en el área de protección de seguridad (dentro de la cerca de seguridad) o asegúrese de que solo el operador pueda controlar el dispositivo.

- Al iniciar un programa en el medio del código, asegúrese de evitar la colisión entre el robot y el equipo periférico.

- Si un programa es extenso y complejo, imprima el contenido del programa y examínelo con anticipación. Se requiere suficiente comprensión antes de verificar dicho programa.

➤ Operación automática

- Antes de iniciar la operación automática, asegúrese de que no haya personas expuestas en el espacio protegido. Si no es posible, el sistema de control debe diseñarse y construirse de manera que se emita una señal de advertencia acústica y/o visual cada vez que la maquinaria esté a punto de ponerse en marcha. La persona expuesta debe tener el tiempo y los medios para actuar rápidamente para evitar que la maquinaria se ponga en marcha. (por ejemplo, instalación de los interruptores de emergencia dentro del espacio protegido).
- Antes de iniciar la operación automática, asegúrese de que todo el equipo periférico funcione y que no haya señales que indiquen un mal funcionamiento.
- Inicie siempre el funcionamiento automático fuera del área de protección de seguridad. Incluso al reanudar el funcionamiento reiniciando después de detener el robot con una parada de emergencia, etc., durante el funcionamiento automático Siempre comience fuera del área de protección de seguridad.
- Antes de iniciar la operación automática, siempre confirme que los detalles del trabajo y el programa seleccionado coincidan. Use la operación a baja velocidad, cuando sea posible, hasta que finalice el primer ciclo. (Use la función de cambio de anulación de velocidad).
- Si se observa alguna anomalía en el robot o en los dispositivos periféricos, detenga la operación inmediatamente. Tenga en cuenta que si se presenta un nuevo riesgo debido a la posición en la que se detiene el robot, etc., tenga cuidado con el tiempo para detener el robot.
- Si el robot se detiene por una causa desconocida durante el funcionamiento automático, evite acercarse al robot detenido. Cuando se deba acercarse al robot, ingrese la parada de emergencia o apague primero la alimentación principal. Al desconectar la alimentación principal, asegúrese de que no se produzcan nuevos riesgos.
- Al detener y reanudar el programa durante la operación automática, asegúrese de que no habrá nuevos riesgos.
- Cuando la modificación del programa se realice durante la suspensión, asegúrese de verificar el programa al menos una vez antes de iniciar la operación automática.
- Cuando seleccione una velocidad de operación diferente con la función de cambio de velocidad durante la operación automática, asegúrese de que no se produzcan nuevos riesgos. (Riesgo por velocidad demasiado rápida o demasiado lenta).
- Si una pieza de trabajo sostenida u otro objeto puede salir volando y causar un peligro por la fuerza centrífuga durante la operación automática o por la fuerza de impacto de una parada de emergencia, se deben tomar las medidas adecuadas para evitar dicho peligro.
- Si el robot choca con una pieza de trabajo o el equipo periférico a alta velocidad debido, a un error de programa, entonces la pieza de trabajo, el equipo periférico, el brazo del robot y el sistema de reducción del robot pueden dañarse considerablemente. Para evitar las condiciones peligrosas causadas por la colisión, se debe prestar especial atención a la evaluación de los riesgos.

Mantenimiento

- Siempre que sea posible, el mantenimiento del robot y del equipo periférico debe realizarse desde fuera del espacio protegido.
- Cuando se deba realizar el trabajo dentro del área de protección de seguridad (dentro de la cerca de seguridad) sin desconectar la energía, siempre asegure el derecho de prioridad para el control del robot. (Configure siempre el interruptor de modo del controlador en "Manual" y configure el interruptor "Habilitar/Deshabilitar" del colgante de enseñanza en "Habilitar".) De lo contrario, podría causar un estado muy peligroso ya que el robot podría comenzar a ejecutar comandos externos.
- Si la energía almacenada puede causar una condición peligrosa después de cortar la energía, se deben proporcionar los medios para la liberación controlada de la energía almacenada. Esta fuente de energía puede provenir de (pero no limitarse a) acumuladores de presión de fluido, capacitores, resortes, contrapesos y volantes. Se debe colocar una etiqueta adecuada en cada fuente de energía almacenada.
- No abra la puerta o la cubierta del controlador inmediatamente después de apagarlo. Espere el tiempo indicado en el controlador y el manual de instrucciones antes de abrir la puerta o la cubierta.
- Asegúrese de colocar avisos de funcionamiento en la fuente de alimentación y en los interruptores de arranque para evitar que una tercera persona los opere sin cuidado. Si es necesario, proporcione un vigilante para operar el dispositivo de parada de emergencia inmediatamente cuando el robot opere inesperadamente.
- Realice de forma segura inspecciones periódicas consultando el manual de operación. Con respecto al mantenimiento del sistema de robot, observe el programa de inspección y mantenimiento del fabricante del sistema de robot. Si se necesita una operación especializada para el propio robot, consulte con él fabricante.
- Al realizar el mantenimiento del controlador, compruebe el funcionamiento normal del ventilador de refrigeración interno y examinando el flujo de aire.
- Cuando se suelten los frenos, el robot caerá por su propio peso, así que asegúrese de que no haya operadores en el rango de movimiento del robot. Si existe algún riesgo de interferencia, etc., con los dispositivos periféricos, coloque el robot en una postura en la que no se cree un estado peligroso antes de soltar los frenos.
- Es posible que salga una pequeña cantidad de grasa lubricante del brazo del robot. Si el entorno circundante pudiera estar contaminado por esta gota de grasa, verifique que no haya exudación de grasa durante la inspección periódica. Si sale grasa, límpiela antes de que contamine el entorno circundante.
- Asegúrese de evitar modificar cualquier dispositivo de seguridad.
- Cuando encienda la energía después de completar el mantenimiento, asegúrese de que la restauración de la energía no resulte en una condición peligrosa.
- Después de completar el mantenimiento, las protecciones suspendidas deben volver a su función original. (por ejemplo, las protecciones de enclavamiento deben funcionar).
- No cortocircuite, cargue inapropiadamente, caliente, incinere o desmonte la batería del brazo.

Capítulo 3 Programación

3.1 Teach Pendant

El Teach Pendant o Teaching Box (TB), es el dispositivo de programación manual del robot y también el dispositivo principal de monitoreo del brazo, dentro de las funciones que realiza el TB, está la programación inicial del brazo robótico, modificación de idioma (Japonés, Inglés), ingreso de coordenadas de origen y números de serie, monitoreo de errores, control manual de servomotores, entre otras funciones



Ilustración 18: Teach Pendant R32TB en uso

3.2 Uso y Programación

➤ Distribución de teclas y funciones principales del T/B

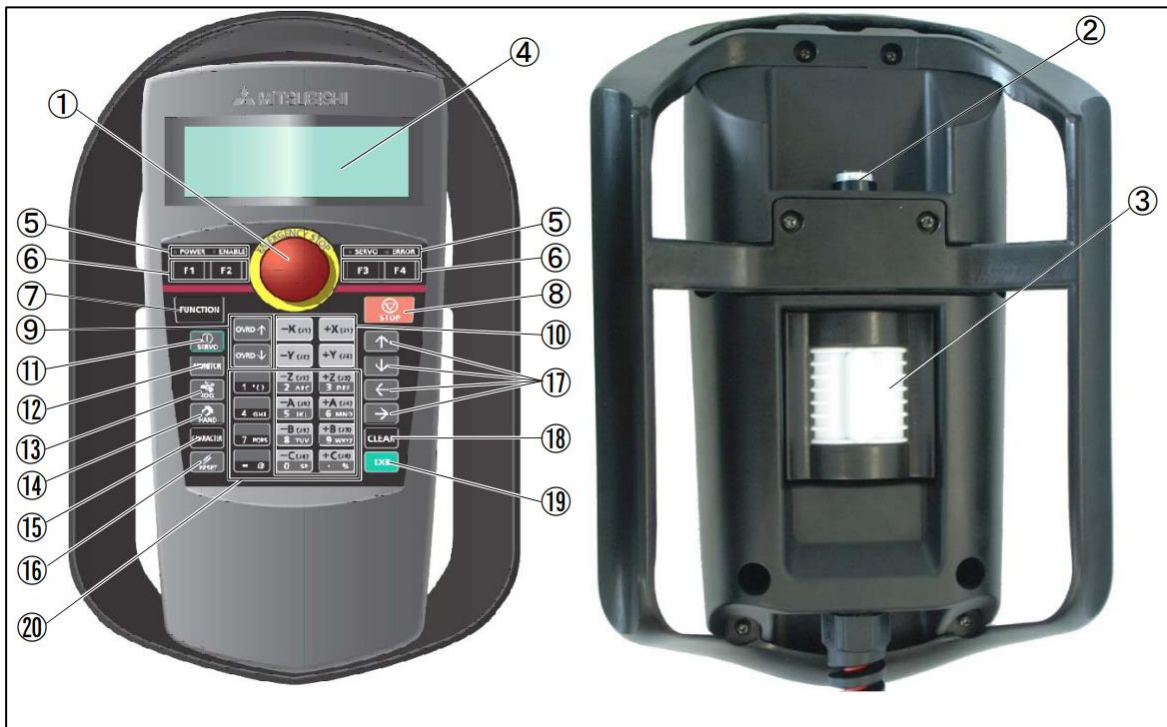


Ilustración 19: Teach Pendant/Teaching Box/ [T/B] R32TB

Tabla 3-1: Teach Box: Botones y sus Funciones

Nº	Tecla o Switch	Función
1	[Parada de Emergencia/Emergency Stop] Switch	Apaga los servos del robot y detiene las operaciones inmediatamente
2	[Enable/Disable] Switch	Este switch habilita y deshabilita las operaciones con el TB
3	[Enable/Deadman switch] Switch	Este switch habilita el control manual de los servomotores, funciona en conjunto con el switch [Enable/Disable] (2) , es un switch con potenciómetro, para activarlo correctamente se debe apretar hasta medio recorrido, si se suelta o se aprieta completamente se deshabilita el uso de los servomotores
4	[Pantalla LCD]	Muestra el estado del robot y los distintos menús
5	[Luz indicadora de estado]	Indica el estado del robot o del TB
6	[F1/F2/F3/F4] Tecla	Ejecuta la función asociada a la tecla mostrada en la pantalla

7	[Function] Tecla	Cambia las funciones mostradas en la pantalla
8	[Stop] Tecla	Detiene el programa y desacelera el robot hasta detenerse
9	[OVRD ↑] [OVRD ↓] Tecla	Cambia la velocidad del movimiento del robot o programa (dependiendo del modo), la velocidad aumentará con [OVRD ↑] y disminuirá con la tecla [OVRD ↓] , se representa en %
10	Tecla de operación JOG	Mueve el robot acorde al modo JOG seleccionado, Las teclas son [+/- X] [+/- Y] [+/- Z] [+/- A] [+/- B] [+/- C]
11	[Servo] Tecla	Habilita el movimiento de los servos, se requiere además que se utilice el Deadman para mantenerlos habilitados, se desactivan una vez que se suelte o se apriete más de lo requerido el switch
12	[Monitor] Tecla	Activa el modo monitor y muestra el menú de monitoreo
13	[JOG] Tecla	Activa el modo JOG y muestra el menú de operaciones JOG
14	[HAND] Tecla	Activa el modo HAND (herramienta) y muestra el menú de operaciones HAND
15	[CHAR] Tecla	Cambia la pantalla de edición y alterna entre números y/o caracteres las teclas correspondientes
16	[RESET] Tecla	Reinicia los errores en el controlador, también reinicia un programa si se presiona esta tecla y la tecla [EXE]
17	[↑] [↓] [←] [→] Teclas	Mueve el cursor a la dirección correspondiente a cada flecha
18	[CLEAR] Tecla	Borra el carácter que este en la posición del cursor
19	[EXE] Tecla	Acepta la operación realizada y mientras se encuentre en el modo dirigido, al presionar el botón el robot se moverá al mantenerlo oprimido
20	Número/Carácter Tecla	Introduce un número o carácter según el modo, también cambia lo que se encuentra sobre el cursor, sea número o carácter

3.2.1 Comandos

El robot utiliza un lenguaje de programación llamado MELFA BASIC V, las funciones de las que es capaz de realizar el robot se pueden separar en distintos tipos de comandos: caracteres con significados especiales, control de posicionamiento y operaciones, Funciones de espera, control de programa, Herramienta [HAND], Entradas y Salidas, programas en paralelo y otros.

➤ Caracteres especiales

Apostrofe ('): las líneas de comentarios están indicadas con apostrofes:

100 'posición de inicio

Asterisco (*): el asterisco define las marcas de salto (etiquetas):

100 *TABLA1

Coma (,): la coma sirve como separador cuando se especifican muchos parámetros consecutivos:

100 P50 = (450,100,300, ...)

Punto (.): para datos múltiples, como los datos de posiciones, el punto sirve como separador de cada componente singular:

100 M10 = P10.X

Espacio (_): debe guardarse entre instrucciones y datos individuales, y tras los números de línea:

100 _MOV_P10

*cada línea debe tener como máximo un comando

➤ Control De posicionamiento y operaciones

Tabla 3-2: Funciones de control de posición y operaciones

Función	Comando	Descripción y ejemplo
Interpolación de Articulación (Joint)	Mov	Mueve el brazo a la posición designada con interpolación del Joint Mov pos1 (1, 2, 3, 4, 5...)
Interpolación Circular	Mvc	Se mueve a lo largo de un arco designado (Punto de inicio → Punto intermedio → Punto de inicio (Punto de Llegada)) con una interpolación circular tridimensional (360°) Mvc pos1,pos2,pos1
	Mvr	Se mueve a lo largo de un arco designado (Punto de inicio → Punto intermedio → Punto de Llegada) con una interpolación circular tridimensional Mvr pos1,pos2,pos3
	Mvr2	Se mueve a lo largo del arco en la posición opuesta al arco designado (Punto de Inicio → Punto de referencia → Punto de Llegada) con una interpolación circular tridimensional: Mvr2 pos1,pos9,pos3
	Mvr3	Se mueve a lo largo de un arco preparado (Punto de inicio → Punto de Llegada) con una interpolación tridimensional Mvr3 pos1,pos9,pos3
Designar velocidad	Ovrd	Designa la velocidad para varias operaciones de interpolación con porcentajes (0.1%) Ovrd 100
	JOvrd	designa la velocidad específicamente para operaciones de interpolación de Joint con porcentajes (0.1%) JOvrd 100
	Spd	Designa la velocidad para operaciones de interpolación circular y linear con valores numéricos (mm/s) Spd 123.5
	Accel	Designa el tiempo de aceleración/desaceleración en porcentaje con respecto a la aceleración a la aceleración/desaceleración máxima predeterminada Accel 50,80
	Oadl	Automáticamente ajusta la aceleración/desaceleración de acuerdo a los

		valores de los parámetros de configuración Oadl ON
	LoadsetT	configura la herramienta [HAND] y las condiciones de trabajo para ajustes automáticos de aceleración/desaceleración LoadsetT 1,1
Operaciones	MvTune	el desempeño del movimiento es mejorado correspondientemente a su aplicación MvTune 4
	Wth	Añade un proceso incondicional a la operación Wth
	Wthif	añade un proceso condicional a la operación Wthif
	Cnt	Designa una operación Fluida Cnt 1.100.200
	Fine	Designa las condiciones de finalización del posicionamiento a un numero de pulsos Fine 200
		Designa las condiciones de finalización del posicionamiento a la interpolación de un Joint Fine 0.5, J, 2
		Designa las condiciones de finalización del posicionamiento a una distancia en línea recta Fine 1, P
	Servo	controla el estado de los servos para todos los ejes [ON/OFF] Servo OFF
	Torq	Limita la operación de cada eje para que el torque asignado no sea excedido Torq 4,10
Control de Posición	Base	designa los datos de conversión de la base Base P1
	Tool	Designa los datos de conversión de la herramienta Tool P1
Control Flotante	Cmp	la rigidez del brazo robótico es reducida y amortiguada (sistema de coordenada XYZ) Cmp Pos ,&B00000011
		la rigidez del brazo robótico es reducida y amortiguada (sistema de coordenadas JOINT) Cmp Jnt ,&B00000011
		la rigidez del brazo robótico es reducida y amortiguada (sistema de coordenadas TOOL) Cmp Tool ,&B00000011
		la rigidez del brazo robótico es restaurada a su estado normal Cmp Off

Pallet	Def Plt	define el pallet Def Plt 1,P1,P2,P3,P4,5,3,1
	Plt	opera el posicionamiento por punto del pallet Plt 1,M1

➤ Control de Programa

Tabla 3-3: Funciones de Control de Programa

Función	Comando	Descripción y ejemplo
Ramificación de programa	GoTo	se desplaza incondicionalmente la ejecución del programa la línea de código designada GoTo 120
	If-Then-GoTo	se desplaza la ejecución del programa la línea de código designada si se cumplen las condiciones If M1=1 Then GoTo *L100 Else GoTo 20 End If
	For	repite la acción hasta que las condiciones designadas se cumplan For M1=1 TO 10 // Next M1
	While	repite la acción mientras las condiciones designadas se cumplan While M1<10 // Wend
	Select	ejecuta un bloque de programa correspondiente al valor de la expresión designada Select Case 1 // Break Case 2 // Break End Select
	On-GoTo	Ramifica a la parte del programa correspondiente al valor designado en la expresión On M1 GoTo *La1, *Lb2, *Lc3
	Skip	Mueve el proceso del programa a la siguiente línea de código Skip

Detección de Colisiones	ColChk	habilita/deshabilita la detección de impacto ColChk ON/OFF
	ColLvl	Configura la sensibilidad del detector de colisiones ColLvl 100,80,,,,,,
Subrutinas	GoSub	ejecuta la subrutina designada (Dentro del mismo programa) GoSub *L200
	Return	regresa de la subrutina Return
	CallP	Ejecuta el programa designado CallP "P10", M1,P1
	FPrm	Define el argumento del programa ejecutado en el comando CALLP FPrm M10,P10
	On-GoSub	ejecuta la subrutina correspondiente al valor de la expresión designada On M1 GoSub *La1, *Lb2, *Lc3
Interrupciones	Act	habilita/deshabilita las interrupciones Act 1=1/0
	Def Act	define las condiciones de la interrupción y el proceso Def Act 1, M1=1 GoTo *L100
	Com(1)	habilita/deshabilita/detiene interrupciones desde la línea de comunicación Com(1) On/Off/Stop
	On Com(1) GoSub	Define el inicio del programa ejecutado cuando una interrupción proviene de la línea de comunicación On Com(1) GoSub *L100
	Hlt	Detiene la ejecución del programa Hlt
	Error	Genera un error. Puede ser designado durante la ejecución de un programa para detener los servos y/o apagarlos Error 9000
Pausas	Dly	Designa el tiempo de espera para continuar con el programa (0,01s) Dly 5
	Wait	Espera hasta que la variable seleccionada coincida con el valor designado Wait M_In(1)=1
Finalizar Programa	End	detiene la ejecución del programa End

➤ Herramienta [HAND]

Tabla 3-4: Funciones de la herramienta

Función	Comando	Descripción y ejemplo
Gripper	HOpen	abre el gripper designado HOpen 1
	HClose	cierra el gripper designado HClose 1

➤ Entradas y salidas

Tabla 3-5: Funciones de señales de entrada y salida

Función	Comando	Descripción y ejemplo
Asignar	Def IO	Define las variables de entrada y salida Def IO P ORT1=BIT,0
Entrada	M1=M_In	recupera la señal de entrada de uso general M1=M_In(1)
Salida	M_Out	llama la señal de salida de uso general M_Out(1)=0

➤ Programas en paralelo

Tabla 3-6: Funciones de Programas en paralelo

Función	Comando	Descripción y ejemplo
Designación de mecanismo	GetM	Adquiere el mecanismo según el número designado GetM 1
	RelM	Libera al mecanismo según el número designado RelM 1
Selección	XLoad	selecciona un programa designado para el slot designado XLoad 2, "P102"
Iniciar/Detener	XRun	lleva a cabo la ejecución del programa en paralelo designado XRun 3, "100, 0"
	XStp	detiene la ejecución del programa en paralelo designado XStp 3
	XRst	Devuelve la línea de ejecución del programa designado al principio y cambia el estado de

		selección de programa en habilitado XRst 3
--	--	--

➤ Otros

Tabla 3-7: Funciones sin categoría definida

Función	Comando	Descripción y ejemplo
Definir	Def Inte	Define la variable de tipo a número entero o real Def Inte KAISUU
	Def Char	Define la variable de cadena de caracteres Def Char MESSAGE
	Dim	Define la variable de disposición (Hasta 3 dimensiones máximo) Dim PDATA(2,3)
	Def Jnt	Define la variable Joint Def Jnt TAIHI
	Def Pos	Define la variable de posición Def Pos TORU
	Def FN	Define la función Def FN TASU(A,B)=A+B
Limpiar	Clr	limpia la señal de salida de uso general, las variables de programa, variables entre programas, etc. Clr 1
Archivo	Open	abre un archivo Open "COM1:" AS #1
	Close	cierra un archivo Close #1
	Input	introduce datos de un archivo Input# 1,M1
	Print	exporta datos a un archivo Print# 1,M1
Comentarios	Rem ""	Describe un comentario Rem "ABC"
Rotulación	*SUB	Indica el destino de una subrutina *SUB1

3.2.2 Programación

➤ Abrir y crear un archivo

-al encender el controlador aparecerá la pantalla inicio, con la información básica del brazo, firmware, modelo y fabricante, para pasar a la siguiente pantalla, se debe apretar el botón [EXE], para acceder al menú principal

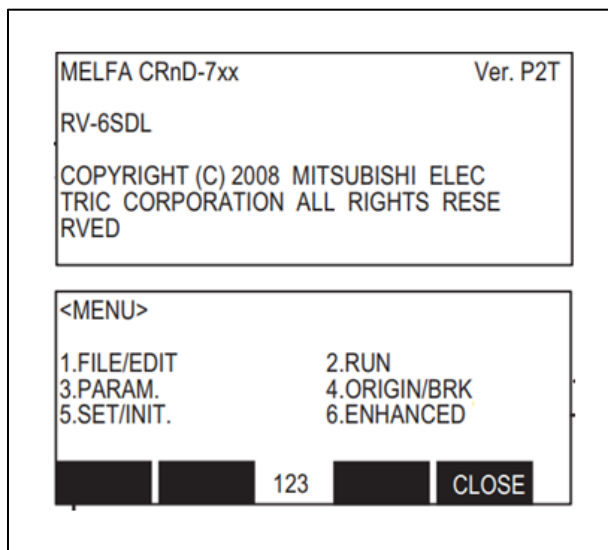


Ilustración 20: Menú inicio y Menú principal T/B

-Seleccionar el menú **1. FILE/EDIT**, para acceder a los archivos y edición de programas

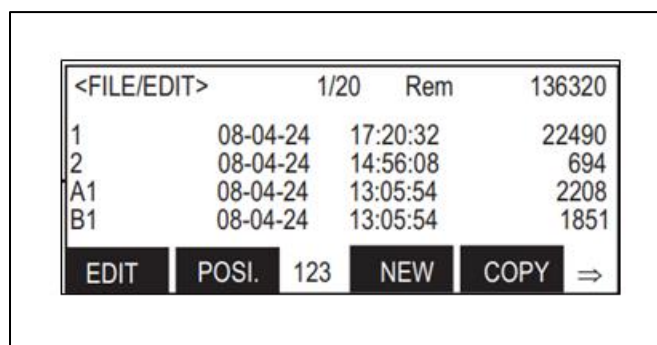


Ilustración 21: Menú FILE/EDIT

-Dentro del menú 1, se encuentra las opciones: Editar **[EDIT]**, Posiciones registradas **[POSI.]**, Nuevo programa **[NEW]**, Copiar **[COPY]**, Renombrar **[RENAME]**, Borrar **[DELETE]**, Proteger **[PRTCT]** y Cerrar **[CLOSE]**.

