



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecatrónica

Programa Especial de Titulación:

“Desarrollo de un sistema de control de calidad monedas en apoyo a las operaciones de la Casa Nacional de Monedas del Perú”

Autor: Loayza Silva, Roberto Sergio

Para optar el Título Profesional de

**Ingeniero Mecatrónico**

Asesor: Mansilla Yanqui, Javier Gonzalo

**Lima – Perú**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A mi abuelo, la persona que  
me ha enseñado a perseverar y  
luchar por mis sueños y  
objetivos.

A mi madre que  
siempre se ha  
esforzado en apoyarme  
con mis estudios.

A mi esposa y mis hijos que me dan ánimos  
y fuerzas en seguir adelante en mi carrera  
profesional

## AGRADECIMIENTO

Eternamente agradecido con mi abuelo por ser un gran líder, ha sido la persona que me ha enseñado a trabajar, desde muy pequeño siempre me inculco a los estudios, me enseñó valores, la humildad y sobre todo el respeto a la familia y la sociedad. Uno de sus consejos fue el perseverar para lograr nuestros objetivos.

A mi madre, que con su humildad siempre ha estado a mi lado apoyándome en mi vida profesional y dándome ánimos para seguir con mis metas. Un agradecimiento a mis hermanos son mi fortaleza para continuar con mis proyectos.

A mi esposa y mis tres hijos, por toda la comprensión y amor que me tienen, son mis inspiraciones para seguir luchando en la vida por mi familia y mis seres queridos. Fueron muchos días y horas que no estuve a su lado, pero valió todo este esfuerzo y sacrificio para desmostarles que es posible cumplir con nuestros sueños y objetivos solo tenemos que perseverar y dedicarnos a lo que mejor nos gusta hacer.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>10</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>11</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>14</b>
<b>ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>14</b>
1.1. Definición del Problema.....	14
1.1.1. Descripción del Problema.....	14
1.1.2. Descripción del Problema.....	15
1.2. Definiciones de Objetivo.....	17
1.2.1. Objetivo General.....	17
1.2.2. Objetivo Específicos .....	17
1.3. Alcances y limitaciones .....	17
1.3.1. Alcances .....	17
1.3.2. Limitaciones .....	17
1.4. Justificación.....	17
1.5. Estado del Arte .....	18
1.5.1. Resultados alcanzados .....	18
1.5.2. Resultados Internacionales .....	18
1.5.3. Resultados nacionales. ....	19
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>20</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1. Fundamento teórico.....	20
2.1.1. Tecnología del acuñado de monedas en el tiempo .....	20
2.1.2. La moneda el Sol.....	25
2.1.3. Inteligencia artificial .....	29
2.1.4. Visión artificial.....	31
2.1.5. Redes neuronales .....	38
2.1.6. Procesamiento de señal de imágenes.....	55

2.1.7.	Sistema de control.....	58
2.1.8.	PLC .....	59
2.2.	Marco Conceptual .....	67
2.2.1.	Sensores .....	67
2.2.2.	Actuadores .....	68
2.2.3.	Controlador .....	71
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>76</b>
<b>DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....</b>		<b>76</b>
3.1.	Metodología de la Propuesta.....	76
3.2.	Estructura desglosable del trabajo (EDT).....	76
3.3.	Cronograma del Proyecto.....	77
3.3.1.	Diagrama de Gantt .....	77
3.4.	Pérdidas generadas en el acuñado de monedas. ....	78
3.4.1.	Programa de producción acuñado de monedas. ....	78
3.4.2.	Reporte anual de mal acuñado de monedas.....	79
3.5.	Flujo de caja .....	80
3.5.1.	Presupuesto .....	80
3.5.2.	Inversiones iniciales del proyecto .....	81
3.5.3.	Costo beneficio.....	82
3.6.	Plan de Calidad .....	84
3.6.1.	Plan de calidad .....	84
3.6.2.	Justificación Plan de calidad .....	84
3.6.3.	Política de Calidad.....	84
3.6.4.	Línea Base de Calidad. ....	86
3.7.	Plan de comunicación .....	86
3.8.	Gestión de Riesgos .....	87
3.8.1.	Clases de Riesgos en la implementación del proyecto en la Casa Nacional de Moneda. ....	88
3.8.2.	Probabilidad del Riesgo del ISP .....	89
3.9.	Plan de Gestión de Interesados .....	89
3.10.	Reconocimiento de las características .....	91
3.10.1.	Ubicación .....	91
3.10.2.	Características iniciales de la instalación. ....	91
3.10.3.	Características de nuevo sistema de control de la máquina Schuler	

