



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DESARROLLO E INSTALACION DE  
INTERFAZ DE OPERACIÓN HMI PARA  
ROBOT PALETIZADOR DE LA LINEA DE  
MAYONESA DE LA EMPRESA KRAFT FOODS  
DE VENEZUELA (PLANTA VALENCIA)**

**Autor:** Roismer Rodriguez  
C.I.: V-19.229.301

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DESARROLLO E INSTALACION DE INTERFAZ DE OPERACIÓN HMI  
PARA ROBOT PALETIZADOR DE LA LINEA DE MAYONESA DE LA  
EMPRESA KRAFT FOODS DE VENEZUELA (PLANTA VALENCIA)**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autor:** Roismer Rodriguez

C.I.: V-19.229.301

**Tutor:** Ing. Raniere Alezones

CI.: V-8.843.809

San Diego, Octubre de 2017



### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Rosario Alzonos, portador (a) de la Cédula de Identidad N° 8.843.809, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el(la) ciudadano(a) Krismer Kedeigvez portador(a) de la Cédula de Identidad N° 19229.301, titulado Implementación e Instalación DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN HMI PARA EL ROBOT PALETIZADOR DE LA LINEA DE MAYONESA DE LA EMPRESA KRAFT FOODS DE VENEZUELA, PLANTA VALENCIA, presentado como requisito parcial para optar al título de Odontólogo, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 27 días del mes de 10 del año dos mil dieciséis.

(firma autógrafa)

Nombres y apellidos

C.I. 8.843.809

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios que me enseñó a caminar y a ser fuerte a lo largo de la carrera, a mis padres por haber sido pilar fundamental para llegar a donde hoy estoy, por darme buenas enseñanzas de respeto, constancia y valor durante este tiempo vivido donde aprendí a que no debemos perder la fe y luchar para cumplir las metas que deseamos.

Agradezco a mi hermana por el apoyo brindado en la última etapa de la carrera y el entusiasmo brindado para seguir adelante, también agradezco a mis compañeros que me enseñaron a luchar en medio de las dificultades.

Por último, agradezco a los profesores que con esmero me enseñaron y me dieron buenas lecciones de la vida.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar dedico éste Trabajo Especial de Grado a mis padres, por haber sido un gran apoyo y factor importante en el desarrollo de mi carrera, ya que siempre me dieron palabras de aliento y mucho ánimo para seguir adelante, a mi hermana y a toda mi familia en general por ser ellos también parte fundamental de cada uno de mis éxitos.

En segundo lugar dedico éste Trabajo Especial de Grado a mis profesores por ayudarme a adquirir los conocimientos necesarios para que hoy en día pueda ponerlos en práctica, a mis compañeros de estudio por su amistad y ayuda incondicional prestada en el desarrollo de mi carrera, ya que ellos siempre me brindaron su mano, me dieron las fuerzas necesarias para seguir adelante y nunca rendirme.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp.</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I. EL PROBLEMA</b>	
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Justificación del Problema.....	5
1.5. Alcance.....	6
1.6 Limitaciones.....	6
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Mezclador.....	9
2.2.2 Centrifuga de Laboratorio.....	9
2.2.3 Partes de una Centrífuga.....	10
2.2.4 Tipos de Centrifugas.....	10
2.2.5 Centrífugas de Sobremesa.....	11
2.2.6 Minicentrífugas.....	11
2.2.7 Centrífugas de Alta Velocidad.....	11
2.2.8 Ultracentrífugas.....	11
2.2.9 Tipos de Rotores para Centrífugas de Laboratorios.....	12
2.2.10 Rotor Angular.....	12
2.2.11 Rotor Oscilante.....	12
2.2.12 Fuerza Centrífuga.....	13
2.2.13 Fuerza Centrífuga Relativa.....	14
2.2.14 Microcontrolador.....	14
2.2.15 Características de los Microcontroladores.....	15
2.2.16 Motor de Paso.....	15

2.2.17 Características Comunes de los Motores de Paso.....	16
2.2.18 Motores de Paso Unipolar.....	17
2.2.19 Motores de Paso Bipolares.....	17
2.2.20 Motores de Paso de Reluctancia Variable.....	17
2.2.21 Relé.....	18
2.2.22 Display LCD.....	18
2.2.23 Conexiones de Display LCD.....	19
2.2.24 Pulsador.....	20
2.2.25 Motores Monofásicos de Corriente Alterna.....	20
2.2.26 Construcción de Motores Monofásicos de Corriente Alterna....	20
2.2.27 Sangre.....	21
2.2.28 Componentes de la Sangre.....	21
2.3 Definición de términos básicos.....	22
 <b>III. MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1 Tipo de Investigación.....	24
3.2 Diseño de la Investigación.....	25
3.3 Nivel de la Investigación.....	25
3.4 Población y Muestra.....	25
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	26
3.6 Fases Metodológicas.....	26
 <b>IV. RESULTADOS</b>	
<b>Fase I</b> .....	29
<b>Fase II</b> .....	33
<b>Fase III</b> .....	41
 <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
Conclusiones.....	49
Recomendaciones.....	50
 <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
Bibliográficas.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CONTENIDO

<b>FIGURAS</b>	<b>Pp.</b>
1. Mezclador.....	9
2. Centrífuga de Laboratorio.....	10
3. Rotor Angular.....	12
4. Rotor Oscilante.....	13
5. Microcontrolador.....	15
6. Motor de Paso.....	16
7. Relé.....	18
8. Display LCD.....	19
9. Descripción de Pines de un Display LCD.....	19
10. Motor Monofásico de Corriente Alterna .....	21
11. Sangre.....	21



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DESARROLLO E INSTALACION DE INTERFAZ DE OPERACIÓN HMI  
PARA ROBOT PALETIZADOR DE LA LINEA DE MAYONESA DE LA  
EMPRESA KRAFT FOODS DE VENEZUELA (PLANTA VALENCIA).**

**Autor:** Roismer Rodriguez  
**Tutor:** Ing. Raniere Alezones  
**Fecha:** Junio, 2017

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general el desarrollo de una interfaz de operación para el robot paletizador de la línea de mayonesa de la MONDELEZ VZ C.A. Para ello se realizó una investigación enmarcada bajo la modalidad de proyecto factible para buscar una solución al problema. Además se utilizó como instrumento de recolección de datos un cuestionario, el cual está formulado con preguntas abiertas y por lo tanto fue necesaria la validación y confiabilidad de dicho instrumento, también se utilizó la revisión documental como una técnica para la recopilación de información de softwares de desarrollo de HMI, Software de Robótica y así como la programación para el control de los mismos. La investigación se lleva a cabo mediante tres fases metodológicas que están relacionadas directamente con los objetivos específicos.

**Descriptor:** Herramientas de programación en lenguaje CKUKA, Ciclos de programa, interrupciones

## INTRODUCCIÓN

En la medida en que las diferentes tecnologías han ido avanzando, los procesos industriales han ido evolucionando a la par. Cada vez es menos común encontrar sistemas de control, para un determinado proceso, con dispositivos de regulación obsoletos. La mayoría de los sistemas que han adquirido nueva tecnología han ganado versatilidad, estabilidad y multifuncionalidad (multitareas) lo cual les permite ser más eficientes. El uso de distintas tecnologías de manejo y visualización o interfaz hombre-máquina, ha generado grandes resultados en la industria de la automatización, puesto que se tiene un control total sobre el proceso sin la necesidad de interactuar en forma física con él, por lo que no se ve expuesta la integridad del operario y de igual forma existirá una mayor disponibilidad de este para el mejoramiento de la producción.

El manejo de procesos de control en algunos casos puede ser complejo, por lo que aumenta las exigencias impuestas sobre la funcionalidad de la máquina a controlar. En medio de todo esto se encuentra el operador, que debe de tener muchas cosas a la vista, en su cabeza y en sus manos, para que esto no ocurra y ofrecerle a este una mayor libertad y transparencia en el proceso se implementan las interfaces HMI hombre-máquina, con las cuales se pretende simplificar procesos que son complejos para volverlos agradables y así brindarle una mayor confianza al operario.

En el siguiente estudio se propone realizar la mejora del proceso a través del desarrollo en implementación de una Interfaz Operacional HMI, Panel Gráfico de Operación con el propósito de mejorar eficiencia y operación logrando así un sistema de paletizado más confiable, eficiente y seguro.

Todo el proyecto comprende desde el estudio detallado del proceso y sistema de control hasta la selección del Hardware y Software a Instalar, Para dar solución a este requerimiento, el estudio se dividió en cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo I, Donde se plantea la situación problemática a través de la formulación del problema y se plantean los objetivos concernientes a la automatización de la Interfaz Operativa HMI del Robot Paletizador de Mayonesa

Capitulo II, Que contiene los antecedentes de la investigación realizada y las bases teóricas que sustentan la investigación.

Capitulo III, En el que se tratan los argumentos metodológicos que permiten el desarrollo sistemático y organizado de la investigación, y donde se enmarca el proyecto como una investigación de campo, tipo descriptiva y bajo la modalidad de proyecto factible, El proyecto se llevó a cabo en cinco fases las cuales dieron respuesta al requerimiento exigido. Las fases consistieron en: búsqueda de información de la maquinaria instalada análisis del sistema de control eléctrico, neumático y mecánico estudio y evaluación de las diferentes tecnologías en HMI, Diseño del sistema de control y por último la evaluación de la factibilidad técnica, económica y operativa del proyecto.

Capitulo IV, en el cual se exponen los resultados del desarrollo de las fases anteriores, para por último establecer las conclusiones y recomendaciones del proyecto.



## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del Problema.**

Los avances tecnológicos, y especialmente en la Electrónica, permiten realizar mejoras en sistemas o máquinas de un determinado proceso industrial. Hace 50 o 60 años, los sistemas de control de un proceso eran basados en elementos electromecánicos, más mecánicos que eléctricos, tales como relés, levas, válvulas manuales, entre otros, los cuales constituían una solución adecuada, más no eficiente, para las exigencias de aquellos tiempos.

Antiguamente (y también en muchos casos actualmente) para que un operador pueda tener visión y control sobre el proceso o máquina que opera, se implementaba un panel mímico de comando, que consistía en una consola que contenía los indicadores, luces pilotos, botones, etc., en el que cada componente estaba conectado a los correspondientes sensores o actuadores, y por cada una de estas señales, se necesitaba un par de cables desde el panel hacia las máquinas.

Todos estos elementos requerían de frecuencias de mantenimiento y de recambios muy cortos y costosos. Elevan los costos por altos consumos de potencia eléctrica y los grandes espacios físicos necesitados para los tableros de control, así como la complejidad al momento de la resolución de cualquier falla.

Es por ello que la aparición de sistemas, como los controladores lógicos programables (PLC), Estos sistemas han proporcionado versatilidad, confiabilidad y rapidez a los procesos industriales.

La automatización de máquinas y procesos consta de diferentes partes independientes pero ampliamente relacionadas entre sí. Una de ellas indudablemente será la sección de control, donde se definen las pautas de comportamiento del sistema, es decir, qué debe hacer y cómo ha de actuar todo un conjunto de dispositivos para llevar a cabo una tarea más o menos compleja, y con un mayor o menor grado de autonomía. Pero hay otros elementos tan importantes como el anterior, que son los que conforman la interfaz que va a permitir la interacción por parte de un operario o asistente con la previamente comentada parte de control. En la automatización industrial estos componentes comprenden lo que de una forma genérica se denomina HMI.

El interfaz de usuario, interfaz hombre-máquina, o más comúnmente conocido por sus iniciales en inglés HMI (Human-Machine Interface), es todo un conjunto de componentes, tanto de hardware como de software, que permiten al operario comunicarse e interactuar con el control de una máquina o proceso.

Con relación a la Industria alimentaria, y específicamente las que producen alimentos para consumo humano, deben cumplir con normas rigurosas tanto higiénicas como de procedimientos para la elaboración de sus productos, enmarcadas tanto nacionalmente (NORVEN) como internacional (FDA o Foods Department Association).

Dentro de esta perspectiva, se encuentra KRAFT FOODS VENEZUELA empresa líder en el ámbito mundial en fabricación de alimentos. Entre los productos que produce se encuentran: Mayonesa, Quesos fundidos (Queso Americano, Cheez-whiz, Facilistas), Bebidas en polvo, Salsas y Aderezos (Ajo, Cebolla), por citar algunos.

Para la producción de mayonesa en la empresa MONDELEZ VZ C.A existían 2 líneas para la producción de las 2 presentaciones de la marca como lo son 500cc y 1000cc, cada línea contaba con la siguiente maquinaria:

- Despaletizador
- Sopladora
- Sala de llenado
- Etiquetadora
- Sellador (Aplicador Axón)
- Codificador de frascos
- Empacadora Termo-Encogible

La Empacadora Termo-Encogible se encontraba al final de ambas líneas y se encarga de entregar la caja de 12 mayonesas termo-encogida con plástico para ser paletizada

(armado de paleta) por dos trabajadores de manera manual, esta parte del proceso es la parte en la cual se necesitaba más esfuerzo físico del trabajador ya que era netamente manual, los trabajadores sufrían lesiones de nivel muscular y fatiga.

El Departamento de proyecto planteo la solución de unir las 2 líneas de mayonesa en conjunto de manera que las 2 trabajaran con una misma presentación a la vez, y la implementación de una Empaquetadora secuencial (Formadora de Paquetes) la cual reemplazaría a las 2 antiguas encajadoras, en tiempo y eficiencia, esta nueva empaquetadora se encarga de recibir los frascos ya llenos, tapados, etiquetados, y codificados de las 2 líneas de mayonesa y entregárselos formados y termo-encogidos en un paquete de 12 frascos a una velocidad de 28 paquetes x (minuto) , a otro equipo novedoso el cual es un robot paletizador que se encarga de formar las 11 capas de paquetes y entregar la paleta lista a una velocidad 12 Paletas/ Hora .

Ya con la implementación de estos 2 equipos las líneas han empezado a trabajar, solo apareciendo como inconveniente numerosas paradas por fallas del robot paletizador, fallas que no logran ser detectadas ni solucionadas a tiempo por no poseer un panel de visualización del estado de las variables eléctricas, neumáticas y mecánicas que componen al robot paletizador por ejemplo a citar, al ocurrir la ausencia de alguna variable que comprenda el funcionamiento normal del robot paletizador este se detiene sin indicar el estado en tiempo real de su operación, ni indicando el porqué de su detención esto resulta un problema para el operador del área ya que no cuenta con ninguna información que le pueda indicar el motivo de la parada de la máquina, de igual forma resulta complicado para el personal técnico reparar una falla de este tipo cuando no se tiene información clara del estado real de las variables de proceso, a la final esto se traduce en pérdidas de eficiencia del equipo y perdidas de eficiencia global para la línea de mayonesa.

En algunos casos si la falla genera un tiempo de parada largo se corre el riesgo de generar pérdidas de materia prima por demerito de calidad ya que la mayonesa después de ser preparada en los tanques de premezcla y enviada a los tanques de llenado, debe ser envasada en los frascos en un tiempo determinado, ya que de no ser así el producto, podría sufrir algunas alteraciones:

Al ocurrir una falla en el robot, estaríamos ocasionando una parada general de las líneas de mayonesa las cuales constituyen el 50% del volumen total de la producción de planta, De igual forma al prolongarse los tiempos de parada el producto de los tanques de llenado al no ser envasado en un tiempo estimado, su composición sufre alteraciones de los niveles de PH, Viscosidad, y separación de compuestos entre otros, los cuales por normas de calidad, tienen que cumplir unos parámetros para

poder ser vendido a nuestros consumidores, al sufrir cualquiera de estas alteraciones el producto es calificado como malo y es declarado como producto desecho perdiendo aproximadamente 1500kg de mayonesa por tanque, estos se traduce en pérdidas millonarias para la empresa.

## **1.2 Objetivos de la Investigación.**

### **1.2.1 Objetivo General**

Instalación de Interfaz de Operación HMI, Para Robot Paletizador de la línea de Mayonesa de la Empresa MODELEZ VZ C.A.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el sistema de control del robot paletizador actual que está en funcionamiento basándose en los planos eléctricos y manuales existentes, en planta.
- Diseñar e Implementar una Interfaz de Operación HMI, Para la Operación del Robot Paletizador de la línea de Mayonesa de la Empresa MODNELEZ VZ C.A, Con el fin de solucionar la problemática actual presentada, realizando el estudio y la programación del mismo.
- Realizar un manual de Solucionador de Fallas, para tener un soporte de referencia física el cual sirva para buscar los mensajes de falla indicados en el HMI, Mostrando sus posibles causas y soluciones.