Para crear un nuevo programa, presionamos la tecla de función correspondiente y nos preguntara el nombre del nuevo programa, se pueden utilizar números y letras, pero no caracteres especiales. (‘‘.,*#...)

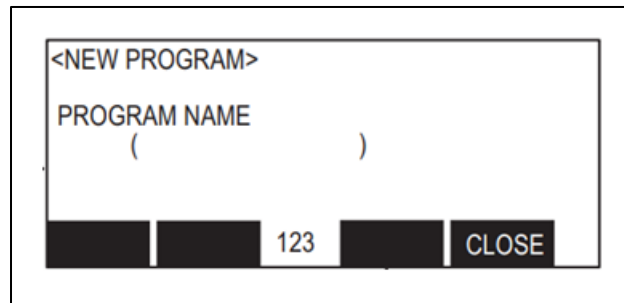


Ilustración 22: Pantalla de nombrado de Nuevo programa

-Una vez ingresado el nombre, podemos comenzar a crear el programa, pulsando **[INSERT]** para insertar una nueva línea de código, La estructura del programa es:

{N° de línea _ Función}

Donde el número de línea no se puede repetir, y si se selecciona uno ya existente se sobrescribirá en el número correspondiente y alterara el orden de programación y la función que se limita a una por línea de código, independiente del largo de esta. Dentro del menú de programa también se puede editar una línea de código existente **[EDIT]**, borrar una línea de código **[DELETE]**, grabar la posición actual del brazo en una línea de posición **[TEACH]**, al presionar la tecla **[Function]** aparecerán las funciones **[FWD]** que sube la línea de código seleccionada una posición hacia arriba, adelantando su ejecución, **[BWD]** que hace lo contrario, intercambiando la prioridad de la ejecución de la línea de código, **[JUMP]** que cambia la posición de la línea de código seleccionada a cualquier posición de la estructura del código, luego esta **[DIRECT]** y **[CHANGE]**. por último **[CLOSE]**, que cierra la edición del programa, al cerrar el programa se guarda este automáticamente.

➤ Guardar y eliminar posiciones

-Hay 2 métodos para guardar posiciones, ambas desde el menú 1, la primera es abriendo el programa y seleccionar la línea de posición (**MOV, MVC, MVR**) y presionar **[TEACH]** para guardar la posición actual del robot.

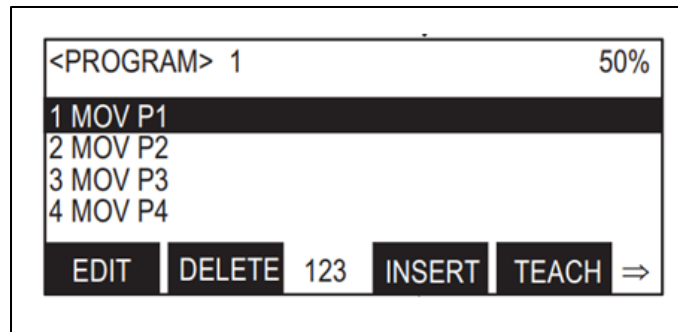


Ilustración 23: Menú de visualización de Programa T/B

Y la segunda es desde el menú **[POSI.]**, en el que se pueden ver todas las posiciones guardadas y la posición exacta de cada eje del brazo.

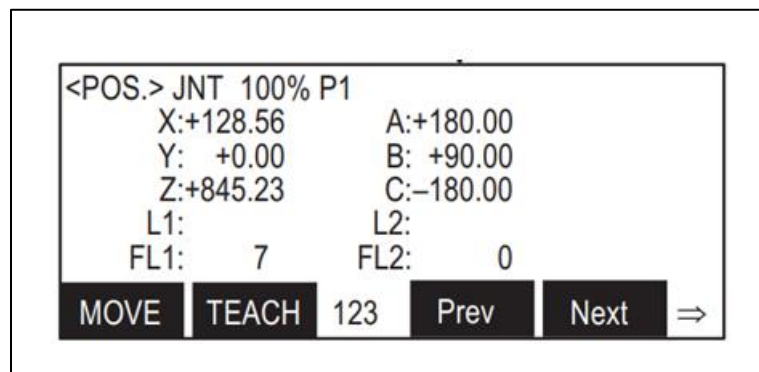


Ilustración 24: Menú [POSI.] (1)

Para instrucciones de posición hay que tener en cuenta cómo funcionan las instrucciones de movimiento: MOV, MVC, MVR1, 2 Y 3.

-Para eliminar posiciones existen 2 métodos, ambos desde el menú **[POSI.]** el primero consiste en sobrescribir la posición guardada con anterioridad con la posición actual del brazo presionando la función **[TEACH]** (recuerde revisar en la parte superior de que está cambiando la posición guardada que desea sobrescribir: P1, P2, Pos1, etc.)

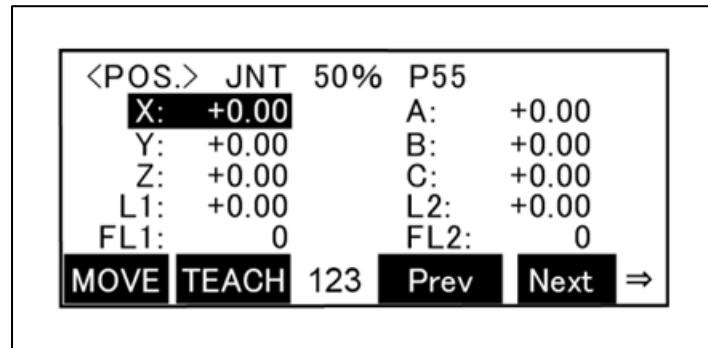


Ilustración 25: Menú [POSI.] (2)

Y el segundo método consiste en borrar completamente los datos de la posición, desde el menú **[POSI.]** presionar la tecla **[Function]** y buscar la función **[DELETE]**, al presionarlo aparecerá un cuadro preguntando si estamos seguros, después de confirmar, se puede apreciar como los datos de la variable de posición fueron completamente borrados

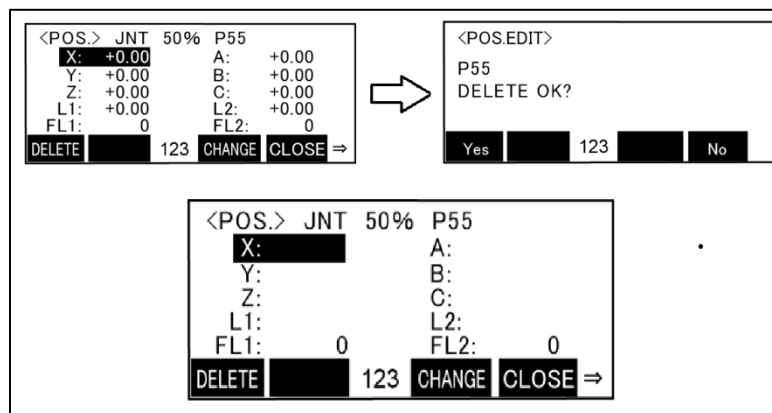


Ilustración 26: Secuencia de borrado en Menú [POSI.]

- Copiar, renombrar, proteger y borrar archivos.
-Dentro del menú **1. FILE/EDIT** se encuentran todas estas funciones, para acceder a estas es necesario presionar las teclas de funciones correspondientes, **F1**, **F2**, **F3** o **F4** dependiendo de lo que se necesite.

Copiar: para copiar es necesario seleccionar la función **[COPY]** dentro del menú 1

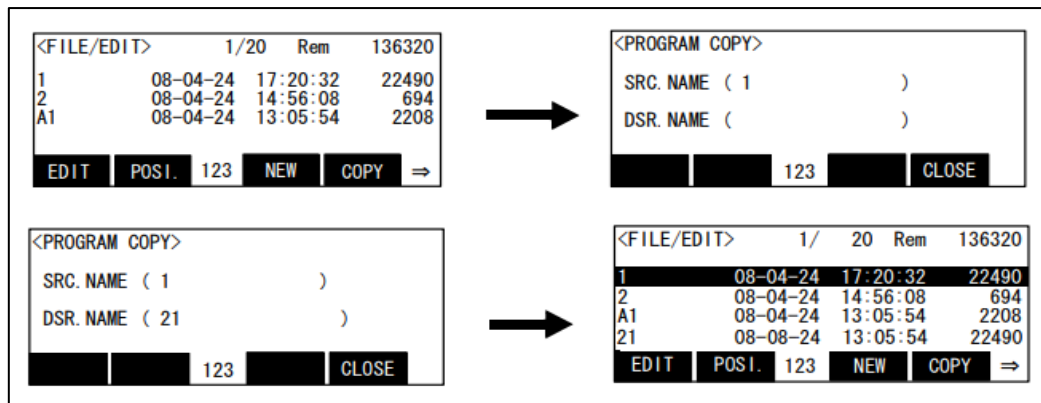


Ilustración 27: Menú de Copia

Se selecciona el programa a copiar, el nombre de este debería aparecer en **SCR. NAME (Source Name)** y luego es necesario darle un nombre a la copia, este se ingresa en **DSR. NAME (Desire Name)**, es necesario que sea distinto a cualquier nombre de programa existente para evitar conflictos de programa y errores de sistema, al terminar de escribir el nombre, presione **[EXE]** Para finalizar la operación. Es necesario recalcar que los programas con protección no pueden ser copiados

Renombrar: Para renombrar un programa es necesario buscar la función **[RENAME]**, para esto es necesario cambiar la lista de funciones disponibles en el Menú 1 con ayuda de la tecla **[FUNCTION]**, con la lista de funciones disponibles debería estar está disponible.

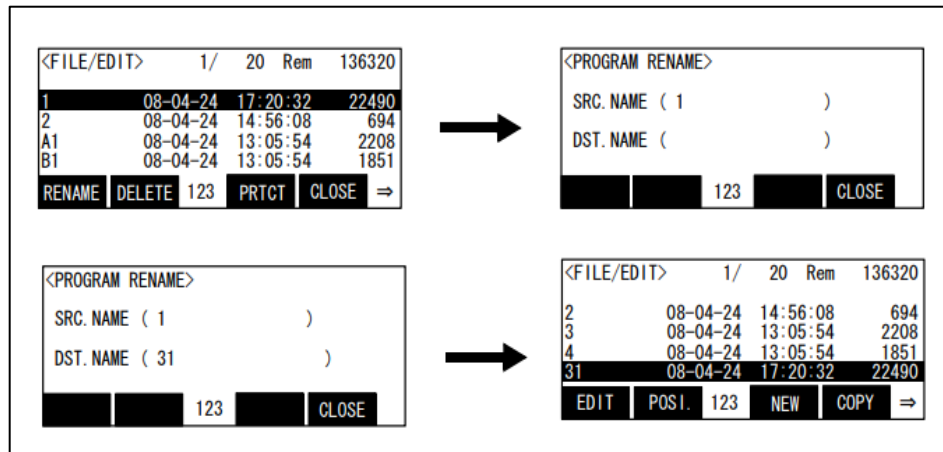


Ilustración 28: Menú Renombrar

Luego se selecciona el programa a renombrar, el nombre de este debería aparecer en **SCR. NAME (Source Name)** y luego es necesario darle el nuevo nombre deseado, al terminar de escribir el nuevo nombre, presione **[EXE]** Para finalizar la operación es necesario que sea distinto a cualquier nombre de programa existente para evitar conflictos de programa y errores de sistema.

Eliminar: Para eliminar un programa es necesario buscar la función **[DELETE]**, para esto es necesario cambiar la lista de funciones disponibles en el Menú 1 con ayuda de la tecla **[FUNCTION]**, con la lista de funciones disponibles debería estar está disponible.

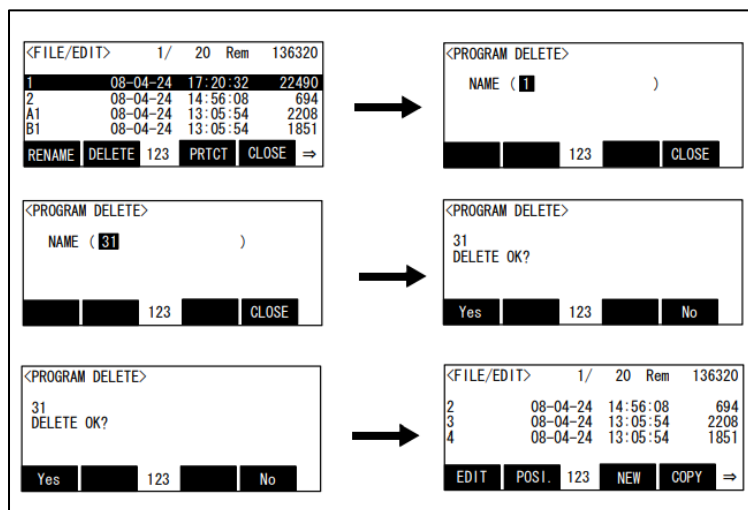


Ilustración 29: Menú Borrar

- Declarar puntos de origen de los servo-motores, Menú 4. ORIGIN/BRK

En el momento que la batería del brazo ubicada en la base de este, los datos guardados de los puntos de origen se borran del sistema, por lo que es necesario volver a ingresar los datos, para eso existe el menú **[ORIGIN/BRK]**. Y para ello es necesario acceder al desde ahí al menú **[ORIGIN]**. Existen 5 métodos para volver a ingresar los datos de los puntos de origen de los servomotores: **[DATA]** **[MECH]** **[TOOL]** **[ABS]** **[USER]**.

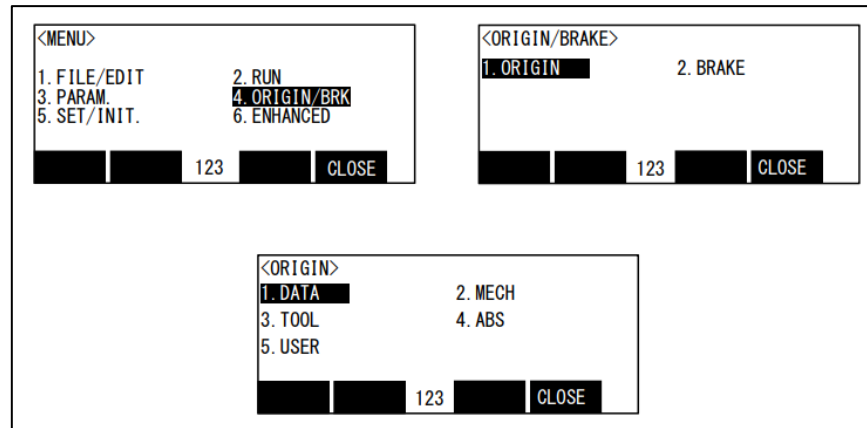


Ilustración 31: Menú 4 ORIGIN/BRK

-**[DATA]**: es el método más simple para ingresar los puntos de origen, ya que no requiere un control de los frenos de los servos. consiste en un conjunto de caracteres que forman un número de serie especial para cada servo, este está impreso en la tapa lateral de la base del brazo y es única para cada equipo. los datos deben ser ingresados manualmente, cada uno en su sección correspondiente.

● Origin data history table (Origin Data History) Serial No.ES804008

Date	Default	...	...	...
D	V!#S29			
J1	06DTYY			
J2	2?HL9X			
J3	1CP55V			
J4	T6!M\$Y			
J5	Z2IJ%Z			
J6	A12%Z0			
Method	J	J · A · U	J · A · U	J · A · U

(O: O(Alphabet), 0: Zero)

Ilustración 30: Ejemplo de tabla de números de serie de origen de los servos

<ORIGIN> DATA

D: (■)

J1 () J2 () J3 ()

J4 () J5 () J6 ()

J7 () J8 ()

123 CLOSE

Ilustración 32: Menú de Origen DATA. de puntos de origen

una vez ingresados los datos, presionar el botón **[EXE]** para aceptar los cambios.

<ORIGIN> DATA

D: (V!%S29)

J1 (06DTYY) J2 (2?HL9X) J3 (1CP55V)

J4 (T6!MSY) J5 (Z21J%Z) J6 (A12%Z0)

J7 () J8 ()

ABC CLOSE

EXE

<ORIGIN> DATA

CHANGE TO ORIGIN. OK?

Yes 123 No

F1

Ilustración 33: Menú de Origen DATA. aceptando datos ingresados

-**[MECH]**: El segundo método de posiciones de origen consiste en que el operario haga que cada servomotor llegue a su tope mecánico, también requiere el uso del modo freno, para deshabilitar la activación momentánea de estos.

<ORIGIN> MECH

J1 () J2 () J3 ()

J4 () J5 () J6 ()

J7 () J8 ()

123 CLOSE

Ilustración 34: Menú de Origen MECH

Primero hay que entrar desde el Menú **[ORIGIN/BRK]** al modo BRAKE. Dentro de este modo se puede visualizar el control de frenos de cada servomotor y con su nombre correspondiente. Para deshabilitar un freno primero es necesario presionar levemente el Deadman, luego elegir el freno que se quiere deshabilitar y cambiar su valor de 0 (Freno activado) a 1 (Freno desactivado) y mantener **[F1]** pulsado durante el tiempo que se quiera deshabilitar el freno, se recomienda deshabilitar los frenos uno a la vez.

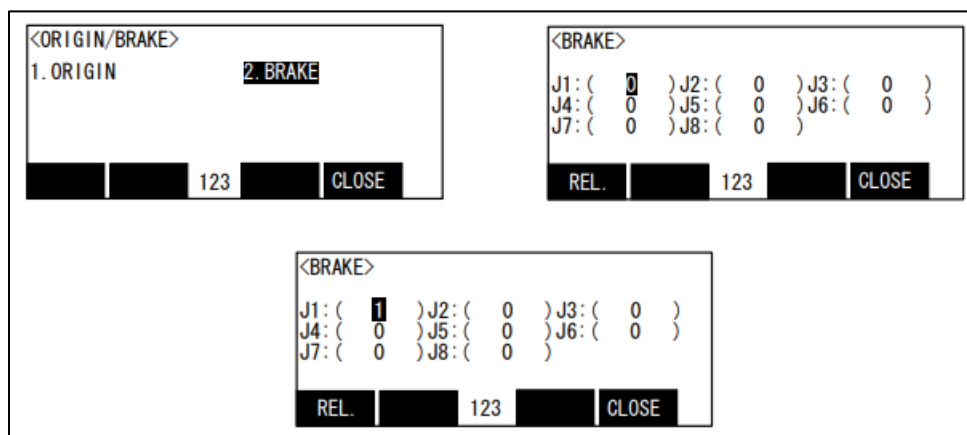


Ilustración 35: Menú BRAKE y deshabilitar frenos

Una vez deshabilitado el freno, se puede mover el brazo a su tope mecánico, todos los servomotores tienen su propio tope mecánico a excepción de J6, el cual requiere el uso de las marcas ABS para poder alinearlos.

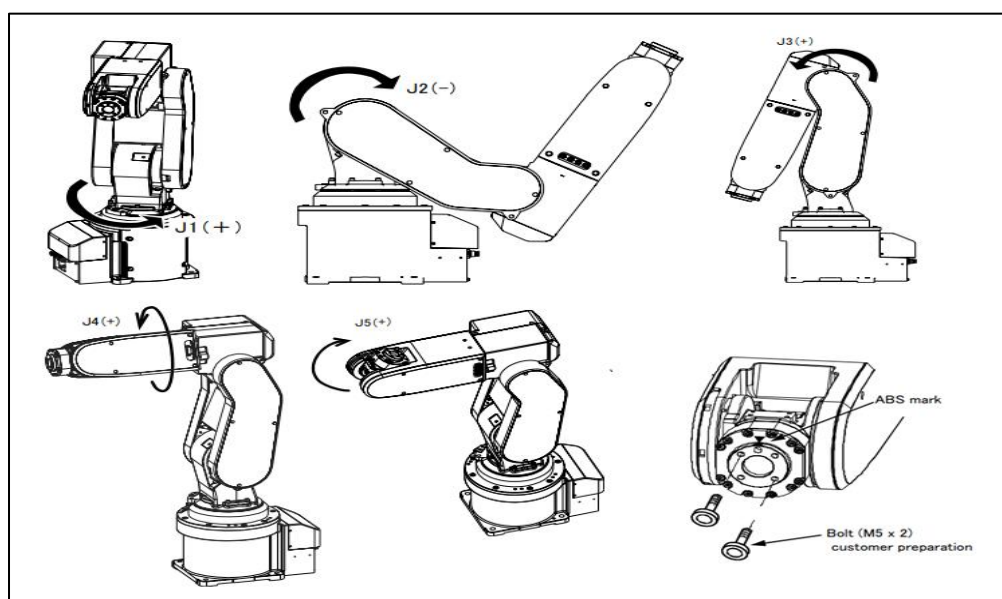


Ilustración 36: Topes mecánicos de los servomotores

Una vez alineados los segmentos del brazo es necesario registrar la posición como origen, para ello es necesario volver al menú ORIGIN y desde este seleccionar el modo MECH y para registrar la posición actual es necesario cambiar el contenido de cada uno de los servomotores (J1 ,J2 ,J3 ,J4 ,J5 ,J6) de 0 (No registrar la posición actual) a 1 (Registrar posición actual). Una vez seleccionados los puntos a registrar, presionar [EXE] y aceptar para poder registrar los puntos.

<ORIGIN> 1. DATA 2. MECH 3. TOOL 4. ABS 5. USER 123 CLOSE	<ORIGIN> MECH J1 () J2 () J3 () J4 () J5 () J6 () J7 () J8 () 123 CLOSE
<ORIGIN> MECH CHANGE TO ORIGIN. OK? Yes 123 No	<ORIGIN> MECH COMPLETED J1 () J2 () J3 () J4 () J5 () J6 () J7 () J8 () 123 CLOSE

Ilustración 37: Menú MECH, Registro de puntos de origen

-[TOOL]: Este método consiste en el uso de una herramienta especial que la provee el fabricante para hacerla calzar con dos hendiduras que se encuentran en todos los segmentos del brazo, dos por cada uno. Podría decirse de que es el método con el que viene configurado por defecto de fábrica. El método para ingresar los puntos no difiere mucho del método de [MECH], Por lo que es necesario el uso del control de frenos.

