

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**PROPUESTA DE MANUAL DE OPERACIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA BRAZO ROBÓTICO PALETIZADOR
KUKA KR 50 R2100**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniería en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL con
LICENCIATURA EN INGENIERIA.

Alumno:

Sr. Milton Rodrigo Matamala Alarcón

Profesor Guía:

Ing. Aldo Gabriel Fuentes Troncoso



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Propuesta de manual de operación y plan de mantenimiento para brazo robótico paletizador Kuka KR50 R2100

Nombre del candidato(a): Milton Rodrigo Matamala Alarcón

Carrera / Grado: Ingeniería en mantenimiento industrial

Campus: Concepcion ; **Departamento:** Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Aldo Gabriel Fuentes Troncoso, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

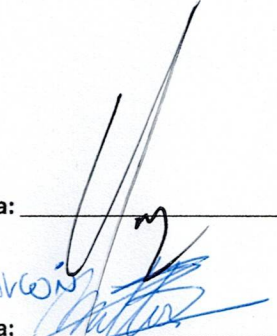
☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

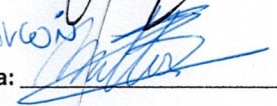
Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 26-09-2025

; Firma: 

Estudiante o Candidato(a): Milton Rodrigo Matamala Alarcón

Fecha: 26-09-2025

; Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DEDICATORIA

Primeramente, agradecer a mi familia por su incondicionalidad hacia mí, sin importar el resultado, sé que fueron años difíciles tanto para mí como para ellos con tristeza, enfermedad y hasta un accidente, pero aquí estamos haciendo culminando mi carrera como Ingeniero en Mantenimiento Industrial y hacer sentir orgullosos, tanto a mi mamá como mi papa que se merecen todo.

Dar las gracias igualmente a mi polola Michel, ya que sin su ayuda me hubiera sido imposible culminar esta etapa universitaria, siempre me apoyó y estuvo a mi lado en las buenas y en las malas con su hijo Gaspar Elián el cual con su alegría me impulsaba a seguir adelante sobre la adversidad.

Agradecer a mi profesor guía, Aldo Fuentes Troncoso, por siempre estar con buena disposición a ayudarme a terminar mi tesis, brindándome palabras de apoyo en el momento que se me detectó el cáncer, jamás olvidaré a las personas que estuvieron a mi lado.

Finalmente dedicar este logro a todas esas personas intachables en mi vida y dar las gracias a Dios que me observa, por guiarme y darme fuerzas para salir adelante.

RESUMEN

En este trabajo de título se describe la propuesta de un manual de operación y plan de mantenimiento preventivo para el brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100, el cual está ubicado en el taller de soldadura de la UTFSM sede Concepción. Esta propuesta se enfoca en brindar pautas para la operación y mantención preventiva del equipo, que permitan un óptimo funcionamiento y disponibilidad.

En el primer capítulo, se exponen los fundamentos teóricos que sustentan la investigación, contextualizando y definiendo los conceptos clave para la comprensión de la funcionalidad y los componentes del brazo robótico, con el fin de asegurar que todos los usuarios posean una interpretación clara y precisa de la terminología empleada.

Posteriormente, en el siguiente capítulo se presentan los antecedentes y la justificación del proyecto. También se aborda la descripción del equipo, su configuración técnica y su contexto, así como una evaluación de su utilización y manejo desde su instalación para detectar problemas a solucionar. En esta sección se aplica una encuesta compuesta por 19 preguntas, cuyo principal objetivo es recopilar información de estudiantes y profesores para conocer sus opiniones, comportamientos, características y necesidades en relación con el brazo robótico KUKA KR 50 R21000. Además, se emplea la técnica de análisis denominada '5 porqués', la cual permite profundizar, comprender e identificar la causa raíz de los problemas que se detectaron." Como resultado de este análisis, se propone la elaboración de un manual de operación y un plan de mantenimiento preventivo los cuales son esenciales para garantizar el correcto funcionamiento y la durabilidad del equipo.

El tercer capítulo detalla el desglose del brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100, perteneciente a la Universidad Técnica Federico Santa María. Este desglose describe sus componentes y sistemas principales, incluyendo la programación del robot, con el objetivo de comprender su funcionamiento, identificar posibles problemas y diseñar estrategias de mantenimiento. En consecuencia, se elabora un manual de operación y un plan de mantenimiento preventivo para el brazo robótico KUKA, proporcionando las instrucciones necesarias para su uso seguro y eficiente. Adicionalmente, se incluye un ejercicio de operación tipo e instrucciones para el desplazamiento manual.

Finalmente, en el capítulo cuatro, se realizó una interpretación de los costos de recursos, con la finalidad de identificar los gastos en insumos y repuestos críticos para que aumente la disponibilidad del brazo robótico.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN..... 1

OBJETIVOS.....2

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO 3

1.1 BRAZO ROBÓTICO 4

1.1.1 Descripción 4

1.1.2 Principales funciones de un brazo robótico 5

1.1.3 Herramientas utilizadas por brazos robóticos 5

1.1.4 Historia y evolución del brazo robótico 7

1.1.5 Tipos de brazo robótico 8

1.1.6 Industrias que emplean los brazos robóticos..... 10

1.1.7 Ventajas de utilizar robots..... 10

1.2 Plan de mantenimiento 11

1.3 Manual de operación 113

1.4 Historia de la universidad técnica federico santa maría 135

1.4.1 Origen de la institución académica 146

1.4.2 Inicio del proceso de expansión a nivel nacional e internacional 146

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....21

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 202

2.2 Descripción del proyecto.....32

2.3 Justificación del proyecto 32

2.4 Encuesta brazo robótico KUKA KR50 R2100.....33

2.4.1 Enfoque y estructura de la encuesta.....33

2.4.2 Resultado de análisis de la encuesta.....34

2.3 Aplicar técnica de análisis 5 por qué.....36

CAPÍTULO 3: Manual de operación y plan de mantenimiento preventivo a brazo robótico paletizador kuka modelo KR50 R2100 41

3.1 Manual de OPERACIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO PALETIZADOR MODELO KR 50 R2100 42

3.1.1 Dispositivo de mando manual KUKA SmartPAD 2

3.1.2 Características del kuka smartPAD 42

3.1.3	Resumen del kuka smartPAD	3
3.1.4	Aceite lubricante Optigear Synthetic ALR 150 marca Castrol	5
3.2	PROGRAMACIÓN DE ROBOT	6
3.2.1	Lenguaje que utiliza la unidad de control	46
3.2.2	Seguridad del robot	7
3.3	INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE BRAZO ROBÓTICO MARCA KUKA MODELO KR 50 R2100	7
3.3.1	Advertencias y precauciones	48
3.3.2	Comienzo puesta en marcha de brazo robótico kuka modelo KR 50 modelo R2100	48
3.3.3	Leer e interpretar mensajes en smartPAD	9
3.3.4	Modos de servicio del robot kuka	52
3.4	MOVER EL ROBOT PALETIZADOR MODELO KR 50 2100 EN SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSALES	53
3.4.1	Principio del proceso manual del sistema de coordenadas de herramienta	53
3.4.2	Ejercicio de operación y desplazamiento manual en el sistema de coordenadas universales	54
3.5	PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A BRAZO ROBÓTICO KUKA MODELO KR 50 R2100	55
3.5.1	Inspección visual	16
3.5.2	Cambio de aceite a caja reductora	166
3.5.3	Inspección de generadores de vacío modelo pilnline si 6mm y cambio de ventosas marca piab	57
3.6	MANTENCIÓN PREVENTIVA A UNIDAD DE CONTROL KR C4	58
3.6.1	Inspección visual	58
3.6.2	Reemplazo de baterías	59
3.6.3	Reemplazo de ventilador E2 y PC	59
3.6.4	Reemplazo de filtros	60
3.6.5	Limpieza a disipadores	60
CAPÍTULO 4: ESTUDIO ECONÓMICO		1
4.1	COSTOS MANTENIMIENTO	62
4.1.1	Aceite lubricante optigear synthetic ALR 150 marca Castrol	62
4.1.2	Generador de vacío Mini SI 6-6 marca Piab	63
4.1.3	Ventosa Piab B50-2	63
4.1.4	Ventilador E2	64
4.1.5	Bateria 12v 5Ah Ciclo profundo AGM	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		66
BIBLIOGRAFÍAS Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN		68
ANEXOS		69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 – 1	Brazo robótico.....	14
Figura 1 – 2	Robot Cartesiano.....	17
Figura 1 – 3	Robot Esférico polar.....	17
Figura 1 – 4	Robot Articulado.....	17
Figura 1 – 5	Robot Cilíndrico.....	17
Figura 1 – 6	Robot Scara.....	17
Figura 1 – 7	Robot Paralelo.....	17
Figura 1 – 8	Operador Leyendo manual de operación	20
Figura 1 – 9	UTFSM Casa central	21
Figura 1 – 10	Federico Santa María	22
Figura 1 – 11	Eduardo Frei, primera piedra sede viña del mar	22
Figura 1 – 12	Salvador Allende. Inauguración de la Sede Balduino de Bélgica.	23
Figura 1 – 13	UTFSM Campus Guayaquil (Ecuador).....	24
Figura 1 – 14	UTFSM Campus comuna de San Joaquín (Santiago).....	25
Figura 2 – 1	Brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100.....	28
Figura 2 – 2	Unidad de control KR C4.....	29
Figura 2 – 3	Cadena cinemática del brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100	29
Figura 2 – 4	Componentes mecánicos de brazo robótico.....	30
Figura 2 – 5	Diagrama Brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100.....	31
Figura 2 – 6	Diagrama campo de trabajo del robot paletizador KUKA KR 50 R2100.....	32
Figura 2 – 7	Brida de acople brazo robótico paletizador KUKA 50 R2100.....	32
Figura 2 – 8	Unidad de control KR C4.....	33
Figura 2 – 9	Procesador KR C4.....	34
Figura 2 – 10	KR C4 memoria modules.....	34
Figura 2 – 11	KUKA Robot KRC4 RDC Tarjeta	34
Figura 2 – 12	Fuente de alimentación KRC4.....	35
Figura 2 – 13	Ventilador externo del pc.....	35
Figura 2 – 14	Ventilador interno del pc.....	35

Figura 2 – 15	Conector de cable convertidor digital KUKA X21.1 KR C4.....	36
Figura 2 – 16	Esquema explicativo de “Técnica de análisis 5 porque”.....	38
Figura 3 – 1	Manual de operaciones.....	41
Figura 3 – 2	Brazo robótico KR50 R2100.....	41
Figura 3 – 3	Dispositivo de mando SmartPAD KUKA.....	42
Figura 3 – 4	KUKA SmartPAD.....	43
Figura 3 – 5	Componentes mecánicos de brazo paletizador KUKA.....	46
Figura 3 – 6	Tablero eléctrico.....	49
Figura 3 - 7	Tablero eléctrico principal.....	49
Figura 3 - 8	Unidad de control KR C4.....	49
Figura 3 - 9	Ventana de mensajes.....	50
Figura 3 - 10	Ventana de mensajes SmartPAD.....	52
Figura 3 - 11	Robot paletizador KUKA KR 50 R2100.....	53
Figura 3 - 12	Aceite ALR 150 CASTROL.....	56
Figura 3 - 13	Puntos de acceso para aceite ALR 150.....	57
Figura 3 - 14	Generador de vacío SI 6mm PILNLINE.....	57
Figura 3 - 15	Generador de vacío SI 6mm PILNLINE.....	58
Figura 3 - 16	Gabinete unidad de control KR C4.....	59
Figura 3 - 17	Baterías 12V 5Ah Ciclo Profundo AGM.....	59
Figura 3 - 18	Filtros E2 de unidad de control KR C4.....	60
Figura 3 - 19	Filtro unidad de control KR C4.....	60
Figura 4 - 1	Aceite lubricante ALR 150 CASTROL.....	63
Figura 4 - 2	Generador de vacío 6 mm PIAB.....	64
Figura 4 - 3	Ventosa B50-2 PIAB.....	64
Figura 4 - 4	Ventilador E2.....	64
Figura 4 - 5	Batería Batería 12v 5Ah Ciclo profundo AGM.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - 1	Tipos de brazo robótico.....	20
Tabla 2 - 1	Esquema 5 porque.....	40
Tabla 2 - 2	Componentes SmartPAD KUKA.....	44
Tabla 2 - 3	Especificaciones de aceite ALR 150.....	46
Tabla 2 - 4	Significado de mensajes SmartPAD.....	51
Tabla 4 - 1	Tabla de costos Plan de mantenimiento preventivo.....	65
Tabla 4 - 2	Tabla de costos anual Plan de mantenimiento preventivo.....	65