## **1.3 Justificación.**

Esta investigación sirve como una herramienta muy importante para incrementar la productividad en el área de Viscosos, y específicamente de la línea de mayonesa ya que con la misma se logra disminuir la frecuencia de paradas no programadas y los tiempos de reparación, Así mismo, se consigue reducir el costo en el mantenimiento de los elementos que conforman la celda robótica paletizadora contribuyendo a la redistribución de los recursos ahorrados hacia otros equipos que necesiten presupuesto para sus mantenimientos.

Por otra parte se obtiene, a través de esta automatización, mejora del capital humano operador, ya que este podrá desempeñar mejor su labor con mayor facilidad y seguridad, En lo personal este trabajo investigativo permite que el autor obtenga conocimientos y habilidades en este tipo de control y sus respectivos lenguajes o

software de programación. Sumado a esto se gana experiencia en el conocimiento de robótica y su software de programación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

Una vez definida la problemática de la investigación y establecido los objetivos general y específicos, es conveniente determinar los aspectos teóricos que sirven de base al estudio, con lo cual se exploran diversas investigaciones previas que figuran como antecedentes, además de múltiples fuentes bibliográficas que aportan información importante sobre el tema en estudio.

#### 2.1 Antecedentes de la Investigación

Ochoa Dávila, Fabio Henry (2012), “**Desarrollo de un control digital para una centrifuga de análisis clínico**”, trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Ricardo Palma de Perú. La metodología empleada en la investigación corresponde a la modalidad del proyecto factible debido a que se buscó una alternativa de solución a un problema planteado. Ésta investigación tenía como objetivo general, realizar el control digital de las centrifugas de laboratorios clínicos, usando la programación de microcontroladores para el control de velocidad para la realización de las pruebas en laboratorios y así poder tener una mejor manipulación de las centrifugas, ya que usaban velocidad fija y no eran controlables.

La relación de esta investigación con la que se está llevando a cabo consiste en la automatización de una centrifuga de laboratorio, con la diferencia de que se realizará control de velocidad y tiempo con un PIC microcontrolador, además ésta investigación nos contribuye con una idea de cómo realizar el control para la centrifuga.

Asimismo, Días Edwin, Moreno Luis (2013), “**Diseño de una Máquina Centrifuga para Limpieza de Aceites Usados**”, trabajo de grado para optar por el Título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Militar Nueva Granada de

Bogotá, Colombia. Ésta investigación tenía como objetivo general, realizar el diseño mecánico y electrónico, de una máquina centrífuga que separe los metales pesados y

Elementos que difieran en la composición de aceite para su renovación. Como soporte al desarrollo de nuevas tecnologías se diseñó una máquina centrífuga capaz de alcanzar una velocidad hasta de 100.000 RPM para poder analizar el comportamiento de un aceite usado y ver los resultados de limpieza alcanzada. El diseño conto con una estructura mecánica la cual permitió alcanzar las 100.000 RPM, la parte electrónica capaz de controlar los sensores utilizados dentro del proceso y las simulaciones que garantizan que la estructura se comportara satisfactoriamente a esa velocidad.

Ésta investigación tiene mucha relación con la que se está llevando a cabo ya que nos ayudará con el sistema de control de velocidad para la centrifuga, así como también los estudios matemáticos para el desarrollo del sistema.

Por último, Huamaní Angel (2015), **“Diseño de una Máquina Centrífuga para el Aprovechamiento de las Proteínas del Suero de Leche Mediante la Producción del Requesón a un Humedad Relativa Aproximadamente del 60% con una Capacidad de 1kg/hora, para el Sector Rural”**, trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Católica del Perú. Ésta investigación comprende el diseño de una máquina centrífuga, la cual posee como objetivo y función principal el aprovechamiento absoluto de las proteínas del suero de leche, mediante la producción del requesón a una humedad relativa cercana al 60%. La máquina ha sido proyectada exclusivamente para el sector rural por lo cual el motor seleccionado es monofásico con una potencia de 1.5 kW, esto se debe a que en muchas zonas rurales no se cuenta con un sistema trifásico, por ello se deja la opción directa para el motor monofásico; por otro lado, la máquina centrífuga es un prototipo, lo que condiciona que su capacidad de trabajo sea baja, esto es de 1kg/hora de requesón.,Ésta investigación nos proporcionará información de cómo realizar los cálculos adecuados para una bueno centrifugación.

## **2.2 Bases Teóricas**

A continuación se describen los elementos que son de gran importancia para el desarrollo de ésta investigación:

### **2.2.1 Función del control automático**

El elemento más importante de cualquier sistema de control automático es el lazo de control realimentado básico. El concepto de la realimentación no es nuevo, el primer lazo de realimentación fue usado en 1774 por James Watt para el control de la velocidad de una máquina de vapor. A pesar de conocerse el concepto del funcionamiento, los lazos se desarrollaron lentamente hasta que los primeros sistemas de transmisión neumática comenzaron a volverse comunes en los años 1940.

En la actualidad los lazos de control son un elemento esencial para el proceso manufactura de cualquier producto, desde el acero hasta los derivados alimenticios, ya que indican en forma gráfica o simbólica el funcionamiento de un proceso de control.

A pesar de todo el lazo de control, que es tan importante para la industria, está basado en algunos principios fácilmente entendibles. En otras palabras el lazo de control nos indica gráficamente, a través de símbolos, ya pre-establecidos, la secuencia lógica y el accionar, de forma controlada, de un determinado proceso o equipo, Generalmente estos lazos de control se diseñan para que el proceso funcione de forma automática y sin la participación, total o parcial, del hombre. La idea básica de lazo realimentado de control se entiende si imaginamos qué es lo que un operador tendría que hacer, qué decisiones tomar, si el control automático no existiera.

### **2.2.2 El Actuador Final**

Por cada proceso debe haber un actuador final, que regule el suministro de energía o material al proceso y cambie la señal de medición. Frecuentemente es algún tipo de válvula, pero puede ser además una correa o regulador de velocidad de motor, posicionador, variador de frecuencia, resistencia de calentamiento, etc.

### **2.2.3 El Proceso**

Los tipos de procesos encontrados en las plantas industriales son tan variados como los materiales que producen. Estos se extienden desde lo simple y común, tales como los lazos que controlan caudal, hasta los grandes y complejos como los que

controlan columnas de destilación en la industria petroquímica. Constituye la plataforma o sistema donde actuarán las acciones e instrumentos de control.

#### **2.2.4 El Controlador Automático**

El controlador automático, tiene como función controlar la medición (estado de la variable controlada. “Controlar” significa mantener la medición dentro de límites aceptables. Todos los controladores automáticos (controladores neumáticos y electrónicos) usan las mismas respuestas generales, a pesar de que los mecanismos internos y las definiciones dadas para esta respuesta pueden ser ligeramente diferentes de un fabricante al otro, Este toma las decisiones necesarias, en función de unos parámetros configurados tales como tipo de acción, banda proporcional, acción integral y/o derivativa, etc., para tratar de mantener variable del proceso lo mas cerca posible del punto del set point.

#### **2.2.5 Concepto de PLC's.**

El término PLC es de amplia difusión en el medio de la automatización, significa en inglés, Controlador Lógico Programable. Originalmente se denominaban PCs (Programmable Controllers), pero con la llegada de las IBM PCs, para evitar confusión, se emplearon definitivamente las siglas PLC. En Europa, el mismo concepto es llamado Autómata Programable.

La definición más apropiada es: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas. Es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar, e industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria. Otra definición podría ser la de un sistema de control digital y secuencial basándose en microprocesadores, que a través de ciertas instrucciones regidas por una lógica Booleana, logran el control de un determinado proceso o maquinaria, haciendo uso de un software y hardware específico.

En si son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas ordenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta

(aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómatas reacciona según el programa hasta obtener las ordenes de salida necesarias.

Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso. Esta familia de aparatos se distingue de otros controladores automáticos en que puede ser programado para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos que, solamente pueden controlar un tipo específico de aparato. Un programador o Control de Flama de una caldera, es un ejemplo de estos últimos.

Además de poder ser programados, se insiste en el término "Control Automático", que corresponde solamente a los aparatos que comparan ciertas señales provenientes de la máquina controlada de acuerdo con algunas reglas programadas con anterioridad para emitir señales de control y así poder mantener la operación estable de dicha máquina.

Las instrucciones almacenadas en memoria permiten modificaciones así como su monitoreo externo. Esto permite mayor flexibilidad en los procesos donde son utilizados, ya que solo con modificar instrucciones o líneas de programación, bien sea en línea (trabajando el proceso) o fuera de línea (solo en el computador) se puede ajustar o cambiar las acciones de control, a diferencia de procesos donde no son utilizados de forma que ante cualquier cambio de la lógica de control implica una parada del proceso. Al momento de realizar un proyecto donde pueda ser utilizados este tipo de instrumentos, bien vale la pena tomar en cuenta sus ventajas, cuando el factor económico es considerado, pues si los costos de los mismos son un poco elevados, las ganancias que pueden aportar al sistema son mayores aun.

### **2.2.6 Sistema de entradas / Salidas**

La característica principal que hace extremadamente atractivo a un PLC y que lo diferencia de un computador es su sistema de entradas y salidas (E/S) compuesto en la mayoría de los casos por módulos diseñados especialmente para proveer la conexión física entre el mundo exterior (Equipos de Campo) y la unidad de procesamiento. Esta es la conexión real entre el CPU y del PLC y los dispositivos de campo.

A través de varios circuitos de interfaz y el uso de los dispositivos de campo (Sensores de Límites, Transductores, etc.), el controlador puede censar y medir cantidades físicas requeridas a máquinas de procesos tales como: proximidad posición movimiento, nivel, temperatura, presión, voltaje entre otras variables de proceso. Basados en el estado de los dispositivos de campo censados o los valores medidos en el proceso, el CPU emite comandos que controlan variados dispositivos así como son válvulas, motores, bombas y alarmas.

Resumiendo la interfaz de Entradas /Salidas es el sentido y hábil motor requerido por el CPU para ejercer el control sobre máquinas y procesos. Los antiguos predecesores de los PLC de hoy, estaban limitados a interfaces de entradas / salidas discretas, lo cual permitía conectar dispositivos del tipo ON / OFF. Esta limitación permitía al PLC solo un control parcial de muchos procesos. Estos procesos requerían aplicaciones de medidas analógicas y manipulación de valores numéricos para el control de dispositivos analógicos y de instrumentación. Los controladores de hoy, sin embargo, tienen un rango completo y variedad de interfaces analógicas y discretas que les permiten a ellos ser aplicados prácticamente en cualquier tipo de control.

#### **2.2.6.1 Campos de aplicación**

Un autómatas programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

#### **2.2.6.2 Aplicaciones generales:**

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.

- Señalización y control.

Tal y como dijimos anteriormente, esto se refiere a los autómatas programables industriales, dejando de lado los pequeños autómatas para uso más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de una cochera o las luces de la casa).

### **2.2.7 Programación y Lenguajes**

Un PLC debe ser capaz de arrancar su programa siempre que exista una Falla de energía, por lo que todas las eventualidades deben ser programadas en él. En el programa se designan mediante direcciones los registros, los contadores, los temporizadores y las entradas y salidas. En los PLC pequeños estas direcciones están asignadas por el fabricante, pero en los mayores, pueden ser definidas por el usuario, con mayor aprovechamiento de la memoria.

Los PLC trabajan como todos los circuitos electrónicos únicamente con dos estados lógicos, ALTO y BAJO, ON y OFF, 1 y 0, etc., lo cual no es práctico desde el punto de vista de enlace hombre-máquina, por lo que se requiere de lenguajes de programación que traduzcan las ideas humanas a estados lógicos. Los lenguajes de programación en sí, aunque normalizados en su parte básica, son tan variados como fabricantes de PLC hay, así como también la manera de acceder a dichos controladores. Pero, en general podemos hablar de cuatro grandes grupos de lenguajes de programación: DE ESCALERA, INSTRUCCIONES, POR FUNCIONES y POR PASOS.

### **2.2.8 Sistema de Programación Ladder**

El nombre de este método de programación (que significa escalera en inglés) proviene de su semejanza con el diagrama del mismo nombre que se utiliza para la documentación de circuitos eléctricos de máquinas. Cabe mencionar que en estos diagramas la línea vertical a la izquierda representa un conductor con tensión, y la línea vertical a la derecha representa tierra. Este tipo de lenguaje es el más utilizado actualmente, un ejemplo de ello son los que utiliza la empresa Allee-Bradley, los

cuales están bajo un formato de Windows y entre los cuales se tienen: RsLogix 500 y RS-logix 5000.

En este tipo de diagramas se describe normalmente la operación eléctrica de distinto tipo de máquinas, y puede utilizarse para sintetizar un sistema de control y, con las herramientas de software adecuadas, realizar la programación del PLC. Se debe recordar que mientras que en el diagrama eléctrico todas las acciones ocurren simultáneamente, en el programa se realizan en forma secuencial, siguiendo el orden en el que los rungs (escalones) fueron escritos, y que a diferencia de los relés y contactos reales (cuyo número está determinado por la implementación física de estos elementos), en el PLC podemos considerar que existen infinitos contactos auxiliares para cada entrada, salida, relé auxiliar o interno, etc.

Además, todo PLC cumple con un determinado ciclo de operaciones que consiste en leer las entradas, ejecutar todo el programa una vez, y actualizar las salidas tal como hayan resultado de la ejecución del programa. Como consecuencia, si una determinada salida toma dos valores diferentes durante una pasada por el programa, solo aparecerá a la salida el último de los valores calculados.

El tiempo empleado por el PLC para ejecutar determinado programa es lo que se conoce como "Tiempo de Scan" (scan = barrido en inglés). Los fabricantes de PLC especifican este tiempo de diversas formas, siendo las más comunes indicar el tiempo necesario para ejecutar una sola instrucción y el tiempo para ejecutar un programa de la máxima longitud posible. Se debe tener en cuenta que cuando se habla del tiempo de ejecución de una sola instrucción, este no es el mismo tiempo que el necesario para ejecutar un programa de una sola instrucción. Esta aparente incoherencia, se aclara recordando que una "vuelta" de programa incluye la lectura de las entradas, la actualización de las salidas y una serie de procesos internos que son invisibles al usuario.

Hemos visto también, que los elementos a evaluar para decidir si activar o no las salidas en determinado rung, son variables lógicas o binarias, que pueden tomar solo dos estados: presente o ausente, abierto o cerrado, 1 ó 0, y que provienen de entradas al PLC o relés internos del mismo. En la programación ladder, estas variables se

representan por contactos, que justamente pueden estar en solo dos estados: abierto o cerrado.

Consideremos ahora las salidas. Las salidas de un programa ladder son equivalentes a las cargas (bobinas de relés, lámparas, etc.) en un circuito eléctrico. Como indica esta analogía, dos o más salidas pueden programarse en paralelo siempre que queramos activarlas y desactivarlas a la vez. Como salidas en el programa del PLC tomamos no solo a las salidas que el equipo provee físicamente hacia el exterior, sino también las que se conocen como "Relés Internos". Los relés internos son simplemente variables lógicas que podemos usar, por ejemplo, para memorizar estados o como acumuladores de resultados que utilizaremos posteriormente en el programa. Existen dos formas básicas de activar o desactivar las salidas: con retención y sin retención. La forma más común es la de salida no retenida, lo que significa que la salida es activada si se cumplen las condiciones del rung en el que está programada y se desactiva inmediatamente cuando las condiciones dejan de cumplirse.

Las salidas retenidas, por el contrario, se activan y desactivan en rungs diferentes y por instrucciones diferentes. Cuando se cumple el rung en el que la salida debe activarse, ésta lo hace y permanece así, aún cuando la condición de activación deje de cumplirse. El único modo de apagar o desactivar la salida retenida es programar un rung con la correspondiente instrucción de apagado de la salida en cuestión. Las instrucciones de retención y liberación de salidas se usan siempre por pares.

### **2.2.9 Timers**

Otro elemento de los programas ladder tomado de los sistemas eléctricos es el timer. El timer más común tanto en la programación de PLC como en los cuadros de relés, es el de retardo a la conexión y desconexión instantánea. Cuando se activa la entrada el timer comienza su operación llevando la cuenta del tiempo que la entrada está cerrada, Cuando este tiempo supera al programado (por ejemplo con una perilla, en el caso de un timer electromecánico o un valor escrito en el programa, en el caso de un PLC) entonces el timer activa su salida. Si la entrada se abre, la salida se desactiva instantáneamente, La operación de este tipo de sistemas suele describirse

con la ayuda de un diagrama de tiempos, que no es más que una gráfica del estado de entrada y salidas a lo largo del tiempo.