MRH. ....	100
3.10.4. Simulación para el control de calidad de monedas. ....	127
3.10.5. Funcionamiento. ....	127
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>133</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>133</b>
4.1. Resultados .....	133
4.2. Muestras grupos experimental. ....	133
4.2.1. Visualizando histograma y las imágenes de las monedas de 1 sol. ....	133
4.2.2. Prueba para 10 céntimos .....	136
4.2.3. Prueba para moneda de 50 céntimos.....	138
4.2.4. Prueba de 1 sol .....	140
4.2.5. Para moneda de 2 soles.....	142
4.2.6. Comparación de moneda de 5 soles .....	144
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>147</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>148</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>153</b>
ANEXO I – Especificaciones de técnicas del celular Xiaomi Redmi Note 9 .....	153
ANEXO II – Especificaciones de técnicas de la laptop utilizada .....	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas.....	16
Figura 2. Monedas de la antigua Anatolia.....	20
Figura 3. Acuñado de monedas 1551 utilizando la laminación de rodillos para la impresión. ....	21
Figura 4. Rodillos utilizados para el acuñado de monedas.....	21
Figura 5. Prensa vertical del año 1700 utilizados para el acuñado de monedas.....	22
Figura 6. Prensa vertical del año 1800 utilizados para el acuñado de monedas.....	22
Figura 7. Prensa vertical Bliss año de fabricación 1970. ....	24
Figura 8. Prensa horizontal Schuler año de fabricación 1996 - 2016.....	25
Figura 9. Área de acuñación de la Casa Nacional de Moneda del Perú. ....	25
Figura 10. Moneda de diez céntimos.....	26
Figura 11. Moneda de veinte céntimos.....	27
Figura 12. Moneda de cincuenta céntimos. ....	27
Figura 13. Moneda de un sol.....	28
Figura 14. Moneda de dos soles.....	28
Figura 15. Moneda de cinco soles.....	29
Figura 16. Evolución de la inteligencia artificial.....	29
Figura 17. Futuro de la IA.....	31
Figura 18. Inspector de botellas electrónico adquirido por Jr. lindley.....	32
Figura 19. Método de inspección de la botella realizados por cámaras.....	32
Figura 20. Selección de monedas con visión artificial.....	33
Figura 21. Matriz para la imagen digital.....	34
Figura 22. De izquierda a derecha y de arriba abajo: muestreo a 256x256, 128x128, 64x64 y 32x32 pixels.....	35
Figura 23. Efectos de la cuantificación.....	36
Figura 24. Representación vectorial izquierda y pixelado derecha.....	36
Figura 25. Representación de un histograma.....	37
Figura 26. Resolución de Imagen.....	38
Figura 27. Comparación de una neurona vs perceptrón.....	38
Figura 28. Representación de un perceptrón.....	39
Figura 29. Representación de una red neuronal.....	39
Figura 30. Red perceptrón simple.....	40
Figura 31. Red Adaline.....	40
Figura 32. Red neuronal multicapa.....	41
Figura 33. Sistema de Visión artificial.....	42
Figura 34. Equipos para iluminación de visión artificial.....	43
Figura 35. Iluminación de fondo.....	43
Figura 36. Iluminación de campo oscuro.....	44
Figura 37. Iluminación difusa en el eje.....	44
Figura 38. Iluminación de anillo - domo difuso.....	45
Figura 39. Iluminación de domo.....	45
Figura 40. Iluminación de campo oscuro de ángulo bajo.....	45
Figura 41. Iluminación de gran potencia.....	46
Figura 42. Luz integrada del in-sight.....	46
Figura 43. Iluminación por láser.....	47
Figura 44. Lente.....	47
Figura 45. Distancia focal.....	48
Figura 46. Anillo de enfoque.....	48
Figura 47. Apertura del diafragma.....	49
Figura 48. Fórmula para seleccionar el lente.....	49
Figura 49. Lentes de Maquinarias.....	50
Figura 50. Tipos de lentes.....	51
Figura 51. Sensor para cámara.....	52