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

EE. UU	:	Estados unidos
AGV	:	Vehículo guiado automáticamente
USM	:	Universidad Santa María
GMAW	:	Soldadura por Arco Metálico con Gas
KR C4	:	Tipo de modelo de unidad de control
MM	:	Milímetros.
PLC	:	Controlador Lógico Programable
USB	:	Universal Serial Bus
RAM	:	Memoria de Acceso Aleatorio
SSD	:	Unidad de Estado Sólido
KRL	:	Kuka robot lenguaje
HDMI	:	Interfaz Multimedia de Alta Definición
PC	:	Computadora Personal
V	:	Voltaje
E	:	Euros

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los brazos robóticos han generado una revolución tanto en el ámbito académico como en las industrias, porque se han convertido en herramientas fundamentales para optimizar procesos de producción, mejorar la eficiencia y garantizar altos estándares de calidad en la industria internacional

Los brazos robóticos, como el KR 50 R2100 de KUKA, son ejemplos destacados de estas tecnologías avanzadas que desempeñan un papel clave en una variedad de industrias, desde la manufactura, hasta la automotriz y la electrónica.

Dentro del desarrollo del trabajo se generará una encuesta la cual pretende revelarnos las necesidades y opiniones de los usuarios que tienen acceso a la maquina en consiguiente a esto aplicar la técnica de análisis llamada “los 5 porque” con el objetivo de identificar la causa raíz del problema, y de esta manera, abordar y resolver la problemática de forma efectiva.

En conjunto se pretende generar conocimientos básicos de programación y operación del brazo robótico paletizador modelo KUKA KR 50 R 2100, el cual incluye los siguientes aspectos: programación del robot, seguridad tanto de él, como de quien lo opere, interpretación de mensajes, modo de servicios de la máquina, además una propuesta de plan de mantenimiento preventivo que incluye una secuencia de acciones para un óptimo funcionamiento, así como los insumos para llevar a cabo la mantención.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar manual de operación y plan de mantenimiento preventivo para el nuevo brazo robótico paletizador modelo KUKA KR 50 R 2100 de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Concepción, con la finalidad de asegurar su disponibilidad y su correcto uso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir brazo robótico paletizador para analizar su funcionalidad
- Elaborar manual de operación incorporando la teoría básica además de ejercicios para prácticas efectivas con el brazo paletizador modelo KUKA KR 50 R 2100.
- Desarrollar plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad y operatividad del brazo robótico paletizador
- Generar estudio económico de la propuesta.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1 BRAZO ROBÓTICO

Para el presente proyecto, se utilizará una definición de Esneca Business School (2019), la cual dice que se trata de un brazo mecánico diseñado con estructuras articuladas que le permiten hacer un gran número de movimientos recreando las funciones de un brazo humano. Habitualmente, se fabrica con materiales como aluminio, acero, fibra de carbono o titanio.

Su cometido principal es agilizar tareas que requieren de repetitividad y precisión en procesos de líneas de producción. Los sectores industriales que normalmente utilizan el brazo robot son la industria mecánica, automovilística, minería, farmacéutica o alimenticia.



Figura 1 - 1 Brazo robótico

Fuente: <https://www.freepik.es/>

1.1.1.- Descripción

Las partes que componen un brazo robótico son:

- **Controlador:** Compuesto por un microordenador que se encarga de calcular los procesos y movimientos que debe ejecutar.
- **Actuadores:** Son los motores que generan la fuerza para moverse.
- **Manipulador:** Es la parte mecánica que realiza los movimientos.
- **Articulaciones:** Permiten generar movimientos lineales y en ángulo.
- **Muñeca:** Se encarga de realizar movimientos de elevación, desviación y giro.

Seguido de estas partes, se encuentra otra estructura denominada como la mano robótica, esta se encuentra ubicada al final del brazo robótico, corresponde a una pinza u otro tipo de herramienta, esta mano se creó para una gran variedad de funciones, dado que tiene una precisión mayor se puede llegar a soldar, ajustar o girar.

1.1.2 Principales funciones de un brazo robótico

- **Paletizado:** Se puede usar los brazos robóticos para automatizar el proceso de colocar los bienes o los productos en los palés. Si se automatiza el proceso, el paletizado se vuelve más preciso, rentable y predecible.
- **Manejo de material:** los brazos robóticos que manejan materiales pueden crear un almacén seguro y eficiente, ya que se garantiza que los bienes y los materiales estén almacenados como corresponde, son fáciles de encontrar o se transportan de forma apropiada. La automatización de estos procesos puede acelerar la entrega de productos a los clientes
- **Soldadura:** La soldadura es una tarea que los robots pueden realizar en entornos industriales avanzados, como la fabricación automotriz. Debido a su impacto fundamental en la calidad de los productos, la soldadura es un excelente candidato para usarla con la robótica avanzada, ya que presenta mejoras de visión e IA para la inspección de calidad en línea.

1.1.3 Herramientas Utilizadas por Brazos Robóticos

Los brazos robóticos son dispositivos multifuncionales que pueden ser equipados con una variedad de herramientas para llevar a cabo diferentes tareas. Estas herramientas, denominadas efectores finales, constituyen la interfaz entre el robot y su entorno de trabajo.

- Principales tipos de herramientas que se utilizan

- Pinzas:

La herramienta de pinzas para brazo robótico es un efector final diseñado para ejecutar tareas de agarre y manipulación de objetos de manera eficiente. Consiste en un par de mandíbulas que se abren y cierran, lo que permite al robot sujetar y trasladar piezas de diversas dimensiones y formas. Las pinzas pueden adaptarse a diferentes configuraciones y materiales de agarre, como goma o metal, con el fin de ofrecer un control preciso y seguro durante la manipulación. Este tipo de herramienta es particularmente adecuado para aplicaciones que requieren un agarre firme pero controlado, como en procesos de ensamblaje o empaquetado en líneas de producción.



Figura 1 – 2 herramientas de pinzas

Fuente: <https://revistaderobots.com>

- Ventosas:

La herramienta de ventosas para brazo robótico es un efector final que permite la manipulación de objetos mediante succión. Está formada por una o más ventosas que crean un vacío para adherirse a superficies planas o irregulares, facilitando el

levantamiento y traslado de piezas sin causarles daño. Las ventosas pueden ajustarse en tamaño y forma según el tipo de objeto que se debe manipular. Esta herramienta es particularmente útil en tareas de pick-and-place, así como en la manipulación de materiales delicados como vidrios o paneles.



Figura 1 – 3 Herramientas de ventosas

Fuente: <https://ripipsa.com/grippers-robot/grippers-roboticos-de-vacio/>

1.1.4 Historia y evolución de brazo robótico

Los primeros robots industriales fueron desarrollados por George DEVOL, inventor estadounidense y fundador de la primera empresa robótica de la historia: UNIMATION.

En el año 1954 se desarrolla, en EE. UU, el que se considera el primer robot industrial: un brazo hidráulico llamado UNIMATE, utilizado para elevar cargas pesadas que vendieron a General Motors. En los años posteriores desarrollaron varias versiones del mismo modelo de la empresa UNIMATION que fueron introduciendo, poco a poco, en algunas fábricas principalmente del sector automovilístico.

Fue a finales de los años 60 y en la década de los 70 cuando aparecieron brazos robóticos bastante más avanzados en los que ya se empleaban cámaras o sensores. Destaca el robot SHAKEY, diseñado en 1966 por el Instituto de Investigación de Stanford como un hito importante para la robótica móvil. SHAKEY fue el primer robot móvil del mundo, gracias al software y hardware le permitía percibir y comprender el entorno, aunque de forma limitada.

Los primeros robots industriales móviles aparecen también en paralelo. En 1954, Barrett Electronics Corporation saca a la luz el primer vehículo eléctrico que no necesitaba conductor humano, lo que conocemos como el primer AGV (Vehículo Autónomo Guiado). Los AGVS adquieren comportamientos más complejos en los 80 a medida que avanzaba la tecnología y ya en la década de los 90 encontrábamos AGVS con sensores y láseres mucho más precisos.

Tal y como se explica en otro post, un AGV no es un robot móvil autónomo. Conviene comprender las diferencias entre ambos para tomar la decisión más acertada a la hora de introducirlos en una fábrica o empresa.

Aunque los primeros robots industriales fueron creados en Estados Unidos, en los años 80 y 90 ya se estaban desarrollando también en algunos países de Europa y Asia, principalmente en Japón y en Suecia. Probablemente se recuerde al Deep Blue de IBM venciendo una partida de ajedrez al campeón mundial Garry Kasparov.

Actualmente, el desarrollo de la Inteligencia Artificial o de otras tecnologías como las que se mencionan al principio del artículo son tan potentes que la partida contra Kasparov suena a algo obsoleto. Las aplicaciones que aporta la IA a la robótica y, por ende, al sector industrial, son infinitamente más valiosas y rentables que ganar partidas de ajedrez.

1.1.5 Tipos de brazos robóticos

Tabla 1 - 1 Imágenes de los tipos de brazo robótico

Robot Cartesiano 	Robot Esférico o polar 
---	--

Robot Articulado 	Robot Cilíndrico 
Robot Scara 	Robot Paralelo 

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1 – 2 . Tipos de brazo robótico

Robot cartesiano	Este robot se caracteriza por sus ejes, que coinciden con los tres ejes cartesianos. Se emplea en funciones de soldadura, en operaciones de ensamblado, manipulación de objetos e incluso aplicación de impermeables.
Robot esférico o polar	Los ejes de este robot forman un sistema polar de coordenadas. Es decir, en un círculo un eje que va de arriba a abajo y otro de derecha a izquierda (como norte-sur este-oeste). Su origen se encuentra en el primer robot Unimate instalado en la fábrica de coches, General Motors. Este realizaba trabajos de soldadura, fundición y manipulación de máquinas y herramientas, permitió que hubiese menos accidentes al hacerse cargo de trabajos que tienen un alto nivel de peligro.
Robot articulado	El robot articulado tiene, como mínimo, tres articulaciones que giran sobre sí mismas, lo que le permite llevar a cabo tareas más complejas. La mayor rotación permite que pueda realizar desde soldaduras hasta pintar con spray. Se emplea, con frecuencia, en la industria automovilística. Y sus funciones, como hemos mencionado, pueden variar, aunque se suelen destinar a las de mayor precisión dada su capacidad de giro.
Robot cilíndrico	Sus ejes forman un sistema de coordenadas de círculos concéntricos que le permiten efectuar tareas como la manipulación de máquinas. Pero, además, puede realizar funciones de soldadura de punto. También manejan maquinaria de fundición a presión y operaciones de ensamblaje.
Robot SCARA (paletizador)	Es un robot con dos articulaciones rotatorias paralelas, que permiten que pueda hacer trabajos de pick and place, que significa coger y dejar. Es decir, las principales funciones de este tipo de brazo son las de recoger objetos y dejarlos en otros lugares. En este caso tienes que fijarte en la fuerza que pueden tener estas máquinas. Pueden recoger metales pesados o estructuras imposibles de mover por una sola persona y moverlas.
Robot paralelo	Sus brazos tienen articulaciones en forma de prisma. Su uso principal está en la plataforma móvil desde la que se trabajan las simulaciones de vuelo. Su alto nivel de rotación permite una mayor variedad de movimientos para que la simulación sea más compleja.