### **2.2.10 Contadores**

Todos los PLCs incorporan funciones que reemplazan a la aplicación de contadores en el sistema de control. Además del obvio uso de estos contadores para contar, por ejemplo, piezas o ciclos de trabajo, la combinación de varios de ellos, quizás con el uso de algunas funciones de tipo aritmético, permite reemplazar programadores a leva y realizar funciones que de otra forma resultarían complicadas. Todos los contadores tienen una entrada de pulsos a contar, una entrada de reset, que cuando es activada lleva al contador a su estado inicial y una salida que se activa cuando la cuenta llega a su valor final, El tipo más común de contador es el ascendente, en el que el estado inicial es: cuenta cero con la salida desactivada. Al ir recibiendo pulsos en la entrada de conteo, la cuenta aumenta siempre manteniendo la salida desactivada, hasta el momento en que la cuenta llega al valor presentado en el programa y el contador deja de contar.

Podemos encontrarnos también con contadores descendentes, en los que se programa un valor inicial distinto de cero y la salida se activa cuando luego de realizar un conteo descendente la cuenta llega a cero.

#### **2.2.10.1 Módulos con funciones**

Contienen operaciones aritméticas (suma, resta, multiplicación y división), así como funciones de comparación de valores ( igual que, mayor que, menor que, etc.), registros de desplazamiento (MOVE), PID, Escalamiento (SLC), entre otros , los cuales hacen que esta programación sea de gran utilidad en situaciones más complejas. Estos módulos, ya vienen estructurados para la función que tienen que cumplir, de modo que el programador solo tiene que realizar ajustes o configuraciones de parámetros con el fin de sintonizar (en caso de los bloques de PID) o de proporcionar referencias cuando se tratan de actividades de comparaciones o de lógica.

### **2.2.11 Robótica Industrial**

Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas (RIA, Robotic Industry Association).

### **2.2.12 Historia de Robotica Industrial**

El robot industrial más antiguo conocido, conforme a la definición de la ISO, se completó con Bill Griffith P. Taylor en 1937 en Inglaterra y fue publicado en la revista Meccano, en marzo de 1938. La grúa, como se lo denominó al dispositivo, fue construido casi en su totalidad con piezas Meccano y accionado por un único motor eléctrico. Cinco ejes de movimiento son posibles, incluyendo Grab y Rotación Grab. La automatización se logró mediante el uso de cinta de papel perforado para activar solenoides, lo que facilitaría el movimiento de las palancas de control de la grúa. El robot puede apilar bloques de madera en los patrones pre-programados. El número de revoluciones del motor requeridas para cada movimiento deseado se representa por primera vez en el papel de gráfico. Acto seguido, esta información se transfiere a la cinta de papel, que también es impulsada por el único motor del robot. Chris Shute construyó una réplica completa del robot en 1997.

Por su parte George Devol estaba especialmente interesado en el diseño de una máquina que fuera de fácil manejo y solicitó las primeras patentes de robótica en 1954 (otorgadas en 1961). La primera compañía en producir un robot fue Unimation (Universal Automation), fundada por Devol y Joseph F. Engelberger en 1956, y se basó en las patentes originales de Devol. Los robots de Unimation también fueron denominados máquinas de transferencia programables, ya que su principal uso en un principio era transferir objetos de un punto a otro, a menos de tres metros o menos distancia. Dichos robots utilizan actuadores hidráulicos y fueron programados en conjuntos de coordenadas, es decir, los ángulos de las distintas articulaciones se almacenaron durante una fase de enseñanza y reproducidos en funcionamiento.

Tenían una precisión de 1/10,000 de pulgada (nota: aunque la precisión no es una medida adecuada para robots), generalmente evaluados en términos de

repetibilidad. Más tarde Unimation otorgó licencias de su tecnología a Kawasaki Heavy Industries y GKN, los cuales fabricaron Unimates en Japón e Inglaterra, respectivamente. Desde hace algún tiempo el único competidor de Unimation fue Cincinnati Milacron Inc. de Ohio. Esto cambió radicalmente en la década de 1970 cuando varios grandes conglomerados japoneses comenzaron a producir robots industriales similares.

En 1969, Victor Scheinman en la Universidad de Stanford, un sistema eléctrico, 6 ejes articulados al robot fueron diseñados para permitir una solución de brazo. Esto le permitió seguir con precisión arbitraria y ampliar el uso potencial de los robots más sofisticados para aplicaciones tales como montaje y soldadura. Scheinman entonces diseñó un segundo brazo para el Laboratorio de IA del MIT, llamado el Brazo MIT. Scheinman, después de recibir una beca de Unimation para desarrollar sus diseños, vendió los diseños que más tarde Unimation desarrolló con el apoyo de General Motors y, posteriormente, los comercializó como la máquina universal programable para ensamblaje (PUMA). En 1973, KUKA Robótica construyó su primer robot, conocido como FAMULUS, este es el primer robot articulado de seis ejes impulsado electromecánicamente.

### **2.2.13 Robots KUKA**

KUKA Roboter GmbH es uno de los principales fabricantes mundiales de robots industriales y sistemas de soluciones automatizadas de fabricación. El Grupo KUKA Robot cuenta con más de 25 filiales en todo el mundo, la mayoría son sucursales de ventas y servicios, en los EE. UU., México, Brasil, Japón y China, Corea, Taiwan, India ofreciendo también sus servicios a clientes de toda Europa.

El nombre de la compañía KUKA es una abreviatura de Keller und Knappich Augsburg y al mismo tiempo es una marca registrada de robots industriales y otros productos de la empresa.

### **2.2.14 Estructura Mecánica del Robot Industrial**

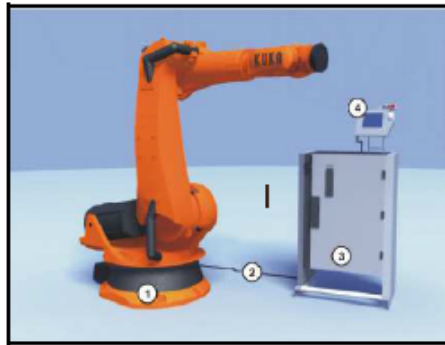
Un Robot está constituido por una serie de elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos. La constitución física de la gran parte de los robots industriales guarda cierta similitud con la anatomía del brazo humano, es decir, que poseen ciertas características antropomórficas, por lo que en ocasiones a los distintos elementos que componen el robot se les denomina en términos como cuerpo, brazo, codo, muñeca. El movimiento de cada articulación puede ser de desplazamiento, de giro o de combinación de ambos. Cada uno de los Movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior se le denomina grado de libertad (GDL).

El número de grados de libertad del robot viene dado por la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen. Puesto que, en la práctica, las articulaciones empleadas son únicamente las de rotación y prismática con un grado de libertad cada una, al número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones de que se componen.

### **2.2.15 Vista General de un Robot KUKA**

El sistema del robot está formado por los siguientes componentes:

- Robot
- Unidad de control del robot
- Unidad manual de programación KCP
- Cables de unión
- Software
- Opciones, accesorios.



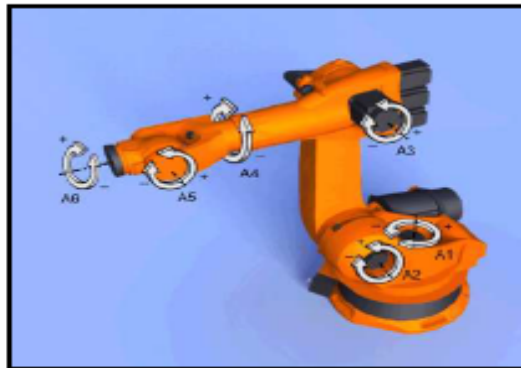
1 Robot                    3 Unidad de control del robot  
 2 Cables de unión    4 KCP (Unidad manual de programación)

**Figura 1.** Ejemplo de un sistema de robot

Fuente: <http://www.InfoPLC.es/> (2012)

### 2.2.16 Robot

Es el encargado de realizar todas las operaciones programadas, dispone de seis grados de libertad, es decir, seis ejes numerados de A1 hasta A6, como se detalla en la figura siguiente:



**Figura 2.** Ejes de un Robot KUKA

Fuente: <http://www.InfoPLC.es/> (2012)

### 2.2.17 Cables de Unión

Establecen la conexión entre el robot y la unidad de control del robot, a través de ellos viajan todos los datos que deben transmitirse desde la Unidad de Control al robot para su funcionamiento así como al revés, del robot a la Unidad de Control

### 2.2.18 Unidad de Control del Robot

Esta parte del conjunto actuaría como una CPU de un ordenador, la función de este dispositivo es procesar la información procedente de la unidad manual de programación, ó KCP, y transmitirla al robot a través de los cables de unión.

### 2.2.19 KCP (Unidad Manual de Programación)

El KCP (KUKA Control Panel) es la unidad manual de programación del sistema del robot. El KCP contiene todas las funciones necesarias para el manejo y la programación del sistema del robot.

#### 2.2.19.1 Vista Frontal KCP

En su vista frontal podemos apreciar los siguientes controles:

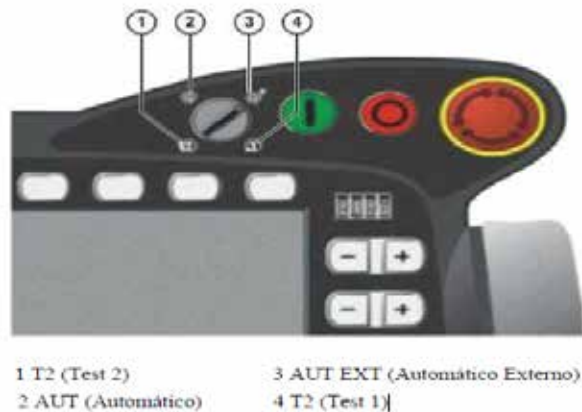


**Figura 3.** Parte delantera del KCP

Fuente: <http://www.InfoPLC.es/> (2012)

### 2.2.19.2 Significado de los distintos modos de servicio:

**1. Selector de modos de servicio:** El modo de servicio es elegido con el selector de modos de servicio que se encuentra en el KCP. El selector es activado con ayuda de una llave, que puede ser extraída. Cuando se ha extraído la llave, el selector queda bloqueado y el modo de servicio no puede ser modificado. Si el modo de servicio es cambiado durante la ejecución del servicio, los accionamientos son desconectados inmediatamente y el robot se para con un STOP 0.



**Figura 4.** Selector Modo de Servicio

Fuente: <http://www.InfoPLC.es/> (2012)

Modo de servicio	Utilización	Velocidades
T1	Para servicio de test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio con programa: Velocidad programada, máximo 250 mm/s</li> <li>• Modo de servicio manual: Velocidad de desplazamiento manual, máximo 250 mm/s</li> </ul>
T2	Para servicio de test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio con programa: Velocidad programada</li> <li>• Modo de servicio manual: Velocidad de desplazamiento manual, máximo 250 mm/s</li> </ul>
AUT	Para sistemas de robot sin unidad de control superior Sólo posible con circuito de seguridad cerrado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio con programa: Velocidad programada</li> <li>• Modo de servicio manual: Modo de servicio manual no posible</li> </ul>
AUT EXT	Para sistemas de robot con unidad de control superior, por ej. PLC Sólo posible con circuito de seguridad cerrado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio con programa: Velocidad programada</li> <li>• Modo de servicio manual: Modo de servicio manual no posible</li> </ul>

**Figura 5.** Descripción Modos de Servicio

Fuente: <http://www.InfoPLC.es/> (2012)

**2. Accionamientos Conectados:** Para conectar los accionamientos del robot. Sólo con Shared Pendant (KCP para KUKA.Robo-Team): SSB\_GUI para llamada de la superficie de operación del Safety Selection Board.

**3. Accionamientos Desconectados/ SSB-GUI:** Para desconectar los accionamientos del robot.

**4. Pulsador de Parada de EMERGENCIA:** Para la parada del robot en situaciones de peligro. El pulsador de PARADA DE EMERGENCIA queda bloqueado cuando se lo pulsa.

**5. Space Mouse:** Para el desplazamiento manual del robot.

**6. Teclas de estado derecha:** Las teclas de estado sirven fundamentalmente para mandos del robot y para la declaración de valores. Ejemplo: Seleccionar el tipo de desplazamiento del robot. Los íconos se modifican de forma dinámica.

**7. Tecla de entrada:** Con la tecla de entrada se cierra una ventana activa o un formulario In-line. Las modificaciones son asumidas.

**8. Teclas del cursor:** Con las teclas del cursor se salta en la superficie de operación de un elemento a otro. Observación: Si un elemento no puede ser alcanzado con las teclas del cursor, en lugar de ellas utilizar la tecla TAB.

**9. Teclado:**



**Figura 6.** Teclado

Fuente: <http://www.InfoPLC.es/> (2012)

#### **Utilidades de algunas de las teclas:**

**NUM:** Con NUM se conmuta entre la función Números y las funciones de mando del bloque numérico. La barra de estados muestra cuál de las dos funciones se encuentra activa.

**ALT:** Se utiliza en combinación con otra tecla. La tecla tiene función de auto retención pulsándola una vez. No es necesario, por tanto, mantenerla pulsada.

**SHIFT:** Con esta tecla se conmuta entre la escritura mayúscula y la minúscula La tecla tiene función de autoretención pulsándola una vez. No es necesario entonces mantenerla pulsada para escribir 1 carácter en mayúscula. Para poder escribir varios caracteres en mayúscula, debe mantenerse pulsada la tecla de SHIFT. Con SIM+SHIFT se conmuta a escritura mayúscula continua. La barra de estado muestra si la escritura mayúscula o minúscula se encuentra activa.

**SYM:** esta tecla debe ser pulsada para poder utilizar la segunda asignación a las teclas de letras por ej. el carácter "#" sobre la tecla "A". La tecla tiene función de auto-retención pulsándola una vez. No es necesario, por tanto, mantenerla pulsada.

#### **2.2.19.2 Vista Trasera KCP**



## Figura 7. Parte Trasera KCP

Fuente: <http://www.InfoPLC.es/> (2012)

1. **Placa característica:** Placa característica del KCP
2. **Tecla de arranque:** Con la tecla de arranque se arranca un programa
3. **4. 5. Pulsador Hombre Muerto:** Este tiene 3 Posiciones:
  - No pulsado
  - Posición Intermedia
  - Pulsado a Fondo

En los modos de servicio T1 y T2, el pulsador de hombre muerto debe mantenerse en la posición intermedia para poder efectuar los movimientos con el robot. En los modos de servicio Automático y Automático Externo, el pulsador de hombre muerto carece de función.

### 2.3 Términos Básicos

- **Área de Viscosos:** Departamento de KRAFT FOODS VENEZUELA, donde se fabrican la mayonesa. Está conformado por 2 líneas de mayonesa.
- **Disponibilidad:** Tiempo real de utilización de una determinada línea de producción.
- **Productividad:** Aumento o disminución de los rendimientos en función del trabajo necesario para el producto final.

- **Paradas no programadas:** Paradas que no son tomadas en cuenta al momento de realizar una planificación de una producción.
- **Proceso:** Desarrollo de una serie de cambios graduales que tienen un determinado resultado, los cuales deben ser controlados. ( Ogata, 1996).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación determina las técnicas de recolección de datos que el investigador debe usar, por tanto es de gran importancia establecer o enmarcar el proceso investigativo de acuerdo al estudio que se realice. Para esta situación se desarrolló un proyecto con la finalidad de solucionar la situación problemática del sistema de Línea Final Mayonesa área de Viscosos.

La presente investigación se enmarcara bajo la modalidad de proyecto factible. Se denomina Proyecto Factible a la elaboración de una propuesta viable, destinada para atender necesidades específicas a partir de un diagnóstico. El Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador, (2003), plantea: “Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades.

En la industria este tipo de proyecto es de gran importancia ya que contribuye al desarrollo tanto económico (productividad) como técnico de la organización, debido a que esta clase de trabajos están enfocados en la búsqueda de soluciones capaces de mejorar las debilidades de un proceso o máquina determinada.

Sumado a esto, cuando el proceso investigativo forma parte de un requisito de pregrado para un estudiante de ingeniería o carrera afín, se convierte en una vía de aprendizaje muy rápida para el estudiante, debido a que se pueden conjugar la teoría y

la práctica haciendo que el investigador complemente los años de estudio con la realidad empresarial.