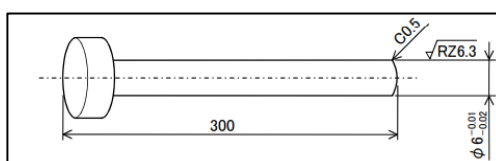


Ilustración 38: Ilustración de referencian de la herramienta (JIG)

<ORIGIN> 1. DATA 2. MECH 3. TOOL 4. ABS 5. USER 123 CLOSE
--

Ilustración 39: Menú de origen TOOL

Lo primero que hay que hacer es acceder al menú **[BRAKE]** para poder manipular los frenos, una vez dentro del menú, se podrá tener el control de los frenos de cada servomotor y con su nombre correspondiente. Para deshabilitar un freno primero es necesario presionar levemente el Deadman, luego elegir el freno que se quiere deshabilitar y cambiar su valor de 0 (Freno activado) a 1 (Freno desactivado) y mantener **[F1]** pulsado durante el tiempo que se quiera deshabilitar el freno. se recomienda deshabilitar los frenos uno a la vez.

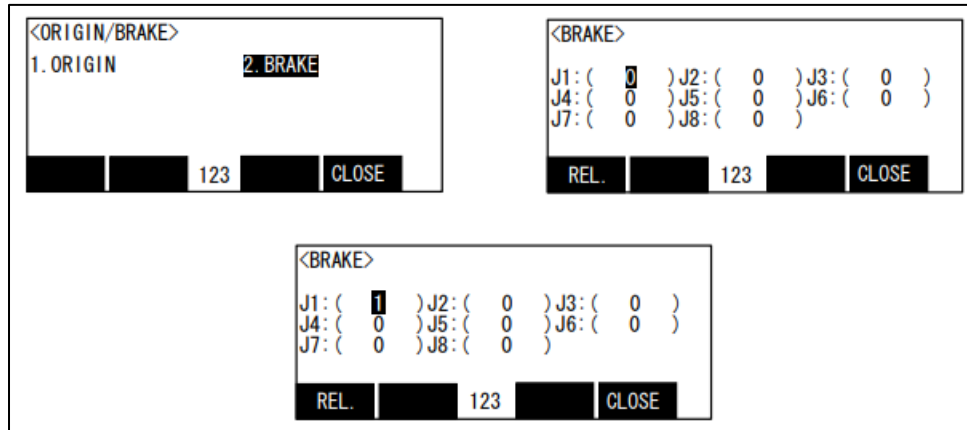


Ilustración 40: Menú BRAKE (TOOL)

Una vez deshabilitado el freno, se puede mover el brazo hasta hacer calzar las hendiduras de la herramienta (JIG), todos los servomotores tienen sus propias hendiduras a excepción de J6, el cual requiere el uso de las marcas ABS para poder alinearlo, y además el segmento J5 requiere que se remueva la tapa para poder acceder a la hendidura de alineación.

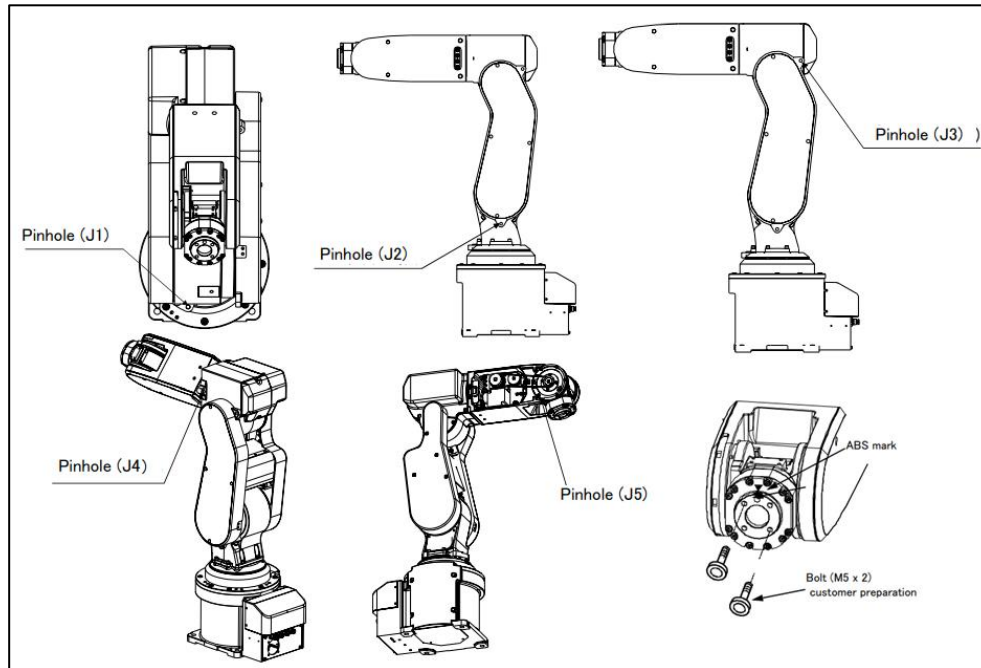


Ilustración 41: Alineación de hendiduras para ajuste de origen TOOL

Una vez alineados los segmentos del brazo es necesario registrar la posición como origen, para ello es necesario volver al menú ORIGIN y desde este seleccionar el modo TOOL y para registrar la posición actual es necesario cambiar el contenido de cada uno de los servomotores (J1 ,J2 ,J3 ,J4 ,J5 ,J6) de 0 (No registrar la posición actual) a 1 (Registrar posición actual). Una vez seleccionados los puntos a registrar, presionar [EXE] y aceptar para poder registrar los puntos.

<ORIGIN> 1. DATA 2. MECH 3. TOOL 4. ABS 5. USER REL. 123 CLOSE	<TOOL> J1: (1) J2: (1) J3: (1) J4: (1) J5: (1) J6: (1) J7: (0) J8: (0) REL. 123 CLOSE
<ORIGIN> TOOL CHANGE TO ORIGIN. OK? Yes 123 No	<TOOL> COMPLETED J1: (0) J2: (0) J3: (0) J4: (0) J5: (1) J6: (1) J7: (0) J8: (0) REL. 123 CLOSE

Ilustración 42: Menú TOOL, registro de punto de origen

-[ABS]: Este método de registro de origen consiste en guardar la posición basado en ángulo de rotación, se utiliza para suprimir variaciones en los valores de origen y reproducir la posición de origen inicial con precisión. Para poder conseguir hacer esto, se deben alinear cada uno de los segmentos del brazo con unas marcas plasmadas en la estructura, este método es relativamente simple y sigue la misma estructura de acción que [TOOL] y [MECH] por lo que es necesario acceder al control de frenos para poder alinear el brazo.

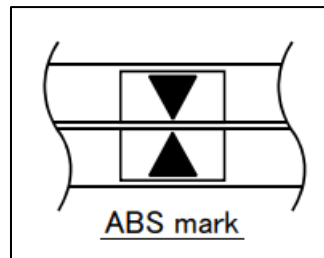


Ilustración 44: Marca ABS

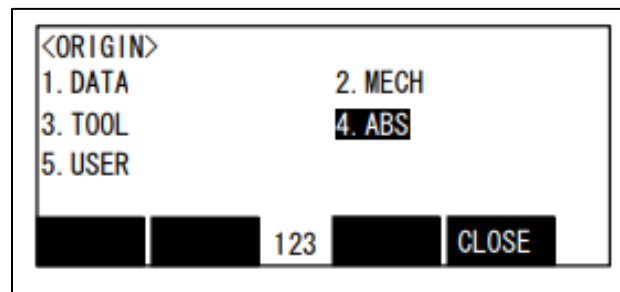


Ilustración 43: Menú de Origen ABS

Lo primero que hay que hacer es acceder al menú [BRAKE] para poder manipular los frenos, una vez dentro del menú, se podrá tener el control de los frenos de cada servomotor y con su nombre correspondiente. Para deshabilitar un freno primero es necesario presionar levemente el Deadman, luego elegir el freno que se quiere deshabilitar y cambiar su valor de 0 (Freno activado) a 1 (Freno desactivado) y mantener [F1] pulsado durante el tiempo que se quiera deshabilitar el freno. se recomienda deshabilitar los frenos uno a la vez.

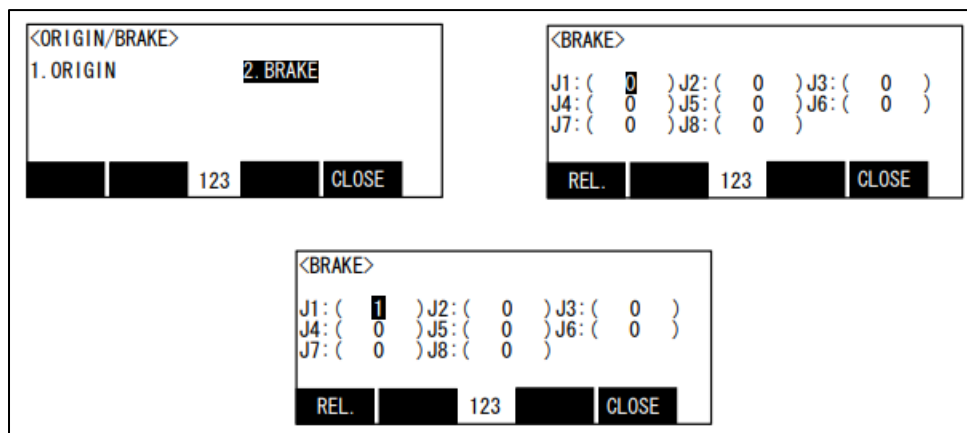


Ilustración 46: Menú BRAKE (ABS)

Una vez deshabilitado el freno, se puede mover el brazo hasta hacer calzar las marcas del brazo (ABS), todos los servomotores tienen sus propias marcas.

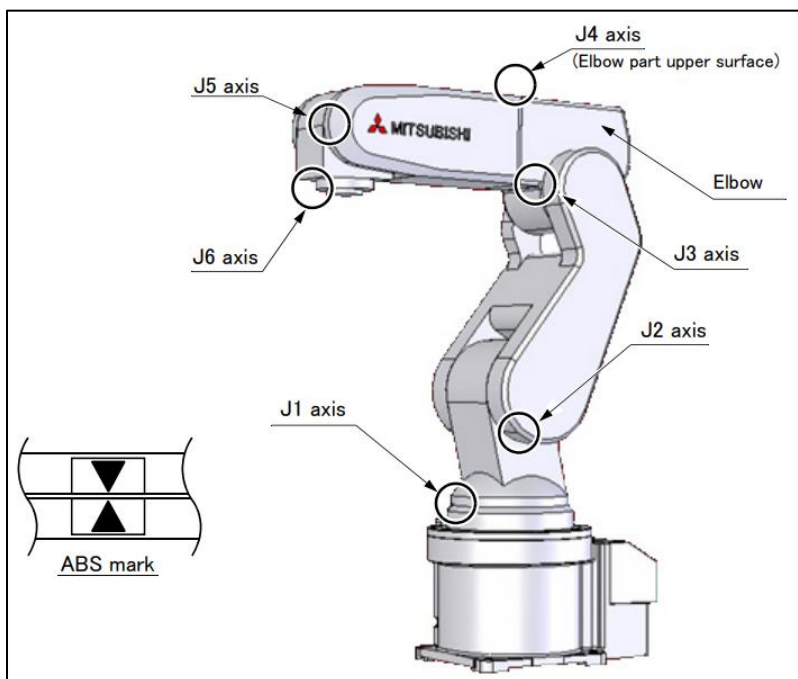


Ilustración 45: Ubicación marcas ABS en el brazo

Una vez alineados los segmentos del brazo es necesario registrar la posición como origen, para ello es necesario volver al menú ORIGIN y desde este seleccionar el modo ABS y para registrar la posición actual es necesario cambiar el contenido de cada uno de los servomotores (J1 ,J2 ,J3 ,J4 ,J5 ,J6) de 0 (No registrar la posición actual) a 1 (Registrar posición actual). Una vez seleccionados los puntos a registrar, presionar **[EXE]** y aceptar para poder registrar los puntos.

The figure consists of four screenshots arranged in a 2x2 grid, showing the steps to register origin points in the ABS menu.

- Top Left:** The '<ORIGIN>' menu is shown with options 1. DATA, 2. MECH, 3. TOOL, 4. ABS (highlighted), and 5. USER. At the bottom are fields for '123' and a 'CLOSE' button.
- Top Right:** The '<ABS>' menu is shown with a table of joint positions:

J1: (1)	J2: (0)	J3: (0)
J4: (0)	J5: (0)	J6: (0)
J7: (0)	J8: (0)	

 At the bottom are fields for 'REL.', '123', and a 'CLOSE' button.
- Bottom Left:** A confirmation screen with the text '<ORIGIN> ABS' and 'CHANGE TO ORIGIN. OK?'. At the bottom are 'Yes' and 'No' buttons, with '123' in the middle.
- Bottom Right:** The '<ABS>' menu is shown with the word 'COMPLETED' in the top right corner. The joint positions table is the same as in the top right. At the bottom are fields for 'REL.', '123', and a 'CLOSE' button.

Ilustración 47: Menú ABS, Registro de puntos de origen

-**[USER]**: Este método de Origen consiste en permitirle al usuario utilizar su propio criterio para los puntos de origen del brazo. este método depende más de las preferencias del usuario por lo que el uso del control de frenos dependerá del criterio de este.

The figure shows a single screenshot of the '<ORIGIN>' menu. The options are 1. DATA, 2. MECH, 3. TOOL, 4. ABS, and 5. USER (highlighted). At the bottom are fields for '123' and a 'CLOSE' button.

Ilustración 48: Menú de origen USER

Una vez alineados los segmentos del brazo de la forma que el usuario vea pertinente, es necesario registrar la posición como origen, para ello es necesario volver al menú ORIGIN y desde este seleccionar el modo USER y para registrar la posición actual es necesario cambiar el contenido de cada uno de los servomotores (J1 ,J2 ,J3 ,J4 ,J5 ,J6) de 0 (No registrar la posición actual) a 1 (Registrar posición actual). Una vez seleccionados los puntos a registrar, presionar **[EXE]** y aceptar para poder registrar los puntos.

<ORIGIN> 1. DATA 2. MECH 3. TOOL 4. ABS 5. USER REL. 123 CLOSE	<USER> J1: (1) J2: (0) J3: (0) J4: (0) J5: (0) J6: (0) J7: (0) J8: (0) REL. 123 CLOSE
<ORIGIN> USER CHANGE TO ORIGIN. OK? Yes 123 No	<USER> COMPLETED J1: (1) J2: (0) J3: (0) J4: (0) J5: (0) J6: (0) J7: (0) J8: (0) REL. 123 CLOSE

Ilustración 49: Menú USER, Registro de puntos de origen

➤ Uso de menú JOG, GRIPPER y control de velocidad.

-JOG: El menú JOG es el menú del modo de funcionamiento manual del brazo robótico, este permite controlar los servomotores de distintos modos, la forma de acceder a este modo es con el TB, pero también requiere de otras condiciones: tener los servomotores activados, mantener el Deadman Switch (Enable Switch) en una posición correcta.



Ilustración 50: TB modo JOG (Teclas)

switch ENABLE		switch ENABLE	Servo ON	Servo status
	Posición 1	OFF	Deshabilitado	Servo OFF
	Posición 2	ON	Habilitado	Servo ON Habilitado
	Posición 3	OFF	Deshabilitado	Servo OFF

Ilustración 51: Deadman Switch (Enable Switch)

Los modos de funcionamiento JOG son 5 en total, **[JOINT]**, **[XYZ]**, **[TOOL]**, **[3-XYZ]**, **[CYLINDER]** Y **[WORK]**, todos ellos varían en los puntos de referencia para el movimiento, para seleccionar los modos de funcionamiento JOG, es necesario pulsar la Tecla JOG (1). para entrar al menú JOG, esto puede hacerse desde cualquier otro menú, pero se recomienda hacerse desde el menú de programa para grabar posiciones más rápidamente, desde el menú JOG se pueden elegir los distintos modos JOG'S disponibles.

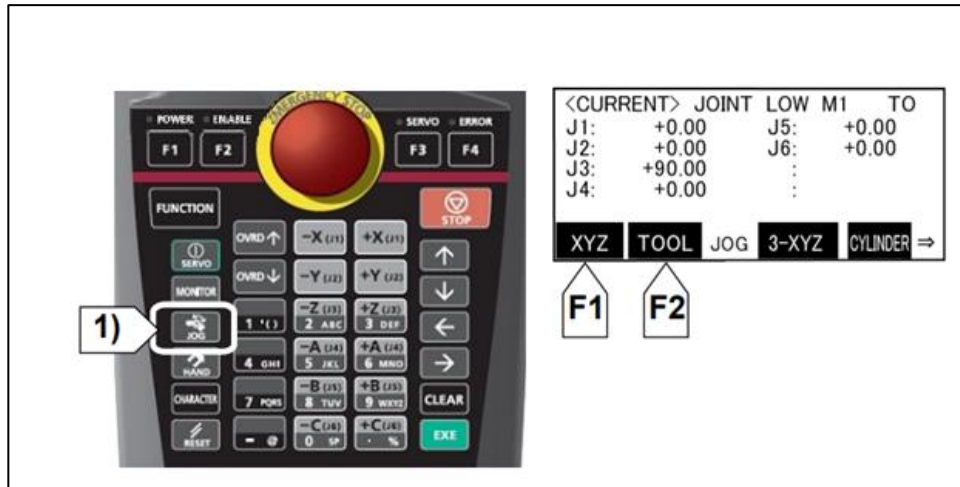


Ilustración 52: Modo JOG

[JOINT]: Este modo permite el control individual de cada servomotor.

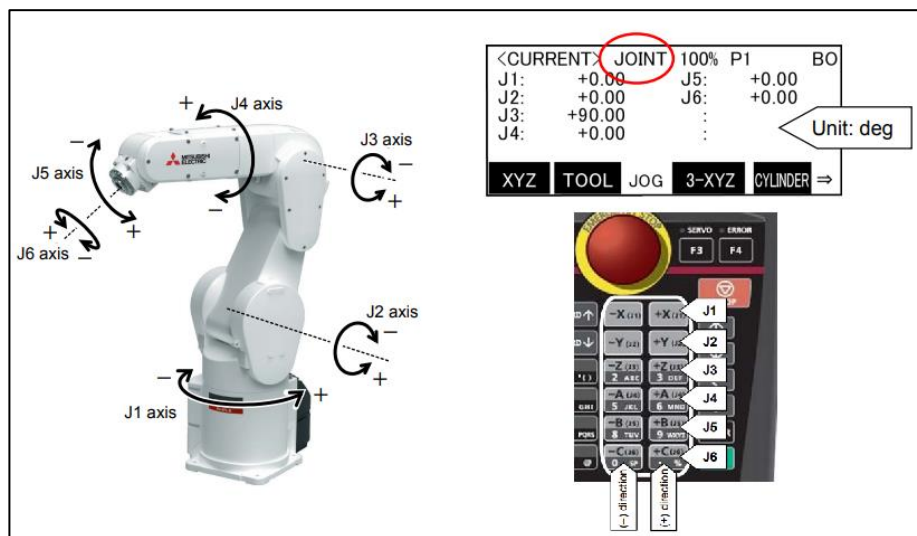


Ilustración 53: Modo JOG-JOINT

[XYZ]: permite el movimiento del brazo en el eje coordinado XYZ con el brazo como referencia.

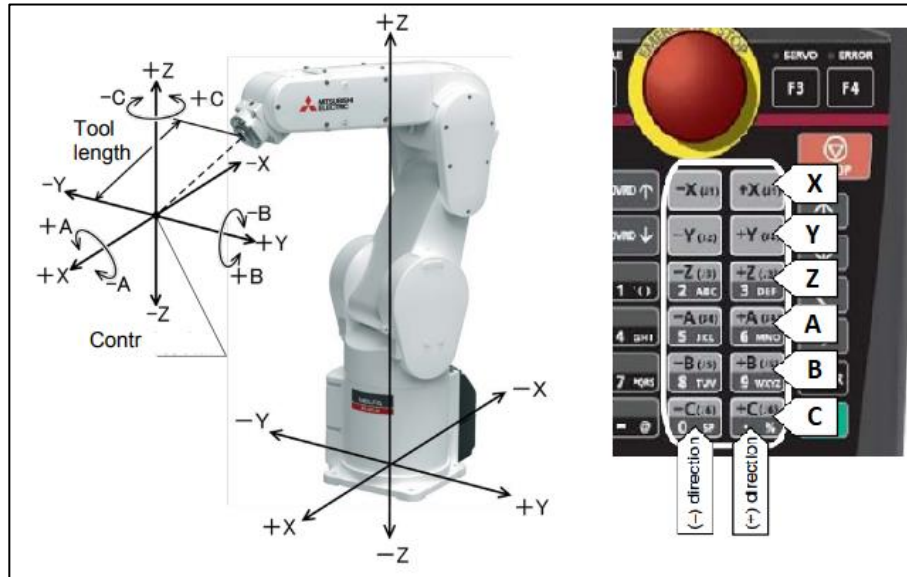


Ilustración 54: Modo JOG-XYZ

[TOOL]: permite el movimiento del brazo en el eje coordinado XYZ con el gripper como referencia.

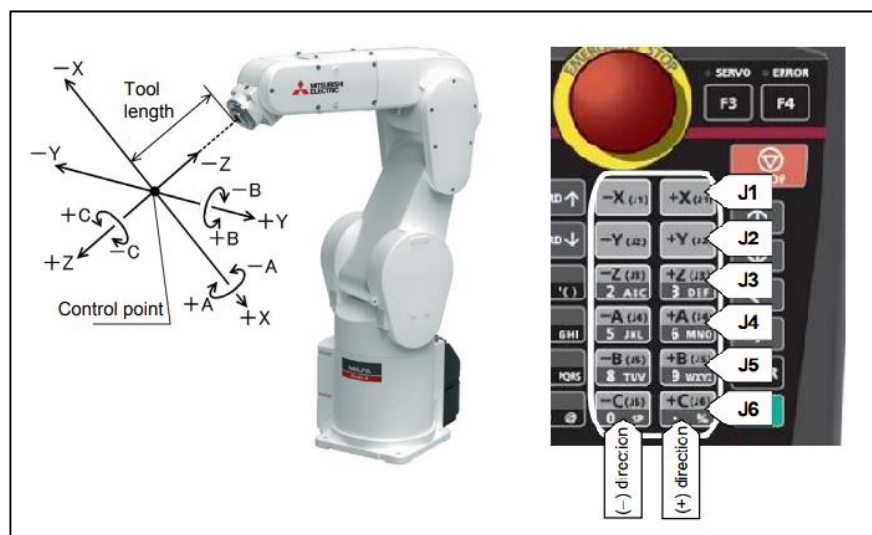


Ilustración 55: Modo JOG-TOOL

[3-XYZ]: permite el movimiento del brazo en el eje coordinado XYZ con el brazo como referencia, a diferencia del modo **[XYZ]**, el brazo se controla de la misma manera que en el modo **[JOINT]** a partir del J4, J5 y J6

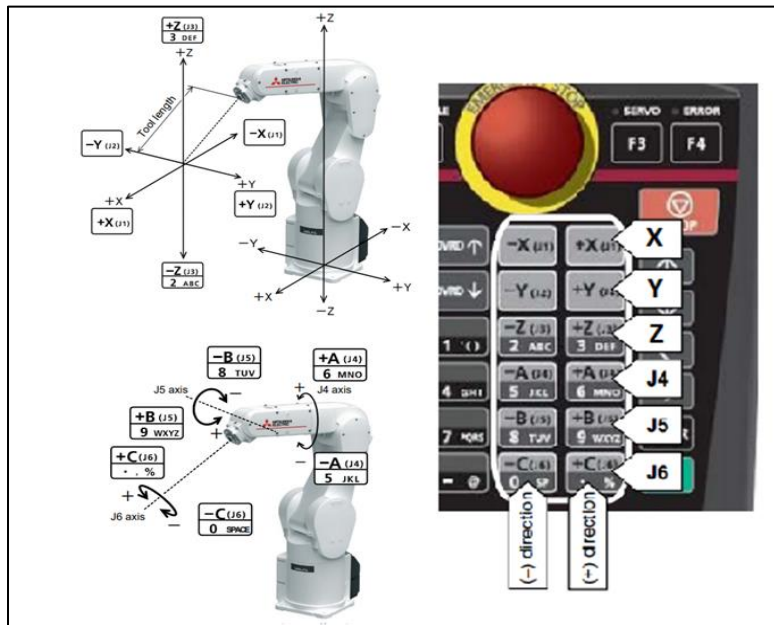


Ilustración 56: Modo JOG-3-XYZ

[CYLINDER]: permite al brazo moverse de forma cilíndrica con respecto a la base, los ejes A, B & C se mueven de la misma forma que el modo **[XYZ]**.