Fuente: Elaboración propia

1.1.6 Industrias que emplean los brazos robóticos

Algunas de las industrias que hacen uso de estos brazos para sus tareas diarias, son las fábricas de automóviles, empresas de ensamblaje y creación de estructuras.

En la automovilística, el ensamblaje o ajuste de piezas es un lugar recurrente para emplazar estas máquinas, sin embargo, también pueden servir para el pick and place, es decir, para transportar materiales pesados de un lugar a otro o colocarlos dentro de la estructura del automóvil.

Pero esta industria no es la única, ya que, el brazo robótico ha llegado hasta el espacio, en el transbordador espacial se encuentra un sistema de manipulación remota que es un conjunto de brazos mecánicos, éstos permiten controlar el sistema por los humanos desde otro punto, sus funciones van desde la inspección de satélites hasta la carga y descarga de material.

El brazo robótico es una innovación tecnológica que está presente en multitud de industrias en la actualidad, puede realizar variados tipos de trabajos, ya sean meramente de carga de objetos pesados o tareas de precisión. Esta herramienta es una forma de mejorar la eficiencia del trabajo en las fábricas y mejorar la calidad de vida de los empleados.

1.1.7 Ventajas de utilizar robots

- Mejoras en el sistema de producción

Gracias a su precisión y complejidad en la ejecución de tareas, los brazos robóticos mantienen estándares altos de calidad, su probabilidad de error es casi nula, incluso en tareas donde se requiere una precisión muy alta. Un robot puede realizar un gran número de tareas, en especial se ocupa de las más repetitivas o pesadas, así, se evita poner en situación de riesgo a los operarios, que pueden ocuparse de tareas más creativas.

- Nuevas posibilidades de empleos

El desarrollo de estas nuevas tecnologías industriales sirve también para crear empleos. El sector industrial requiere expertos que puedan supervisar y mantener a punto

Es un invento que ha facilitado el trabajo a muchos sectores industriales y ha ayudado a ganar en calidad de vida a muchos operarios ahorrando tareas duras y repetitivas.

- Eficiencia y productividad mejoradas

Los brazos robóticos pueden operar sin cansarse las 24 horas del día, los siete días de la semana, lo que permite a las empresas mantener la producción y realizar las inspecciones u otras tareas de forma continua para aumentar los resultados.

En base a las ventajas señaladas, resalta la importancia de un plan de mantenimiento adecuado para un brazo robótico, ya que, estos aportan grandes beneficios a las industrias.

Aplicaciones comunes de KUKA KR 50 R2100 incluye: ensamblado, cortado, dispensado, barrenado, acabado, maquinado, manipulación de materiales y paletizado.

Es por ello, que el plan de mantenimiento existente no es adecuado para un funcionamiento óptimo, por lo que es necesario elaborar un plan de mantenimiento que pueda asegurar la disponibilidad de la máquina robótica paletizadora.

1.2 PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento, es un proceso en el cual se determina como se debe realizar y llevar a cabo el trabajo de conservación de un equipo, un plan sólido se fundamenta en el “por qué” de las tareas, suelen incluir un calendario además de una lista de repuestos necesarios para cada objetivo, se debe actualizar constantemente a medida

que los datos son más completos, la idea que subyace a la planificación del mantenimiento, es garantizar que se pueda mantener el buen estado de funcionamiento de los equipos y así asegurar su disponibilidad.

La importancia de estos planes recae en que son papeles de diagnóstico que se utilizan para crear estrategias de mantenimiento dentro de una organización, en otras palabras, un plan de mantenimiento es fundamental para ejecutar análisis predictivos avanzados y en base en ello, poder aumentar o mejorar la información en tiempo real del rendimiento y las condiciones de un equipo. Sin embargo, el plan de mantenimiento no solo revierte un ahorro de dinero, sino que también aporta a la seguridad.

1.2.1 Tipos de plan de mantenimiento

Dentro de un sistema de un plan de mantenimiento, existen diferentes tipos de métodos que ayudan a que los resultados se den de una manera más eficiente y económica, cada uno implica distintas formas de actuar que pueden aplicarse dependiendo de las características y necesidades del equipo.

- Plan de mantenimiento predictivo:

Cuando se detectan valores anómalos dentro de un departamento de mantenimiento industrial, lo primero que se hace es realizar una revisión o ejecutar el reemplazo de la pieza que produce el fallo, con un plan de mantenimiento predictivo se recopilan los datos estadísticos para crear una estrategia de mantenimiento de acuerdo con las instalaciones y equipos.

- Plan de mantenimiento correctivo:

El mantenimiento correctivo consiste en las actuaciones del servicio técnico en respuesta a avisos sobre el mal funcionamiento de algún equipo, activo o proceso.

Comprende un grupo de tareas de índole técnica cuyo propósito es corregir los fallos que sobrevienen en el funcionamiento de la maquinaria. Estas actuaciones pueden llegar a ser solicitadas de forma inesperada. No forman parte de un plan de mantenimiento

programado, y podría incluso pasar mucho tiempo sin que nadie tuviera que abrir un ticket solicitando soporte. De cara a la operatividad, el mantenimiento correctivo se puede considerar una intervención simple: se trata solo de corregir el fallo de funcionamiento, bien mediante la colocación de una pieza de repuesto o reemplazando el equipo averiado por uno nuevo.

- Plan de mantenimiento preventivo:

El objetivo de un sistema preventivo es mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno; este tipo de plan de mantenimiento se distingue por tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque no haya ningún problema dentro del equipo y de esta forma reducir el riesgo de fallo y el tiempo de inactividad imprevisto de los equipos ya que estos sucesos pueden resultar muy costosos para las empresas.

Por consiguiente, es que para este proyecto se ha considerado que el plan de mantenimiento preventivo es el más adecuado para el brazo robótico paletizador ya que permitirá un correcto funcionamiento y manipulación de la herramienta, además de mantener a un mínimo los costos de reparación y maximizar su disponibilidad.

1.3 MANUAL DE OPERACIÓN

Un manual de operación es una guía de referencia que contiene toda la información sobre cómo funciona un equipo, el propósito de este es el de obtener resultados consistentes en el desarrollo del nuevo personal, estandarizando el conocimiento de forma más rápida y sencilla posible.

Beneficios:

- Proporcionar al usuario un marco de referencia general y estandarizado
- El establecimiento cuenta con el conocimiento de operación

- Desarrolla al personal de condición más rápida y minimiza los errores
- Es la base para mantener la forma de trabajar o en nuestro caso mejorarla

El editor debe tener en cuenta que la persona que leerá este manual es alguien quien no ha tenido contacto con el equipo por lo que es de vital importancia:

Identificar los procedimientos de operación. Con base en ellos se deberán separar las actividades que se realizan y se les dará una secuencia.

Redactar de la forma más sencilla. No utilizar palabras demasiado técnicas, ya que la mayoría de los operadores no son personas con conocimientos de expertos.

Utilizar imágenes. La imagen deberá identificar el área de trabajo y cada una de las actividades. Esto ayuda al operador a digerir la información de una manera más sencilla y recordarla posteriormente.

Es muy importante integrar cualquier información que directamente está ligada a la operación, por ejemplo, equipo de seguridad necesario, qué hacer en casos de emergencia etcétera.

Este documento deberá estar aprobado por él o los operadores quienes fueron la fuente de información y por quienes autorizan su publicación.

El manual puede ser tan detallado como se quiera. Hay que tener en cuenta que, si es lo más específico posible, no daremos pauta a la duda.

No hay que olvidar que es un documento vivo y puede sufrir modificaciones, por lo que la información debe actualizarse y documentarse para ser compartida con todo el personal involucrado.



Figura 1 – 7 Operador Leyendo manual de operación

Fuente: <https://www.freepik.es>

1.4 **HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

Es relevante mencionar la historia de nuestra institución, ya que, esta nos permite conocer y comprender tanto su origen como la contribución académica que ha brindado desde sus inicios a la sociedad logrando así continuar con el legado de sus principios basados en el enriquecimiento espiritual humano y el engrandecimiento de la comunidad.



Figura 1 - 8 UTFSM Casa central (Valparaíso)

Fuente: <https://www.mti.cl/la-universidad/>

1.4.1 Origen de la institución académica

El comienzo de la Universidad Técnica Santa María se origina debido al sueño altruista de don Federico Santa María, quien sienta las bases de la institución a través de su voluntad testamentaria en París, el año 1920. en su testamento manifiesta a sus albaceas el deseo de contribuir con el progreso material y ampliar el horizonte cultural de su nación, teniendo como fin lograr facilitar el ingreso a la vida académica de compatriotas desposeídos pero sobresalientes sin mayor requisito que el mérito, las aptitudes y el alto rendimiento académico.



Figura 1-9 Federico Santa María

Fuente: <https://es.wikipedia.org/>

1.4.2 Inicio del proceso de expansión a nivel nacional e internacional

A partir de la década de los 60, siguiendo los preceptos de servicio a la comunidad y orientándose hacia el futuro, se inicia un proceso de expansión tanto a nivel nacional como internacional. El 9 de octubre de 1966, se coloca la primera piedra de la Escuela Técnico Profesional en El Olivar, Viña del Mar, con la presencia del presidente Eduardo Frei Montalva. Esta escuela, que hoy es la Sede Viña del Mar José Miguel Carrera, comenzó sus actividades en 1969, con el objetivo de formar técnicos en áreas clave como

construcción, alimentación, electrotecnia, química, mecánica y diseño, en un contexto de fuerte industrialización.



Figura 1-10 Eduardo Frei. Primera piedra Sede Viña del Mar.

Fuente: <https://usm.cl/universidad/historia/>

Ese mismo año, en la región del Biobío, comienza la construcción de la Escuela de Técnicos Universitarios, actual Sede Concepción Rey Balduino de Bélgica, con la colaboración del Estado belga. La iniciativa surgió para satisfacer la creciente demanda de mano de obra calificada para el desarrollo industrial de la región. La escuela inició sus actividades en 1971 con carreras como Electrónica, Electricidad, Mecánica de Mantenimiento y Química Analítica, teniendo como su inauguración oficial el año 1972 con la presencia del presidente Salvador Allende. Tres años después, la institución ya había formado a sus primeros egresados, que impulsaron el progreso de la región.



Figura 1-11 Salvador Allende. Inauguración Sede Balduino de Bélgica.

<https://www.flickr.com/photos/utfsm/9734313820>

En la década de los 70, en un contexto de agitación política y radicalización social, la universidad se enfocó en establecer directrices prioritarias para la investigación e innovación en el ámbito educativo. Su objetivo era fortalecer el conocimiento tanto práctico como teórico, contribuyendo al saber humano. Se dio especial atención a la ampliación del conocimiento de alto nivel y al diseño, planificación e investigación de proyectos de desarrollo.

En el decenio de los 80, la celebración del cincuentenario de la institución tuvo un enfoque principalmente académico, con simposios, conferencias, premiaciones y visitas destacadas, promoviendo la difusión del trabajo universitario. La universidad se reorganizó académica y administrativamente, dividiéndose en tres grandes áreas: las facultades de Ciencia, Ingeniería y Administración. Además, se impulsó la internacionalización, estableciendo vínculos con instituciones de Europa y Estados Unidos de alto nivel para fomentar el intercambio científico, tecnológico y estudiantil.