Por medio de esta investigación, se intentará dar respuesta a las interrogantes que se han planteado en el desarrollo de la misma, con la finalidad de obtener la solución de la problemática presentada proceso de empaquetado de línea final de mayonesa. Preguntas como: ¿Cuáles son las necesidades reales del proceso donde se detecto la situación problemática?, ¿Cómo afecta la productividad del sistema a la línea de producción?, ¿Que estrategias o pasos se deben llevar a cabo para lograr los objetivos planteados?, entre otras.

La Investigación que será realizada en este trabajo, se encuentra ubicada en la categoría de Diseño de Campo no Experimental, en donde “no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador. En este tipo de investigación las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, el investigador no tiene control directo sobre dichas variables, no puede influir sobre ellas por que ya sucedieron”, (Hernández 1998) (Pág. 184.).

Confirmando lo anterior se puede decir que el proceso de empaquetado de línea final de mayonesa existe y se encuentra ubicado en el área de viscosos de la Empresa Kraft Foods Venezuela. En este problema, no se manipularan variables, ya que la raíz del problema (paradas repetitivas y con grandes tiempos de resolución, obsolescencia de la tecnología utilizada para el control y el alto costo del mantenimiento) afectaba en gran manera el funcionamiento continuo y productivo del sistema.

## **3.2 Diseño Metodológico.**

### **3.2.1 Fases Metodológicas**

Un buen diseño metodológico nos indica los pasos a seguir en un proceso de investigación. Nos conduce hacia la resolución del problema de una forma organizada y preestablecida, de forma que el investigador, siguiendo las etapas del proyecto paso a paso tiene asegurado, en la mayoría de los casos, la consecución de los objetivos y metas planteados sin ningún problema. Según, Martín E, Diseño de Investigación

(1986), Es el plan global de la investigación que integra de un modo coherente y adecuado las técnicas de recolección de datos a utilizar y análisis previsto” (p.34).

Es por ello que cualquier investigación conducida de forma correcta, metodológicamente hablando, exige la realización de actividades previamente establecidas. A continuación se explican las diferentes fases constitutivas de este proyecto.

### **Fase 1: Buscar Información y análisis del sistema.**

Esta fase se basó en la recopilación de información actual del Proceso, ”Robot Paletizador de Mayonesa” . Se efectuaron entrevistas no estructuradas a cada uno de los operadores del área de Viscosos, para determinar las situaciones problemáticas y las dificultades que ellos encontraban al momento de poner en funcionamiento dicho sistema. Se pidió la ayuda de los Técnicos de Mantenimiento de Planta para conseguir planos eléctricos utilizando para tal fin planos existentes (planos eléctricos, neumáticos y ubicación de tableros). Con ayuda de toda esta información se logró determinar que funciones de control estaban activas y cuáles no.

Además de esto, se determinaron que funciones o acciones de control se debían implementar. Paralelamente, utilizando la misma herramienta de recolección de información se preguntó al departamento de producción, a nivel de supervisión, qué consecuencias traía la situación problemática sobre la productividad de las líneas de Mayonesa. Del mismo modo, pero a través de la técnica de análisis de contenido, se verificaron los reportes de fallas.

### **Fase 2: Diseño del sistema de control y HMI**

De la información obtenida en la primera fase se procedió a realizar los cambios necesarios; Identificación de Sensores, Electro-Válvulas Pulsadores, Guardas de Seguridad, Alarmas, Actuadores y Elementos Finales de Control. También se efectuó un reacondicionamiento del tablero de control, Bandejas de Cables y por último se realizó la incorporación de nuevas líneas de programación al programa original del PLC del Robot, se realizó el diseño de las imágenes y nueva estructura de la pantalla de operación HMI.

### 3.2.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Entre las técnicas más utilizadas para la recolección de datos en este trabajo investigativo, se encuentran las siguientes:

- **Revisión Documental:** Consiste en una revisión bibliografía de textos y compendios relacionados con el tema objeto de estudio. Para esto se hizo uso de textos relacionados con Software de Programación Robots KUKA.
- **Observación Directa:** Constituye unas de las técnicas básicas de recolección de datos en una investigación científica. Sabino C (1992) expone lo siguiente “uso sistemático de nuestros sentidos orientados a la captación de la realidad que queremos estudiar”. El investigador va al sitio donde se realiza el estudio y “observa” las condiciones actuales del proceso y recoge datos (primarios o secundarios) relacionados “directamente” con el problema.
- **Entrevista Individual no estructurada:** El término de entrevista, según Sabino C. (1992) es “interacción entre dos personas, una de las cuales- el investigador- formula determinadas preguntas relativas al tema en investigación, mientras la otra- el investigado- proporciona verbalmente o por escrito la información que le es solicitada”.

Es muy importante que al momento de realizar la entrevista, la misma sea dirigida a personas con un alto grado de relación (teórica o práctica) con el tema de estudio. De acuerdo a V. Ander E (1972), “la entrevista no estructurada o no formalizada es aquella en donde existe un margen más o menos grande de libertad para formular preguntas y las respuestas”. En este caso la entrevista no estructurada será de tipo informal, lo cual se reduce a que el investigador se traslada al lugar de la investigación y realiza una conversación informal sobre el tema con las personas relacionadas con el problema y tomar nota de la misma.

### 3.2.3 Técnicas de análisis de datos.

Una vez recolectados los datos, se necesita un análisis sistemático de los mismos para determinar el aporte de estos al desarrollo de la investigación. Este análisis constituye la base para la obtención o búsqueda de la solución al problema planteado,

por esto esta fase es muy importante en el proyecto para llegar a conclusiones coherentes a través de los resultados obtenidos.

Entre las técnicas de análisis de datos que se utilizaron en este estudio, se encuentran las siguientes;

- **Análisis de Contenido:** ‘‘ Técnica de investigación que se basa en el estudio cuantitativo del contenido manifiesto de la comunicación’’, Sabino C. (1972).
- **Cálculos Matemáticos:** Donde a través de fórmulas ya desarrolladas se logran obtener valores de parámetros relacionados directamente con el desarrollo del proyecto.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a través de la aplicación de las técnicas de recolección de información y su posterior análisis, permitiendo evidenciar los resultados de la investigación, para elaborar la propuesta de diseño del sistema automatizado mediante equipos robóticos y así mejorar el proceso de operación del robot paletizador de la línea de mayonesa.

A continuación se evidencia el desarrollo de las fases que componen el proyecto:

#### **Fase I: Estudio del Funcionamiento y Sistema de Control del Robot Paletizador de Mayonesa.**

Para el estudio del funcionamiento actual del robot paletizador de mayonesa fue necesario aplicar las técnicas expuestas anteriormente para así detectar las causas que originan el problema; se realizó la observación directa del proceso para lograr comprender de manera general la situación en la que se realizan las operaciones. Posteriormente con la instalación de un circuito de cámaras en el área de paletizado del robot se logró conocer con más detalle la problemática a nivel operacional que allí viene ocurriendo.

Adicionalmente involucrando a los operadores del área en el diseño de la propuesta se aplicó otra técnica que fue realizar entrevistas a operarios, líderes, técnicos de mantenimiento y supervisores del área, de manera que se fue recopilando información y generando inquietudes , así como también propuestas de mejoras al sistema. En este sentido, Tomayo y Tomayo (2000) señalan que la guía de entrevista es el instrumento propio de la técnica de entrevista, es una manera de interactuar coL

La persona entrevistada, en el que se establece un dialogo, a quien se le formula la interrogante.

#### **A. Proceso de Paletizado de Mayonesa**

El proceso se inicia con la carga por parte del montacargista de (7) paletas de madera vacías al magazine de paletas de la celda paletizadora (Ver Figura 8)



**Figura 8.** Magazine Paletas Robot

Fuente: Autor (2017)

Luego de cargadas las 7 paletas en el magazine el operador presiona el PushBotton “Cargar Paletas”, Luego presiona PushBotton “Inicio”, Para así arrancar la celda paletizadora y habilitar el movimiento del robot, una vez habilitado el robot este se dispondrá a tomar una paleta vacía del magazine de paletas, para la toma de paletas la herramienta del robot posee 2 cilindros neumáticos llamados “TomaPaletas,” Estos cilindros son retraídos al momento de la toma de la paletas luego de que las garras de la herramienta se posicionan en el centro de la altura de la paleta los cilindros son extendidos para así lograr la toma de la paleta (Ver Figura 9), Estos cilindros “Toma Paletas” Cuentan ambos con 2 sensores magnéticos finales de carrera los cuales indican a PLC del robot en qué estado se encuentra el cilindro, Extendido o Retraído. Luego que la paleta es presionada por los cilindros “Toma Paletas” Es llevada al transportador de paletizado (Ver Figura 10).



**Figura 10.** Transportador de Paletizado

Fuente: Autor (2017)

El Transportador de Paletizado cuenta con 3 Sensores Foto Electricos, los cuales están posicionados a lo largo del transportador de paletizado (Ver Figura 11)



**Figura 11.** Transportador de Paletizado

Fuente: Autor (2017)

El Sensor 3, Detecta cuando la paleta ya paletiza, “Paleta Terminada” Llega a la posición de descarga.

Los Sensores 2 y 1, Detectan la colocación de la paleta sobre el transportador de paletizado.

Una vez colocada la paleta sobre el transportador de paletizado el robot retrae los cilindros “Toma Paletas” para así liberar la paleta y dejar reposar sobre el

transportador, Luego de ser liberada la paleta el PLC del robot acciona la electroválvula del cilindro “Ajustador de Paleta”, Dicho cilindro se encuentra a un costado del transportador de paletizado este cilindro se encarga de ajustar la paleta sobre las guías del transportador para así garantizar una correcta posición (Ver Figura 12), Dicho cilindro cuenta con un sensor electromagnético final de carrera para detectar cuando este se encuentra retraído.



**Figura 13.** Cilindro Ajusta Paletas

Fuente: Autor (2017)

Luego de que la paleta es ajustada sobre las guías del transportador, el robot se dirige a su posición de inicio (Ver Figura 13), Aquí el robot reposar esperando la llegada de 4 cajas de mayonesa a través del transportador de entrada al robot, una vez llegada estas cajas hay (4) sensores que detectan la presencia de estas, Sensor 1, Caja 1, Sensor 2, Caja 2, Sensor 3 Caja 3, Sensor 4 Caja 4, Y un quinto sensor por delante del cuarto, que se encarga del ciclo de conteo de las cajas (Ver Figura 14).



**Figura 13.** Robot KUKA 180 Posición de Inicio

Fuente: Autor (2017)



**Figura 14.** Transportador entrada al robot “Sensores detectores de Cajas”

Fuente: Autor (2017)

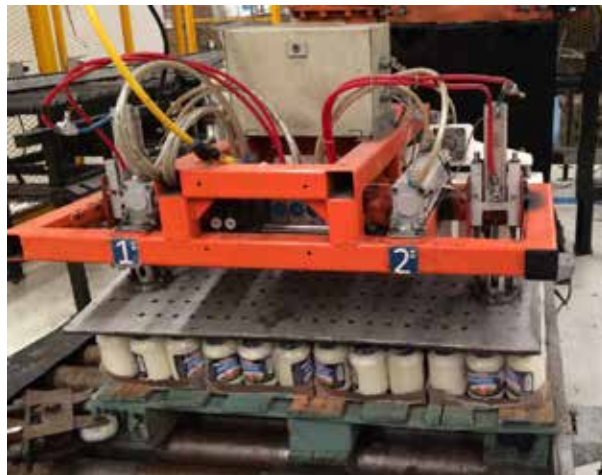
Una vez detectada la presencia de las cajas el robot procede a la toma de estas, Las cajas son tomadas con la herramienta del robot a través de 2 cilindros neumáticos llamados “Toma Cajas” (Ver Figura 15), Estos cilindros son retraídos para la toma de las cajas, Una vez que el robot disponga sus tridentes por debajo de los paquetes, Los Cilindros “Toma Cajas” Son extendidos para presionar las cajas entre los cilindros y los tridentes, Estos cilindros toma cajas cuentan ambos con 2 sensores magnéticos final de carrera para la confirmación de su posición, Una vez tomadas las cajas el robot verifica el estado de los sensores inferiores de los cilindros

“Toma Cajas” Si estos detectan la extensión del cilindro el robot se mueve a colocar las cajas sobre el transportador de paletizado (Ver Figura 16,17)



**Figura 15.** Cilindros “Toma Cajas”

Fuente: Autor (2017)



**Figura 16.**”Robot Colocando producto sobre paleta”

Fuente: Autor (2017)



**Figura 17.**”Producto Colocado en Paleta”

Fuente: Autor (2017)

Al Robot posicionarse sobre el punto de entrega de la cajas de acuerdo a la camada y envió en el que se encuentre, Este accionara los cilindros “Tridentes”, para dejar colocadas las cajas sobre la paleta a paletizar, estos cilindros de “Tridentes” cuentan ambos con 2 sensores magnéticos final de carrera para la confirmación de su posición, una vez el PLC detecta la extensión de los cilindros por medio de los sensores finales de carrera, el robot regresa a su posición de inicio a la espera de 4 cajas nuevamente.

El paletizado de mayonesa consta de la formación de una paleta de producto terminado de 112 cajas dispuestas sobre 8 camadas.

## **B. Sistema de Seguridad**

**Presostato:** Durante las entrevistas realizadas a los operadores se observó la constante queja de que cada vez que ocurría una falla o caída de la presión de aire comprimido el robot perdía la fuerza de los cilindros toma cajas y esto ocasionaba la caída de las cajas de mayonesa al piso , generando pérdidas de producto terminado

y tiempo de operación del equipo, Adicionalmente se presentaba una condición de inseguridad ya que el envase que contiene la mayonesa es de material vidrio lo cual complica la recolección y la limpieza del área del robot al caer las cajas.

**Sensores de Puertas:** Durante las entrevistas realizadas a técnicos de mantenimiento comentaban que en muchas ocasiones se encontraban con fallas en el sistema de seguridad del robot, Ocurría que el sistema está constituido por una serie de sensores inductivos conectados en serie entre las 3 puertas del robot, Esto dificulta la identificación de cual puerta o sensor estaba en malas condiciones o desajustado, Generando perdías.

### C. Operación del Robot

Durante el estudio realizado a la lógica del programa del robot paletizado se pudo constatar las deficiencias que existían en el programa, Estas deficiencias tenían que ver con la falta de paradas seguras ejecutadas por el robot en la ausencia o espera de cualquiera de las variables que comprenden el programa como lo son: Sensores Finales de Carrera, Electroválvulas, Sensores Fotoeléctricos, Contactores, Relés Térmicos.



**Figura 18.**”Desprendimiento de Placa Pisadora”

Fuente: Autor (2017)

Uno de los casos más comunes encontrados en el estudio era la no detección del robot cuando este no detectaba la posición correcta de los cilindros y placa pisadora de cajas, El no detectar la posición correcta de este elemento ocasiona el choque del robot y su herramienta al momento de tomar la cajas sobre el transportador de producto o al momento de colocarlas sobre el paletizado, En la (Figura. 18) Podemos Observar el desprendimiento por falla mecánica de la placa pisadora de paquetes, (Figura 19) Podemos Observar la mala colocación y daño de paquetes por esta causa.



**Figura 19.**”Choque de Herramienta con Productos”

Fuente: Autor (2017)

En vista de estas y otros casos de fallas se decidió generar un “Listado de Fallas” (Cuadro 1) Que englobara la cantidad total de fallos o eventualidades que se pudiesen generar dentro de la celda paletizadora los cuales deben generar una parada segura del robot para evitar pérdidas siempre identificando cual es el elemento generador de falla

**Cuadro 1.** “Lista de Fallas”

DESCRIPCION
Falla en suministro de Aire Comprimido

Falla en Sensor pisador de paquete Derecho
Falla en Sensor pisador de paquete Izquierdo
Falla en Sensor pisador de paleta Derecho
Falla en Sensor pisador de paleta Izquierdo
Falla en Sensor de Tridente Izquierdo
Falla en Sensor de Tridente Derecho
Falla Carga de Paletas (cantidad de paletas Excedida)
Falla Paletas No Cargadas en Magazine
Falla Paleta No colocada en Transportador
Falla Paleta Lista no Retirada
Falla Ajusta Paletas no Retraído
Stop Puerta Abierta Operador
Stop Puerta Abierta Lateral
Stop Puerta Abierta Transportador
Falla falta Caja (1)
Falla falta Caja (2)
Falla falta Caja (3)
Falla falta Caja (4)
Disparo Térmico de Motores

Fuente: Autor (2017)

## **Fase II: Diseñar e Implementar una Interfaz de Operación HMI**

Una vez evaluado y analizando el estado actual del equipo se continúa con el diseño y la implementación de Interfaz de Operación Hombre-Máquina, El diseño se manejó dentro de las siguientes etapas:

### **Etapas 1. Identificación de Actuadores, Sensores y Válvulas.**

En esta etapa se procedió a realizar el inventario y levantamiento de sensores, válvulas, actuadores y cableado disponible dentro de la celda paletizadora, El Cuadro 2 y 3 podemos observar el inventario obtenido.