Figura 52. Procesamiento de Imagen Humana vs Visión de Computador.....	53
Figura 53. Procesamiento de Imagen Digital.....	53
Figura 54. Esquema de comunicación.....	54
Figura 55. Red de Comunicación Industrial.....	55
Figura 56. Diagrama de procesamiento Digital de Imágenes.....	55
Figura 57. Ejemplo de Procesamiento de Señales.....	56
Figura 58. Factores de procesamiento de señales digitales.....	57
Figura 59. Procesamiento Digital de Imágenes.....	58
Figura 60. Tipos de Sistemas de control Industrial.....	59
Figura 61. PLC ST1200 SIMENS.....	60
Figura 62. Vista frontal de un PLC S7-1200.....	60
Figura 63. Vista frontal de un PLC con CPU 1215C.....	62
Figura 64. Esquema de ejecución de los estados de ARRANQUE Y RUN.....	66
Figura 65. Resumen del ciclo de ejecución del programa de usuario.....	66
Figura 66. Termocupla.....	67
Figura 67. Termómetro de dilatación de Liquido.....	68
Figura 68. Pirómetro de Radiación.....	68
Figura 69. Actuador de Veleta única.....	69
Figura 70. Actuador de Piñón y cremallera.....	69
Figura 71. Actuador de Yugo Escocés.....	70
Figura 72. Curva de Torque Escocés.....	70
Figura 73. Característica de ambos tipos de actuadores.....	70
Figura 74. Actuador de veleta rotatoria doble.....	71
Figura 75. Actuador rotativo eléctrico.....	71
Figura 76. Controladores lógicos programables.....	72
Figura 77. Equipamiento de los HMI COMFORT.....	73
Figura 78. Volumen de Suministro.....	73
Figura 79. Estructura de los dispositivos.....	74
Figura 80. Configuración de la PC y Panel de Operador.....	74
Figura 81. Conducción del proceso.....	75
Figura 82. 1er Diagrama EDT.....	76
Figura 83. 2da Diagrama EDT.....	77
Figura 84. Mapa de Gantt.....	78
Figura 85. Gastos Operativos.....	81
Figura 86. Componentes del sistema de control de la máquina.....	92
Figura 87. Diagramas de bloques del sistema de control de la máquina antes de ser reemplazado... 93	93
Figura 88. Diagrama eléctrico del sistema de control de la máquina antes de ser reemplazados.....	94
Figura 89. Diagrama eléctrico del control de la máquina antes de ser reemplazados.....	95
Figura 90. Diagrama eléctrico del sistema de control antes de ser reemplazados.....	96
Figura 91. Nuevo sistema de control de la máquina Schuler - 1996.....	100
Figura 92. Nuevo sistema de control de la máquina Schuler - 1996 con PLC S7-300.....	101
Figura 93. Nuevo sistema de control de la máquina Schuler - 1996 con PLC S7-1200.....	101
Figura 94. Instalación del PLC S7-1200.....	102
Figura 95. Instalación de un Switch para puerto ethernet 6GK5008-OBA.....	102
Figura 96. Instalación de un PLC S7-300.....	102
Figura 97. Instalación en el panel de control un HMI KTP-900 BASIC.....	103
Figura 98. Diagramas de bloques del nuevo sistema de control de la máquina.....	103
Figura 99. Esquema eléctrico modificado.....	104
Figura 100. Esquema eléctrico modificado.....	107
Figura 101. Esquema eléctrico y control modificado.....	108
Figura 102. Esquema de soporte energético y protección eléctrica.....	109
Figura 103. Esquema eléctrico del sistema de los actuadores del inspector de calidad.....	110
Figura 104. Esquema eléctrico del sistema de transporte del inspector de calidad.....	111
Figura 105. Esquema eléctrico y control modificado.....	112
Figura 106. Diagrama de integración de la cámara y sistema de control de la máquina acuñadora.....	113