Aproximadamente en los años '90, la institución inicia un periodo de expansión que continúa inclusive hasta el día de hoy en la actualidad. En 1995 se crean dos nuevos campus: uno en Santiago, en el sector de El Golf (Las Condes), dedicado a administración e informática, y otro en Rancagua. En el 2000, el campus de Santiago se trasladó a Vitacura, y el de Rancagua se inauguró en 2009 con instalaciones más amplias. En 1996, se abre el Campus Guayaquil en Ecuador, marcando la internacionalización de la institución y convirtiéndola en el primer plantel chileno en expandirse internacionalmente.

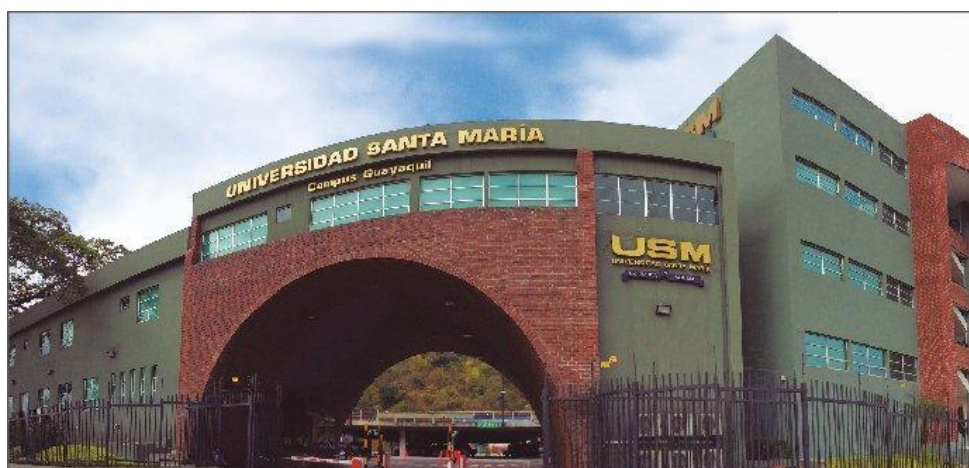


Figura 1-12 UTFSM Campus Guayaquil (Ecuador)

Fuente: <https://x.com/USMgye/status/821784774847168512>

La sociedad enfrenta un escenario mundial desafiante, donde las innovaciones deben ofrecer soluciones con valor real para las personas. Los profesionales deben ser agentes de cambio, conscientes de los impactos sociales y medioambientales, y no solo creadores de tecnologías. La misión de la formación científica, profesional y humana, basada en la excelencia, implica generar nuevo conocimiento y preparar a personas para estar a la vanguardia del desarrollo del país. En este contexto, en la última década, la Universidad Técnica Federico Santa María ha impulsado un crecimiento tanto cuantitativo como cualitativo, consolidando su liderazgo en ingeniería, ciencia y tecnología.

El año 2009, con el objetivo de fortalecer su presencia en la capital, la universidad inaugura un nuevo campus en la comuna de San Joaquín, Santiago. Este campus abarca áreas tradicionales de la ingeniería, como obras civiles, electricidad, mecánica, minas, química e informática, que se traslada desde Vitacura. Este campus es clave en la estrategia de expansión y consolidación de la universidad en la capital, posicionándose como una institución con vocación nacional y un rol fundamental en la formación de profesionales de excelencia para el desarrollo de la sociedad y el país.



Figura 1-13 UTFSM Campus comuna de San Joaquín (Santiago)

Fuente: <https://extension.usm.cl/campus-san-joaquin-2>

Actualmente la Universidad Técnica Federico Santa María realiza sus actividades académicas, de investigación y extensión a través de las siguientes sedes y campus:

- Casa Central, Campus Santiago (Vitacura y San Joaquín)

- Campus Rancagua
- Campus Guayaquil (Ecuador)
- Academia de Ciencias Aeronáuticas
- Escuelas de Técnicos Universitarios "José Miguel Carrera", Sede Viña del Mar y "Rey Balduino de Bélgica" Sede Concepción.

1.4.3 Misión y visión de la Universidad Técnica Federico Santa María

La misión de la universidad es formar personas de manera integral y profesional en un entorno que promueva la creación y difusión de conocimiento, innovación, emprendimiento y transferencia de impacto. Su objetivo es contribuir a la solución de problemas científicos y tecnológicos complejos, favoreciendo el desarrollo sostenible del país y la sociedad. Como institución pública, de excelencia e inclusiva, la universidad fortalece su labor y comunidad mediante el diálogo, la tolerancia, el respeto a la diversidad y el debate de alto nivel, respetando el legado de don Federico Santa María Carrera.

Como visión la institución aspira a ser un referente científico-tecnológico tanto a nivel nacional como internacional, integrando una comunidad universitaria de excelencia. Su objetivo es fomentar la generación y difusión de conocimiento, así como la creación de valor, con el fin de impactar de manera significativa en el desarrollo de la sociedad. Busca consolidarse como una institución de clase mundial, líder en ingeniería, ciencia y tecnología.

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La USM sede Concepción, dispone de 2 brazos robóticos ubicados en el taller de soldadura, los cuales se utilizan para realizar soldadura GMAW y paletizar, estas máquinas fueron adquiridas con el objetivo de enseñar a los estudiantes su funcionamiento y permitir aumentar su conocimiento respecto a estos equipos, a los cuales se pueden enfrentar al momento de ejercer su carrera profesional. Es crucial señalar que, sin embargo, hasta la fecha no se dispone de manuales ni protocolos operativos para su funcionamiento. Adicionalmente, tampoco se han desarrollado procedimientos o ejercicios tipo que los estudiantes puedan seguir para su aprendizaje y práctica. A esto se suma que no se ha establecido un plan de mantenimiento definido para asegurar su operatividad continua y eficiente, lo cual es de vital importancia para contar con una óptima disponibilidad y eficiencia, ya que, si no se entorpece el proceso educativo y por ende se limita el desarrollo académico adecuado de los estudiantes.



Figura 2-1 Brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2-2 Unidad de control KR C4

Fuente: Elaboración propia

Referente al brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100 está conformado por 6 ejes representados en la siguiente imagen del brazo robótico como A1, A2, A3, A4, A5, A6, el movimiento de los distintos ejes es ejecutado por la regulación selectiva de los servomotores. Estos están unidos a los distintos componentes de la máquina

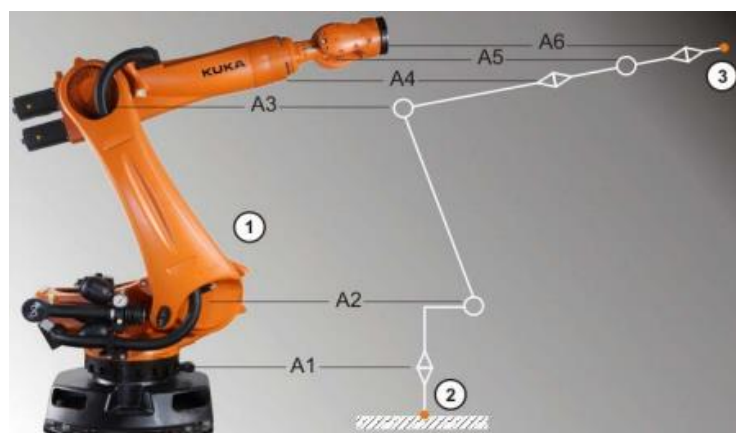


Figura 2-3: Cadena cinemática del brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100

Fuente: <https://www.kuka.com>

2.1.1 Componente principales del brazo robótico paletizador



Fig. 1-3: Resumen de los componentes mecánicos del robot

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1 Base | 4 Brazo de oscilación |
| 2 Columna giratoria | 5 Brazo |
| 3 Compensación de peso | 6 Muñeca |

Figura 2- 4 Componentes mecánicos de brazo robótico

Fuente: <https://www.kuka.com>

● **Estructura mecánica:**

El brazo robótico está compuesto por una serie de eslabones rígidos unidos por articulaciones rotativas. Estos eslabones suelen estar fabricados en aleación de aluminio o acero para proporcionar rigidez y ligereza.

● **Actuadores:**

Cada articulación del robot es accionada por un motor, que puede ser de tipo eléctrico (servomotor) o hidráulico. Los servomotores son los más comunes en robots industriales debido a su precisión y control.

● **Reductores:**

Los motores suelen girar a altas velocidades, por lo que se utilizan reductores para disminuir la velocidad de giro y aumentar el par en las articulaciones. Los

reductores pueden ser de diferentes tipos, como engranajes, armónicos o cicloidales.

- **Sensores:**

El robot cuenta con diferentes tipos de sensores para controlar su posición y movimiento. Los codificadores miden el ángulo de rotación de cada articulación, mientras que los sensores de fuerza y par miden las fuerzas ejercidas sobre el brazo.

- **Sistema de control:**

El sistema de control del robot se encarga de coordinar el movimiento de las articulaciones para realizar las tareas programadas. Este sistema incluye una unidad de control (KR C5 o KR C4 en este caso), un software de programación y una interfaz de usuario.

- **Cables y conexiones:**

El robot cuenta con un cableado interno que conecta los motores, sensores y demás componentes con el sistema de control. Estos cables deben ser resistentes a la flexión y torsión para soportar los movimientos del robot.

- **Brida de acople:**

Es la interfaz que permite conectar la herramienta o el útil al brazo del robot.

Ofrece una carga de 61 kg y alcance de 2 metros aproximadamente. La repetitividad del KUKA KR 50 R2100 es 0.05 mm y el peso aproximado del robot es 665 kg.

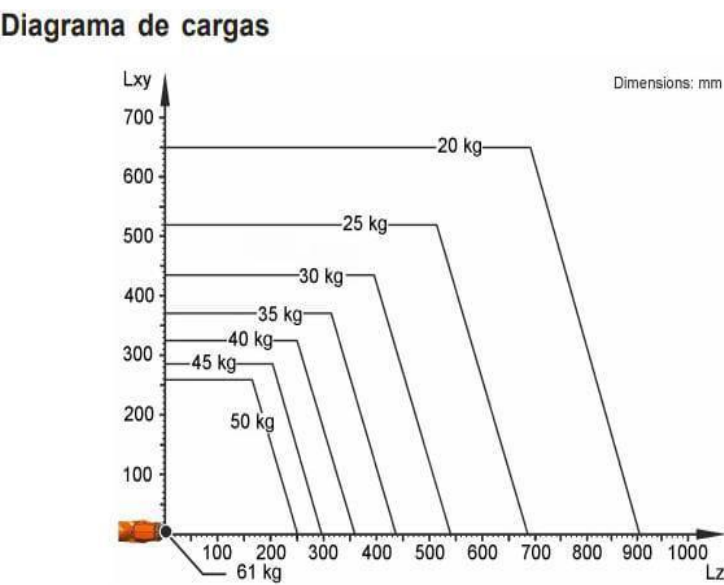


Figura 2-5: Diagrama Brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100

Fuente: <https://www.kuka.com>

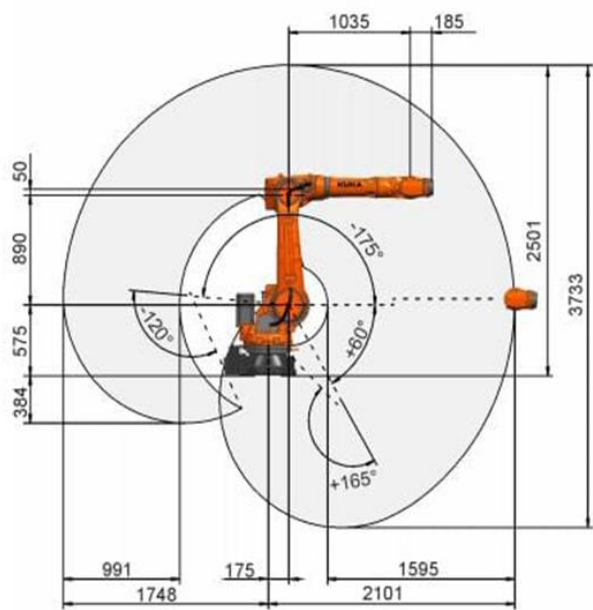


Figura 2-6: Diagrama campo de trabajo del robot paletizador KUKA KR 50 R2100

Fuente: <https://www.kuka.com>

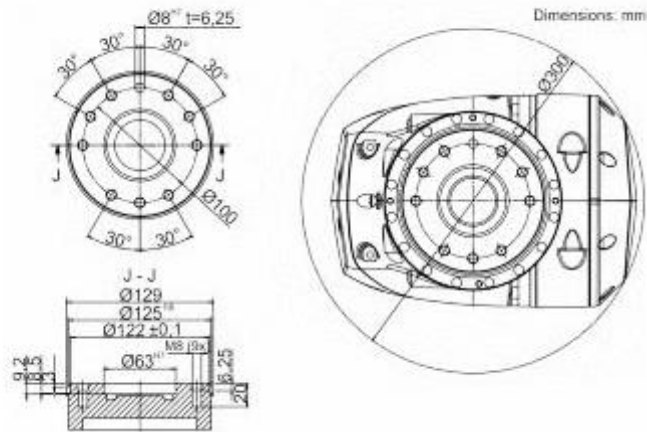
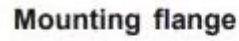