**Cuadro 2.** “Lista de Entradas PLC”

DESCRIPCION	N° ENTRADA PLC
Sensor Inicio Carrera Trans Paletizador	I/1
Sensor Media Carrera Trans Paletizador	I/2
Sensor Fin de Carrera Trans Paletizador	I/3

Sensor Caja 1	I/4
Sensor Caja 2	I/5
Sensor Caja 3	I/6
Sensor Caja 4	I/7
Sensor Ajusta Paleta	I/8
Reserva	I/9
Reserva	I/10
Sensor Alimentador de Paletas	I/11
Reserva	I/27
Selector Auto	I/28
Selector Man	I/29
Pulsador Motor Paletizador	I/30
Pulsador Motor Entrada	I/31
Pulsador Inicio	I/32
Pulsador Desechar Paletas	I/33
Pulsador Confirmar Desecho	I/34
Pulsador Cargar Paletas	I/35

Fuente: Autor (2017)

**Cuadro 3. “Lista de Salidas PLC”**

DESCRIPCION	N° SALIDA PLC
Motor Trans Producto	O/8
Motor Trans Paletas	O/9
Electro Válvula Ajusta Paletas	O/10
RESERVA	O/11
Electro Válvula Barrera Paquetes	O/12
Coctelera Luz Roja	O/23
Coctelera Luz Blanca	O/25
Coctelera Luz Verde	O/26
Coctelera Luz Naranja	O/27

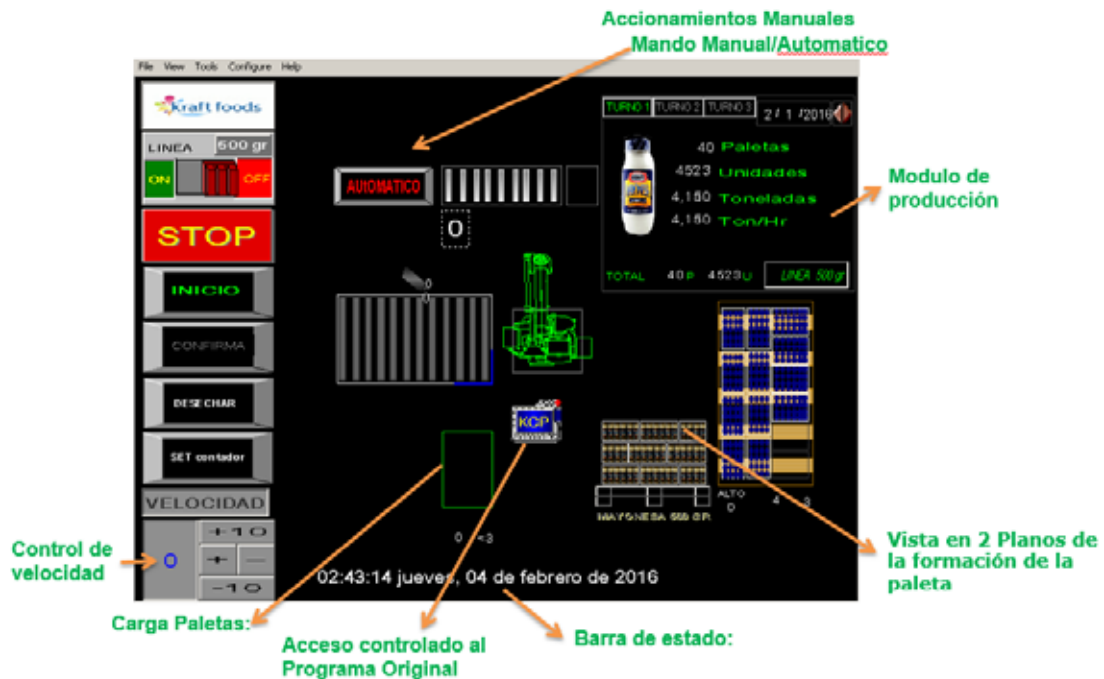
Fuente: Autor (2017)

## **Etapa 2. Diseño de Pantalla de Operación**

El diseño de la pantalla se realizó utilizando el software SCADA GENESIS 32, Este software viene como complemento del software KRC lo cual facilita la comunicación entre el software de la HMI y el software interno del Robot, El diseño de la pantalla de Operación (Ver Figura 20) Se basó en replicar un panel de control y

algunos elementos adicionales como módulo de totalización de producción, Barra de Estado, Vista real del Paletizado, Control de Velocidad y Accionamientos manuales.

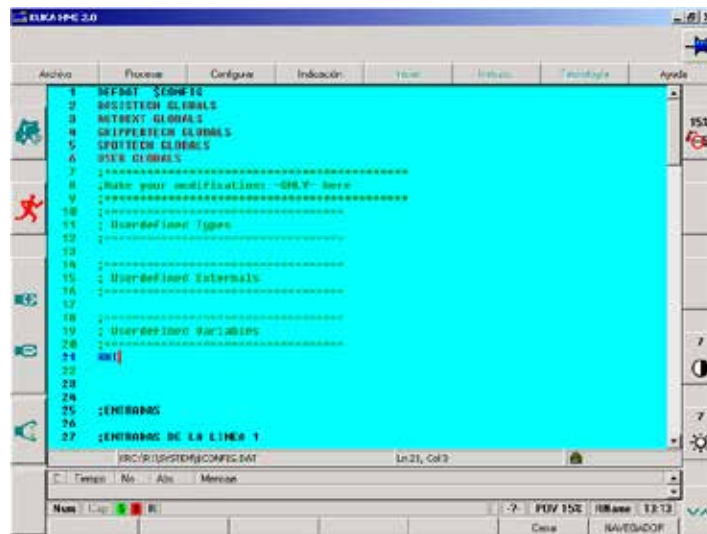
- A. Accionamientos Manuales: Se podrán accionar de forma manual, cilindros y motores que comprenden la celda.
- B. Botón para cambio de Manual / Automático
- C. Contará con totalización de paletas producidas y toneladas por turno, Se adicionara comparador de cantidad de paletas por hora, con target definido (Simulando la cartelera actual de Mejora continua)
- D. Se podrán observar, en que envió se encuentra la formación del paletizado de forma continua en 2 vista, vista lateral y vista plano.
- E. Se podrán observar, las fallas y alarmas de la celda robot, de igual forma se podrá generar reporte de fallas por turno
- F. Acceso controlado al Programa Original
- G. Se observara valor de altura de paletas
- H. Control de velocidad
- I. Arranque y Parada del Robot



**Figura 20.**”Pantalla Principal HMI”

Fuente: Autor (2017)

Durante el diseño de la pantalla se crearon las siguientes variables dentro del software del HMI, Dichas variables fueron cargadas en el archivo \$Config.Dat, Este archivo es el contenedor de las variables generales del programa del robot todas estas variables aquí insertadas fueron declaradas como de uso global, cabe destacar que el uso de este Software SCADA tenía la limitante del uso de 50 tags, Por lo cual nos vimos en la necesidad de realizar algunos arreglos matriciales los cuales reducían la cantidad de tags en variables que contaban con condiciones similares como “ fallas, módulo de producción, estado de selectores y sensores”, (Ver Figura 21,22,23,24,25)



**Figura 21.**”Declaracion de Variables \$CONFIG.DAT”

Fuente: Autor (2017)

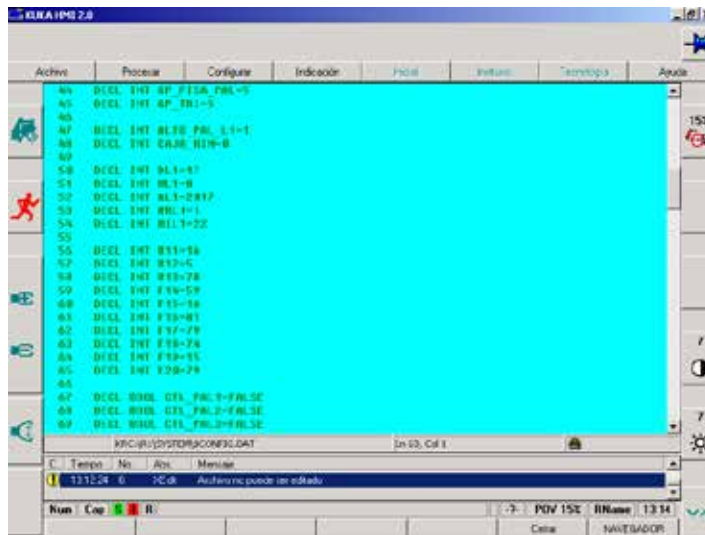


Figura 22. "Declaración de Variables \$CONFIG.DAT"

Fuente: Autor (2017)

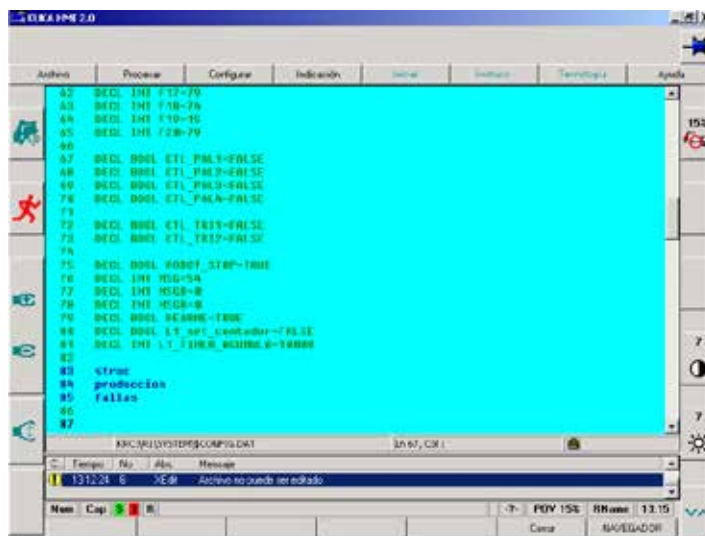


Figura 23. "Declaración de Variables \$CONFIG.DAT"

Fuente: Autor (2017)

```

229
230 #HS
231 #MOD# CST
232 actualize variables
233 pb #HS
234 cambio velocidad
235 produccion
236 fallas
237 indice
238 registro fallas
239 set contador
240
241 LUZ_VELOC=INDICAT100_0P
242 LUZ_R02A=(#01(INDICAT100_0P))
243
244 if [ (nosa_r02ille_x) > (#) ] then
245   nosa_r02ille_x=#
246 endif
247
248 if [ (nosa_r02ille_x) < (-#) ] then
249   nosa_r02ille_x=#
250 endif
251
252
253 PRESENCIA=NEI(PRESENCIA_TRANSPORTE)
254 suete=(PRESENCIA)

```

Figura 24. "Declaración de Variables SPS.SUB"

Fuente: Autor (2017)

```

252 actualiza variables
253 pb #HS
254 if #HS ># 1000
255   #M1TCR #P_#HS
256   CASE #0_#1_#2_#3
257     #0_#1_#2_#3
258     #P_#HS =>#
259     CASE #01_#02_#03_#04_#05_#06_#07_#08
260       #0_#1_#2_#3 =>#
261       #P_#HS =>#
262     CASE #71_#72_#73_#74_#75
263       #0_#1_#2_#3 =>#
264       #P_#HS =>#
265     CASE #81_#82_#83_#84_#85_#86_#87_#88_#89_#90
266       #0_#1_#2_#3 =>#
267       #P_#HS =>#
268     CASE #9
269       #0_#1_#2_#3_#4_#5_#6_#7_#8_#9
270       #P_#HS =>#
271     CASE #0
272       #0_#1_#2_#3_#4_#5_#6_#7_#8_#9
273       #P_#HS =>#
274     CASE #0
275       #0_#1_#2_#3_#4_#5_#6_#7_#8_#9
276       #P_#HS =>#
277     produccion

```

Figura 25. "Declaración de Variables SPS.SUB"

Fuente: Autor (2017)

### **Etapa 3. Reconfiguración de Puertas y Adición de Presostato**

Una vez verificadas las entradas y salidas en uso disponibles fueron adicionadas las siguientes entradas:

**Cuadro 3.** “Lista de Entradas Adicionadas PLC”

<b>DESCRIPCION</b>	<b>Nº ENTRADA PLC</b>
Presostato	I/9
Sensor Puerta Transportadores	I/10
Sensor Puerta Lateral	I/27
Sensor Puerta Operadores	I/43

Fuente: Autor (2017)

### **Etapa 4. Pruebas de Operación y Testeo de Fallas.**

Ya desarrollada la interfaz se procedió a la prueba de esta, para esto se generaron de forma experimental las condiciones de fallo que pudiesen ocurrir para así verificar el correcto funcionamiento del módulo de fallas (Ver Anexos), De igual forma fueron probados los modos de arranque y módulos de producción.

### **Etapa 5. Instalación de Monitor Pantalla Plana y Base de Pedestal de Operación.**

En esta etapa se procedió a realizar el movimiento del tablero principal de robot para así despejar el área y poder ubicar el nuevo pedestal de operación en una posición estratégica que ofrezca al operador una buena visión de la celda paletizadora y una posición de operación cómoda, segura y ergonómica, Se instaló un Monitor pantalla plana el cual reduce el espacio de uso de este equipo y ofrece mayor resolución a la aplicación. (Ver Figura 26)



**Figura 26.**”Area de Operación, Antes y Después”

Fuente: Autor (2017)

### **Etapas 6. Entrenamiento al Personal Técnico y Operarios.**

Una vez instalada la aplicación y realizadas las pruebas pertinentes se planifico realizar el entrenamiento y evaluación del personal Operación, Supervisores y técnicos, Esto con la finalidad de dar a conocer al personal la nueva forma de operación y las nuevas tecnologías instaladas. Durante el enteramiento se resolvieron dudas y interrogantes con la operación de la Celda Paletizadora, También se realizó un entrenamiento en sitio con todo el personal para así lograr de forma directa la interacción con el equipo. (Ver Figura 27)



**Figura 27.**”Entrenamiento con Operadores en Sitio”

Fuente: Autor (2017)

Se elaboró un formato de evaluación (Ver Figura 28) El cual fue utilizado para evaluar la interacción de los operadores con la nueva interfaz, estos pasaron de uno en uno por panel de operación y demostraron las destrezas adquiridas.