Figura 107. Diagrama de monitoreo de control de calidad de monedas.....	114
Figura 108. Ubicación de equipo de inspección de monedas .....	114
Figura 109. Transporte y rechazo de monedas .....	115
Figura 110. Transporte y rechazo de monedas .....	115
Figura 111. Partes principales del sistema.....	116
Figura 112. Reporte de monedas mal acuñada por defecto del año 2019 .....	117
Figura 113. Reporte de monedas mal acuñada por defecto del año 2020 .....	118
Figura 114. Reporte de monedas mal acuñada por defecto del año 2021 .....	118
Figura 115. Cámara In-Sight serie D900 .....	119
Figura 116. Datos técnicos de la Cámara In-Sight serie D900 .....	120
Figura 117. Electroválvula MHJ9-QS-4-LF .....	120
Figura 118. Datos técnicos de electroválvula Electroválvula MHJ9-QS-4-LF .....	121
Figura 119. Tiempo de respuesta de electroválvula MHJ9-QS-4-LF .....	121
Figura 120. Motorreductor DC EDP 0986337451 .....	122
Figura 121. Verificación del control de calidad de monedas.....	126
Figura 122. Monitoreo por Scada .....	126
Figura 123. Monedas de S/5.00, 1.00, 0.20, 0.10 como referencia .....	128
Figura 124. Celular Xiaomi Redmi 9 .....	129
Figura 125. Muestra experimental N°1 .....	133
Figura 126. Muestra experimental N°2.....	134
Figura 127. Muestra experimental N°3.....	135
Figura 128. Muestra experimental N°4.....	135
Figura 129. Muestra experimental N°5.....	136
Figura 130. Muestra experimental N°6.....	136
Figura 131. Muestra experimental N°7.....	137
Figura 132. Muestra experimental N°8.....	137
Figura 133. Muestra experimental N°8.....	138
Figura 134. Muestra experimental N°9.....	138
Figura 135. Muestra experimental N°10.....	139
Figura 136. Muestra experimental N°11 .....	139
Figura 137. Muestra experimental N°12 .....	140
Figura 138. Muestra experimental N°13 .....	140
Figura 139. Muestra experimental N°14 .....	141
Figura 140. Muestra experimental N°15 .....	141
Figura 141. Muestra experimental N°16.....	142
Figura 142. Muestra experimental N°17 .....	142
Figura 143. Muestra experimental N°18 .....	143
Figura 144. Muestra experimental N°19 .....	143
Figura 145. Muestra experimental N°20 .....	144
Figura 146. Muestra experimental N°21 .....	144
Figura 147. Muestra experimental N°22 .....	145
Figura 148. Muestra experimental N°23 .....	145
Figura 149. Monedas mal acuñadas .....	146

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Árbol de problemas.....	16
Tabla 2. Características del CPU .....	61
Tabla 3. Características de las variables globales y locales del PLC S7-1200 .....	64
Tabla 4. Tipo de datos bit y secuencia de bits .....	65
Tabla 5. Actuadores.....	68
Tabla 6. Reporte anual de producción del área de acuñación 2019.....	79
Tabla 7. Reporte anual de producción del área de acuñación 2020.....	79
Tabla 8. Reporte anual de producción del área de acuñación 2021 .....	79
Tabla 9. Reporte anual de monedas mal acuñada año 2019 .....	79
Tabla 10. Reporte anual de monedas mal acuñada año 2020 .....	80
Tabla 11. Reporte anual de monedas mal acuñada año 2020 .....	80
Tabla 12. Presupuesto del Proyecto .....	80
Tabla 13. Costo por maquina .....	81
Tabla 14. Mal acuñado de monedas año 2019 .....	82
Tabla 15. Mal acuñado de monedas año .....	82
Tabla 16. Mal acuñado de monedas año 2020 .....	83
Tabla 17. Gasto generado.....	83
Tabla 18. Cuadro de análisis VAN. ....	84
Tabla 19. Plan de Calidad.....	85
Tabla 20. Línea Base de Calidad .....	86
Tabla 21. Tiempo para el desarrollo de los Objetivos del proyecto .....	86
Tabla 22. Plan de comunicación.....	87
Tabla 23. Plan de gestión de riesgos .....	87
Tabla 24. Plan de acción de prevención y corrección de riesgos .....	88
Tabla 25. Clases de Riesgos .....	89
Tabla 26. Probabilidad del Riesgo .....	89
Tabla 27. Tabla para estimar impactos en la organización .....	89
Tabla 28. Tabla del plan de gestión de interesados.....	90
Tabla 29. Tabla del plan de adquisición del proyecto .....	91
Tabla 30. Cuadro de selección de componentes.....	123
Tabla 31. Actuador neumático .....	124
Tabla 32. Motorreductor .....	125