Figura 2 -7 Brida de acople brazo robótico paletizador KUKA 50 R2100

Fuente: <https://www.kuka.com>

2.1.2 Unidad de control de brazo robótico paletizador modelo KR 50 R2100

La KR C4 es una unidad de control de robots desarrollada por KUKA, diseñada para ofrecer un alto rendimiento, flexibilidad y facilidad de uso. Este equipo es el cerebro detrás de nuestro brazo robótico paletizador KR 50 R2100. Ya que esta compleja pieza de hardware integra una serie de componentes que trabajan en conjunto para garantizar el funcionamiento preciso y eficiente del robot.



Figura: 2-8 Unidad de control KR C4

Fuente: file:///C:/Users/Biblioteca/Desktop/Brazo%20robotico%20paletizador/KUKA-Programming-1%20es.pdf

2.1.3 Características principales y componentes de la unidad de control KUKA KR C4

- **Arquitectura abierta:** Permite una integración sencilla con otros sistemas y dispositivos, ofreciendo una gran versatilidad.
- **Control de seguridad integrado:** Garantiza un entorno de trabajo seguro y eficiente.
- **Alta velocidad:** Permite ejecutar programas y movimientos complejos con rapidez y precisión.
- **Lenguajes de programación:** Compatible con diversos lenguajes, incluyendo KRL (KUKA Robot Lenguaje) y otros estándares de la industria.
- **Escalabilidad:** Disponible en diferentes tamaños y configuraciones para adaptarse a una amplia gama de aplicaciones.
- **Conectividad:** Ofrece múltiples opciones de conexión, como Ethernet, USB y otros protocolos industriales.
- Unidades de control con memoria programable (PLC)

A continuación, se describen los principales componentes que conforman la unidad de control KR C4

1. Procesador

- **Función:** El corazón del sistema, encargado de ejecutar los programas y realizar los cálculos necesarios para controlar los movimientos del robot.
- **Características:** Utiliza tecnología multi-core para un alto rendimiento y capacidad de procesamiento.



Figura 2 - 9 Procesador KR C4

Fuente: <https://my.kuka.com/s/product/kr-c4>

2. Memoria

- **Función:** Almacena los programas del robot, los datos de configuración y los resultados de los cálculos.
- **Tipos:** Se utilizan tanto memoria RAM como almacenamiento SSD para garantizar



Figura 2 - 10 KR C4 memoria modules

Fuente: <https://www.ebay.com/itm/315858226616>

3. Tarjeta de E/S

- **Función:** Permite la comunicación entre el controlador y otros dispositivos externos, como sensores, actuadores y redes industriales.
- **Tipos:** Existen diferentes tipos de tarjetas de E/S para adaptarse a diversas aplicaciones y necesidades.



Figura 2 – 11 KUKA Robot KRC4 RDC Tarjeta

Fuente: <https://www.ebay.com/itm/186577068596>

4. Fuente de Alimentación

- **Función:** Proporciona la energía necesaria para el funcionamiento de todos los componentes del controlador.
- **Características:** Diseñada para operar en entornos industriales y garantizar una alimentación estable y segura.



Figura 2 - 12 Fuente de alimentación KRC4

Fuente: <https://www.bktronic.fr/es/pieces-type/fuente-de-alimentacion-krc2-krc4/>

5. Ventiladores:

- **Función:** Enfrían los componentes internos del controlador para evitar el sobrecalentamiento y garantizar una larga vida útil.
- **Características:** Los ventiladores están diseñados para funcionar de forma silenciosa y eficiente.



Figura 2 - 13 Ventilador externo del pc



Figura 2 - 14 Ventilador interno del pc

Fuente: Elaboración propia

6. Conectores

- **Función:** Permiten la conexión de diversos dispositivos externos, como el panel de control, los cables de los motores y las redes de comunicación.
- **Tipos:** Existen diferentes tipos de conectores, como Ethernet, USB y conectores específicos para los motores del robot.



Figura 2 - 15 Conector de cable convertidor digital KUKA X21.1 KR C4

Fuente: <https://www.ebay.com/itm/312806533367>

Este equipo tecnológico e innovador, fue adquirido recientemente para contribuir a la formación académica de los alumnos de las carrera del departamento de electrónica perteneciente a la Universidad Técnica Federico Santa María, este se encuentra operativo y en óptimas condiciones, sin embargo no se ha logrado aprovechar al máximo este equipo para el conocimiento y manipulación de los estudiantes de la universidad, debido a esto es que se decidió aplicar una encuesta a los estudiantes y profesores para identificar y evaluar los distintos puntos de vista y sugerencias que entregan las personas que estarán en contacto con este equipo y posteriormente realizar la “técnica de análisis de los 5 por qué?” para detectar la causa raíz de este problema tomando en cuenta los siguientes antecedentes: la información que existe en la institución respecto a su funcionamiento es escasa, si bien existe un plan de mantenimiento básico, no considera todos los componentes de la máquina, debido a que este es un mantenimiento predeterminado básico creado por el fabricante para el mecanismo primario del equipo sin considerar los elementos anexos necesarios para desarrollar la función asignada de paletizador, por lo que únicamente contempla realizar un cambio de aceite cada 1000 horas al brazo articulado base, lo cual no garantiza que el activo mantenga un estado óptimo a través del tiempo.

Asimismo, no se ha tenido en cuenta el mecanismo de generación de vacío que se añadió para el paletizador, lo que resultará en un impacto negativo a corto y mediano plazo, reduciendo la vida útil de los demás componentes que integran el sistema paletizador, obteniendo como consecuencia una falla inminente en el equipo.

Por esta razón, es necesario identificar la causa raíz y averiguar el “Como favorecer la incorporación efectiva del BRP KUKA KR 2100 a las dinámicas académicas de la sede, asegurando la disponibilidad del activo”.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Mediante el presente trabajo de título se busca:

- Analizar posibles fallas.
- Recopilar datos del activo.
- Mejorar la vida útil de la máquina.
- Garantizar la disponibilidad del equipo.
- Elaborar manual de operación para el brazo robótico paletizador
- Generar plan de mantenimiento preventivo
- Asegurar un uso óptimo para fines académicos.
- Verificar la rentabilidad del proyecto

2.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto busca principalmente contribuir a la formación de los alumnos de la Universidad Técnica Federico Santa María, sede Concepción, en la operación y mantenimiento del brazo robótico paletizador KUKA KR50 R2100, que se encuentra ubicado en el taller de soldadura del departamento de Mecánica, y de este modo facilitar a la institución la incorporación de éste, en los programas académicos, garantizando su adecuado funcionamiento y disponibilidad. Este equipo tecnológico es de suma importancia para los estudiantes, debido a que refleja la relevancia y complejidad que esta

tecnología proyecta en la industria nacional. En virtud de lo anterior, se hace indispensable preparar adecuadamente estos equipos para su incorporación en los planes de estudio institucionales.

De este modo, disponer de un manual de operación y un plan de mantenimiento preventivo para el brazo robótico paletizador KUKA KR50 R2100. logrará proporcionar la mayor cantidad de información y experiencia sobre este equipo a los estudiantes, lo que les permitirá tener un buen desempeño al momento de manipular u operar equipos con similares características tanto como en el ámbito académico o laboral.

2.4 ENCUESTA BRAZO ROBOTICO KUKA KR50 R2100

El propósito de esta encuesta es analizar y recopilar información sobre los conocimientos y percepciones que tienen las personas de la Universidad Técnica Federico Santa María con respecto al brazo robótico KUKA KR 2100. La información que se nos proporcione será fundamental para identificar áreas de mejora y aumentar la disponibilidad del equipo, asegurando así un uso más eficiente para estudiantes y profesores del establecimiento académico.

2.4.1 Enfoque y estructura de la encuesta

Para este estudio, el público objetivo incluyó a alumnos, encargados de taller y profesores que interactúan con el equipo. La encuesta se estructuró en dos secciones principales:

- **Sección 1: Información General:**
 - **Rol o Perfil del Encuestado:** Hay opciones para alumno, encargado de taller, o profesor, además de una opción "otro" para especificar.
 - **Experiencia Previa:** Pregunta si el encuestado ha tenido experiencia con equipos similares, con opciones como Si, generalmente, Ocasionalmente, permanentemente o Nunca he utilizado un equipo similar.
 - **Propósito Principal de Interacción:** Permite seleccionar múltiples opciones como Aprendizaje en cursos/laboratorios, Desarrollo de proyectos de tesis/investigación, Demostraciones técnicas, Desarrollo de software/programación del robot, o Mantenimiento o soporte técnico.

- Sección 2: Percepción sobre el brazo robótico KUKA KR 50 R2100:
 - Evalúa el conocimiento sobre las funcionalidades del robot, las expectativas de uso, la percepción de seguridad y la familiaridad con el mantenimiento.
 - Pregunta sobre los recursos útiles para familiarizarse con el robot, como manuales de operación, tutoriales en video o sesiones de capacitación.
 - Cuestiona la necesidad de un manual de operación.
 - Indaga sobre dónde buscaría el usuario información sobre un procedimiento específico.
 - Pregunta sobre los aspectos cruciales para garantizar un entorno de trabajo seguro.
 - Evalúa si la información actual es suficiente para un uso seguro.
 - Pregunta si el encuestado conoce el plan de mantenimiento de fábrica y si lo considera adecuado para el uso académico.
 - Pide que se identifiquen los principales problemas o desafíos relacionados con el mantenimiento actual.
 - Finalmente, solicita sugerencias o comentarios adicionales.

2.4.2 Resultado de análisis de la encuesta

Basado en una encuesta a 30 participantes, los resultados muestran una clara necesidad de mejorar la documentación y el plan de mantenimiento del brazo robótico KUKA KR 2100 para garantizar su uso seguro y eficiente en la universidad.

- Perfil de los encuestados y uso
 - Perfil: La muestra de 30 personas estuvo compuesta por 23 alumnos, 3 encargados de taller y 4 profesores. Esta distribución resalta que los alumnos son los principales usuarios del equipo, seguidos por los profesores y encargados.
 - Experiencia previa: El 60% (18 de 30) de los encuestados afirmó nunca haber utilizado un equipo robótico similar. El 30% lo ha hecho ocasionalmente, y solo un 10% tiene experiencia permanente. Esto subraya que la mayoría de los usuarios no tienen una base sólida con este tipo de tecnología.

- Propósito de interacción: El principal motivo de interacción con el robot es el aprendizaje en cursos/laboratorios, seleccionado por el 85% de los encuestados. El desarrollo de proyectos de tesis/investigación fue elegido por el 40%, seguido por demostraciones técnicas (25%) y desarrollo de software (20%).