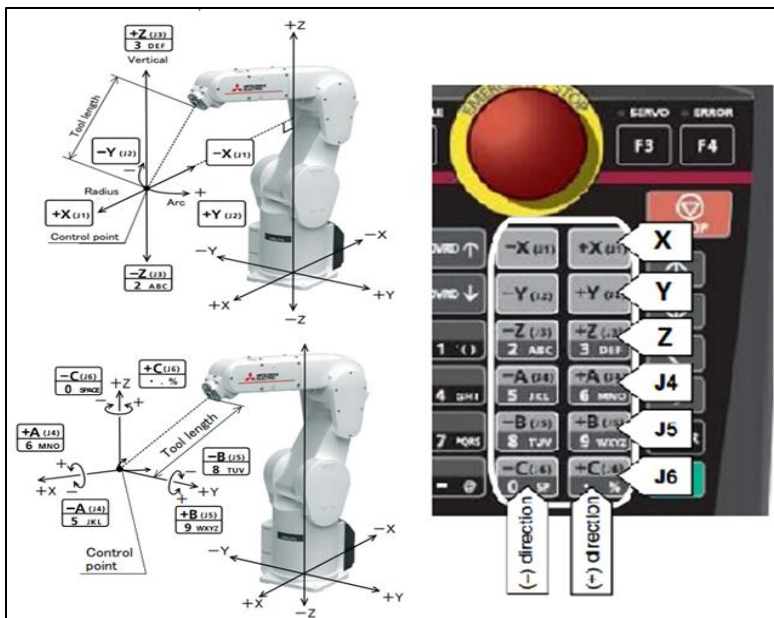


Ilustración 57: Modo JOG-CYLINDER

[WORK]: permite el movimiento del brazo en el eje coordinado XYZ con una superficie de trabajo como referencia, además este mantiene el alineamiento del gripper este durante el movimiento.

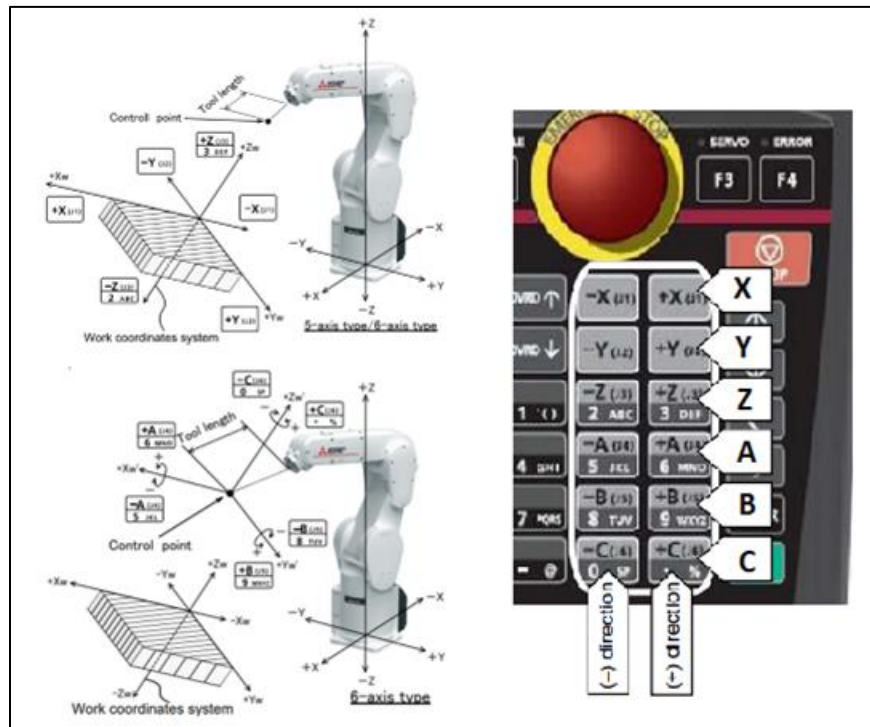


Ilustración 58: Modo JOG-WORK

-Este modo requiere el ingreso de los datos de referencia, para hacerlo primero se debe ingresar al modo **WORK COORDINATE**, para ello en el menú principal se selecciona el menú

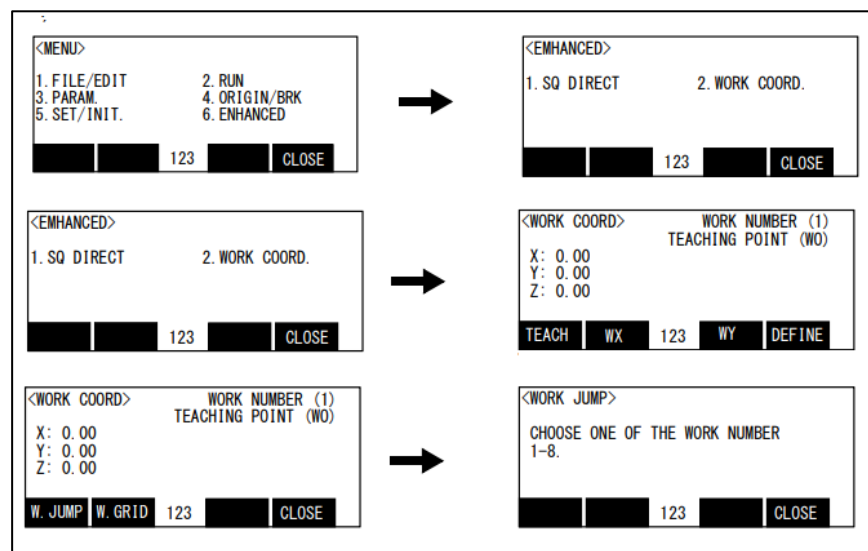


Ilustración 59: Modo ENHANCED, WORK COORD.

[**ENHANCED**], dentro de este hay 2 menús, [**SQ DIRECT**], que sirve para ver la línea de ejecución actual del programa en ejecución. Y [**WORK COORD**], que sirve para guardar la posición del área de trabajo del modo WORK. Una vez seleccionado [**WORK COORD**], se debe seleccionar el slot de las coordenadas que se van a ingresar, para ello se pulsa la tecla de función correspondiente a W. JUMP y se elige un slot del 1 al 8.

Luego de elegir el slot, se deben ingresar las coordenadas de los 3 puntos de referencia del modo WORK: WO (WORK origen), WY (WORK eje Y) y WX (WORK eje X)

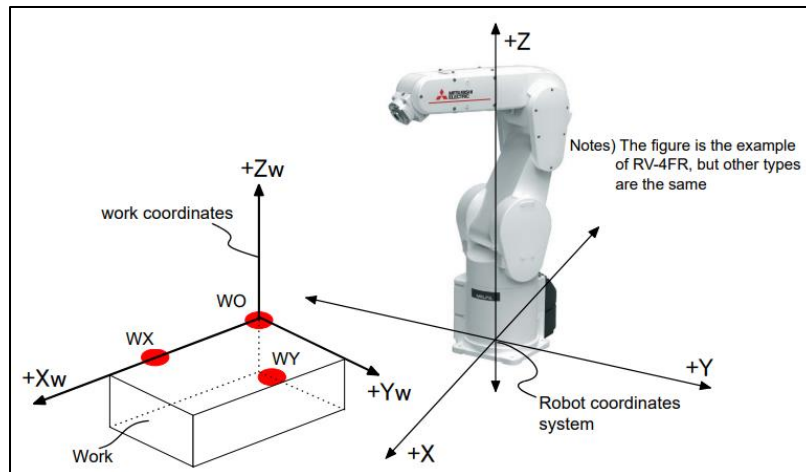


Ilustración 60: Representación de modo WORK

Para comenzar a ingresar los puntos es necesario colocar el brazo en las posiciones deseadas para el origen, X & Y individualmente, asegúrese de que en el menú se muestra el mensaje “TEACING POINT (WO/WX/WY)” con el punto deseado, este se puede cambiar desde el mismo menú utilizando la tecla [**FUNCTION**] con la función correspondiente, para cambiar la posición actual del brazo utilice el modo JOG. Una vez que el punto es el correcto presione la tecla de función (F1,F2,F3,F4) correspondiente a TEACH para guardar la posición.

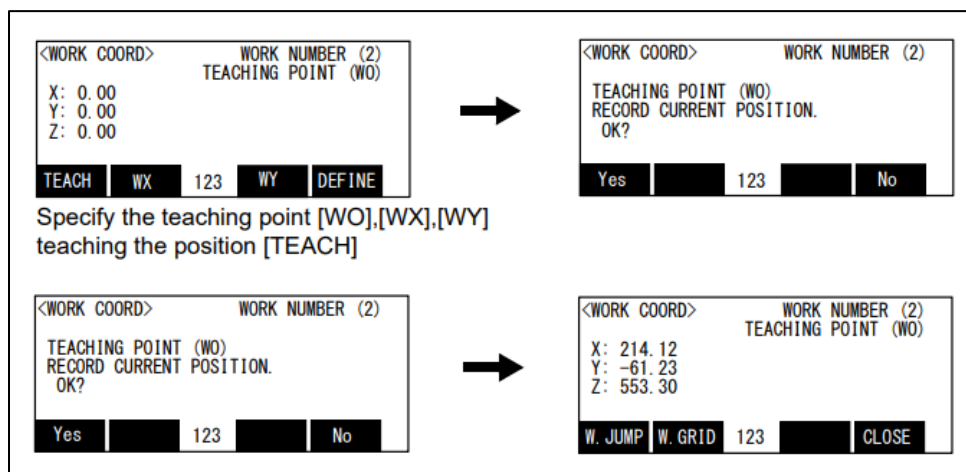


Ilustración 61: WORK COORD. guardado de posiciones

Si se presiona la tecla CLOSE, toda la operación será cancelada. Este proceso se debe hacer con todos los puntos de referencia, una vez terminado se debe completar el proceso, para esto se debe presionar la tecla DEFINE para que el sistema calcule el sistema de coordenadas de 3 puntos y el resultado de este aparecerá en pantalla.

si el resultado del cálculo es erróneo e incalculable (si hay 3 puntos en una línea recta, o si hay 2 puntos que se superponen), una alarma se activara y solicitara reingresar los puntos.

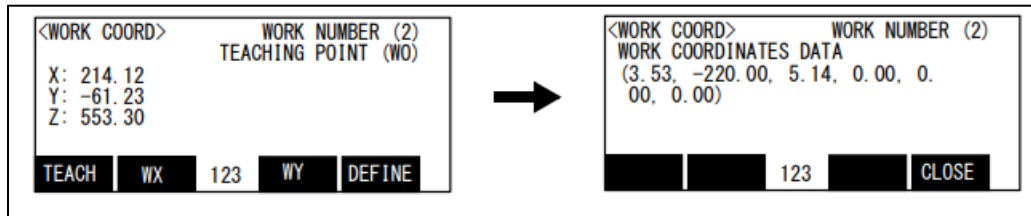


Ilustración 62: WORK COORD, definir puntos

Una vez definidos, para terminar, solo presione la tecla CLOSE y regrese hasta el menú principal. (El proceso de definición de posiciones también se puede realizar con [W. GRID]).

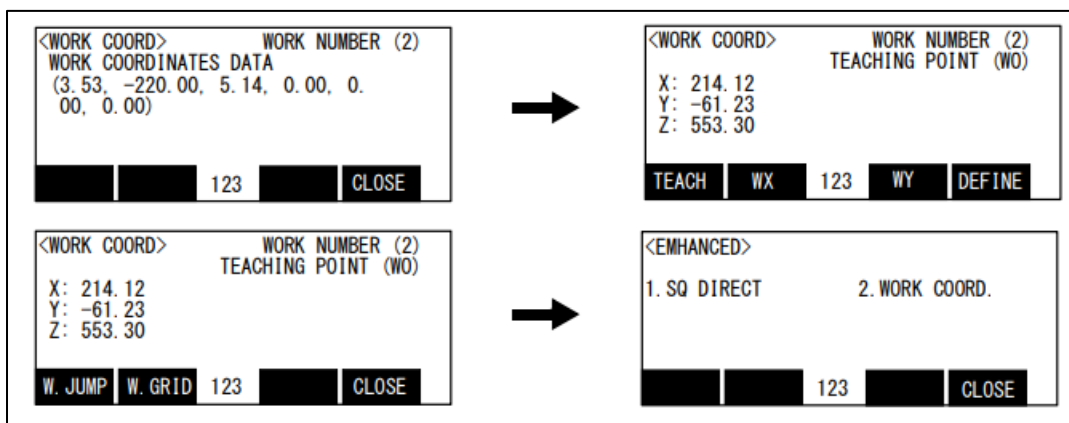


Ilustración 63: WORK COORD, finalizar y volver al menú principal

todas las funciones JOG anteriormente descritas están atadas a un control de velocidad, el cual está limitado por el TB y el modo manual, y es una que tiene el rango limitado por el fabricante, siendo esta una razonablemente segura para funcionamiento manual, esta está representada en porcentajes y va desde el 3% hasta el 100% (la velocidad máxima de funcionamiento en modo manual y el modo automático tienen una gran variación una de la otra), para controlar la velocidad de funcionamiento hay 2 botones: **[OVRD ↑]** Y **[OVRD ↓]**. y los indicadores de velocidad se pueden encontrar en la parte superior de la pantalla del TB en el menú JOG y otros modos de funcionamiento que muestren el programa o contenido referencial a este.

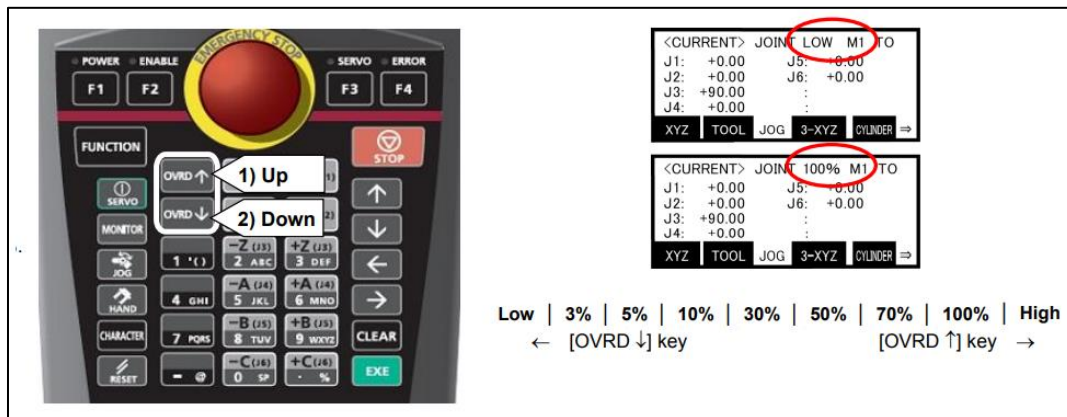


Ilustración 64: Control de velocidad [OVRD]

- Por otro lado, la mano o gripper, funciona con su propio menú, el cual contiene información de las salidas y entradas digitales limitadas, disponibles para su monitoreo, para acceder a este, los pasos son similares a los del menú JOG. El primer paso es presionar el botón **[HAND]** (1) en el TB para iniciar el modo HAND y acceder al menú HAND, dentro de este se encuentran los distintos dispositivos asociados a mano, herramienta o gripper disponibles y algunas entradas y salidas digitales relacionadas a estos. En el caso del brazo en laboratorio de celda, se refiere a los actuadores neumáticos.

en el menú se muestran las salidas desde los bit 900 al 907, las cuales están específicamente reservadas para el uso del gripper o herramienta, y las entradas desde el bit 900 al 907 están destinadas para sensores de posición diseñados para estos/estas.

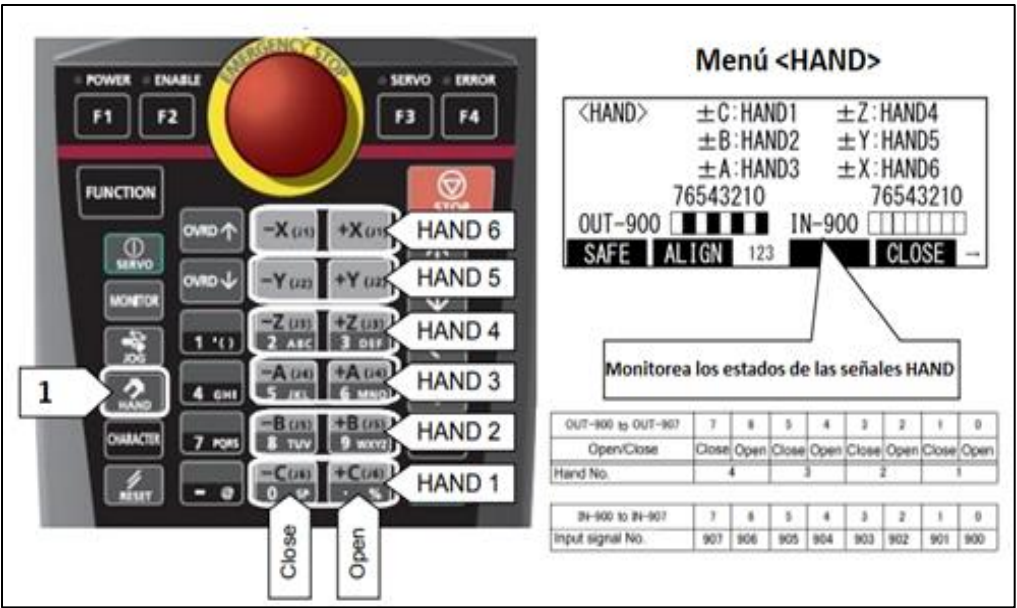


Ilustración 65: Modo HAND

➤ Menú de monitoreo de operaciones (Entradas/Salidas y Variables)

Menú dedicado al monitoreo de componentes externos (e internos), y direccionamiento de estos. De estos depende la implementación de actuadores y sensores. el menú contiene los Siguientes submenús de monitoreo (se omiten INPUT REG., OUTPUT REG. Y VARIABLE):

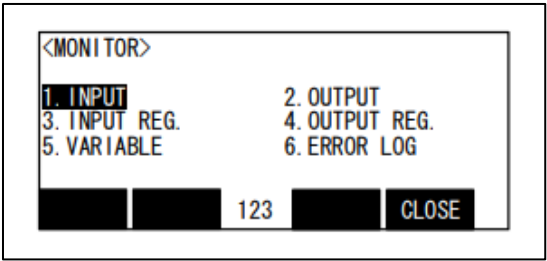


Ilustración 66: Modo MONITOR

-1.INPUT: Monitor de señales de entrada, verifica el estado de las entradas disponibles, el menú permite el monitoreo en tiempo real de las entradas 36 a la vez, de las +900 disponibles, el monitor representa los cuadrados en blanco como entradas inactivas y las ennegrecidos como activas. para navegar a través de las entradas están los botones [Prev] y [Next], que saltan de 36 entradas a la vez. y el botón [NUMBER] que permite saltar a una entrada específica.

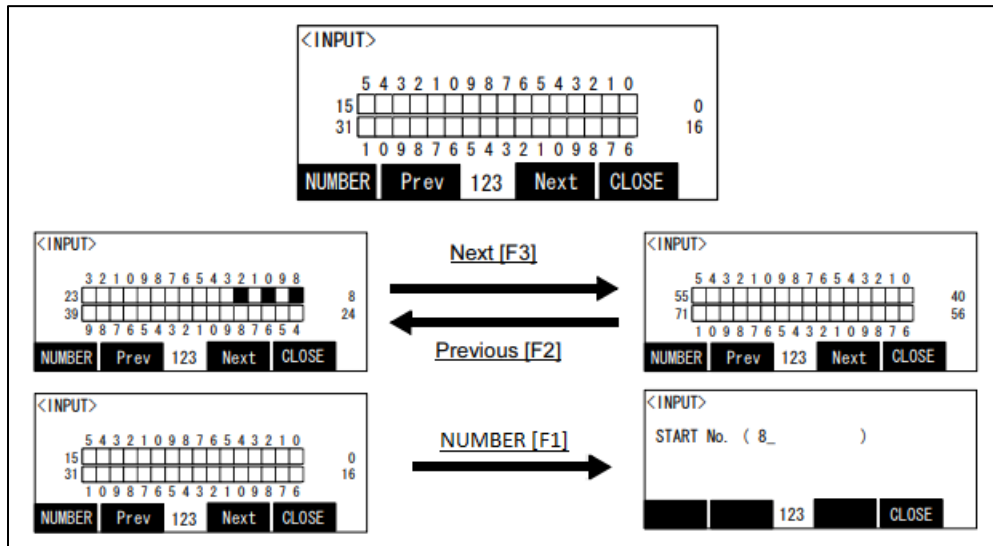


Ilustración 67: Monitor input, navegación de entradas

-2.OUTPUT: Monitor y controlador de señales de salida. Verifica y controla el estado de las salidas digitales, permitiendo comprobar el estado de una salida y modificar dicha salida (control ON/OFF), al igual que el modo Input, los cuadrados ennegrecidos significan que la salida se encuentra activada y emblanquecida inactiva, el modo Output cuenta con +900 salidas digitales y también cuenta con las mismas restricciones de monitoreo (36 salidas en paralelo). Para navegar a través de las salidas están los botones [Prev] y [Next], que saltan de 36 salidas a la vez. y el botón [NUMBER] que permite saltar a una salida específica, además permite la modificación del estado de 16 salidas, comenzando por la que fue seleccionada, para cambiar el estado solo se requiere cambiar el bit de salida, de 0 a 1 para activar y de 1 a 0 para desactivar y al terminar, presionar [EXE] para confirmar.