FECHA 09/05/16

EVALUACION PRACTICA NUEVA INTERFAZ DE OPERACIÓN ROBOT DE MAYONESA

NOMBRE: Samuel Hernandez

FICHA: 24.55

1. EL OPERADOR CONTROLA Y RECONOCE LOS PARAMETROS DE ARRANQUE Y PARADA DEL ROBOT  
SI  NO
2. EL OPERADOR LOGRA REALIZAR CORRECTAMENTE EL ARRANQUE DE LA CELDA PALETIZADORA  
SI  NO
3. EL OPERADOR LOGRA REALIZAR LA PARADA DE FORMA SEGURA DE LA CELDA PALETIZADORA  
SI  NO
4. EL OPERADOR RECONOCE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD COMO STOP DE EMERGENCIA, GUARDAS DE SEGURIDAD Y PRESOSTATOS DE LA CELDA PALETIZADORA  
SI  NO
5. EL OPERADOR RECONOCE LAS FALLAS EN EL MENU DE FALLAS DE LA INTERFAZ, ACTUA CON JUICIO CRITICO Y DA REPUESTA ACERTIVA DE LAS POSIBLES CAUSAS DEL ORIGEN DE ESTA  
SI  NO

  
 OPERARIO

  
 ROISABER RODRIGUEZ  
 ESPECIALISTA DE MANTENIMIENTO

**Figura 28.**”Evaluacion a Operadores”

Fuente: Autor (2017)

De igual forma se tomó lista del personal asistente en el entrenamiento y evaluación realizada, (Ver Figura 29)

EQUIPO	FICHA	NOMBRE APELLIDO	ASISTENCIA	
Equipo A	36388	RIERA	JHONNY	ASISTIO
Equipo A	5730	SANCHEZ	JORGE	ASISTIO
Equipo A	36705	NOGUERA	ERIX	ASISTIO
Equipo A	36504	ALBORNOZ	YONATHAN	ASISTIO
Equipo A	36540	JAVIER	DALFRE	ASISTIO
Equipo A	36639	CASTELLANO	JAVIER	NO ASISTIO
Equipo A	36749	JAVIER	CARLOS	ASISTIO
Equipo B	36425	ALEJOS	YANIS	ASISTIO
Equipo C	2455	HERNANDEZ	SAMUEL	ASISTIO
Equipo B	36499	LOPEZ	JULIO	ASISTIO
Equipo C	36832	LOPEZ	ERICK	ASISTIO
Equipo B	36698	PEREDES	JONATHAN	ASISTIO
Equipo C	4133	PEREZ	FREDDY	ASISTIO
Equipo B	2647	SANCHEZ	CARLOS	NO ASISTIO
Equipo B	36776	SIMOZA	FRANK	NO ASISTIO
Equipo C	36835	VARGAS	WENDER	ASISTIO
Rotacion Especial	2118	LEONES	HILARIO	NO ASISTIO
Equipo C	2626	RUZ	NIEVES	NO ASISTIO

**Asistencia.**

Mondelēz

Lista de Asistencia

Copia:   
 Fecha:   
 Nombre:

VAL RE OP 4.3.20 -11  
 04/2017

Labor  RR  Inoperatividad  Otros  Asistencia  Asistencia Alternativa

ACTIVIDAD: **DESEMPEÑO**  
*Entrenamiento Teórico sobre Máquina / Capacitar a Operador en la operación y uso de la Máquina Industrial desde la Jergueta*  
*Práctica en sitio, Pruebas y simulación fallas, evaluación final*

OBJETIVO: *Operadores Teóricos y BackUp del Area*

PERSONAL DIRIGIDA: *Hernán Rodríguez* *OSIEL PARRA*

PARTICIPANTES					Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
Apellidos y Nombres	C.I.	Ficha	Cargo	Area	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
Leones Hilario	1138935	2118	operador	discoso				
Javier Dalfré	3228595	3660	operador	discoso				
Samuel Hernandez	162443	2455	operador	discoso				
Jorge Riera	1724863	36308	operador	discoso				
E. J. Noguera	1424423	36705	operador	discoso				
Freddy Lora	2045356	4133	operador	discoso				
Erick Lopez	18109263	36832	operador	discoso				
Jorge Sanchez	2116779	5730	operador	discoso				
Yonathan Albornoz	20118654	36504	operador	discoso				
Jonathan Paredes	16000379	36698	operador	discoso				
Juan Carlos	17521520	36776	operador	discoso				
Julio Lopez	19480311	36499	operador	discoso				
Wender Vargas	19230307	36835	operador	discoso				
Manis Alejos	15384448	36425	"	"				

**Asistencia.**

Figura 29. "Lista de Asistencia de Operadores"

Fuente: Autor (2017)

### Fase III: Diseño de Manual Guía “Solucionador de Fallos”.

De acuerdo al listado de fallas cargados al menú de falla de interfaz, se realizó el análisis de cada una de estas y se elaboró un manual guía solucionador de fallas con el cual se puede obtener una posible causa y solución de la falla.

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
Falla De Aire	Revisar Manómetro De Entrada De Aire Principal, Dicha Presión Debe Ser Superior A 70 Psi	Revisar Apertura De Llave De Paso Principal, Debe Estar Abierta Para Asegurar El Paso De Aire, De Encontrarse Abierta Y No Tener
	Revisar Salida 24vdc Del Presostato Principal	Medir Con Voltímetro La Salida Eléctrica Del Presostato, Cuando Este Se Encuentre Sometido A Una Presion De 70 Psi, Si Observa Alguna Diferencia Ajustelo O Reemplace
	Revisar Que Este Activa La Entrada I-9 En El PLC Wago Dentro Del Tablero Krc2	Medir Con Voltímetro La Entrada I-9 En El Plc, Dicha Entrada Debe Contener 24 Vdc Cuando La Celda Tenga Presión De Aire

**Cuadro 4.”Solucionador de Falla (Falla de Aire)”**

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
Falla Pisador De Paquete Derecho	Cilindro Neumático No Acciono	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Verificar Acoples Del Cilindro</li> <li>* Verificar Conexiones De Aire</li> </ul>
	Electroválvula No Acciono	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Verificar Conector De Electroválvula</li> <li>* Verificar Alimentación Eléctrica 24 Vdc Accionando La Electroválvula De Forma Manual Desde La Hmi (De Tener Tensión Eléctrica Y No Lograr El Accionamiento Lubricar Válvula De Continuar La Falla Reemplazar</li> </ul>
	Cilindro Neumático Acciono Y Sensor Final De Carrera No Detecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Verificar Que El Sensor Este Fijado Correctamente Y En Zona De Detección</li> <li>* Verificar Que El Sensor Tenga Alimentación Eléctrica 24 Vdc, Y Que Su Salida Llegue A La Entrada I1(Abajo) Y I3(Arriba) Del Plc Del Gripper</li> </ul>

**Cuadro 5.**”Solucionador de Falla (Falla Pisador De Paquete Derecho)”

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
Falla Pisador De Paquete Izquierdo	Cilindro Neumático No Acciono	Verificar Acoples Del Cilindro, Verificar Conexiones De Aire,
	Electroválvula No Acciono	* Verificar Conector De Electroválvula * Verificar Alimentación Eléctrica 24 Vdc Accionando La Electroválvula De Forma Manual Desde La Hmi (De Tener Tensión Eléctrica Y No Lograr El Accionamiento Lubricar Válvula De Continuar La Falla Reemplazar
	Cilindro Neumático Acciono Y Sensor Final De Carrera No Detecto	* Verificar Posición Del Sensor En El Cilindro, Verificar Que Este Fijado Correctamente Y En Zona De Detección, * Verificar Que El Sensor Tenga Alimentación Eléctrica 24 Vdc * Verificar Que Su Salida Llegue A La Entrada I6 (Abajo) Y I8 (Arriba) Del Plc Del Gripper

**Cuadro 6.**”Solucionador de Falla (Falla Pisador De Paquete Izquierdo)”

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje</b>	<b>Posible Razón de la</b>	<b>Solución Propuesta</b>
----------------	----------------------------	---------------------------

<b>de Falla</b>	<b>Falla</b>	
Falla En Pisador De Paleta Derecho	Cilindro Neumático No Acciono	Verificar Acoples Del Cilindro, Verificar Conexiones De Aire,
	Electroválvula No Acciono	* Verificar Conector De Electroválvula * Verificar Alimentación Eléctrica 24 Vdc Accionando La Electroválvula De Forma Manual Desde La Hmi (De Tener Tensión Eléctrica Y No Lograr El Accionamiento Lubricar Válvula De Continuar La Falla Reemplazar
	Cilindro Neumático Acciono Y Sensor Final De Carrera No Detecto	Verificar Posición Del Sensor En El Cilindro, Verificar Que Este Fijado Correctamente Y En Zona De Detección, Verificar Que El Sensor Tenga Alimentación Eléctrica 24 Vdc, Y su Salida Electrica Llegue A La Entrada I10 Y I12 Del Plc Del Gripper Según Sea Su Posición Arriba O Abajo

**Cuadro 7.**”Solucionador de Falla (Falla En Pisador De Paleta Derecho)”

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
-------------------------	----------------------------------	---------------------------

Falla En Pisador De Paleta Izquierdo	Cilindro Neumático No Acciono	Verificar Acoples Del Cilindro, Verificar Conexiones De Aire,
	Electroválvula No Acciono	* Verificar Conector De Electroválvula * Verificar Alimentación Eléctrica 24 Vdc Accionando La Electroválvula De Forma Manual Desde La Hmi (De Tener Tensión Eléctrica Y No Lograr El Accionamiento Lubricar Válvula De Continuar La Falla Reemplazar
	Cilindro Neumático Acciono Y Sensor Final De Carrera No Detecto	Verificar Posición Del Sensor En El Cilindro, Verificar Que Este Fijado Correctamente Y En Zona De Detección, Verificar Que El Sensor Contenga Alimentación Eléctrica 24 Vdc, Y Su Salida Eléctrica Llegue A La Entrada Del Plc Gripper I9 Y I10, Según Sea Su Posición Arriba O Abajo

**Cuadro 8.**”Solucionador de Falla (Falla En Pisador De Paleta Izquierdo)”

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
	Cilindro Neumático No Acciono	Verificar Acoples Del Cilindro, Verificar Conexiones De Aire,

Falla En Tridente Izquierdo	Cilindro Neumático Atascado	Verificar Alineación De Ejes, Bocinas Y Porta Bocinas
	Cilindro Neumático Acciono Y Sensor Final De Carrera No Detecto	Verificar Posición Del Sensor En El Cilindro, Verificar Que Este Fijado Correctamente Y En Zona De Detección, Verificar Que El Sensor Tenga Alimentación Eléctrica 24 Vdc, Y Que Salida Llegue A La Entrada I5 Y I7 Del Plc Gripper Según Sea Su Posición Extendido O Retraído

**Cuadro 9.**”Solucionador de Falla (Falla En Tridente Izquierdo)”

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
	Cilindro Neumático No Acciono	Verificar Acoples Del Cilindro, Verificar Conexiones De Aire,

Falla En Tridente Derecho	Cilindro Neumático Atascado	Verificar Alineación De Ejes, Bocinas Y Porta Bocinas
	Cilindro Neumático Acciono Y Sensor Final De Carrera No Detecto	Verificar Posición Del Sensor En El Cilindro, Verificar Que Este Fijado Correctamente Y En Zona De Detección, Verificar Que El Sensor Tenga Alimentación Eléctrica 24 Vdc, Y Que Salida Llegue A La Entrada I2 Y I4 Del Plc Gripper Según Sea Su Posición Extendido O Retraído

**Cuadro 10.**”Solcionador de Falla (Falla En Tridente Derecho)”

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
	Exceso De Paletas Mas De 7 Paletas Dentro Del Porta- Paletas	Retirar Paletas De Exceso

Falla En Carga De Paletas Cantidad Excedida	Altura General De Torre De Paletas, Por Encima Del Valor Normal	Retirar La Paleta De Mayor Altura De La Torre
	Sensor Ultrasónico De Detección De Altura Paletas Defectuoso	Revisar Estado Del Sensor Ultrasónico, Acople, Conexiones Y Salida Eléctrica, De Ser Necesario Calibrar Y Si No Reemplazar

**Cuadro 1.**” Solucionador de Falla (Falla En Carga De Paletas Cantidad Excedida)”

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
Puerta	Puerta Mal Cerrada	Revisar Si La Puerta Se Encuentra Bien Cerrada, La Puerta Debe Quedar Ajustada Dentro Del Marco, Para Lograr Así La Detección Del Sensor Inductivo

Operador Abierta	Sensor No Detecta	Revisar Ajuste Y Posición Del Sensor Dicho Sensor Debe Estar A 2mm, De La Platina De Detección
	Sensor No Envía Salida A Entrada Del Plc	Revisar Y Medir Con Voltímetro Entrada I13 En Plc De Krc2

**Cuadro 12.” Solucionador de Falla (Puerta Operador Abierta)”**

Fuente: Autor (2017)

Mensaje de Falla	Posible Razón de la Falla	Solución Propuesta
Falla Paleta No Colocada En Transportador	Extremos De La Paleta No Detectados Por Sensores De Detección De Paleta	Limpiar Mica De Sensores, Revisar Su Posición Y Alineación,(Si Se Observa Tacos De La Paleta Muy Pequeños, Desechar Paleta)
	Sensores Detectan Pero No Genera Salida Eléctrica	Revisar Alimentación 24vdc Del Sensor, Revisar Salida Eléctrica Del Sensor En Tablero Dentro De Celda, Medir En Punto De Bornera #9, #6

**Cuadro 13.” Solucionador de Falla (Falla Paleta No Colocada En Transportador)”**

Fuente: Autor (2017)

Mensaje de Falla	Posible Razón de la Falla	Solución Propuesta
Puerta	Puerta Mal Cerrada	Revisar Si La Puerta Se Encuentra Bien Cerrada, La Puerta Debe Quedar Ajustada Dentro Del Marco, Para Lograr Así La Detección Del Sensor Inductivo

Transportador Abierta	Sensor No Detecta	Revisar Ajuste Y Posición Del Sensor Dicho Sensor Debe Estar A 2mm, De La Platina De Detección
	Sensor No Envía Salida A Entrada Del Plc	Revisar Y Medir Con Voltímetro Entrada I15 En Plc De Krc2

**Cuadro 14.**” Solucionador de Falla (Puerta Transportador Abierta)”

Fuente: Autor (2017)

Mensaje de Falla	Posible Razón de la Falla	Solución Propuesta
Puerta Lateral Abierta	Puerta Mal Cerrada	Revisar Si La Puerta Se Encuentra Bien Cerrada, La Puerta Debe Quedar Ajustada Dentro Del Marco, Para Lograr Así La Detección Del Sensor Inductivo
	Sensor No Detecta	Revisar Ajuste Y Posición Del Sensor Dicho Sensor Debe Estar A 2mm, De La Platina De Detección
	Sensor No Envía Salida A Entrada Del Plc	Revisar Y Medir Con Voltímetro Entrada I14 En Plc De Krc2

**Cuadro 15.**” Solucionador de Falla (Puerta Lateral Abierta)”

Fuente: Autor (2017)

Mensaje de Falla	Posible Razón de la Falla	Solución Propuesta
	Paquete No Alineado Con Sensor	Limpiar Mica Del Sensor, Verificar Ajuste Posición Y Alineación Del

Falla Ausencia De Paquete #4		Sensor Fotoeléctrico #4, Ajustar Barandas Para Garantizar La Detección Del Paquete.
	Sensor Fotoeléctrico Defectuoso	Verificar Alimentación Eléctrica A Sensor, Verificar Salida Eléctrica 24vdc Del Sensor Cuando Este Detecte Presencia De Paquetes
	Entrada De Plc Dañada	Verificar En Plc Del Krc, La Activación De La Entrada I7 Cuando El Sensor Este Detectando

**Cuadro 16.” Solucionador de Falla (Falla Ausencia De Paquete #4)”**

Fuente: Autor (2017)

Mensaje de Falla	Posible Razón de la Falla	Solución Propuesta
	Paquete No Alineado Con Sensor	Limpia Mica Del Sensor, Verificar Ajuste Posición Y Alineación Del Sensor Fotoeléctrico #3, Ajustar Barandas Para Garantizar La

Falla Ausencia De Paquete #3		Detección Del Paquete.
	Sensor Fotoeléctrico Defectuoso	Verificar Alimentación Eléctrica A Sensor, Verificar Salida Eléctrica 24vdc Del Sensor Cuando Este Detecte Presencia De Paquetes
	Entrada De Plc Dañada	Verificar En Plc Del Krc, La Activación De La Entrada I6 Cuando El Sensor Este Detectando

**Cuadro 17.” Solucionador de Falla (Falla Ausencia De Paquete #3)”**

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
	Paquete No Alineado Con Sensor	Limpiar Mica Del Sensor, Verificar Ajuste Posición Y Alineación Del Sensor Fotoeléctrico #2, Ajustar Barandas Para Garantizar La Detección Del Paquete.

Falla Ausencia De Paquete #2	Sensor Fotoeléctrico Defectuoso	Verificar Alimentación Eléctrica A Sensor, Verificar Salida Eléctrica 24vdc Del Sensor Cuando Este Detecte Presencia De Paquetes
	Entrada De Plc Dañada	Verificar En Plc Del Krc, La Activación De La Entrada I5 Cuando El Sensor Este Detectando

**Cuadro 18.” Solucionador de Falla (Falla Ausencia De Paquete #2)”**

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
	Paquete No Alineado Con Sensor	Limpiar Mica Del Sensor, Verificar Ajuste Posición Y Alineación Del Sensor Fotoeléctrico #1, Ajustar Barandas Para Garantizar La Detección Del Paquete.