- Percepción sobre la operación y seguridad

- Conocimiento de Funcionalidades: Solo el 25% de los encuestados afirmó conocer las funcionalidades del robot, mientras que el 45% las conoce solo parcialmente, y un 30% las desconoce completamente. Este dato confirma la falta de información clara y accesible para los usuarios.
- Percepción de Seguridad: El 65% de los encuestados se sentiría inseguro o completamente perdido al operar el robot sin supervisión. Solo un 10% se sentiría muy seguro. Este hallazgo es un indicador crítico de la brecha de conocimiento y la falta de confianza en la seguridad del equipo.
- Necesidad de un Manual de Operación: Ante la pregunta de si creen necesario un manual de operación, el 100% de los encuestados que respondieron "No" o "No lo sé" a la pregunta anterior, consideraron que es necesario para un uso más seguro y confiable del equipo.

- Plan de mantenimiento y mejoras necesarias

- Conocimiento del Plan de Mantenimiento: Un abrumador 80% de los encuestados afirmó no conocer el plan de mantenimiento de fábrica que viene con el brazo robótico.
- Plan de Mantenimiento adecuado: De los pocos que sí lo conocen, la mayoría considera que el plan de mantenimiento de fábrica es inadecuado para el uso académico y de investigación, argumentando que no se adapta a las condiciones específicas de la universidad. El 90% considera conveniente adaptar el plan de mantenimiento a las condiciones de uso y lugar en la universidad.
- Principales Problemas Los encuestados identificaron múltiples problemas relacionados con el mantenimiento actual.
- Los más destacados fueron: Frecuencia insuficiente de las revisiones (75%), falta de información clara sobre cuándo se realiza el mantenimiento (70%), necesidad de adaptar el mantenimiento al entorno y uso en la universidad (60%), falta de un

registro claro de las actividades de mantenimiento (55%)

- Conclusión

Los resultados de la encuesta indican una clara desconexión entre la disponibilidad de información y las necesidades de los usuarios del brazo robótico KUKA KR 2100. La falta de un manual de operación accesible y un plan de mantenimiento adaptado al entorno académico son los principales puntos de fricción. Los usuarios, en su mayoría, se sienten inseguros y carecen de la información básica para operar el equipo de manera confiable. Por lo tanto, es indispensable crear un manual de operación detallado y accesible y revisar y adaptar el plan de mantenimiento para asegurar la disponibilidad, seguridad y óptimo desempeño del robot en la Universidad Técnica Federico Santa María.

2.5 APLICAR TÉCNICA DE ANÁLISIS 5 POR QUE

Esta técnica es la más apropiada para este proyecto, ya que no existen antecedentes de la máquina, esto se debe a su reciente adquisición y moderna tecnología.

Este análisis actúa por medio de preguntas para encontrar la causa raíz del problema, Para lograr la conclusión esperada debemos preguntarnos el ¿Por qué? Y cuando obtenemos una respuesta debemos repetir nuevamente el ¿Por qué?, y así sucesivamente hasta encontrar fuente del problema que estemos analizando que en este caso sería el no contar con un plan de mantenimiento preventivo ni con un instructivo de operación.

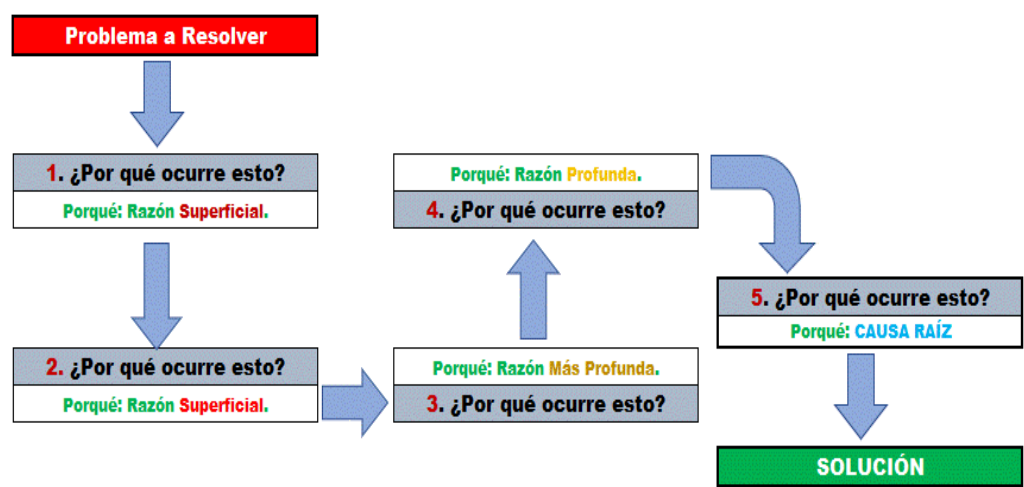


Figura 2 – 16 Esquema explicativo de “Técnica de análisis 5 porque”

Fuente: <https://www.consuunt.es/los-5-porques/>

Técnica de análisis 5 ¿Por qué?	
Antecedentes	Baja frecuencia de uso y mantención del brazo robótico paletizador con fines académicos y disponibilidad de la máquina para estudiantes de la Universidad Federico Santa María
Riesgo	No se aprovecha el potencial total que tiene la máquina para el aprendizaje y desarrollo académico de los alumnos, además de encontrarse expuesto a fallas y/o deterioro de sus componentes debido a su ubicación.
1er Porque	¿Por qué existe una baja frecuencia de uso y mantención del brazo robótico paletizador KUKA con fines académicos y disponibilidad de la máquina para estudiantes de la Universidad Técnica Federico Santa María?
Respuesta 1	Por qué no se ha incorporado dentro de la planificación de la malla curricular de los alumnos de la Universidad Técnica Federico Santa María
2do Porque	¿Por qué no se ha incorporado dentro de la planificación de la malla curricular de los alumnos de la UTFSM?
Respuesta 2	Porqué de la UTFSM no ha gestionado un asesoramiento o capacitación para los docentes con el fin de integrarlo al aula de clases
3er Porque	¿Por qué la UTFSM no ha gestionado un asesoramiento o capacitación para los docentes con el fin de integrarlo al aula de clases?
Respuesta 3	Por qué no existe información clara ni documentada dentro de la UTFSM referente al uso y mantención del brazo robótico paletizador KUKA KR50 R2100 además de poca accesibilidad para los estudiantes
4to Porque	¿Por qué no existe información clara ni documentada dentro de la UTFSM referente al uso y mantención del brazo robótico paletizador KUKA KR50 R2100 además de poca accesibilidad para los estudiantes?
Respuesta 4	Por qué no se ha implementado ningún manual de operación o instructivo para que los alumnos puedan operarlo, incluyendo un plan de mantenimiento preventivo adaptado a la USM para asegurar su disponibilidad y conocer sus componentes a detalle.
5to Porque	¿Por qué no se ha implementado ningún manual de operación o instructivo para que los alumnos puedan operarlo, incluyendo un plan de mantenimiento preventivo adaptado a la USM para asegurar su disponibilidad y conocer sus componentes a detalle?

Respuesta 5	Por la poca presencia que ha tenido este tiempo para los estudiantes de Universidad Técnica Federico Santa María y la insuficiente información documentada acerca del brazo robótico paletizador, además de un inadecuado plan de mantención preventivo
6to Porque	¿Por qué ha tenido poca relevancia este tiempo para los estudiantes de Universidad Técnica Federico Santa María e insuficiente información documentada acerca del brazo robótico paletizador además de un inadecuado plan de mantención preventivo?
Respuesta 7	Se debe a que es una reciente adquisición e innovadora para la institución y aún no se ha logrado adaptar a la necesidad de los estudiantes de la Universidad Técnica Federico Santa María

Fuente: Autoría propia

2.5.1 Resultado del análisis

Al aplicar la técnica de análisis de los 5 ¿Por qué?, Se logró identificar la causa raíz por el cual no se ha dado el uso óptimo del brazo robótico paletizador KUKA KR 2100 esto se debe a que es una reciente e innovadora adquisición para la institución y aun no se ha logrado adaptar a la necesidad de los estudiantes de la Universidad Técnico Federico Santa María.

En base al antecedente anterior, se destaca la relevancia de elaborar un instructivo de operación que incorpore como contenido, información teórica básica de funcionamiento y los componentes del brazo robótico paletizador para operar la máquina de manera eficaz y adecuada, adicionalmente implementar ejercicios de prueba para los alumnos aportando desde un plan de mantenimiento preventivo consecuente a las características del lugar en donde se encuentra actualmente (Taller de soldadura) para así garantizar la disponibilidad del brazo robótico paletizador KUKA KR 2100, incluyendo a los alumnos al plan de mantenimiento preventivo con el motivo de brindarles experiencia y conocimiento, de este modo aportar a la preparación hacia el mundo laboral obteniendo un buen desempeño al momento de ejercer su carrera.

CAPÍTULO 3: MANUAL DE OPERACIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO A BRAZO ROBÓTICO PALETIZADOR KUKA MODELO KR50
R2100

3.1 MANUAL DE OPERACIÓN DEL BRAZO ROBÓTICO PALETIZADOR MODELO KR 50 R2100

Un manual de operación completo para un brazo robótico KUKA KR 50 R2100 es una herramienta esencial para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente dentro de la institución. Este manual está diseñado para guiar a los operadores y técnicos de mantenimiento a lo largo de todo el ciclo de vida del robot.



Figura 3 – 1 Manual de operaciones

Fuente: <https://www.franquiciadirecta.com>

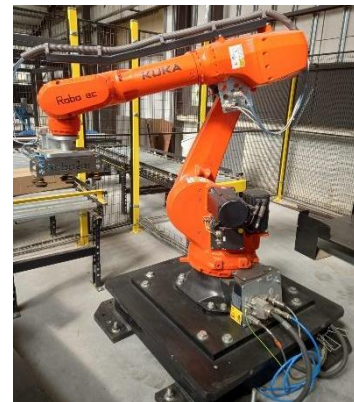


Figura 3 – 2 Brazo robótico KR50 R2100

Fuente: Elaboración propia

Primeramente, conoceremos el dispositivo de mando manual KUKA SmartPAD de la máquina, ya que, este es una interfaz crucial para interactuar con el robot y su sistema de control, este dispositivo nos permite controlar el movimiento del robot en modo manual, utilizando las palancas o botones del SmartPAD para mover el brazo robótico a lo largo de los ejes en tiempo real, además de facilitar la programación de trayectorias y movimientos del robot, ya sea en modo gráfico o mediante la programación en KRL (KUKA Robot Lenguaje), todo esto a través de una pantalla táctil la cual incluye información sobre el estado del robot, parámetros operativos, y posibles alertas o errores del sistema. Permittiéndonos monitorear el rendimiento y la salud del robot durante su operación, visualizando variables importantes como la carga, la velocidad y los modos de operación.

3.1.1 Dispositivo de mando manual KUKA SmartPAD



Figura 3 - 3: Dispositivo de mando SmartPAD KUKA

Fuente: file:///C:/Users/Biblioteca/Desktop/Brazo%20robotico%20paletizador/KUKA-Programming-1%20es.pdf

- Características del kuka smartPAD

- Pantalla táctil (interfaz de usuario táctil) para operar con la mano o el lápiz que lleva integrado
- Display de gran formato y dimensiones
- Tecla de menú KUKA Teclas +/- de uso flexible (ej. como teclas de desplazamiento)
- Teclas para la operación de los paquetes tecnológicos
- Teclas para ejecutar el programa (paro/atrás/adelante)
- Tecla para mostrar el teclado
- Conmutador de llave para cambiar el modo de servicio
- Pulsador parado de emergencia
- Space mouse, se puede desenchufar
- Conexión USB

- Resumen del kuka smartPAD



Figura 3 - 4: KUKA SmartPAD

Fuente: file:///C:/Users/Biblioteca/Desktop/Brazo%20robotico%20paletizador/KUKA-Programming-1%20es.pdf

Tabla 3 – 2 Componentes SmartPAD KUKA.