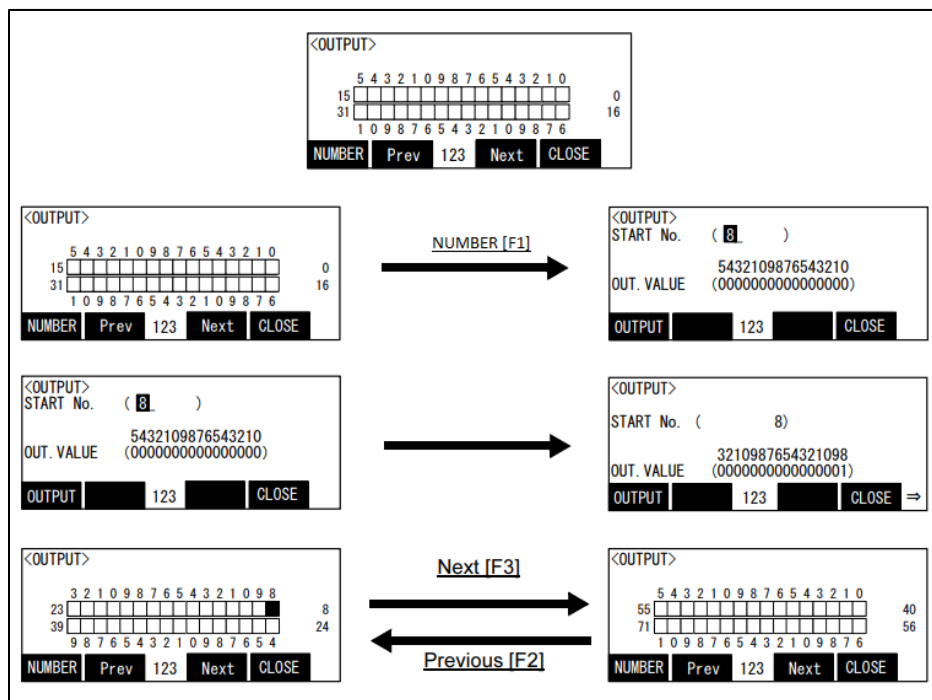


Ilustración 69: Monitor Output, Navegación y Control de salidas

-ERROR LOG: registro de errores de brazo/controlador, incluyendo código de error, descripción, fecha y hora, para navegar el menú se utilizan las flechas del TB.

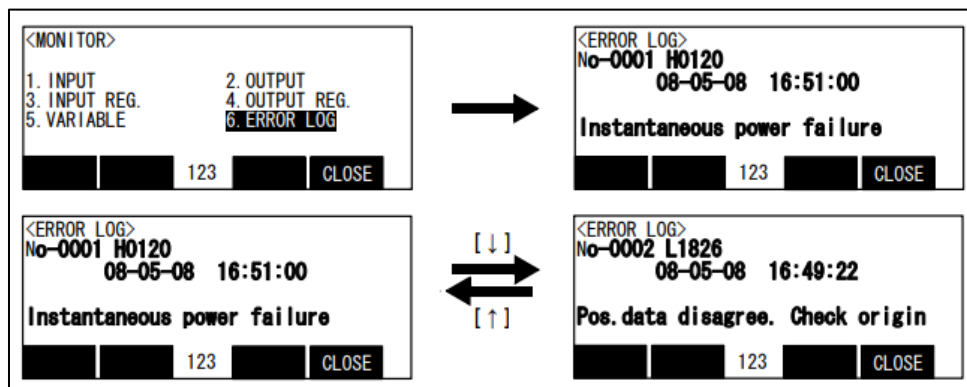


Ilustración 68: Monitor Error log, navegación

3.3 Software

El modelo del brazo robótico Melfa Rv-2sdb es compatible con varios softwares de programación, siendo esa una de las razones del porque es tan versátil, la gran mayoría de estas permiten generar una pequeña simulación de programa, otras permiten tener simulación, prueba de fallos y control en tiempo real del funcionamiento del brazo, la principal razón del porque son tan convenientes las herramientas de programación y simulación es porque permiten ver posibles errores, colisiones inesperadas, soluciones más eficientes y distintas formas de resolver un mismo problema o simular el trabajo en conjunto con otros equipos, que al final terminan influyendo en la programación (tiempos de espera, activación de bits, activación de subrutinas, etc.), existen 4 softwares de programación bien documentados que son compatibles con el brazo, pero de estos solo 2 serán explicados.

➤ CIROS

Software diseñado por Festo, es un software para simulación de PLC y programación fuera de línea para sistemas de automatización controlados por PLC y sistemas de manufactura, procesamiento y almacenamiento distribuidos por Festo, uno de estos sistemas es el MPS 500, la celda flexible ubicada en el laboratorio de celda es una versión más pequeña, basada en el MPS 500, contiene librerías de todos los componentes utilizados en la celda y sus otros productos. Este programa requiere de una licencia especial otorgada por Festo.

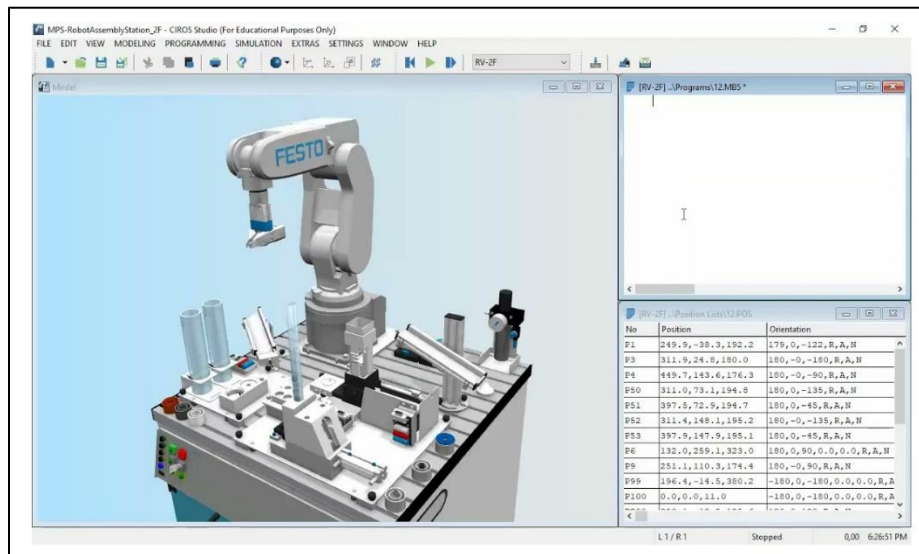


Ilustración 70:CIROS

➤ Cosimir

Software de simulación diseñado por IRF (Instituto de investigación robótica) y EFR (EF robotertechnik GmbH), su nombre proviene de Cell Oriented SIMulation of Industrial Robots o simulador Orientado a Celdas de Robots Industriales. Es una aplicación orientada para simulación, diseño y modelaje de sistemas de producción robotizados, posee una interfaz de diseño y programación amigable, que permite un fácil manejo. Además de que cuenta con una librería de distintos elementos, PLC's, fuentes de poder, robots, pinzas, herramientas, sistemas neumáticos (alimentadores, actuadores, etc.), sensores, etc. Este software cuenta con una versión disponible en línea para propósitos educativos y se puede conseguir de manera gratuita, sin mayor dificultad, a diferencia de los otros softwares disponibles.

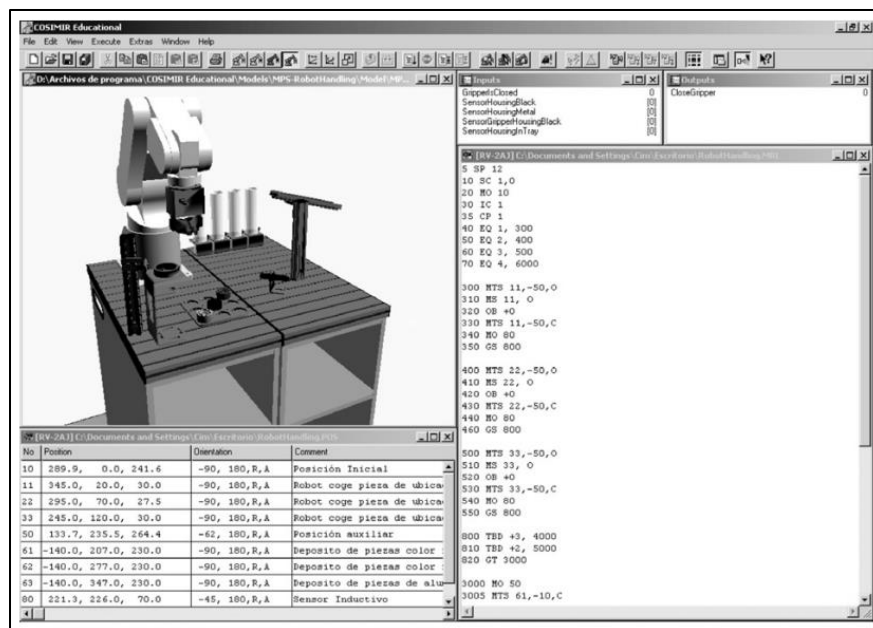


Ilustración 71: Cosimir

Anexo: Laboratorios

Laboratorio 1

Tabla Lab 1-1: Contenido Laboratorio 1

Título del laboratorio: Equipamiento, Definición y Control Manual en modo JOG (Joint & Work)
Objetivo: Identificar el brazo robótico y los componentes con los que trabaja, repasar contenido básico, además de utilizar el TB para mover el brazo desde las funciones de control manual del modo JOG
Equipo necesario: Brazo robótico Mit-Fes. RV-2SDB Teach Pendant R32TB Controlador CR1DA-771
Antes de empezar: -Realizar únicamente los procesos y procedimientos indicados en el laboratorio. -Leer atentamente cada uno de los enunciados antes de comenzar a manipular el brazo robótico. -Recuerde que el equipo al funcionar puede causar daño al operador o a cualquier individuo que se encuentre alrededor de la zona de trabajo del brazo, proceder con cautela en lo que corresponda a funcionamiento automático del brazo.

Desarrollo del laboratorio:

1. Identificación de componentes

identifique y describa brevemente en una tabla, los componentes asociados y conectados con el brazo robótico y añada una imagen del componente:

Ejemplo de componentes:

- I) Brazo robótico: conjunto de sensores, actuadores, controladores y procesadores que tienen como objetivo realizar acciones que pueden ser tanto repetitivas como ocasionalmente requeridas dentro de un ambiente de trabajo que requiere de la ausencia de personal, repetitividad o precisión.
- II) Teaching Box (TB): Dispositivo de configuración, programación y monitoreo, se encuentra conectado al controlador del brazo robótico.
- III) Cinta transportadora: ...
- IV) Panel de control: ...

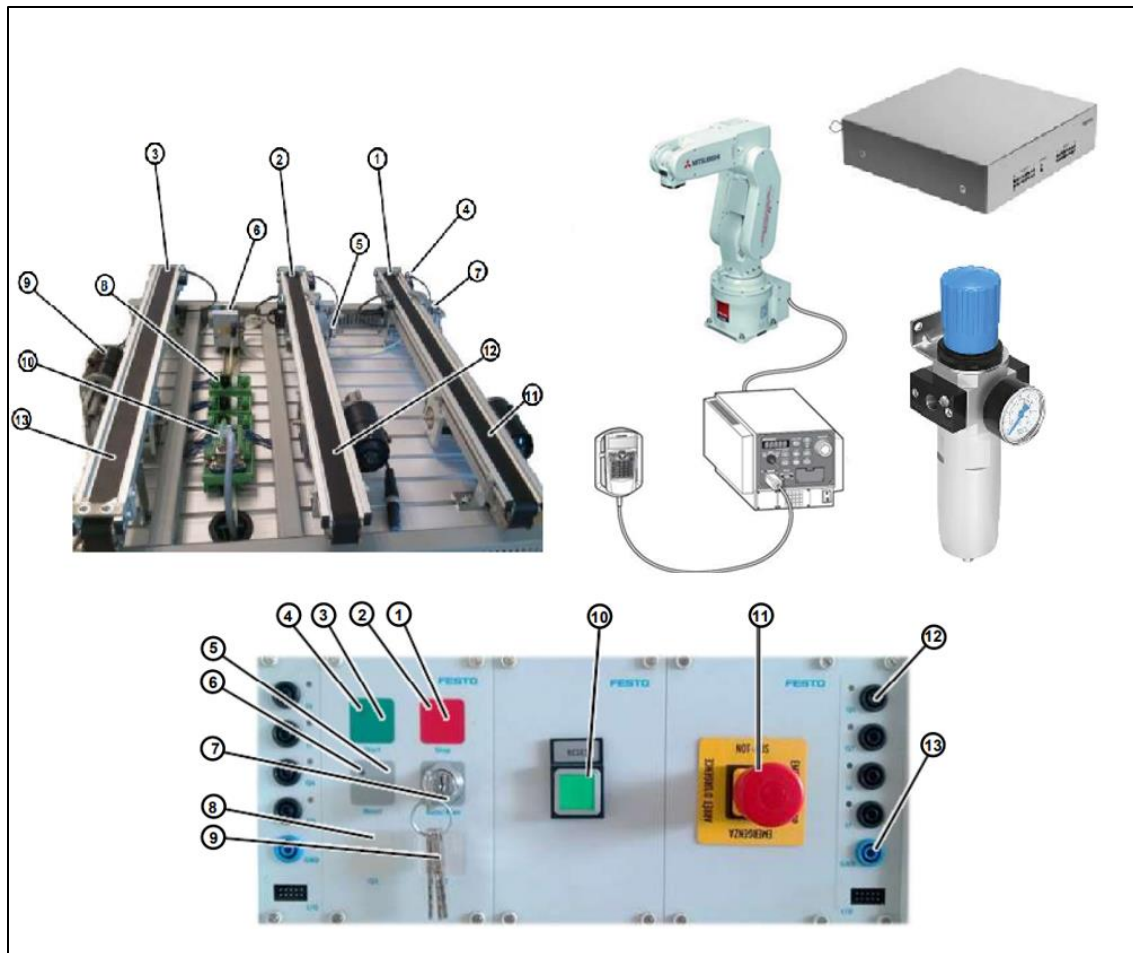


Ilustración 72: Ilustración componentes asociados

2. Cuestionario simple

Responda las siguientes preguntas basadas en la información entregada por esta guía

- I) ¿Qué tipo de brazo robótico es el que se encuentra en el laboratorio?
- II) ¿A qué se refiere la frase “grados de libertad del brazo” y cuantos son estos?
- III) Describa una de las siguientes funciones de movimiento: MOV, MVS y MVR. Y describa un escenario en el que sería conveniente su uso.
- IV) Describa las características del Brazo a partir de la nomenclatura del brazo: **RV-2SDB...**

4. Secuencia de energizado Mitsubishi-Festo

I) Encendido del controlador:

-Revisar que todos los cables estén bien conectados, el TB cerca y listo para utilizarse, que las paradas de emergencia no estén activadas, que el selector de modo de funcionamiento este en manual, verificar que el botón enable en el TB este activado (iluminado), que no haya nadie en la trayectoria del brazo y que el corta-corriente del alargador que suministra energía a los sistemas se encuentre en la posición I.

-Pulsar el interruptor de encendido en el controlador y esperar que termine la secuencia de encendido con el TB en la mano para verificar que la secuencia termine correctamente y no se produzcan errores

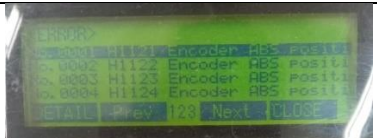
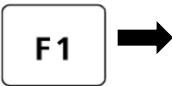
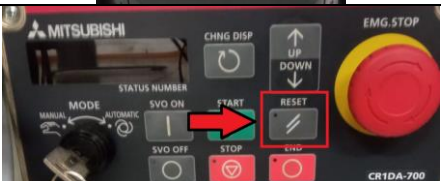
Tabla Lab 1-2: Secuencia de encendido 1, Controlador Mitsubishi

Interruptor de encendido Controlador		
Secuencia de inicio Teach Box		
Pantalla de inicio Teach Box		

II) menús, configuración y definiciones

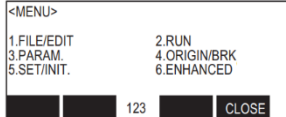
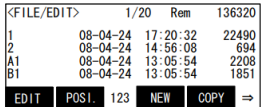
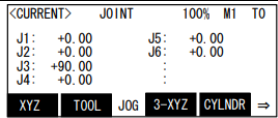
-En caso de producirse un error, revisar el número de error y detalles, para esto Presionar el botón de función correspondiente, luego de confirmar cual es la causa, presionar el botón reset ubicado en el TB o el botón reset ubicado en el controlador

Tabla Lab 1-3: secuencia de inicio 2, TB y termino de la secuencia de inicio

Pantalla de error en el Teach Box		
Detalles de error		
Botón Reset	Teach Box	
	Controlador	

- una vez que la secuencia de inicio termino y no se detectaron o produjeron errores, o estos se solucionaron, aparecerá la pantalla con la información, versión y fabricante del brazo, para acceder al menú principal, se debe pulsar el botón **[EXE]**, Y luego dentro del menú principal, buscar el menú **1-FILE/EDIT** y acceder a este, ya dentro del menú 1, podrá acceder con seguridad al modo JOG.

Tabla Lab 1-4: inicio de modo JOG

Menú principal	
Menú [1.FILE/EDIT]	 
Modo JOG	 

5. Uso del control manual del brazo robótico y movimiento coordinado modo JOG: JOINT y WORK

Para el uso del control manual, lo principal es verificar que el botón enable ubicado en la parte trasera-superior se encuentre habilitado. Luego pulsar el botón JOG para acceder a este. Una vez dentro el modo JOG, aparecerá el menú JOG, la posición o Angulo de los distintos servomotores, el modo JOG actual y los distintos modos disponibles.

Para comenzar a mover el brazo es necesario antes Habilitar los servomotores mientras el Deadman/Enable Switch, se encuentra pulsado a medio recorrido.

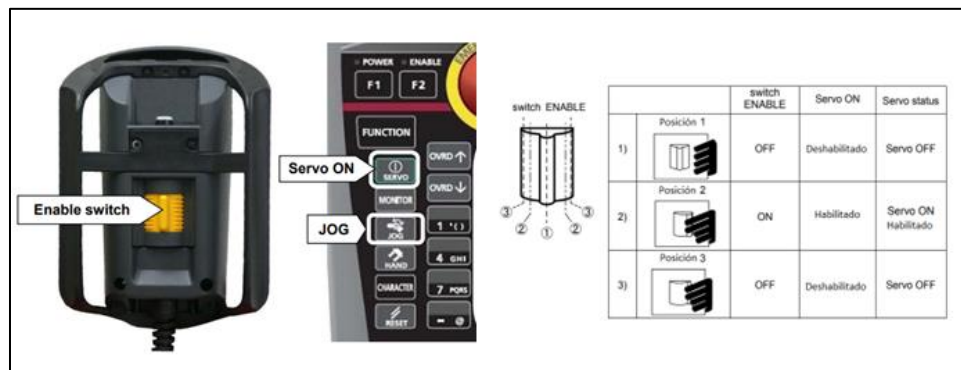
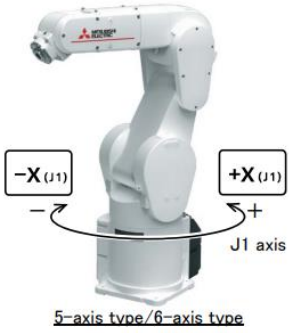
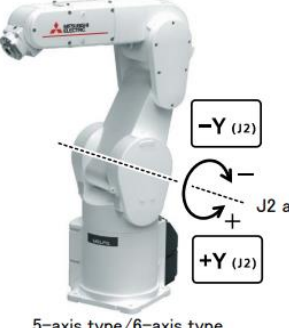


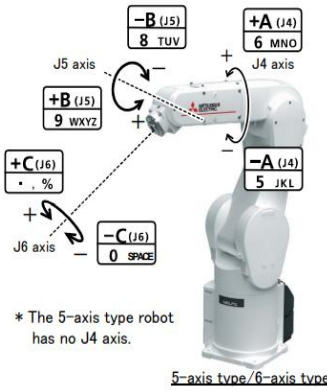
Ilustración 73: Secuencia activación servos en TB modo manual

Luego de habilitar los servomotores y mantener el Deadman, es posible mover el brazo, las teclas que controlan el brazo son [X+/X-] [Y+/Y-] [Z+/Z-] [A+/A-] [B+/B-] [C+/C-] y el movimiento de cada servomotor dependerá del modo en el que se encuentre, para controlar la velocidad de los servomotores esta la tecla [OVRD↑] y [OVRD↓] y el rango de velocidades en modo manual va desde el 3% al 100%, por cuestiones de seguridad y curva de aprendizaje el robot será operado con un porcentaje de velocidad de entre el 3% y el 20% hasta que el operador comprenda los movimientos de los cuales es capaz el brazo robótico, luego será permitido el aumento de velocidad desde el 30% hasta el 60% para tener una mejor noción de control y más práctica para finalmente poder utilizar el resto del rango de velocidad. Cabe destacar que el operador deberá ser consciente de que el brazo al encontrarse cercano a algún instrumento o equipo externo deberá operar con una menor velocidad para poder reaccionar en caso de que el brazo se encuentre dentro del rango de una colisión.

Modo Joint: los movimientos en Joint se clasifican como movimiento individual de servo motor, y a cada servomotor se le asigna un nombre, J1, J2, J3, J4, J5 y J6 (J7 y J8 están reservados para componentes externos).

Tabla Lab 1-5: Uso detallado de Modo JOINT

J1	Genera movimiento rotatorio correspondiente a la base-cuerpo. Al pulsar la tecla [+X (J1)], J1 girara en el sentido positivo. Al pulsar la tecla [-X (J1)], J1 girara en el sentido negativo.	 5-axis type/6-axis type
J2	Genera movimiento rotatorio correspondiente al hombro. Al pulsar la tecla [+Y (J2)], J2 girara en el sentido positivo. Al pulsar la tecla [-Y (J2)], J2 girara en el sentido negativo.	 5-axis type/6-axis type
J3	Genera movimiento rotatorio correspondiente al codo. Al pulsar la tecla [+Z (J3)], J3 girara en el sentido positivo. Al pulsar la tecla [-Z (J3)], J3 girara en el sentido negativo.	 5-axis type/6-axis type

J4	Genera movimiento rotatorio correspondiente al antebrazo. Al pulsar la tecla [+A (J4)], J4 girara en el sentido positivo. Al pulsar la tecla [-A (J4)], J4 girara en el sentido negativo.	 * The 5-axis type robot has no J4 axis. 5-axis type/6-axis type
J5	Genera movimiento rotatorio correspondiente a la muñeca (arriba y abajo) Al pulsar la tecla [+B (J5)], J5 girara en el sentido positivo. Al pulsar la tecla [-B (J5)], J5 girara en el sentido negativo.	
J6	Genera movimiento rotatorio correspondiente a la muñeca (giro). Al pulsar la tecla [+C (J6)], J6 girara en el sentido positivo. Al pulsar la tecla [-C (J6)], J6 girara en el sentido negativo.	