Falla Ausencia De Paquete #1	Sensor Fotoeléctrico Defectuoso	Verificar Alimentación Eléctrica A Sensor, Verificar Salida Eléctrica 24vdc Del Sensor Cuando Este Detecte Presencia De Paquetes
	Entrada De Plc Dañada	Verificar En Plc Del Krc, La Activación De La Entrada I4 Cuando El Sensor Este Detectando

**Cuadro 19.” Solucionador de Falla (Falla Ausencia De Paquete #1)”**

Fuente: Autor (2017)

<b>Mensaje de Falla</b>	<b>Posible Razón de la Falla</b>	<b>Solución Propuesta</b>
Falla En Red-	Falta De Alimentación Eléctrica A Red Dvice Net	Verificar En Tablero Del Gripper Alimentación De 24vdc, Verificar Fuente De Alimentación Del Tablero Krc Salida De 24vdc

DiviceNet	Verificar Y Ajustar Conexiones En Ambos
Cableado De Red	Extremos Del Cableado, Verificar El Buen
Entre Gripper Y	Es
Krc Desconectado	

**Cuadro 20.” Solucionador de Falla (Falla Ausencia Divice-Net)”**

Fuente: Autor (2017)

**Cuadro 21.” Solucionador de Falla (Falla en KRC)”**

Fuente: Autor (2017)

Disparo Térmico		En Condiciones De Trabajo Entre 2 Y 2,5 Amp, De Ser Asi Reemplace El Relé Térmico
	Relé Térmico Defectuoso	Verificar Relé Térmico OI2 En Tablero Principal De Potencia, De Encontrarse Activado Revisar Carga Mecánica, Aislamiento Y Conexiones Del Motor

**Cuadro 22.**” Solucionador de Falla (Disparo Térmico)”

Fuente: Autor (2017)

## CONCLUSIONES

El proyecto antes presentado arrojo como resultados la mejoras en la eficiencia del Robot Paletizador y de la línea de Mayonesa en General, De acuerdo a los indicadores de manufactura podemos observar que el porcentaje de pérdidas operacionales en el Robot Paletizador de Mayonesa disminuyo en un 54 % desde la

instalación de la nueva interfaz, esto comparado con periodos anteriores, De esta forma mejorando así la eficiencia Global de la línea.

Con el desarrollo de la investigación se puede concluir que los objetivos planteados se lograron con efectividad, además de que se pudo cumplir con cada una de las fases propuestas:

En la fase I se logró realizar el levantamiento del proyecto en campo partiendo de la identificación del problema y siguiendo con una recolección de datos exhaustiva.

En la fase II una vez obtenida toda la data pertinente se realizó el diseño del Interfaz de Operación partiendo de la selección de un software Scada, diseño de pantallas, identificación de variables, reconfiguración de puertas, entrenamiento y evaluación al personal y modificación de puesto de Operación

Finalmente, en la fase III se elaboró un manual guía de solución de fallos, con la finalidad de que este instrumento sirva de apoyo ante cualquier eventualidad que pueda suscitarse dentro de la celda paletizadora.

## **RECOMENDACIONES**

1. Cumplir con el plan de mantenimiento que exige el fabricantes de robots KUKA
2. Evitar el Introducir Memorias Flash o Pen Drives Infectados al Computador del Robot
3. Verificar que se encuentre en buen estado las paletas que son colocadas en el magazine de paletas del robot.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Acuña, Marian (2006). **Como se Elabora el Proyecto de Investigación**. Séptima Edición, Caracas, RL Consultores Asociados Servicio Editorial.
- Arias, Fideas G. (2006) **Proyecto de Investigación**, Introducción a la Metodología Científica, 5ta edición, Editorial Episteme, Caracas – Venezuela.
- Ochoa Dávila, Fabio Henry (2012), “**Desarrollo de un control digital para una centrífuga de análisis clínico**”, trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Ricardo Palma de Perú.
- Sabaca, Mariano (2006), **Principio de Funcionamiento de Relés**, Generalidades desde <http://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>
- Stephen J. Chapman (2000), **Máquinas Eléctricas**. Tercera Edición, Editorial Mc Graw Hill, Universidad de Houston.
- Monasterio Q. Madeline (2014), “**Instalación y Programación de Unidad Robótica para la Automatización del Proceso de la Aplicación de Sello UBC**”, Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Jose Antonio Paez.
- Esteve C. Manuel (2015), “**Estudio, Implementacion y Puesta en Marcha de un Sistema Modular de Aprendizaje Basado en la Disciplina de la Mecatrónica**”, Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Jose Antonio Páez.

## ANEXO A

### Programa del Robot Paletizador Sub Carpeta HMI

```
;=====
;FOLD HMI
DECL BOOL PB_DESECHO=FALSE
DECL INT PB_HMI=0
DECL BOOL HMI_INI=TRUE
DECL BOOL CAMBIO_MODO=FALSE

DECL INT hora_hmi
DECL INT minu_hmi
DECL INT L1_CONTADOR=0
DECL INT CAMADA_L1=1
DECL INT ENVIO_L1=1

DECL BOOL L1_HABILITADO=FALSE
DECL BOOL L1_AUTO=FALSE

DECL BOOL L1_ENVIO_RUN=FALSE

DECL INT L1_MOTOR=4
DECL INT L1_PALE=0
DECL INT L1_ACTUADOR=0

DECL INT GP_PISA=3
DECL INT GP_PISA_PAL=5
DECL INT GP_TRI=5

DECL INT ALTO_PAL_L1=1
DECL INT CAJA_MIN=0

DECL INT DL1=17
DECL INT ML1=8
DECL INT AL1=2017
DECL INT HRL1=1
DECL INT MIL1=22

DECL INT U11=16
DECL INT U12=5
DECL INT U13=78
DECL INT F14=59
DECL INT F15=16
```

```
DECL INT F16=81
DECL INT F17=79
DECL INT F18=74
DECL INT F19=15
DECL INT F20=79
```

```
DECL BOOL CTL_PAL1=FALSE
DECL BOOL CTL_PAL2=FALSE
DECL BOOL CTL_PAL3=FALSE
DECL BOOL CTL_PAL4=FALSE
```

```
DECL BOOL CTL_TRI1=FALSE
DECL BOOL CTL_TRI2=FALSE
```

```
DECL BOOL ROBOT_STOP=TRUE
DECL INT MSG=62
DECL INT MSGB=0
DECL INT MSGR=0
DECL BOOL REARME=TRUE
DECL BOOL L1_set_contador=FALSE
DECL INT L1_TIMER_ACUMULA=10000
```

```
;FOLD struc
```

```
STRUC pulsador INT INDICE,VEL,RG,BOOL INI,CONFIRMA,DESECHO
STRUC manual BOOL MOTOR_ENT,MOTOR_PAL,CENTRADOR,TOPE
STRUC indica INT B0,B1,B2,B3
STRUC registro INT TURNO,D,M,A,DB1,MB1,T1,I1,INDICE,BOOL CI1
STRUC conteo INT D,M,A,T1,T2,T3
STRUC data INT D,M,A,HR,MIN,MSG
STRUC archivo INT INDICE,I1,I2,I3,T,I,H,BOOL CI
```

```
DECL pulsador pb={INDICE 0,VEL 0,RG 0,INI FALSE,CONFIRMA
FALSE,DESECHO FALSE}
```

```
DECL manual L1_pb={MOTOR_ENT FALSE,MOTOR_PAL
FALSE,CENTRADOR TRUE,TOPE FALSE}
```

```
DECL indica L1_mot={B0 0,B1 0,B2 4,B3 0}
```

```
DECL indica L1_palet={B0 0,B1 0,B2 0,B3 0}
```

```
DECL indica L1_act={B0 0,B1 0,B2 0,B3 0}
```

```
DECL indica GP_pisador={B0 1,B1 2,B2 0,B3 0}
```

```
DECL indica GP_pisador_pal={B0 1,B1 0,B2 4,B3 0}
```

```
DECL indica GP_tridente={B0 1,B1 0,B2 4,B3 0}
```

```
;ENDFOLD
```

```
;FOLD produccion
```

```
DECL registro reg={TURNO 1,D 25,M 10,A 2017,DB1 25,MB1 10,T1 1,I1
3,INDICE 4,CI1 FALSE}
```

```
DECL conteo rep[30]
rep[1]={D 2,M 5,A 2016,T1 11,T2 0,T3 0}
rep[2]={D 18,M 10,A 2017,T1 2416,T2 1972,T3 2548}
rep[3]={D 19,M 10,A 2017,T1 2824,T2 1212,T3 120}
rep[4]={D 25,M 10,A 2017,T1 60,T2 0,T3 0}
rep[5]={D 11,M 5,A 2017,T1 580,T2 1916,T3 1628}
rep[6]={D 12,M 5,A 2017,T1 2208,T2 4080,T3 120}
rep[7]={D 6,M 6,A 2017,T1 112,T2 0,T3 0}
rep[8]={D 7,M 6,A 2017,T1 360,T2 0,T3 0}
rep[9]={D 25,M 7,A 2017,T1 0,T2 0,T3 28}
rep[10]={D 26,M 7,A 2017,T1 192,T2 1056,T3 400}
rep[11]={D 28,M 7,A 2017,T1 968,T2 940,T3 2620}
rep[12]={D 2,M 8,A 2017,T1 452,T2 2228,T3 0}
rep[13]={D 16,M 8,A 2017,T1 156,T2 1148,T3 3228}
rep[14]={D 17,M 8,A 2017,T1 4440,T2 696,T3 612}
rep[15]={D 22,M 8,A 2017,T1 172,T2 0,T3 0}
rep[16]={D 25,M 8,A 2017,T1 40,T2 0,T3 0}
rep[17]={D 15,M 9,A 2017,T1 536,T2 852,T3 480}
rep[18]={D 18,M 9,A 2017,T1 0,T2 0,T3 388}
rep[19]={D 19,M 9,A 2017,T1 1884,T2 256,T3 68}
rep[20]={D 21,M 9,A 2017,T1 168,T2 24,T3 1160}
rep[21]={D 22,M 9,A 2017,T1 1332,T2 544,T3 0}
rep[22]={D 26,M 9,A 2017,T1 1884,T2 1696,T3 3632}
rep[23]={D 28,M 9,A 2017,T1 240,T2 4,T3 0}
rep[24]={D 3,M 10,A 2017,T1 160,T2 1212,T3 1616}
rep[25]={D 4,M 10,A 2017,T1 2900,T2 3048,T3 1920}
rep[26]={D 5,M 10,A 2017,T1 2924,T2 1712,T3 1920}
rep[27]={D 6,M 10,A 2017,T1 1112,T2 0,T3 140}
rep[28]={D 10,M 10,A 2017,T1 0,T2 0,T3 340}
rep[29]={D 11,M 10,A 2017,T1 2968,T2 0,T3 64}
rep[30]={D 17,M 10,A 2017,T1 0,T2 0,T3 192}
;ENDFOLD
;FOLD fallas
DECL archivo rp={INDICE 22,I1 22,I2 23,I3 19,T 3,I 0,H 4,CI FALSE}
DECL data falla[3,30]
;FOLD Turno1
falla[1,1]={D 5,M 10,A 2017,HR 11,MIN 25,MSG 15}
falla[1,2]={D 20,M 4,A 2017,HR 7,MIN 55,MSG 73}
falla[1,3]={D 1,M 12,A 2016,HR 9,MIN 46,MSG 78}
falla[1,4]={D 28,M 9,A 2017,HR 11,MIN 9,MSG 73}
falla[1,5]={D 20,M 1,A 2017,HR 14,MIN 15,MSG 77}
falla[1,6]={D 25,M 8,A 2017,HR 8,MIN 24,MSG 0}
falla[1,7]={D 25,M 8,A 2017,HR 8,MIN 15,MSG 4}
falla[1,8]={D 18,M 7,A 2017,HR 7,MIN 18,MSG 77}
falla[1,9]={D 17,M 8,A 2017,HR 14,MIN 10,MSG 79}
```

falla[1,10]={D 17,M 8,A 2017,HR 10,MIN 41,MSG 75}  
falla[1,11]={D 17,M 8,A 2017,HR 8,MIN 40,MSG 15}  
falla[1,12]={D 8,M 11,A 2016,HR 13,MIN 55,MSG 15}  
falla[1,13]={D 26,M 7,A 2017,HR 13,MIN 33,MSG 0}  
falla[1,14]={D 26,M 7,A 2017,HR 8,MIN 55,MSG 83}  
falla[1,15]={D 26,M 7,A 2017,HR 8,MIN 53,MSG 0}  
falla[1,16]={D 26,M 7,A 2017,HR 8,MIN 41,MSG 84}  
falla[1,17]={D 18,M 7,A 2017,HR 7,MIN 23,MSG 5}  
falla[1,18]={D 26,M 10,A 2016,HR 8,MIN 25,MSG 73}  
falla[1,19]={D 5,M 10,A 2017,HR 13,MIN 36,MSG 51}  
falla[1,20]={D 7,M 6,A 2017,HR 8,MIN 48,MSG 84}  
falla[1,21]={D 6,M 6,A 2017,HR 6,MIN 29,MSG 73}  
falla[1,22]={D 6,M 6,A 2017,HR 6,MIN 17,MSG 5}  
falla[1,23]={D 25,M 10,A 2017,HR 14,MIN 44,MSG 77}  
falla[1,24]={D 17,M 8,A 2017,HR 8,MIN 37,MSG 76}  
falla[1,25]={D 18,M 10,A 2017,HR 14,MIN 37,MSG 73}  
falla[1,26]={D 11,M 10,A 2017,HR 14,MIN 48,MSG 76}  
falla[1,27]={D 11,M 10,A 2017,HR 8,MIN 46,MSG 73}  
falla[1,28]={D 11,M 10,A 2017,HR 8,MIN 44,MSG 77}  
falla[1,29]={D 6,M 10,A 2017,HR 7,MIN 2,MSG 79}  
falla[1,30]={D 5,M 10,A 2017,HR 14,MIN 20,MSG 84}  
;ENDFOLD  
;FOLD Turno2  
falla[2,1]={D 18,M 8,A 2017,HR 20,MIN 23,MSG 6}  
falla[2,2]={D 4,M 10,A 2017,HR 17,MIN 9,MSG 79}  
falla[2,3]={D 28,M 9,A 2017,HR 17,MIN 33,MSG 76}  
falla[2,4]={D 7,M 4,A 2017,HR 18,MIN 10,MSG 74}  
falla[2,5]={D 19,M 9,A 2017,HR 20,MIN 25,MSG 77}  
falla[2,6]={D 6,M 1,A 2017,HR 21,MIN 1,MSG 84}  
falla[2,7]={D 27,M 7,A 2017,HR 21,MIN 10,MSG 16}  
falla[2,8]={D 18,M 8,A 2017,HR 21,MIN 58,MSG 77}  
falla[2,9]={D 13,M 7,A 2017,HR 16,MIN 36,MSG 5}  
falla[2,10]={D 18,M 1,A 2017,HR 19,MIN 5,MSG 84}  
falla[2,11]={D 13,M 5,A 2017,HR 19,MIN 3,MSG 73}  
falla[2,12]={D 27,M 7,A 2017,HR 21,MIN 9,MSG 78}  
falla[2,13]={D 10,M 1,A 2017,HR 21,MIN 53,MSG 73}  
falla[2,14]={D 7,M 4,A 2017,HR 21,MIN 41,MSG 73}  
falla[2,15]={D 19,M 8,A 2016,HR 20,MIN 8,MSG 0}  
falla[2,16]={D 5,M 4,A 2017,HR 22,MIN 1,MSG 79}  
falla[2,17]={D 15,M 12,A 2016,HR 22,MIN 19,MSG 16}  
falla[2,18]={D 13,M 7,A 2017,HR 16,MIN 34,MSG 77}  
falla[2,19]={D 15,M 3,A 2017,HR 19,MIN 46,MSG 84}  
falla[2,20]={D 14,M 3,A 2017,HR 17,MIN 46,MSG 77}  
falla[2,21]={D 14,M 3,A 2017,HR 17,MIN 45,MSG 15}  
falla[2,22]={D 15,M 12,A 2016,HR 22,MIN 9,MSG 73}