<u>Posición</u>	<u>Descripción</u>
1	Botón para desenchufar el smartPAD
2	Interruptor de llave para acceder al gestor de conexiones. El conmutador únicamente se puede cambiar cuando está insertada la llave. El gestor de conexiones permite cambiar el modo de servicio.

3	Dispositivo de parada de emergencia. Para detener el robot en situaciones de peligro. El dispositivo de parada de emergencia se bloquea cuando se acciona.
4	Space Mouse: para el desplazamiento manual del robot.
5	Teclas de desplazamiento: para el desplazamiento manual del robot.
6	Tecla para ajustar el override de programa.
7	Tecla para ajustar el override manual.
8	Tecla de menú principal: muestra las opciones de menú en el Smart HDMI.
9	Teclas de estado. Las teclas de estado sirven principalmente para ajustar los parámetros de paquetes tecnológicos. Su función exacta depende del paquete tecnológico instalado
10	Tecla de arranque: con la tecla de arranque se inicia un programa.
11	Tecla de arranque hacia atrás: con la tecla de arranque hacia atrás se inicia un programa en sentido inverso. El programa se ejecuta paso a paso.
12	Tecla STOP: con la tecla STOP se detiene un programa en ejecución.
	Tecla del teclado: Muestra el teclado. Generalmente no es necesario mostrar el teclado porque el Smart HDMI detecta

13	cuándo es necesario introducir datos con el teclado y lo abre automáticamente.
----	--

Elaboración propia

3.1.2 Aceite lubricante Optigear Synthetic ALR 150 marca Castrol

Es un aceite sintético diseñado para la lubricación de cajas de engranajes robóticos. Basado en una combinación de aditivos para proporcionar un excelente rendimiento de los rodamientos, buena capacidad de carga y excelente estabilidad térmica.

Tabla 3 – 3 Especificaciones de aceite ALR 150

Name	Method	Units	ALR 150
Appearance	Visual	-	Clear blue oil
Density @ 15°C / 59°F	ISO 12185 / ASTM D4052	kg/m³	870
Kinematic Viscosity @ 40°C / 104°F	(DIN EN) ISO 3104 / ASTM D 445	mm²/s	150
Kinematic Viscosity @ 100°C / 212°F	(DIN EN) ISO 3104 / ASTM D 445	mm²/s	19
Viscosity Index	ISO 2909 / ASTM D2270	None	148
Pour Point	(DIN) ISO 3016 / ASTM D97	°C/°F	-45/-49
Flash Point - open cup method	(DIN EN) ISO 2592 / ASTM D92	°C/°F	271/520
Foam Sequence I - tendency / stability	ISO 6247 / ASTM D892	ml/ml	10/0
Rust test - synthetic seawater (24 hrs)	(DIN) ISO 7120 / ASTM D665B	-	Pass
FZG Gear Scuffing test - A/8.3/90	ISO 14635-1	Failure Load Stage	12

Subject to usual manufacturing tolerances.

Fuente:
[https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/B5E2F2524CE2196680258A3D0080FDDDD/\\$File/wepp-bx8nej.pdf](https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/B5E2F2524CE2196680258A3D0080FDDDD/$File/wepp-bx8nej.pdf)

3.2 **PROGRAMACIÓN DE ROBOT**

Con la programación del robot se consigue que los desarrollos del movimiento y los procesos se ejecuten y repitan automáticamente. Para ello, el control necesita gran cantidad de información:

- Posición actual del robot = posición de la herramienta (Tool) actual en el espacio (Base) actual.
- Tipo de movimiento.
- Velocidad/aceleración.
- Información de señales para condiciones de espera, ramificaciones, dependencias, etc.

3.2.1 **Lenguaje que utiliza la unidad de control**

El lenguaje de programación es KRL - KUKA Robot Lenguaje Los programas sencillos se crean mediante formularios predefinidos (formularios online) y para bucles se usa KRL.

Programa de ejemplo

```
LOOP
SPTP P1 Vel=100% PDAT1 Tool[2] Base[4]
SPTP P2 Vel=100% PDAT2 Tool[2] Base[4]
SPTP P3 Vel=100% PDAT3 Tool[2] Base[4]
SLIN P4 Vel=2m/s CPDAT4 Tool[2] Base[4]
...
ENDLOOP
```

Figura 3-5 Componentes mecánicos de brazo paletizador KUKA
Fuente:file:///C:/Users/Biblioteca/Desktop/Brazo%20robotico%20paletizador/KUKA-Programming-1%20es.pdf

3.2.2 Seguridad del robot

En un sistema robótico siempre debe contar con las características de seguridad pertinentes entre ellos se encuentra por ejemplo los dispositivos de seguridad, separadores (vallas, puertas, etc.) pulsadores de parada de emergencia, dispositivos de verificación de hombre muerto limitaciones del campo del eje entre otros.

En el caso del robot paletizador marca kuka modelo KR 50 R2100 ubicado en el taller de soldadura cuenta a modo de seguridad con una valla perimetral, 2 pulsadores de para de emergencia además de dos sensores de verificación de hombre muerto modelo.

3.3 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE BRAZO ROBÓTICO MARCA KUKA MODELO KR 50 R2100

Este instructivo contiene el paso a paso para poner en marcha el brazo robótico paletizador marca kuka modelo KR 50 R2100 esto con el fin de ser más eficiente ahorrando tiempo, evitando errores y facilitando la operación al igual que la accesibilidad a este brazo robótico paletizador para los alumnos y profesores.

3.3.1 Advertencias y precauciones

- Comienzo puesta en marcha de brazo robótico kuka modelo KR 50 modelo R2100
 - Verificar energía en el tablero



Figura 3-6: Tablero eléctrico

Fuente: elaboración propia

- Activar interruptores de tablero principal



Figura 3 - 7 Tablero eléctrico principal

Fuente: elaboración propia

- Activar el interruptor del kr c4 y esperar al arranque de este.



Figura 3 – 8 Unidad de control KR C4
Fuente: elaboración propia

3.3.2 Leer e interpretar mensajes en smartPAD



Figura 3 – 9 Ventana de mensajes
Fuente: elaboración propia

- Resumen de mensajes

1 Ventana de mensaje: Reconocer alarmas reset para presionar ok

2 Contador de mensajes: Cantidad de mensajes clasificado por tipos

La unidad de control se comunica con el usuario a través de la ventana de mensajes, se dispone de 5 tipos de mensajes distintos

Tabla 3 – 4 Significado de mensajes SmartPAD

Símbolo	Tipo
	Acuse recibo. Para mostrar los estados en los que se requiera la confirmación por parte del operador para que el programa siga ejecutándose (ej. "Conf. PARADA DE EMERGENCIA").
	Mensaje de estado. Los mensajes de estado informan de los estados actuales del control (ej. "PARADA DE EMERGENCIA")
	Mensaje de observación. Los mensajes de observación aportan información para la correcta operación del robot (ej. "Se necesita tecla de arranque").
	Mensaje de espera. Los mensajes de espera indican el suceso al que está esperando la unidad de control (estado, señal o tiempo). Los mensajes de espera se pueden cancelar manualmente pulsando el botón "Simular".
	Mensaje de diálogo. Los mensajes de diálogo se usan como comunicación o consulta directa con el operador. Aparece una ventana con botones con las distintas opciones disponibles como respuesta.

Fuente: Elaboración propia

- Efectos de los mensajes

Los mensajes incluyen la funcionalidad del robot. Un mensaje de confirmación siempre provoca que el robot se detenga o no arranque. Primero se debe confirmar el mensaje para que se pueda mover el robot. El comando "OK" (confirmar) exige al operador que reaccione activamente ante el mensaje.

- Consejos para actuar ante un mensaje:
 - Leer el mensaje detenidamente
 - Primero leer los mensajes más antiguos. El mensaje nuevo podría ser solo una consecuencia de un mensaje anterior.
 - No pulsar simplemente "Todo OK"

- En especial después de haber efectuado el arranque: Revisar y visualizar todos los mensajes. Pulsando en la ventana de mensajes se expande la lista de estos.



Figura 3 – 10 Ventana de mensajes SmartPAD

Fuente: elaboración propia

- Procedimiento para examinar y confirmar mensajes

- Tocar la ventana de mensajes para ampliar la lista de mensajes.
- Confirmar:
- Confirmar cada mensaje pulsando "OK"
- Alternativa: Confirmar todos los mensajes pulsando "Todo OK"
- Volviendo a tocar el mensaje situado más arriba o tocando sobre la "X" del extremo izquierdo de la pantalla se vuelve a cerrar la lista de mensajes.

3.3.3 Modos de servicio del robot kuka

- T1 (Manual velocidad reducida)
 - Para el modo de prueba, programación y programación por aprendizaje
 - Velocidad en el modo de programación máximo. 250 mm/s
 - Velocidad en el modo manual máx. 250 mm/s

- T2 (Manual velocidad alta)
- Para el modo de prueba
- Velocidad en el modo de programación según la velocidad programada
- Modo manual: no es posible

3.4 MOVER EL ROBOT PALETIZADOR MODELO KR 50 2100 EN SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSALES

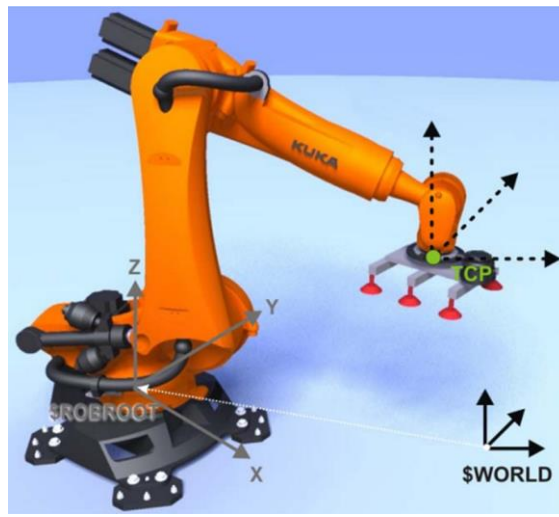


Figura 3 – 11 Robot paletizador KUKA KR 50 R2100

Fuente: file:///C:/Users/Biblioteca/Desktop/Brazo%20robotico%20paletizador/KUKA-Programming-1%20es.pdf

3.4.1 Principio del proceso manual del sistema de coordenadas de herramienta

- La herramienta del robot puede moverse de acuerdo con las direcciones del sistema de coordenadas universales. (Todos los ejes del robot se mueven)
- Para ello se utilizan las teclas de desplazamiento o el Space Mouse del KUKA smartPAD.

- En el ajuste estándar el sistema de coordenadas universales se posiciona sobre el pie del robot (Robot) tal cual como se representa en la figura
- Los procesos manuales sólo se pueden efectuar en el modo de servicio T1.
- El pulsador de validación debe estar pulsado.

3.4.2 Ejercicio de operación y desplazamiento manual en el sistema de coordenadas universales

- Objetivo del ejercicio

Después de completar correctamente este ejercicio, se dispondrá de la competencia necesaria para efectuar las siguientes tareas:

- Conectar y desconectar la unidad de control del robot
- Servicio básico del robot con Smartpad
- Desplazamiento manual del robot en el sistema de coordenadas universales, con las teclas de desplazamiento y el Space Mouse
- Interpretar y eliminar los primeros mensajes de sistema sencillos

- Requisitos

- Conocimientos de las instrucciones de seguridad designadas
- Conocimientos teóricos acerca del servicio general de un sistema de robot industrial KUKA
- Conocimientos teóricos del desplazamiento en el sistema de coordenadas universales

- Formulación de tarea

- Desbloquear y confirmar la parada de EMERGENCIA.
- Seleccionar modo de servicio T1.
- Activar el sistema de coordenadas universales
- Sacar la caja (carga) de la mesa y colocarla sobre la cinta transportadora.