Manipule el brazo utilizando todos los servomotores primero individualmente y luego intente moverlos en conjunto, una vez terminado con la practica en modo JOINT, pasara al modo WORK.

Modo WORK: este modo de funcionamiento consiste en designar la posición de la zona de trabajo, para luego trabajar con el brazo con límites de posicionamiento basados en dicha posición. en este modo los segmentos trabajan en conjunto y no de manera individual. antes de empezar a funcionar con modo WORK, asegúrese de que esta guardada la posición de trabajo, existen 8 slots para estas coordenadas y se denominan con la letra W.

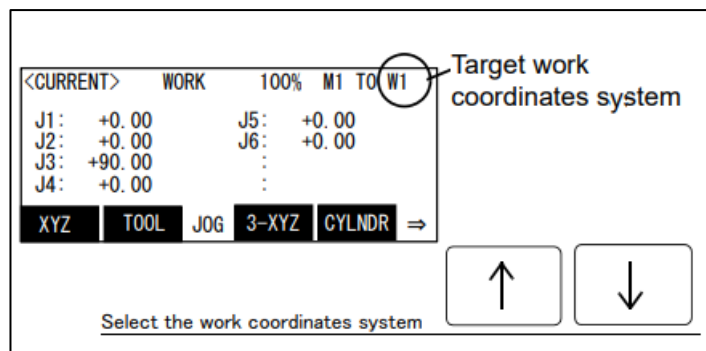
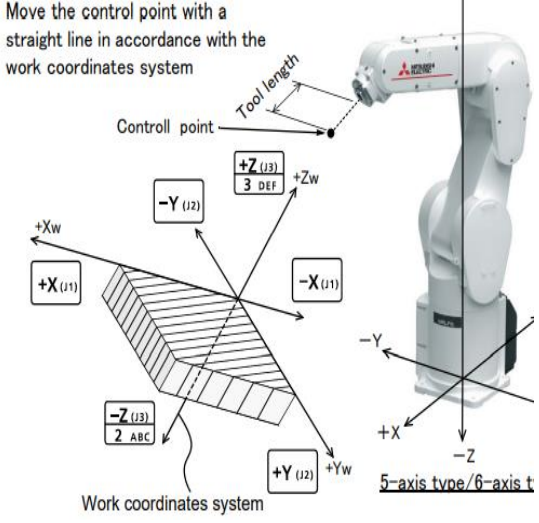
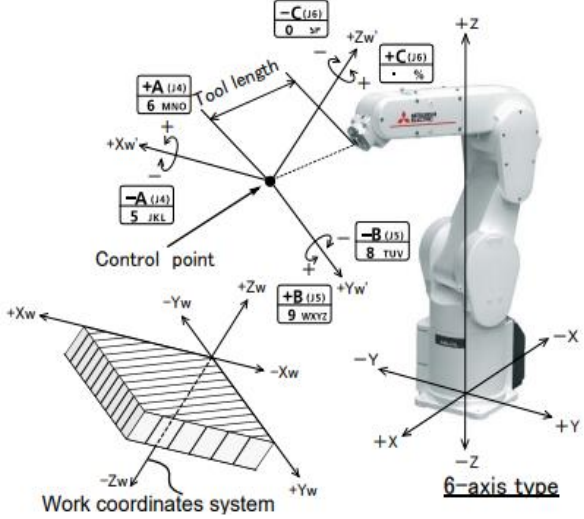


Ilustración 74: Menú JOG, modo WORK

para seleccionar el slot correcto solo se deben pulsar las flechas de navegación hasta seleccionar el correcto.

Tabla Lab 1-6: Uso detallado de Modo WORK

X	Al pulsar la tecla [+X (J1)], el robot se moverá a lo largo del eje X (Xw) en el sentido positivo del sistema de coordenadas WORK. Al pulsar la tecla [-X (J1)], el robot se moverá a lo largo del eje X (Xw) en el sentido negativo del sistema de coordenadas WORK.	 The diagram illustrates a robotic arm in WORK mode. It shows two coordinate systems: a base system with axes +X, +Y, and +Z, and a work coordinate system with axes +Xw, +Yw, and +Zw. The work coordinate system is defined by three vectors: +Xw (labeled +X(i1)), +Yw (labeled +Y(i2)), and +Zw (labeled +Z(i3)). The base system axes are labeled -X, -Y, and -Z. A control point is shown on the arm, and a line indicates the tool length. Text instructions state: 'Move the control point with a straight line in accordance with the work coordinates system'. The diagram is labeled '5-axis type/6-axis t'.
Y	Al pulsar la tecla [+Y (J2)], el robot se moverá a lo largo del eje Y (Yw) en el sentido positivo del sistema de coordenadas WORK. Al pulsar la tecla [-Y (J2)], el robot se moverá a lo largo del eje Y (Yw) en el sentido negativo del sistema de coordenadas WORK.	
Z	Al pulsar la tecla [+Z (J3)], el robot se moverá a lo largo del eje Z (Zw) en el sentido positivo del sistema de coordenadas WORK. Al pulsar la tecla [-Z (J3)], el robot se moverá a lo largo del eje Z (Zw) en el sentido negativo del sistema de coordenadas WORK.	

A	Al pulsar la tecla [+A (J4)], el eje X girara en el sentido positivo del sistema de coordenadas WORK. Al pulsar la tecla [-A (J4)], el eje X girara en el sentido negativo del sistema de coordenadas WORK.	 The diagram illustrates a 6-axis robotic arm with two coordinate systems. The base coordinate system has axes +X, +Y, and +Z. The work coordinate system, labeled 'Work coordinates system', has axes +Xw, +Yw, and +Zw. A 'Control point' is marked on the arm. Various control points are labeled with codes and values: +A (J4) 6 MND, -A (J4) 5 JKL, -C (J6) 0, +C (J6) %, -B (J5) 8 TUV, and +B (J5) 9 WXYZ. A 'Tool length' is also indicated. The text '6-axis type' is written at the bottom right of the diagram.
B	Al pulsar la tecla [+B (J5)], el eje Y girara en el sentido positivo del sistema de coordenadas WORK. Al pulsar la tecla [-B (J5)], el eje Y girara en el sentido negativo del sistema de coordenadas WORK.	
C	Al pulsar la tecla [+C (J6)], el eje Z girara en el sentido positivo del sistema de coordenadas WORK. Al pulsar la tecla [-C (J6)], el eje Z girara en el sentido negativo del sistema de coordenadas WORK.	

Manipule el brazo utilizando todos los comandos de movimiento del modo WORK de forma individual y luego utilice 2 o más comandos en conjunto de forma segura, una vez terminada la práctica del modo WORK se da por finalizado la práctica de movimiento manual, para lo cual deberá soltar el Deadman para que se deshabiliten los servomotores, luego presione el botón JOG para regresar al menú principal.

6. Direccionamiento e identificación de entradas y salidas digitales.

Identifique los componentes de entradas/salidas conectados al brazo y su realice una tabla con los datos de los sensores y actuadores: nombre del componente, código del componente ,tipo de componente, categoría del componente (entrada o salida) y bit de direccionamiento para identificar las entradas y salidas.

Ejemplo:

Tabla Lab 1-8: Ejemplo tabla de identificación

Nombre	Código	Tipo de componente	Entrada/Salida	Bit
Cinta transporte	M12	Actuador mecánico	Salida	55

Utilice el modo Monitor en conjunto con el RIA BOX para identificar las salidas y entradas.

-Modo Monitor: pulse el botón **[MONITOR]** en el TB para iniciar el modo Monitor, dentro de este estarán las opciones Input y Output. Estas muestran el estado de las entradas y salidas (Respectivamente) de 36 bit a la vez de un total de +900 bit, para navegar a través de las entradas y salidas se utiliza el mismo proceso. [NUMBER]: permite la navegación rápida de entradas y salidas. [Next] y [Prev]: permite la navegación de las entradas y salidas de un grupo de 36 a la vez. además, Output permite la manipulación del estado de las salidas, cambiando los bit de 0 a 1 y de 1 a 0, activando o desactivando las salidas de forma manual (1 = encender, 0 = apagar) y **[EXE]** para confirmar.

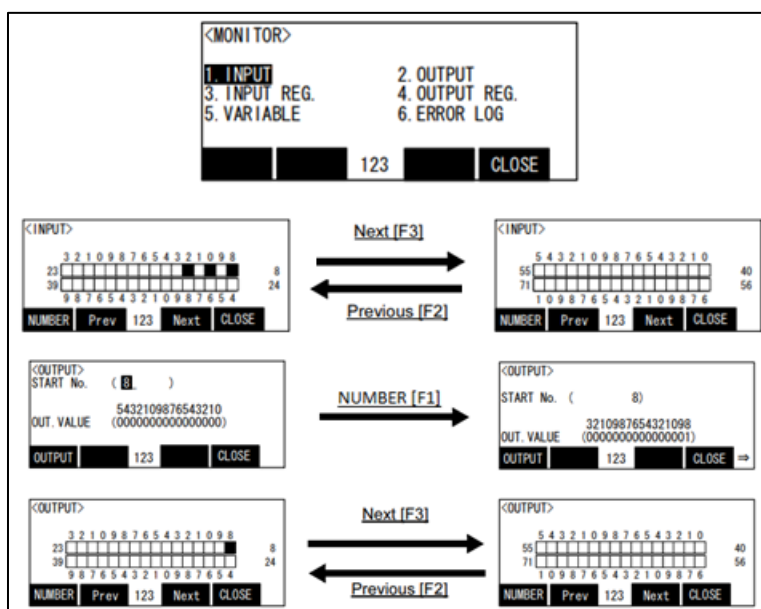


Ilustración 75: Menú MONITOR, entradas y salidas digitales

-RIA BOX: equipo físico al cual se conectan directamente los componentes de entrada y salida, además este se conecta al puerto RIA BOX del controlador del brazo robótico. Existen 2 RIA BOX conectados al controlador, ambos cuentan con 36 conexiones, 16 entradas y 16 salidas c/u, y también cuentan con un led testigo para cada entrada y salida conectada, el cual se ilumina cuando esta se activa.

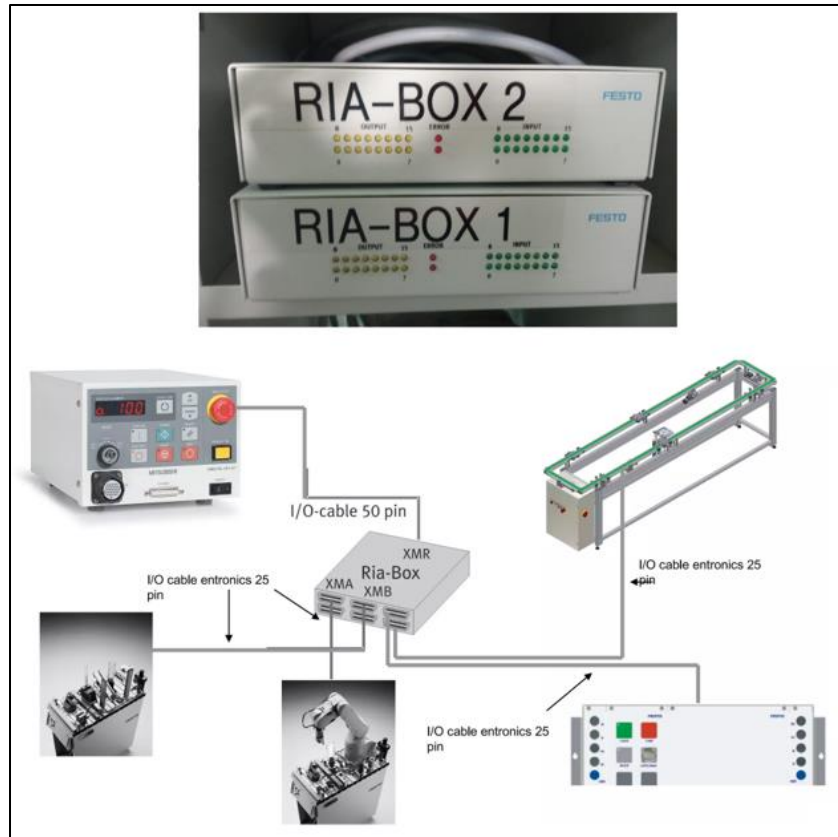


Ilustración 76: RIA-BOX y comunicación con los equipos

Si llega a ocurrir una situación inesperada y se encuentra lejos del controlador, presione el botón de **[PARADA DE EMERGENCIA]** ubicado en el TB, o el botón de parada de emergencia auxiliar ubicado en la consola de control, inmediatamente.

Este detendrá toda actividad del brazo robótico, una vez que se solucione la situación vuelva el botón de **[PARADA DE EMERGENCIA]** a su posición original y presione el botón **[RESET]** del TB o el del controlador, tenga en cuenta de que si activó el botón de **[PARADA DE EMERGENCIA]** del panel de control deberá adicionalmente pulsar el botón **[RESET]** de dicho panel.

Laboratorio 2

Tabla Lab 2-1: Contenido Laboratorio 2

Título del laboratorio: Familiarización y primera programación con el T/B								
Objetivos del laboratorio: manipular el T/B, navegar por los menús, crear un programa básico y ejecutarlo en modo Automático.								
Equipo a utilizar: Teach Pendant R32TB Controlador CR1DA-771								
Antes de empezar: -Realizar únicamente los procedimientos indicados en el laboratorio. -Analice los pasos a realizar antes de manipular el T/B. -Asegúrese de utilizar una velocidad prudente de acercamiento a las posiciones deseadas. -Leer la lista de comandos disponibles y tener un entendimiento de cómo funcionan los siguientes comandos: <table><tr><td>[WAIT]</td><td>[DLY]</td><td>[M_IN ()]</td><td>[IF THEN ELSE]</td><td>[WHILE WEND]</td><td>[GO TO]</td><td>[END]</td><td>[MVS]</td></tr></table> -Al ser el primer laboratorio de programación, se limitará el uso de comandos de movimiento solo al comando MVS, por su simplicidad. -Recuerde que el equipo al funcionar puede causar daño al operador o a cualquier individuo que se encuentre alrededor de la zona de trabajo del brazo, proceder con cautela en lo que corresponda a funcionamiento automático del brazo.	[WAIT]	[DLY]	[M_IN ()]	[IF THEN ELSE]	[WHILE WEND]	[GO TO]	[END]	[MVS]
[WAIT]	[DLY]	[M_IN ()]	[IF THEN ELSE]	[WHILE WEND]	[GO TO]	[END]	[MVS]	

Desarrollo del laboratorio:

Cree un programa que consista de al menos 10 líneas de código, este programa debe mover el brazo describiendo la forma de un cuadrado (o rectángulo) y según la programación, el brazo deberá empezar a moverse cuando se presione la tecla **[START]** en el panel de control y deberá detenerse solamente al presionar el botón **[STOP]** en el panel de control. Una vez programado deberá ejecutarlo en modo Automático

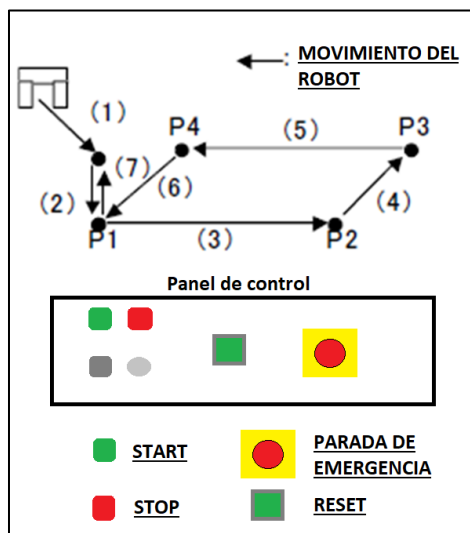


Ilustración 77: Esquema de programa deseado

1. Comandos de acción

instrucciones diseñadas para controlar los comportamientos del código, variables, pausas y condiciones requeridas para realizar acciones específicas dentro de este.

[WAIT]	
Comando de tipo pausa, Espera hasta que la variable seleccionada coincida con el valor designado para poder continuar con la ejecución del programa	
Ejemplo	01 WAIT M_in(1)=0

[DLY]	
comando de tipo pausa, espera un tiempo determinado por el usuario para continuar con la ejecución del programa (unidad de medida en segundos)	
Ejemplo	01 DLY 0.5

[IF {} THEN GO TO]	
Comando de tipo ramificación de programa, controla la ejecución del programa si las condiciones señaladas del comando se cumplen o no generando un salto de línea a una seleccionada según la necesidad del programa. La estructura consta de una condición de estado, una condición de ejecución, una condición en caso de que no se cumplan los requerimientos y el término de las condiciones	
Ejemplo	04 If M1=1 Then GoTo *L100 05 Else GoTo 20 06 End If

[GoTo]	
Comando de tipo ramificación, dirige la ejecución del programa a la línea de programa indicada incondicionalmente, también puede ser utilizada en comandos de tipo condición	
Ejemplo	15 GoTo 5

M_IN()	
Comando de tipo entrada que recupera la señal de un componente de tipo entrada digital (sensor, interruptor, switch, etc.) se utiliza para comandos de tipo condición, la dirección de la entrada se indica dentro del paréntesis	
Ejemplo	06 M_IN(15)

[WHILE WEND]	
Comando de tipo condición, repite una sección del programa mientras se cumplan ciertas condiciones, una vez que estas se dejen de cumplir, el programa continuara saltado esta sección en específico. Su estructura consta de La condición de inicio de la sección, la programación dentro de la sección y la declaración del fin de la sección	
Ejemplo	<pre> 10 WHILE M_IN(15) = 0 // 15 WHEND </pre>

[END]	
comando de finalización: indica el fin del programa y finaliza su ejecucion	
Ejemplo	<pre> 100 END </pre>

2. Comando de movimiento: MVS.

Esta instrucción mueve el brazo de un punto determinado mediante interpolación lineal, la trayectoria de un punto a otro es lineal, es decir describe una linea recta en el espacio. Es posible especificar la forma de interpolación usando instrucciones complementarias escritas en el comando (Instrucciones TYPE) como declaraciones adjuntas: Wth o Wthlf. Pueden ser designadas en el programa.

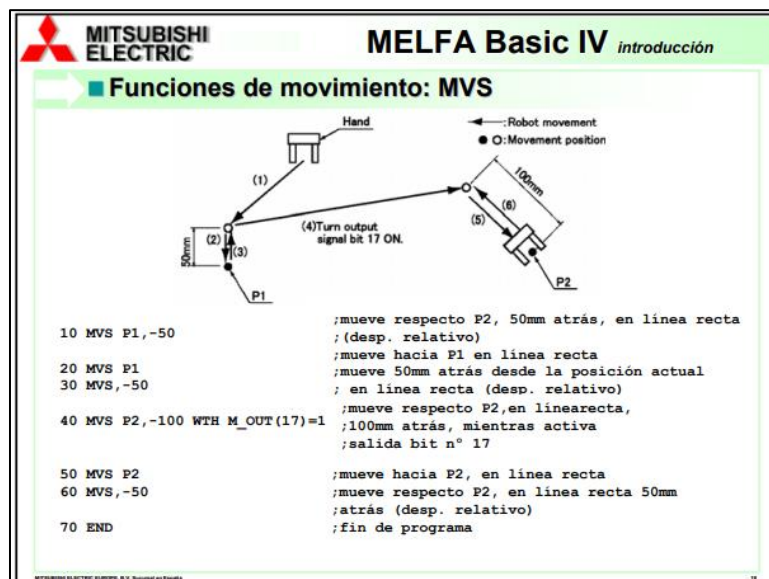


Ilustración 78: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVS y ejemplo

3. Guardado de posiciones [TEACH].

Para el guardado de posiciones es necesario primero crear el programa base, dentro de las líneas de código de este hay una función llamada Teach, esta función está dedicada al guardado de posiciones en marcas de posición (P/POS). Para asignar una posición a una marca de posición, primero se coloca el cursor sobre esta y se presiona la función [TEACH], la cual guardara la posición actual del brazo, para finalizar el programa y poder ejecutarlo es necesario asignarle una posición a todas las marcas que se encuentren en el programa.

The image shows two panels of a CNC control interface. The top panel is the program editor, displaying a program named '<PROGRAM> 1' at 50% completion. It lists four lines of code: '1 MOV P1', '2 MOV P2', '3 MOV P3', and '4 MOV P4'. Below the code is a control bar with buttons for 'EDIT', 'DELETE', '123', 'INSERT', 'TEACH', and a right arrow. The bottom panel is the position menu, titled '<POS.> JNT 50% P55'. It displays a table of joint coordinates: X, Y, Z, L1, FL1 on the left and A, B, C, L2, FL2 on the right, all with values of +0.00 except for FL1 and FL2 which are 0. The 'X' coordinate is highlighted. At the bottom is a control bar with buttons for 'MOVE', 'TEACH', '123', 'Prev', 'Next', and a right arrow.

<PROGRAM> 1		50%
1	MOV P1	
2	MOV P2	
3	MOV P3	
4	MOV P4	
EDIT DELETE 123 INSERT TEACH ⇒		

<POS.> JNT 50% P55	
X: +0.00	A: +0.00
Y: +0.00	B: +0.00
Z: +0.00	C: +0.00
L1: +0.00	L2: +0.00
FL1: 0	FL2: 0
MOVE TEACH 123 Prev Next ⇒	

Ilustración 79: Guardado de posiciones desde menú de programa y menú POS

4. Creación del programa.

Antes de empezar con la programación es necesario encender el controlador y esperar que la secuencia de inicio termine, luego verificar que el controlador se encuentre en modo manual y el TB tenga el botón ENABLE activado. Cuando aparezca el menú principal, acceda al menú **1.File/Edit** y cuando este dentro de este presione la tecla función correspondiente a [NEW], para crear un nuevo archivo de programa.

antes de crear el nuevo programa es necesario ponerle un nombre, elija un nombre diferente de cualquiera que ya exista, ya que puede crear conflictos dentro del controlador

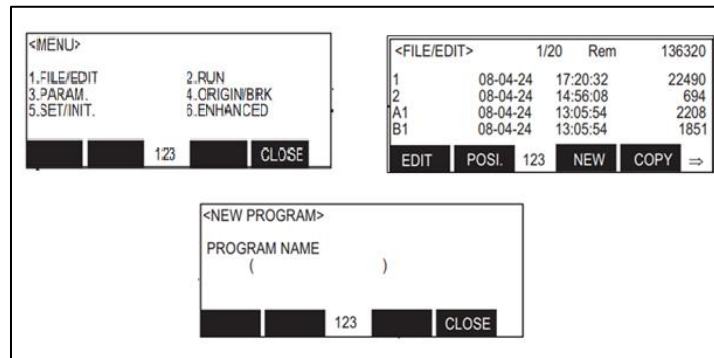


Ilustración 80: Creación de nuevo programa

una vez creado el archivo comienza la programación, para programar es necesario empezar con el primer comando, la estructura del programa es: “N° de línea _ comando”, por ejemplo “01 DYL100”

el primer comando para este laboratorio debería ser una condición de inicio para el programa, en este caso “que cuando se pulse el botón START en el tablero, el brazo robótico empiece a moverse” una vez terminado el primer comando, se debe ingresar el programa que se ejecutara mientras se cumplan las condiciones de inicio.