falla[2,23]={D 27,M 9,A 2017,HR 19,MIN 29,MSG 84}  
falla[2,24]={D 18,M 10,A 2017,HR 17,MIN 58,MSG 78}  
falla[2,25]={D 4,M 10,A 2017,HR 17,MIN 12,MSG 0}  
falla[2,26]={D 20,M 8,A 2016,HR 19,MIN 43,MSG 77}  
falla[2,27]={D 17,M 8,A 2017,HR 21,MIN 4,MSG 77}  
falla[2,28]={D 27,M 9,A 2017,HR 22,MIN 41,MSG 15}  
falla[2,29]={D 3,M 8,A 2017,HR 17,MIN 23,MSG 78}  
falla[2,30]={D 3,M 4,A 2017,HR 16,MIN 40,MSG 0}  
;ENDFOLD  
;FOLD Turno3  
falla[3,1]={D 14,M 10,A 2016,HR 5,MIN 50,MSG 77}  
falla[3,2]={D 17,M 8,A 2017,HR 1,MIN 19,MSG 78}  
falla[3,3]={D 7,M 4,A 2017,HR 2,MIN 11,MSG 79}  
falla[3,4]={D 3,M 8,A 2017,HR 4,MIN 20,MSG 77}  
falla[3,5]={D 8,M 9,A 2016,HR 2,MIN 23,MSG 5}  
falla[3,6]={D 28,M 7,A 2017,HR 3,MIN 59,MSG 78}  
falla[3,7]={D 19,M 1,A 2017,HR 3,MIN 46,MSG 75}  
falla[3,8]={D 19,M 1,A 2017,HR 0,MIN 28,MSG 0}  
falla[3,9]={D 9,M 6,A 2016,HR 23,MIN 29,MSG 77}  
falla[3,10]={D 1,M 9,A 2016,HR 4,MIN 2,MSG 79}  
falla[3,11]={D 11,M 1,A 2017,HR 4,MIN 38,MSG 79}  
falla[3,12]={D 12,M 1,A 2017,HR 0,MIN 17,MSG 79}  
falla[3,13]={D 7,M 4,A 2017,HR 23,MIN 24,MSG 73}  
falla[3,14]={D 1,M 9,A 2016,HR 3,MIN 55,MSG 76}  
falla[3,15]={D 5,M 4,A 2017,HR 2,MIN 39,MSG 0}  
falla[3,16]={D 14,M 12,A 2016,HR 5,MIN 36,MSG 15}  
falla[3,17]={D 27,M 10,A 2016,HR 2,MIN 56,MSG 79}  
falla[3,18]={D 22,M 12,A 2016,HR 5,MIN 0,MSG 16}  
falla[3,19]={D 1,M 1,A 2016,HR 1,MIN 1,MSG 0}  
falla[3,20]={D 5,M 10,A 2017,HR 3,MIN 19,MSG 73}  
falla[3,21]={D 5,M 10,A 2017,HR 1,MIN 9,MSG 79}  
falla[3,22]={D 5,M 10,A 2017,HR 3,MIN 39,MSG 15}  
falla[3,23]={D 25,M 8,A 2016,HR 2,MIN 53,MSG 74}  
falla[3,24]={D 5,M 10,A 2017,HR 0,MIN 19,MSG 79}  
falla[3,25]={D 17,M 8,A 2017,HR 1,MIN 29,MSG 81}  
falla[3,26]={D 17,M 8,A 2017,HR 1,MIN 22,MSG 16}  
falla[3,27]={D 7,M 12,A 2016,HR 2,MIN 30,MSG 59}  
falla[3,28]={D 17,M 8,A 2017,HR 23,MIN 32,MSG 78}  
falla[3,29]={D 19,M 9,A 2017,HR 23,MIN 45,MSG 5}  
falla[3,30]={D 28,M 7,A 2017,HR 1,MIN 0,MSG 16}  
;ENDFOLD  
;ENDFOLD  
;ENDFOLD

;ENDFOLD (USER GLOBALS)

;ENTRADAS

;ENTRADAS DE LA LINEA 1

SIGNAL N\_L1\_TRANS\_INI\_CAR \$IN[1] ;SENSOR INICIO CARRERA EN EL TRANSPORTADOR DE CARGA PESADA

SIGNAL N\_L1\_TRANS\_MED\_CAR \$IN[2] ;SENSOR MED CARRERA EN EL TRANSPORTADOR DE CARGA PESADA

SIGNAL N\_L1\_TRANS\_FIN\_CAR \$IN[3] ;SENSOR FIN CARRERA EN EL TRANSPORTADOR DE CARGA PESADA

SIGNAL N\_L1\_CAJA1 \$IN[4] ; SENSOR INDICAR DE CAJA 1

SIGNAL N\_L1\_CAJA2 \$IN[5] ; SENSOR INDICAR DE CAJA 2

SIGNAL N\_L1\_CAJA3 \$IN[6] ; SENSOR INDICAR DE CAJA 3

SIGNAL N\_L1\_CAJA4 \$IN[7] ; SENSOR INDICAR DE CAJA 4

SIGNAL IN\_L1\_SUELTA\_PAL \$IN[8] ;SENSOR EN PISTON DETECTA CUANDO SUELTA PALETA

SIGNAL IN\_L1\_TOPE\_RETRAIDO\_IZQ \$IN[9] ; SENSOR DE TOPE RETRAIDO

SIGNAL IN\_L1\_TOPE\_RETRAIDO\_DER \$IN[10] ; SENSOR TOPE EXPANDIDO

SIGNAL N\_L1\_CONTADOR \$IN[42] ; SENSOR CONTADOR DE CAJAS

SIGNAL IN\_L1\_TOPE\_EXTENDIDO\_IZQ \$IN[43]

SIGNAL IN\_L1\_TOPE\_EXTENDIDO\_DER \$IN[44]

;SIGNAL IN\_L1\_MED\_BARRERA\_AB \$IN[12] ; BARRERA A MEDIA CARRERA ABAJO

SIGNAL L1\_TERMICO \$IN[17] TO \$IN[18] ;MODIFCAR DIR

; ENTRADAS ALIMENTADOR DE PALETAS

SIGNAL ALIMENTADOR\_PALETA \$IN[11] ; ALIMENTADOR DE PALETAS VACIAS

; ENTRADAS GRIPPER

SIGNAL IN\_PAL\_IZQ\_ARR \$IN[98] ; SENSOR EN PISTON IZQ ARRIBA

SIGNAL IN\_PAL\_IZQ\_AB \$IN[100] ; SENSOR EN PISTON IZQ ABAJO

SIGNAL IN\_PAL\_DER\_ARR \$IN[97] ; SENSOR EN PISTON DER ARRIBA

SIGNAL IN\_PAL\_DER\_AB \$IN[99] ; SENSOR EN PISTON DER ABAJO

SIGNAL IN\_TRIDENTE\_IZQ\_AF \$IN[95]

SIGNAL IN\_TRIDENTE\_IZQ\_AD \$IN[93]

SIGNAL IN\_TRIDENTE\_DER\_AF \$IN[92]

SIGNAL IN\_TRIDENTE\_DER\_AD \$IN[90]

;SIGNAL SENSOR\_ULTRASONIDO \$IN[20]

;SIGNAL SEN\_ULTRASONI\_DETEC \$IN[21]  
SIGNAL PISADOR1\_AR \$IN[91]  
SIGNAL PISADOR2\_AR \$IN[96]  
SIGNAL PISADOR3\_AR \$IN[102]  
SIGNAL PISADOR4\_AR \$IN[103]  
SIGNAL sensor\_paleta \$in[104]

;ENTRADA ANALOGICA  
SIGNAL S\_ANALOG \$ANIN[1]

;ENTRADAS PRESOSTATOS  
SIGNAL PRESOSTATO\_GRIPPER \$IN[27]  
SIGNAL PRESOSTATO\_TRANSPORTADOR \$IN[26]

;ENTRADAS DE SELECTORES Y PULSADORES

SIGNAL SEL\_MOD\_AUT \$IN[28]  
;SIGNAL N\_SEL\_MOD\_MAN \$IN[29]  
SIGNAL BOTON\_MOT\_L1 \$IN[30]  
SIGNAL BOTON\_PRE\_MOT\_L1 \$IN[31]  
SIGNAL BOTON\_START \$IN[32]  
SIGNAL BOTON\_DESECHAR\_L1 \$IN[33]  
SIGNAL BOTON\_CONFIRMAR\_L1 \$IN[34]  
SIGNAL BOTON\_CARGA\_PAL \$IN[35]

;\$MOVE\_ENABLE \$IN[36]  
;\$PGNO\_FBIT \$IN[37]  
;\$EXT\_START \$IN[38]  
;\$PGNO\_VALID \$IN[39]  
;\$CONF\_MESS \$IN[40]  
;\$DRIVES\_ON \$IN[41]

; SALIDAS

SIGNAL OUT\_MOVE\_ENABLED \$OUT[1]  
SIGNAL OUT\_PGNO \$OUT[2]  
SIGNAL OUT\_EXT\_START \$OUT[3]  
SIGNAL OUT\_PGNO\_VALID \$OUT[4]  
SIGNAL OUT\_CONF\_MESS \$OUT[5]  
SIGNAL OUT\_DRIVES\_ON \$OUT[6]

;SALIDAS L1

SIGNAL L1\_MOT\_PRE\_TRANS \$OUT[7]  
SIGNAL L1\_MOT\_TRANS \$OUT[8]

SIGNAL L1\_MOT\_PAL \$OUT[9]  
SIGNAL L1\_AJUSTA\_PAL \$OUT[10]  
SIGNAL L1\_TOPE \$OUT[11]  
SIGNAL L1\_BARRERAFINAL \$OUT[12]  
SIGNAL SIRENA \$OUT[13]

;SIGNAL L1\_BARRERA \$OUT[24]

SIGNAL TRIDENTE\_IZQ\_AF \$OUT[34]  
SIGNAL TRIDENTE\_DER\_AF \$OUT[36]  
SIGNAL PAL\_IZQ\_ARR \$OUT[39]  
SIGNAL PAL\_IZQ\_AB \$OUT[37]  
SIGNAL PAL\_DER\_ARR \$OUT[40]  
SIGNAL PAL\_DER\_AB \$OUT[38]  
SIGNAL PISADOR1\_AB \$OUT[35]  
SIGNAL PISADOR2\_AB \$OUT[33]  
SIGNAL PISADOR3\_AB \$OUT[21]  
SIGNAL PISADOR4\_AB \$OUT[22]

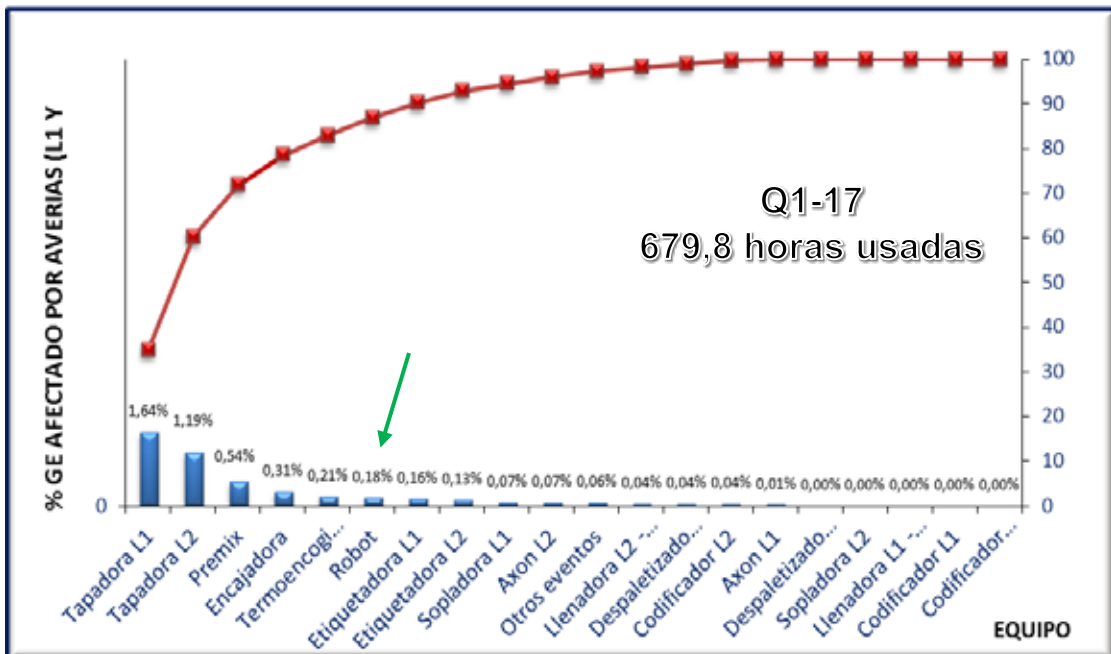
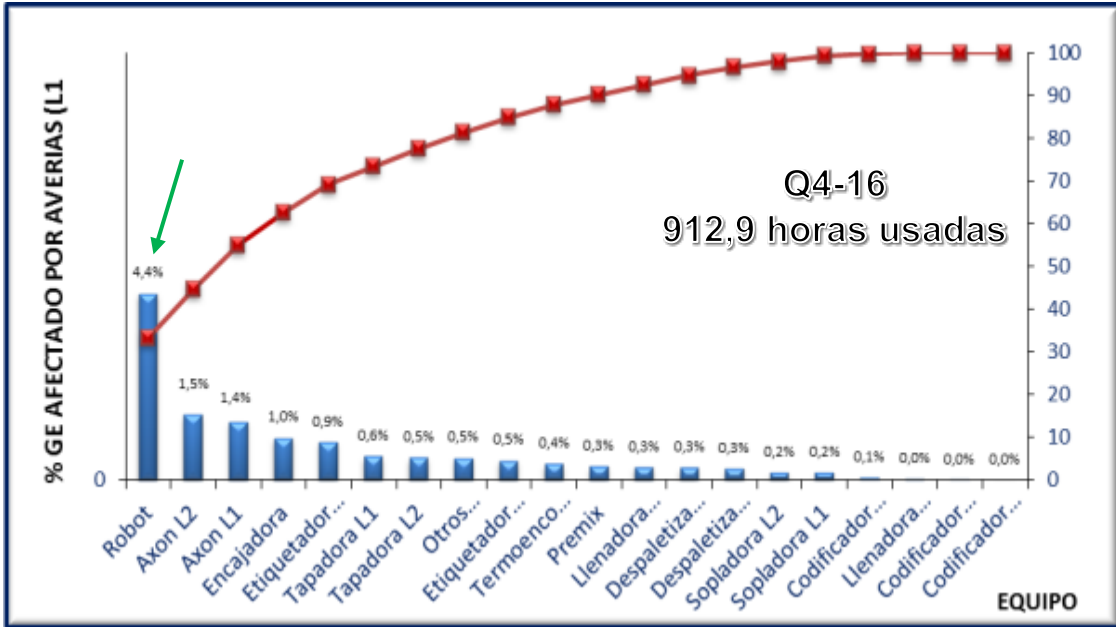
;SALIDAS INDICADORAS DE LA CELDA

SIGNAL evento \$OUT[23] ;LUZ ROJA EN TABLERO  
SIGNAL LUZ\_BLANCA \$OUT[25] ;LUZ BLANCA EN TORRE DE LUCES  
SIGNAL LUZ\_VERDE \$OUT[26] ;LUZ VERDE EN TORRE DE LUCES  
SIGNAL LUZ\_NARANJA \$OUT[27] ;LUZ NARANJA EN TORRE DE LUCES  
SIGNAL LUZ\_ROJA \$OUT[28] ;LUZ ROJA EN TORRE DE LUCES  
SIGNAL SALIDA\_BAUME \$OUT[29] ;  
SIGNAL BAJA\_VELOCIDAD \$OUT[30]

ENDDAT

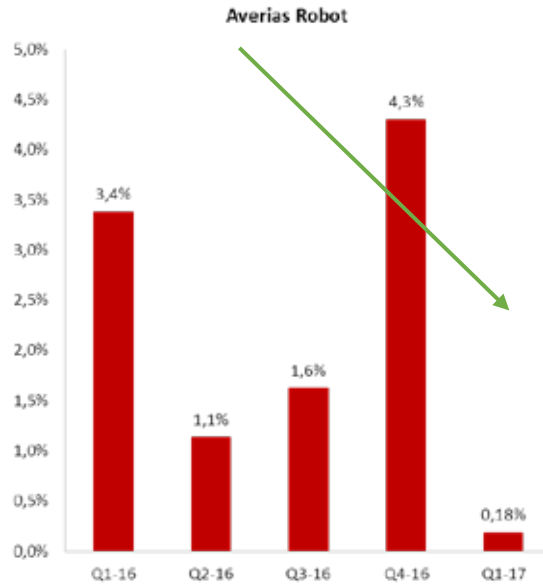
## Anexo B

### Pareto % GE Afectado por Averías por Equipo Línea de Mayonesa



## Anexo C

**Grafico % GE Afectado por Averías Robot Paletizador**



**Grafico % GE Afectado por Operacionales Robot Paletizador**