- Intentar orientar la herramienta del robot sobre la caja.
- Activar la herramienta generadora de vacío, la caja no se debe mover.
- Desplazar la caja de la mesa y depositarla en otro lugar cualquiera.
- Cambiar entre teclas de desplazamiento y manejo del ratón.

- Lo que se debe saber tras el ejercicio

- ¿Cómo se pueden confirmar los mensajes?

.....
.....

- ¿Cuál de los pictogramas representa el sistema de coordenadas universal?



- ¿Cuáles son los modos de servicio?

.....
.....
.....

3.5 PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A BRAZO
ROBÓTICO KUKA MODELO KR 50 R2100

- Inspección visual
- Cambio de aceite a caja reductora
- Inspección anual de generadores de vacío modelo Pilnline mini Si 8-8 mm
- Reemplazo de ventosas marca piab modelo b50-2

3.5.1 Inspección visual

La inspección visual consiste en los siguientes 4 puntos:

- Estado de conectores de servomotores
- Estado de cables y porta cables
- Fugas de aceite en las cajas reductoras
- Revisión general en búsqueda de alguna anomalía

3.5.2 Cambio de aceite a caja reductora

- Cada caja reductora posee un total de 2 tapones en su estructura para la carga y descarga de aceite, el aceite utilizado es un optigear synthetic ALR 150 marca Castrol



Figura 3 – 12 Aceite ALR 150 CASTROL

Fuente:

[https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/B5E2F2524CE2196680258A3D0080FDDD/\\$File/wepp-bx8nej.pdf](https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/B5E2F2524CE2196680258A3D0080FDDD/$File/wepp-bx8nej.pdf)



Figura 3 -13 Puntos de acceso para aceite ALR 150
Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Inspección de generadores de vacío modelo pilnline si 6 mm y cambio de ventosas marca piab

- En este punto se realizará un chequeo anual sobre los 6 generadores de vacío presentes, además del cambio de ventosas marca piab modelo b50-2 en la herramienta de trabajo del brazo robótico marca kuka modelo KR 50 r2100.



Figura 3-14: Generador de vacío SI 6 mm PILNLINE
Fuente: https://www.ias-components.com/es/p/0122025?product_rewrite=0122025



Figura 3 – 15 Generador de vacío SI 6 mm PILNLINE

Fuente: Elaboración propia

3.6 **MANTENCIÓN PREVENTIVA A UNIDAD DE CONTROL KR C4**

- Inspección visual
- Reemplazo de baterías
- Reemplazo de ventilador E2 y PC
- Reemplazo de filtros
- Limpieza de disipadores

3.6.1 **Inspección visual**

- Se debe realizar una inspección visual del gabinete de control, para así verificar y chequear el estado de los conectores y placas en busca de alguna irregularidad.



Figura 3 – 16 Gabinete unidad de control KR C4

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Reemplazo de baterías

- De forma preventiva se reemplazan las baterías del tablero de control, las baterías son las encargadas de almacenar la información en caso de un apagado repentino del equipo. (Posición o línea de programa en el cual quedó)



Figura 3 - 17 Baterías 12V 5Ah Ciclo Profundo AGM

Fuente: Elaboración propia

3.6.3 Reemplazo de ventilador E2 y PC

- Ventilador externo e interno el cual se encuentra en el pc del gabinete.
- Los ventiladores son los encargados de la circulación de aire dentro del gabinete.



Figura 3 - 18 Filtros E2 de unidad de control KR C4
Fuente: Elaboración propia

3.6.4 Reemplazo de filtros

Se reemplazan los filtros del intercambiador de presión, retirando el tapón de compensación: este se retira al girar el mismo una vez realizado esto se reemplazan los filtros. La función de este filtro nos permite igualar las presiones de aire externas e internas.



Figura 3 - 19 Filtro unidad de control KR C4
Fuente: Elaboración propia

3.6.5 Limpieza a disipadores

- Primero se retira la tapa exterior del gabinete de control y luego se procede directamente a la limpieza de estos.
- Una vez realizadas estas acciones, se debe hacer una limpieza general tanto del robot como de la zona en donde fue realizada la mantención.

CAPÍTULO 4: ESTUDIO ECONÓMICO

4.1 COSTOS MANTENIMIENTO

PARA EL ANÁLISIS DE COSTOS SE UTILIZÓ UNA TABLA DE EXCEL QUE ESPECIFICA EL INSUMO CON SU RESPECTIVO VALOR

4.1.1 Aceite lubricante optigear synthetic ALR 150 marca Castrol



Figura 4-1: Aceite lubricante ALR 150 Castrol

Fuente: <https://euro-industry.com/main.php?index=details&cat=355&prod=23208347&lang=en>

4.1.2 Generador de vacío Mini SI 6-6 marca Piab



Referencia	0122025
Referencia alternativa	piINLINE Mini Si, 6-6 mm
Marca:	Piab

Documentación técnica

✓ En Stock 55 units

42,65 €

Impuestos excluidos

Figura 4-2: Generador de vacío 6 mm PIAB
Fuente: https://www.ias-components.com/es/p/0122025?product_rewrite=0122025

4.1.3 Ventosa Piab B50-2



Referencia	0101675
Referencia alternativa	S.B50-2NP50.NS18F.50
Referencia alternativa2	Suction cup B50-2.30.05AG
Marca:	Piab

Documentación técnica

✓ En Stock 44 units

29,56 €

Impuestos excluidos

Figura 4 – 3 Ventosa B50-2 PIAB
Fuente: <https://www.ias-components.com/es/p/0101675>

4.1.4 Ventilador E2



Motor de ventilador E2 Ac 4300 H

Marca: **MERRYCHEF**

[Buscar en esta página](#)

CLP **219,234**

Figura 4 – 4 Ventilador E2

Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/Motor-ventilador-E2-Ac-4300/dp/B07CV5CSK2>

4.1.5 Batería 12v 5Ah Ciclo profundo AGM



UL5-12 ULTRACELL

Batería 12V 5Ah Ciclo Profundo AGM (eq. GEL *) UL5-12 F1 Ultracell

\$14.500 IVA incluido

CANTIDAD

-

1

+

AGREGAR AL CARRO

SOLICITAR COTIZACIÓN FORMAL (OPCIONAL)

ISO 9001:2015

BUREAU VERITAS

Certification

Sistema de Gestión de la Calidad:

En DMU Energy Chile nos encontramos certificados en calidad bajo la norma internacional ISO 9001:2015

Figura 4 – 5 Batería Bateria 12v 5Ah Ciclo profundo AGM

Fuente: https://dmu.cl/bateria-12v-5a-ultracell?utm_source=js-google-shopping-app&utm_medium=js-google-shopping-app&variant_id=9

Tabla 4-1: Tabla de costos

INSUMOS		
PRODUCTOS	IDENTIFICACION	UNIDAD DE VENTA
Aceite lubricante	Optigear Synthetic ALR 150 marca Castrol	20l
Generador de vacio	Modelo Mini SI 6-6 marca piab	6
Ventosas	Modelo b50-2 marca piab	6
Bateria	12V 5Ah Ciclo Profundo AGM	2
ventilador	Modelo E2	1

Elaboración propia

Tabla 4-2: Tabla de costo anual

PRECIO	COSTOS PARA EL PERIODO									
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
€ 404,00	€ 404,00			€ 404,00			€ 404,00			€ 404,00
€ 255,90		€ 255,90		€ 255,90		€ 255,90		€ 255,90		€ 255,90
€ 177,36	€ 177,36	€ 177,36	€ 177,36	€ 177,36	€ 177,36	€ 177,36	€ 177,36	€ 177,36	€ 177,36	€ 177,36
€ 13,63			€ 13,63			€ 13,63			€ 13,63	
€ 206,87		€ 206,87		€ 206,87		€ 206,87		€ 206,87		€ 206,87
€ 1.057,76	€ 581,36	€ 640,13	190,99	€ 1.044,13	€ 177,36	€ 653,76	€ 581,36	€ 640,13	190,99	€ 1.044,13
										€ 6.802,10

Elaboración propia

4.1.6 Interpretación tabla de costo anual

Los costos que se calcularon se detallan en la presente tabla de Excel, la cual nos entrega al final de cada año el total de dichos costos para el periodo determinado.

Si bien la tabla de costos nos indica valores variables cada año, debido a que las necesidades son distintas en cada periodo, podemos definir que anualmente se considera un costo total anual promedio de \$365.81 Euros, cabe mencionar que se utilizó el valor en euros ya que los repuestos en su mayoría se deben comprar al exterior de nuestro país por lo que se conserva su unidad monetaria original. Es importante mencionar que este valor no incluye un costo asociado al ejecutor del mantenimiento, ya que es obligación del jefe de carrera o de departamento designar a la persona para realizar dicho mantenimiento con todas las precauciones que correspondan.

Si bien el costo anual de realizar un mantenimiento significa \$365.81 Euros, no representa un valor elevado, realizando el contraste con adquirir el equipo nuevo al no realizar el mantenimiento requerido para el equipo y esperar la falla total de este.

También es importante para el prestigio de la universidad, el considerar la relevancia del buen funcionamiento de este equipo para así cumplir con el sello de calidad USM.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede concluir que el brazo robótico paletizador KUKA KR 50 R2100 presenta un grado de complejidad al momento de querer operar y conocer sus funcionamientos.

El uso del instructivo de operación nos permite ahorrar tiempo y disminuir el margen de error el cual sería grave debido a la magnitud y peligro que representa un mal control, esto ayudará a los usuarios no expertos a operar el brazo robótico paletizador kuka con un mínimo de asesoramiento, ya que gracias al manual de operación se desarrollará de manera sencilla y facilitará el aprendizaje del alumno.

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo programado nos brinda un adelantamiento a las posibles averías que se podrían ocasionar tanto en el brazo robótico paletizador como su sistema de control kr c4, estableciendo intervalos de tiempo para la revisión del equipo, así como también lapsos específicos para la sustitución de ciertos componentes del sistema.

Esto nos brindará un funcionamiento óptimo del equipo garantizando su disponibilidad y disminuyendo las fallas al momento de querer ser operado por el alumnado o profesor.

Es fundamental otorgar la importancia adecuada a los equipos con los que cuenta la universidad, ya que cada uno de ellos representa un recurso educativo valioso para los estudiantes, no solo en el ámbito teórico, sino también en el práctico. Estos equipos contribuyen significativamente a su formación integral, preparándolos para enfrentar los desafíos del entorno laboral e industrial.

BIBLIOGRAFIAS Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

https://www.kuka.com/-/media/kuka-downloads/imported/8350ff3ca11642998dbdc81dcc2ed44c/0000332115_es.pdf?rev=8a9fc1627909

<https://www.piab.com/es-es/bombas-de-vacio-y-eyectores/eyectores-de-vacio-descentralizados/0122896/>

[https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/B5E2F2524CE2196680258A3D0080FDDD/\\$File/wepp-bx8nej.pdf](https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/B5E2F2524CE2196680258A3D0080FDDD/$File/wepp-bx8nej.pdf)

http://www.cucsur.udg.mx/sites/default/files/ms_kuka.pdf

<https://www.generaldrivermotor.com/noticias/mantenimiento-de-un-robot-kuka-de-la-serie-1fk7063/>

<https://www.ias-components.com/es/p/0101675>

https://dmu.cl/bateria-12v-5a-ultracell?utm_source=js-google-shopping-app&utm_medium=js-google-shopping-app&variant_id=9979861&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwkuqvBhAQEiwA65XxQJYgvj1Co

<https://euro-industry.com/main.php?index=details&cat=355&prod=23208347&lang=en>

<file:///C:/Users/Biblioteca/Desktop/Brazo%20robotico%20paletizador/KUKA-Programming-1%20es.pdf>

ANEXOS