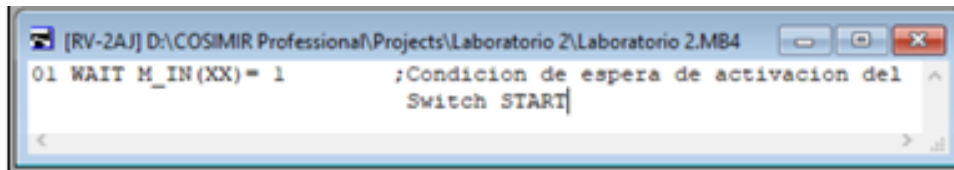


Ilustración 81: Programación Lab 2: Condición de inicio

se sigue la misma estructura para el resto de los comandos, al poner el número de línea de otra existente, el comando reemplaza el puesto del existente, y el número del existente se aumenta en 1 y así consecutivamente. Para comenzar con el programa principal (el que se ejecutará continuamente) puede ser conveniente comenzar ingresando la primera posición a la que el brazo deberá dirigirse (MVS P1/POS1), para eso está el comando de movimiento, MVS P/POS, funciona de la siguiente forma, mueve el brazo a la posición guardada, para esto sirve P/POS, esta parte del comando va acompañada de un número que indica el número de la posición guardada, se pueden guardar múltiples posiciones y aun cuando P es equivalente a POS en cuanto a función, P no es la misma posición que POS, a menos que se haya guardado la misma posición en ambos.

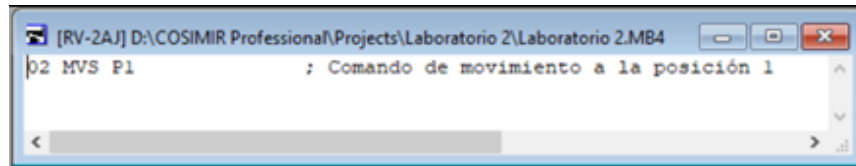


Ilustración 82: Programación Lab 2: Comando de movimiento

Luego de terminar de ingresar la primera posición puede ser conveniente ingresar un comando de condición o espera antes de ingresar la siguiente posición, puede ser un Delay (DLY) o la activación de un botón (WAIT).

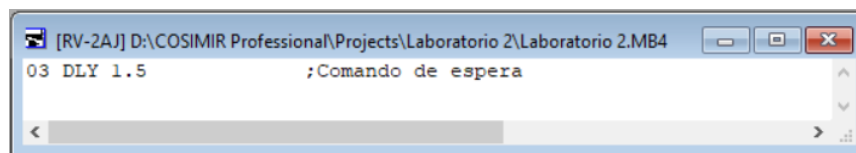


Ilustración 84: Programación Lab 2: Comando de espera

Luego de ingresar la condición ingresar el siguiente paso será ingresar la siguiente posición del brazo y así consecutivamente siguiendo esa estructura hasta terminar de describir el movimiento completo del brazo. Ahora es necesario ingresar la condición de finalización del programa: “Cuando la tecla STOP del panel de control se pulse, el programa debe finalizar”. luego de eso, ingrese el comando END, el cual finaliza la ejecución del programa.

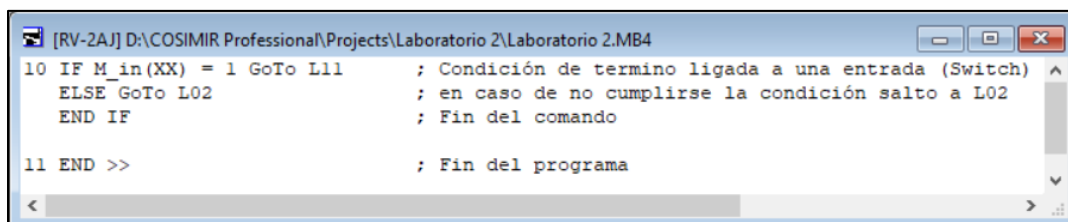


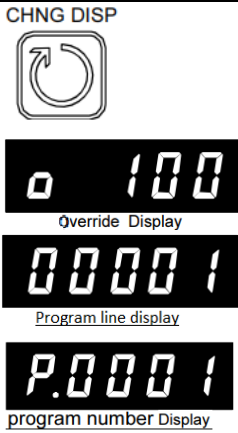
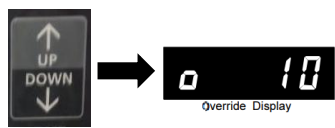
Ilustración 83: Programación Lab 2: Condición de finalización

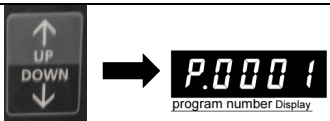
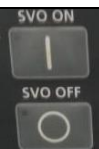
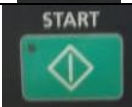
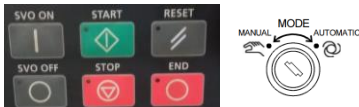
Una vez terminada la estructura del programa, cerrar el modo programa para que este se guarde.

Ejecucion de programa en modo automático.

-Confirmado el nombre del programa y su contenido, salir del menú 1 y seleccionar el menú el menú **2.RUN**, y seleccionar **1.CHECK**, para visualizar la linea de programa que se ejecute durante el modo automático. para ejecutar el programa seleccionado, es necesario cambiar el modo de funcionamiento de manual a automático en el controlador, para esto es necesaria una especial atención a los siguientes pasos:

Tabla Lab 2-2: secuencia de programa automático

pasos	Descripción	
1°	se debe pulsar el botón enable en el TB para deshabilitar las funciones de este y evitar conflictos en el controlador	
2°	ir al controlador y girar la llave de modo de funcionamiento de manual a automático. NOTA: En caso de que se genere un error al cambiar de modo, recuerde revisar el número y descripción del error y que los pasos se hayan seguido correctamente, luego pulse el botón reset en el controlador	
3°	En este punto el controlador será el único dispositivo que podrá controlar el brazo robótico, diríjase al controlador, Antes de seleccionar el programa, es necesario configurar la velocidad de funcionamiento u Override, para seleccionar se debe poner especial atención al display del controlador, la lista de programas disponibles se accede al presionar el botón [CHANGE DISPLAY] , recuerde que el orden de las funciones disponibles es: 1-Override 2-Numero de linea de programa 3-Selección de programa 4-Mensajes de error 5-Fabricante	
4°	La velocidad u Override está representado como un porcentaje, por lo que la velocidad final de funcionamiento será un porcentaje de la velocidad real. la configuración recomendada es comenzar el programa con la velocidad mínima (10%), hasta haber verificado que la programación esta correcta. Para buscar/cambiar el valor deseado dentro de la función están los botones [UP/DOWN] ,	

5°	Luego de configurar la velocidad, hay que seleccionar el programa, cuando este seguro de que se encuentra en el modo de selección de programa, buscar el programa guardado para este laboratorio	
6°	presione el botón [SVO. ON] para habilitar los servos y espere a que se ilumine el led indicador	
7°	luego presione el botón [START] para iniciar la ejecución del programa en el controlador	
8°	Una vez terminada la presentación del programa, presionar el botón [END] o [STOP] para finalizar el programa, luego presione el botón [SVO. OFF] y finalmente para terminar, vuelva a colocar el controlador en modo manual.	

Laboratorio 3

Tabla Lab 3-1: Contenido Laboratorio 3

Título del laboratorio: Programación de un “Pick and Place” y su demostración							
Objetivos del laboratorio: Crear un programa de mayor complejidad y hacer uso del gripper y otros componentes							
Equipo a utilizar: Teach Pendant R32TB Controlador CR1DA-771							
Antes de empezar: -Utalice los comandos de movimiento mencionadas en el documento según el operador estime conveniente, cabe destacar de que deben ser analizados para evitar cualquier colisión con otro equipo de la estación. -Al ser un laboratorio que depende de muchas variables externas, se recomienda analizar bien la mayor cantidad de estas y como podrían afectar al desempeño del programa. -Leer la lista de comandos disponibles y tener un entendimiento de cómo funcionan los siguientes comandos:							
[WAIT]	[DLY]	[M_IN ()] [M_OUT()]	[WHILE WEND]	[GO TO]	[END]	[IF THEN ELSE]	[HOpen] [HClose]
[MVS]	[MOV]	[MVC]	[MVR]	[MVR2]	[MVR3]	[FOR]	
-Debido a la complejidad del laboratorio se recomienda realizar un borrador de la programación para poder analizar la estructura del programa y agilizar el tiempo de programación, también recuerde que puede solicitar el uso del laboratorio de celda en horarios libres para evitar problemas con el tiempo de programación de sus compañeros. -Recuerde que el equipo al funcionar puede causar daño al operador o a cualquier individuo que se encuentre alrededor de la zona de trabajo del brazo, proceder con cautela en lo que corresponda a funcionamiento automático del brazo.							

Desarrollo del laboratorio:

Crear un programa “Pick and place” del brazo funcionando, se puede utilizar el software para crear la base del programa, luego de verificarlo, cargarlo al controlador del brazo y ponerlo a funcionar. el programa debe comenzar al pulsar el botón START del panel, además de que debe incluir el uso de los sensores y cintas transportadoras para el funcionamiento correcto del brazo y para finalizar el programa, este solo debe poder detenerse al pulsar el botón STOP en el panel de control.

1. Comandos de Movimiento (MOV, MVR, MVR2, MVR3 y MVC)

Comando MOV.

El robot se mueve a la posición designada con interpolación de ejes. Gradualmente con el movimiento de los ejes se describe un movimiento curvo, ya que el CPU procesa las trayectorias que deberían hacer los ejes, eligiendo "el camino más sencillo" hacia el punto designado, dando como resultado una trayectoria no lineal. Lo cual convierte a la trayectoria en una que no es 100% predecible por el usuario, lo cual puede causar colisiones inesperadas. es posible especificar la forma de interpolación usando instrucciones complementarias escritas en el comando (Instrucciones TYPE) como declaraciones adjuntas: Wth o Wthlf. Pueden ser designadas en el

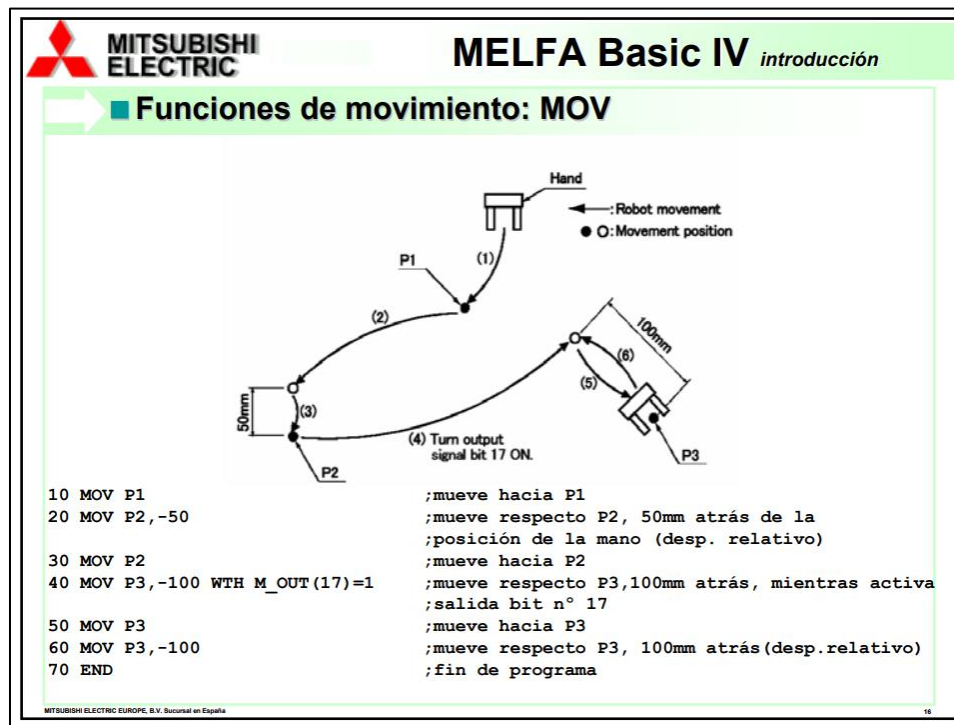


Ilustración 85: Extracto manual Melfa Basic: Comando MOV y ejemplo

Comando MVR

El robot se mueve a la posición deseada con interpolación circular de ejes, esta se determina mediante 3 puntos. Se designa un punto de inicio, un punto de tránsito y un punto final, y este se mueve describiendo movimientos circulares a través de ellos (describiendo un arco en el espacio)

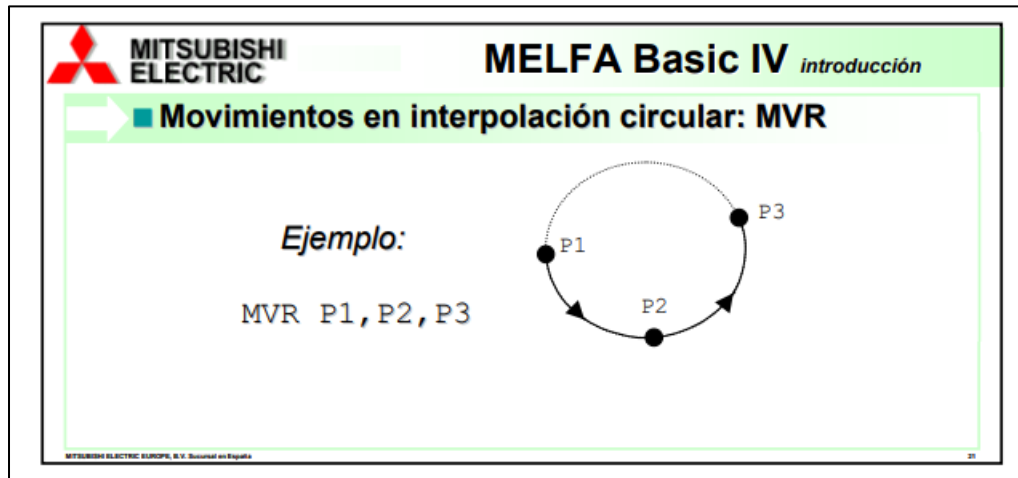


Ilustración 86: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVR

Comando MVR2

El robot se mueve a la posición deseada con interpolación circular de ejes, esta se determina mediante 3 puntos. Se designa un punto de inicio, un punto final y uno de referencia, se realiza el movimiento del punto de inicio al punto final sin pasar por la referencia, la trayectoria seguida es la que correspondería a un arco que incluye el punto de referencia, pero solo realizando el segmento del tramo correspondiente al punto inicial y al punto final.

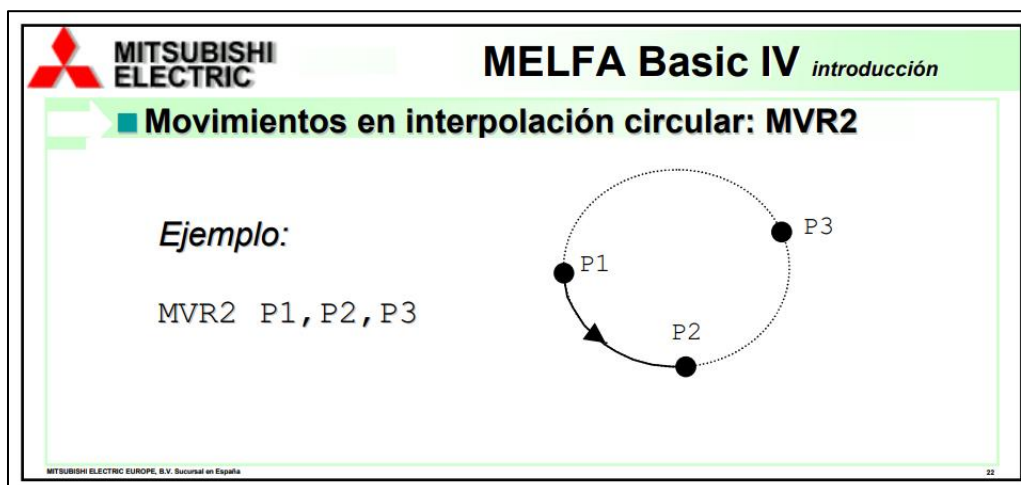


Ilustración 87: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVR2

Comando MVR3

el robot se mueve a la posición deseada con interpolación circular de ejes, esta se determina mediante 3 puntos describiendo un arco en su recorrido. Se designa el punto inicial, un punto centro y el punto final. El arco descrito en el recorrido se forma al trasladarse desde el punto inicial al punto final, y esta trayectoria es trazada respecto a el punto centro, el Angulo tazado debe ser entre 0° y 180°.

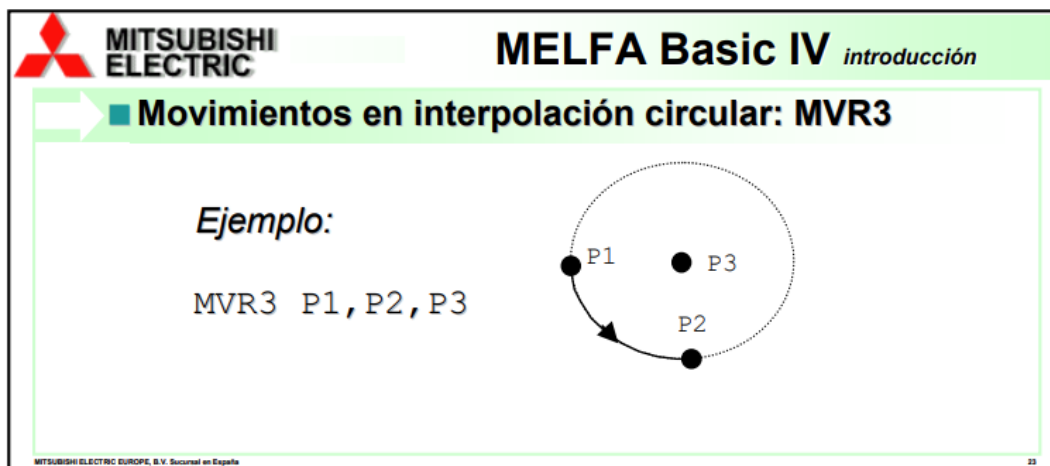


Ilustración 88: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVR3

Comando MVC

El robot se mueve a la posición deseada con interpolación circular de ejes, esta se determina mediante 3 puntos, pero el punto final es el mismo que el inicial. Se designa un punto de inicio/termino, el primer punto de tránsito y por último el segundo. Básicamente la trayectoria del comando describe un círculo o una elipse completa.

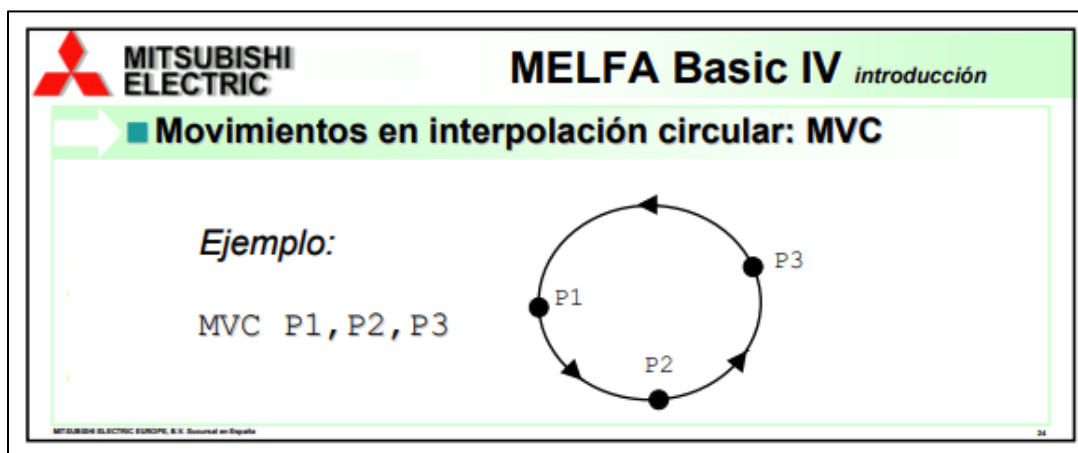


Ilustración 89: Extracto manual Melfa Basic: Comando MVC

Ejemplo de interpolación circular combinada:

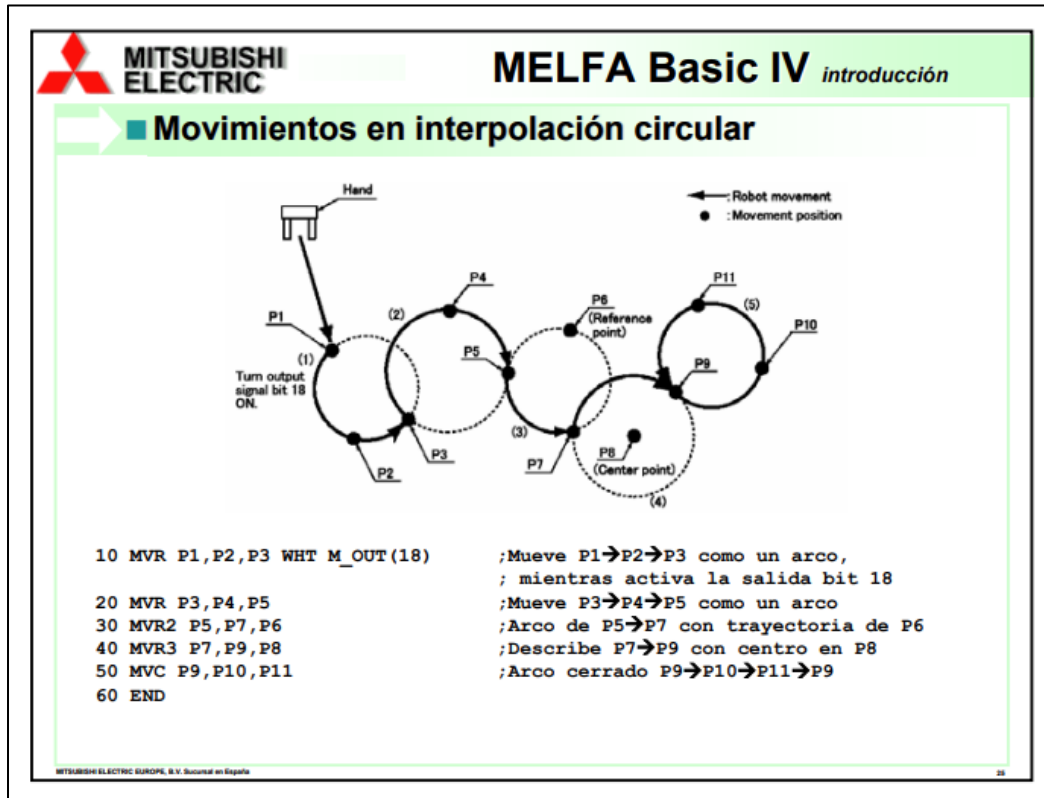


Ilustración 90: Extracto manual Melfa Basic: Ejemplo de movimientos en interpolación circular

2. Comandos de acción

[M_OUT()]	
Comando de tipo salida que modifica la acción de un componente de tipo salida digital (motor, actuador, comunicación entre equipos, etc.) se utiliza para comandos de tipo condición, la dirección de la salida se indica dentro del paréntesis	
Ejemplo	06 M_OUT(15)

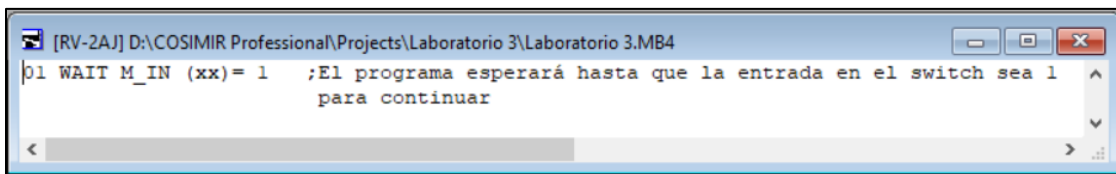
[Hopen/HClose]	
comando de tipo salida que controla el funcionamiento del gripper, en este caso este comando controla los actuadores neumáticos ubicados en el brazo, estos controlan los gripper y permiten su movimiento, también existen grippers electrónicos, pero el modelo del brazo no es compatible con ellos. HOpen es el comando que abre el gripper y HClose es el que los cierra, además se debe indicar el numero de la herramienta (en este caso corresponde al gripper 1).	
Ejemplo	10 HOpen 1 11 HClose 1

[FOR/NEXT]	
Comando de tipo condición, repite las instrucciones comprendidas entre FOR y NEXT las veces que se indique en el comando	
Ejemplo	<pre> 10 FOR M1 = 1 TO 10 // 25 NEXT </pre>

3. Creación del programa

El programa del pick and place debe comenzar de la siguiente forma:

El botón START se debe pulsar para iniciar el programa, por lo que una función [WAIT] sería conveniente, también puede usarse [IF]. El comando [WHILE] se descarta ya que START al ser un switch de pulso al presionarlo la señal recibida sería 1 y al soltarlo sería 0, por lo que la estructura de [WHILE] saltaría el programa en su interior al soltar el botón.



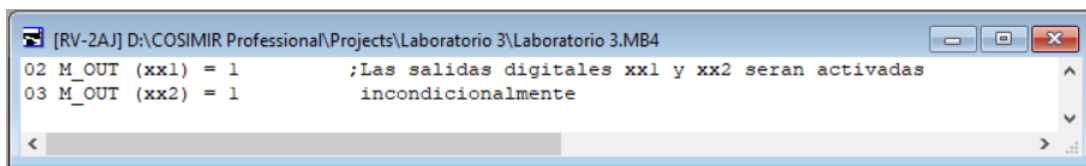
```

[RV-2AJ] D:\COSIMIR Professional\Projects\Laboratorio 3\Laboratorio 3.MB4
01 WAIT M_IN (xx)= 1 ;El programa esperará hasta que la entrada en el switch sea 1
                        para continuar

```

Ilustración 91: Programación Lab 3: Secuencia de inicio

Luego de dar la condición de inicio, al ser un pick and place en la estación 0, se hará uso de las cintas de transporte, al ser una salida digital, solo será necesario usar el comando de salida digital una vez para activarlas, eso sí, es necesario activar ambas individualmente.



```

[RV-2AJ] D:\COSIMIR Professional\Projects\Laboratorio 3\Laboratorio 3.MB4
02 M_OUT (xx1) = 1 ;Las salidas digitales xx1 y xx2 seran activadas
03 M_OUT (xx2) = 1 incondicionalmente

```

Ilustración 92: Programación Lab 3: Secuencia de activación cinta transporte

Lo siguiente será colocar una posición de seguridad para que el brazo no colisione con nada al iniciar su movimiento o algún comando y además también de colocar un Delay (la duración de este dependerá del operario)

```

[RV-2AJ] D:\COSIMIR Professional\Projects\Laboratorio 2\Laboratorio 2.MB4
04 MOV POS 1          ;Se declara una posicion segura para el brazo
05 DLY 1              ;Se agrega una espera
  
```

Ilustración 93: Programación Lab 3: Movimiento del brazo y espera de seguridad

luego comienza la parte compleja del programa. El operario deberá plantear una secuencia de condiciones, todo esto ligado a los sensores en las cintas de transporte. Ambas cintas poseen sensores de posición. La cinta más cercana a la fresadora CNC posee un sensor al final de su recorrido (Cinta 1) y la segunda cinta posee 2 sensores y un actuador (Cinta 2). El operador deberá decidir el método en el cual el brazo decidirá la prioridad de la cinta, y luego deberá crear un programa condicionado para que: “un comando de condición haga que el brazo recoja la pieza de dicha cinta, la transporte a la otra y el programa regrese antes de dicha línea de código”.

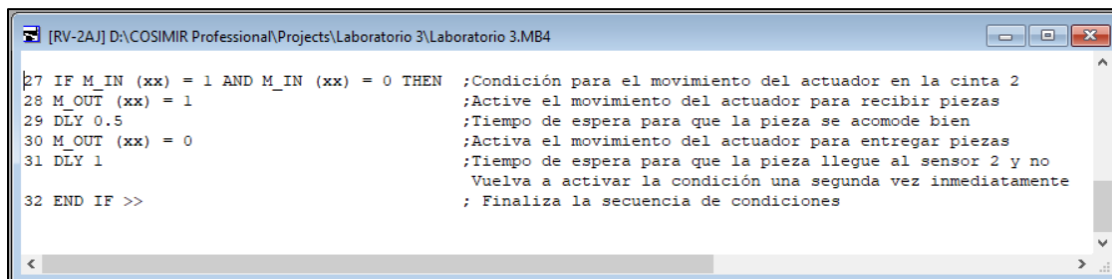
Esta descripción si bien pareciera que coincide con los criterios de ambas cintas, en realidad es más compatible con la función de la cinta 1, ya que la cinta 2 además deberá utilizar sus actuadores para poder permitir que la pieza a utilizar para el pick and place pueda llegar al final del recorrido. Por lo que el comando para la primera cinta será el siguiente

```

[RV-2AJ] D:\COSIMIR Professional\Projects\Laboratorio 3\Laboratorio 3.MB4
06 IF M_IN (xx) = 1 and M_IN (xx) = 0 THEN ;La condición de inicio de esta parte será que el sensor final
                                         de pieza de la cinta 1 este activado y el de la cinta 2 no
07 MOV P5                               ;El brazo hará un acercamiento a la cinta 1 (pueden ser más posiciones)
08 MOV P6                               ;El brazo se mueve a la posición de acercamiento de salida de la cinta 1
10 HOpen                                ;Abre el gripper para sostener la pieza
11 DLY 0.5                              ;Se le da tiempo para que el gripper se abra
12 MOV P7                               ;Se ubica el gripper en la pieza para poder sostenerla
13 HClose                               ;Se Cierra el gripper con la pieza en posición
14 DLY 0.5
15 MOV P6
16 MOV P5
17 MOV P1                               ;Mover el brazo a la posición segura
18 MOV P9                               ;Mover el brazo a la posición de acercamiento de la cinta 2
19 MOV P10                              ;Mover el brazo a la posición de entrada de la cinta 2
20 DLY 0.5                              ;Se le da tiempo al brazo para detenerse en la posición
21 HOpen                                ;Abre el gripper para soltar la pieza en la cinta 2
22 DLY 0.2                              ;Se le da un tiempo para que la pieza se aleje del alcance del gripper
23 HClose                               ;Cierra el gripper
24 MOV P9
25 MOV P1                               ;Regresa a la posición segura
26 END IF                               ;Finaliza la secuencia de condiciones de transporte de la cinta 1 a la cinta 2
  
```

Ilustración 94: Programación Lab 3: Secuencia cinta 1

Para la segunda cinta, puede ser un poco más complicado, pero dependiendo de cómo se enfoque la programación puede ser más fácil, por ejemplo, se puede subdividir las condiciones. La cinta 2 al tener 2 sensores se puede crear una condición en la que el sensor 1 si detecte la pieza y el sensor 2 no, para así hacer que el actuador deje pasar una pieza hacia el sensor 2. y la segunda condición en la que sí solo el sensor 2 detecta una pieza, el brazo la transportara de vuelta a la cinta 1.



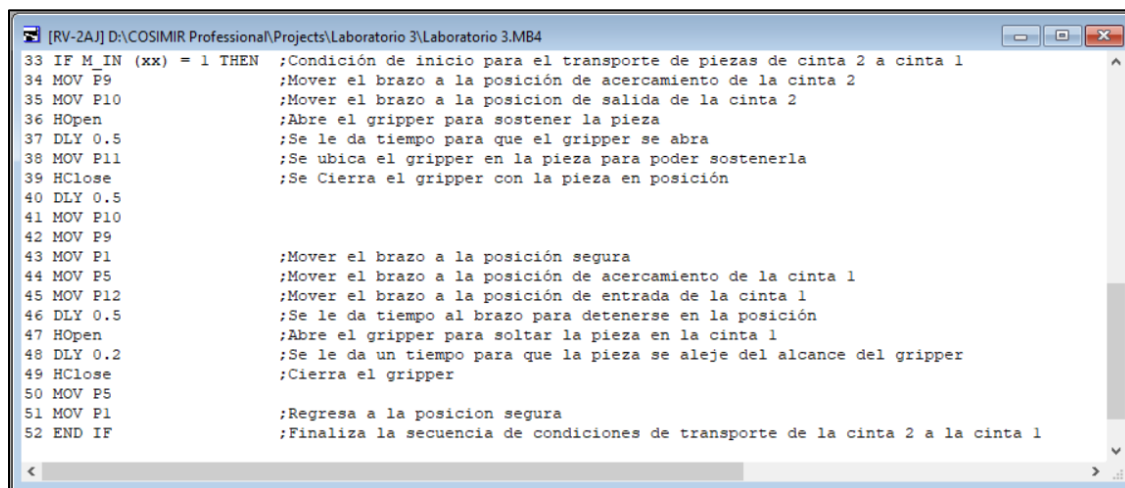
```

[RV-2AJ] D:\COSIMIR Professional\Projects\Laboratorio 3\Laboratorio 3.MB4

27 IF M_IN (xx) = 1 AND M_IN (xx) = 0 THEN ;Condición para el movimiento del actuador en la cinta 2
28 M_OUT (xx) = 1 ;Active el movimiento del actuador para recibir piezas
29 DLY 0.5 ;Tiempo de espera para que la pieza se acomode bien
30 M_OUT (xx) = 0 ;Activa el movimiento del actuador para entregar piezas
31 DLY 1 ;Tiempo de espera para que la pieza llegue al sensor 2 y no
; Vuelva a activar la condición una segunda vez inmediatamente
32 END IF >> ; Finaliza la secuencia de condiciones
  
```

Ilustración 95: Programación Lab 3: Secuencia cinta 2, actuador

Ahora cuando el sensor 2 detecte la pieza se debe iniciar el programa para transportarla de la cinta 2 a la cinta 1



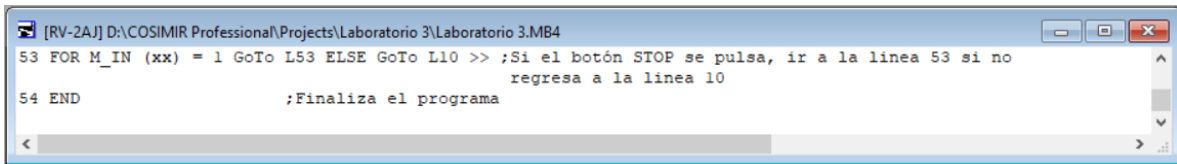
```

[RV-2AJ] D:\COSIMIR Professional\Projects\Laboratorio 3\Laboratorio 3.MB4

33 IF M_IN (xx) = 1 THEN ;Condición de inicio para el transporte de piezas de cinta 2 a cinta 1
34 MOV P9 ;Mover el brazo a la posición de acercamiento de la cinta 2
35 MOV P10 ;Mover el brazo a la posición de salida de la cinta 2
36 HOpen ;Abre el gripper para sostener la pieza
37 DLY 0.5 ;Se le da tiempo para que el gripper se abra
38 MOV P11 ;Se ubica el gripper en la pieza para poder sostenerla
39 HClose ;Se Cierra el gripper con la pieza en posición
40 DLY 0.5
41 MOV P10
42 MOV P9
43 MOV P1 ;Mover el brazo a la posición segura
44 MOV P5 ;Mover el brazo a la posición de acercamiento de la cinta 1
45 MOV P12 ;Mover el brazo a la posición de entrada de la cinta 1
46 DLY 0.5 ;Se le da tiempo al brazo para detenerse en la posición
47 HOpen ;Abre el gripper para soltar la pieza en la cinta 1
48 DLY 0.2 ;Se le da un tiempo para que la pieza se aleje del alcance del gripper
49 HClose ;Cierra el gripper
50 MOV P5
51 MOV P1 ;Regresa a la posición segura
52 END IF ;Finaliza la secuencia de condiciones de transporte de la cinta 2 a la cinta 1
  
```

Ilustración 96: Programación Lab 3: Secuencia cinta 2, transporte

Una vez finalizadas las condiciones de transporte de las piezas se debe crear la condición de finalizado del pick and place, al igual que en el laboratorio anterior la condición de finalización será el pulsar el botón STOP en el panel de control, además de crear una instrucción para que en caso de que no sea la situación el programa continúe indefinidamente desde la línea de código de la posición segura



```
[RV-2AJ] D:\COSIMIR Professional\Projects\Laboratorio 3\Laboratorio 3.MB4
53 FOR M_IN (xx) = 1 GoTo L53 ELSE GoTo L10 >> ;Si el botón STOP se pulsa, ir a la línea 53 si no
                                             regresa a la línea 10
54 END                                     ;Finaliza el programa
```

Ilustración 97: Programación Lab 3: Secuencia final

Laboratorio 4

Tabla Lab 4-1: Tabla contenido Laboratorio 4

Título del laboratorio: Programación Estación 0 (Brazo) y comunicación entre estaciones
Objetivos del laboratorio: Completar la programación de la estación 0, que consiste en crear la programación del brazo robótico y sus periféricos en conjunto con la comunicación con la estación 1.
Equipo a utilizar: Teach Pendant R32TB Controlador CR1DA-771 Panel de Control Festo
Antes de empezar: -Analice todos los comandos mencionados en el documento, y utilícelos según el operador estime conveniente. -Debido a la complejidad del laboratorio se recomienda realizar un borrador de la programación para poder analizar la estructura del programa y agilizar el tiempo de programación, también recuerde que puede solicitar el uso del laboratorio de celda en horarios libres para evitar problemas con el tiempo de programación de sus compañeros. -Al depender de más entradas y salidas digitales, se recomienda tomar nota de estas para utilizarlas. -Recuerde que el equipo al funcionar puede causar daño al operador o a cualquier individuo que se encuentre alrededor de la zona de trabajo del brazo, proceder con cautela en lo que corresponda a funcionamiento automático del brazo.

Desarrollo del laboratorio:

Cree un programa en el que el brazo trabaje en conjunto con la estación 1, para esto se hace uso de la comunicación entre el PLC y el controlador mediante las entradas y salidas digitales del panel de control. Además, el programa debe hacer uso del switch selector o llave, ubicada también en el panel de control, además que el programa debe emplear 2 modos de funcionamiento: uno manual y uno automático.

El modo manual consiste en que el programa se debe activar solo mediante el uso del botón START como en los laboratorios anteriores, siguiendo la misma estructura de programación.

El modo automático consiste en que la estación 1 pedirá una pieza al brazo mediante un bit de salida y solo cuando esta condición se cumpla el programa deberá iniciar. Esto sucederá cuando el sensor del colector no detecte piezas, el colector se encuentra ubicado al principio de esta estación 1, por lo que el conjunto de sensores pertenece solo a esa estación y por eso es necesaria la comunicación entre estaciones.

1. Entradas y salidas del panel de control

El panel de control brazo cuenta con cuatro entradas y cuatro salidas digitales, estas están ubicadas en los costados de a 4 (dos entradas y dos salidas por lado), las entradas están etiquetadas con la letra **I** y las salidas con la letra **Q**. estas se pueden utilizar para indicar estado de programa o realizar un llamado a acción de programa mediante la activación de un bit en una estación que será recibido por la otra, este método depende 100% de la habilidad de programación del operador. Además, las entradas y salidas poseen un led indicador con el cual se puede indicar la recepción y salida de datos, ya que el control de encendido de estos es programable.

Tanto el panel de la estación 1 como la del brazo cuentan con las mismas entradas y salidas, con la única diferencia en el botón RESET y la parada de emergencia.



Ilustración 98: Panel de control Brazo y Estación 1

2. Creación del programa

Selector de modo de operación:

Como se está utilizando de base el programa del laboratorio anterior, nos enfocaremos en las condiciones de los modos de funcionamiento.

Primero se debe iniciar con el planteamiento de la condición para la selección de modo de operación. En este caso ira al principio del programa y el comando utilizado para la selección de modo será **[IF]** por su simplicidad. También pueden utilizarse otros métodos y comandos para la selección de modo de operación, pero requieren más variables a tomar en cuenta.

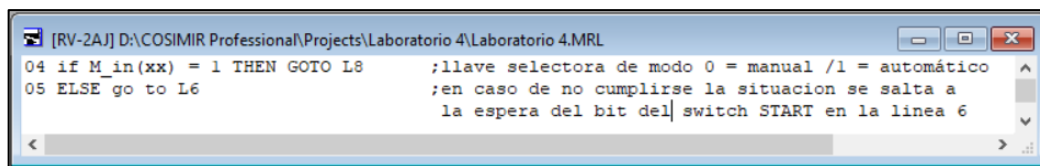


Ilustración 99: Programación Lab 4: Secuencia de inicio

de esta forma al estar el switch selector en posición automática (1) el programa se saltará el comando de espera del switch START, que equivale inicio de programa en el modo de operación manual (0) y si no, el programa no saltara de linea, por lo que se ejecutara la linea siguiente al **[IF]** que en este caso es la espera a que el switch START sea pulsado. en caso de ser necesario se le deberán agregar al programa más comandos de condición que verifiquen que el modo de operación (en caso de que corresponda).

Comunicación con panel de control:

En este apartado nuevamente se debe incluir la comprobación del selector de modo de operación, debido a que la estación 1 solo le pedirá pieza al brazo una pieza cuando la llave selectora se encuentre en modo automático, y el brazo solo actuará cuando el bit de entrada sea activado. Y en el caso de que este activado el modo manual, el programa deberá ignorar esta condición de espera, saltando de linea a un punto del programa donde el transporte de pieza dependa de los sensores de la cinta transportadora (pieza detectada en el sensor de salida de la cinta)

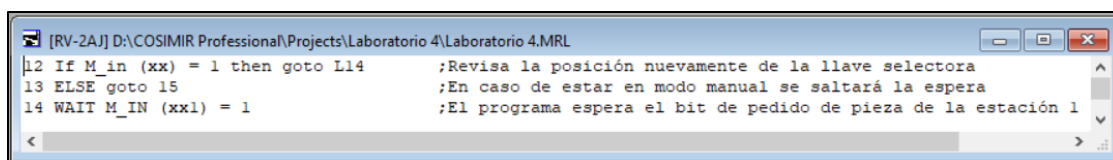


Ilustración 100: Programación Lab 4: Secuencia selector de modo

También se pueden agregar los bit de salida correspondiente al panel para comunicarle al PLC de estación 1 de que la pieza ya fue solicitada y generar una espera dentro de ese programa.

Conclusiones

- El contenido disponible acerca del Mitsubishi Melfa RV-2SDB en los manuales MPS 500 (disponibles en el laboratorio de celda flexible) no es completo, por lo que es necesario buscar manuales más específicos para este modelo de brazo robótico en caso de ser necesario.
- Al trabajar por un periodo extendido con el brazo, se llegó a la conclusión de que se debe hacer un riguroso seguimiento al estado de la carga de las baterías del brazo, en el momento que estas se descarguen, primero el brazo perderá los datos del encoder y si no se cargan lo antes posible, existe la posibilidad de que también se pierdan los programas guardados.
- Es requerido un mantenimiento riguroso del brazo robótico al menos una vez cada 2 meses (estado y vida útil de las baterías, purga de líquidos en válvulas neumáticas del brazo y de la válvula de alimentación)
- El lenguaje de programación y su lógica en si no es complicada, pero, se debe tener en cuenta que cualquier error en la sintaxis en los comandos puede hacer que el sistema detecte un error o en el peor de los casos, ejecutará un comando completamente distinto al deseado.
- Como opinión personal, el equipo es perfecto para la introducción a los robots, ya que aun si es tedioso en el apartado de programación (debido a la distribución de teclas alfa-numéricas), es de los más simples para trabajar, sin mayor riesgo para el operario en entramiento.
- Las licencias para los programas compatibles son complicadas de conseguir, y si existe un interés en implementar estos en el plan de estudios, se debe tener especial preocupación con la licencias y el periodo de la duración de estas.

Referencias

- [1]. ALLIED AUTOMATION. Manual Controlador CR750/CR751 [en línea] <https://www.allied-automation.com/wp-content/uploads/2015/02/MITSUBISHI_CR750CR751-Controller-Instruction-Manual-Detailed-Explanations-of-Functions-and-Operations.pdf>
- [2]. MITSUBISHI ELECTRIC. Seminario de robots serie FR/F [en línea] <https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/school_text/bfp-a3592/bfp-a3592Z.pdf>
- [3]. ACADEMIA.EDU. Introducción a programación Melfa Basic IV [en línea] <[https://www.academia.edu/37034074/Introducción a la programación Introducción a la programación Melfa Melfa Basic IV Basic IV MELFA Robots MELFA Robots](https://www.academia.edu/37034074/Introducción_a_la_programación_Introducción_a_la_programación_Melfa_Melfa_Basic_IV_Basic_IV_MELFA_Robots_MELFA_Robots)>
- [4]. MITSUBISHI ELECTRIC. Manual Melfa de operaciones básicas y mantenimiento [en línea] <https://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/e-learning/pdf/spa/5-MELFA_Basics_FQ_fod_spa.pdf>
- [5]. SUPPORT SIRIUSTRADING. Manual de instalación y mantenimiento Mitsubishi RV-FR series [en línea] <[http://suport.siriustrading.ro/01.DocAct/6.%20Roboti%20industriali%20RI/6.2.%20Seria%20RV%20\(Vertical\)/RV-FR%20-%20Instruction%20Manual%20\(Arm%20Setup,%20Maintenance\)%20BFP-A3474-D%20\(12.18\).pdf](http://suport.siriustrading.ro/01.DocAct/6.%20Roboti%20industriali%20RI/6.2.%20Seria%20RV%20(Vertical)/RV-FR%20-%20Instruction%20Manual%20(Arm%20Setup,%20Maintenance)%20BFP-A3474-D%20(12.18).pdf)>
- [6]. ALLIED AUTOMATION. Manual de solución de problemas controlador Mitsubishi 750CR751 [en línea] <https://www.allied-automation.com/wpcontent/uploads/2015/02/MITSUBISHI_CR750CR751-Controller-Instruction-Manual-Troubleshooting.pdf>