## RESUMEN

El desarrollo de un sistema de control de calidad monedas en apoyo a las operaciones de la Casa Nacional de Monedas del Perú, consiste en implementar una cámara digital con visión artificial en cada una de las máquinas acuñadoras de monedas Schuler, con la finalidad de realizar el control de calidad de monedas en la descarga del sistema de transporte de las máquinas. Las inspecciones de calidad realizadas son en base a un patrón de moneda sin defectos, en donde se revisan los detalles de las monedas y de acuerdo a una base de historial de datos recaudadas por el área de control de calidad garantizara el cumplimiento de los parámetros determinados por el departamento de planeamiento y calidad.

El sistema de control, a través de la cámara “In-Sight serie D900” de marca Cognex, se logrará obtener una correcta inspección de todas las monedas acuñadas. Con esta cámara automática de alta resolución brindara mejores resultados en la inspección logrando obtener cuadros de tendencias del correcto estado de las monedas.

## **ABSTRACT**

The development of a coin quality system with support of operations of the “Casa Nacional de Monedas del Perú”, consists on implementing a digital camera with artificial vision in each of the Schuler coin minting machines with the purpose of carrying out the quality control of coins in the discharge of the system of the machines transportation. The quality inspections carried out are based on a flawless coin pattern, where the coins details are reviewed and according to a historical database collected by the quality control area will guarantee the compliance of the parameter determined by the planning and quality department.

In the control system, through the camera “In-Sight series D900” of Cognex brand, it will be possible to obtain a correct inspection of all the minted coins. With this automatic high-resolution camera, better results will be provided in the inspection managing to obtain trend charts of the correct coins state.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto Desarrollo de un sistema de control de calidad de monedas en apoyo a las operaciones de la Casa Nacional de Monedas del Perú, tiene como propósito ayudar a las operaciones del control de calidad de monedas acuñadas por el área de producción de la CNM garantizando el cumplimiento con los parámetros de calidad determinados por el departamento de planeamiento y calidad. En la actualidad no existe un sistema implementando en la CNM que permite garantizar la calidad de monedas; esta inspección es realizada por el personal de producción y del área de calidad que es susceptible al error humano que pone en riesgo los índices de calidad de monedas establecidos.

El informe de este proyecto está basado en sustentar el sistema de control de calidad que será utilizado en las operaciones de Casa Nacional de Moneda, la cual está sustentada en cuatro capítulos:

En el capítulo I, se identifican los aspectos generales del proyecto, la problemática que se tiene en la actualidad debido a la pandemia que atraviesa el país, cual es el objetivo principal del proyecto, los alcances y limitaciones.

En el capítulo II, se describe proyectos similares que han sido desarrollados para la inspección del control de calidad en diversas industrias. A pesar de que la fabricación de monedas es una de las antiguas en el mundo que fue acuñada por primera vez por los griegos la actual Turquía en el ciclo VII antes de Cristo en la actualidad son muy pocas las empresas que desarrollan este tipo de tecnología para la industria de fabricación de monedas.

En el capítulo III, se desarrolla el proyecto. Se analiza el plan de calidad, el de riesgos y los tiempos que se tiene que cumplir para el desarrollo del proyecto.

En el capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos en la simulación para el control de calidad de monedas, se presentan las conclusiones y recomendaciones finales del sistema.

# CAPÍTULO 1

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1. Definición del Problema

#### 1.1.1. Descripción del Problema

La Casa Nacional de Moneda cuenta con cinco máquinas acuñadoras de alta velocidad que están consideradas como maquinaria crítica para la producción de monedas, estas máquinas son operadas por cinco técnicos operadores mecánicos y electrónicos. Es preciso mencionar que estas máquinas trabajan un promedio de 8 horas diarias con una velocidad de acuñado de 750 monedas por minuto por máquina. Si ocurriese una falla del sistema de accionamiento mecánico y/o eléctrico - electrónico que conforman las máquinas acuñadoras por un tiempo de 5 minutos tendríamos un total de 3,750 monedas defectuosas por máquina en cualquier denominación, siendo más crítica las denominaciones de S/1.00,

2.00 y 5.00 soles. Con la finalidad de aminorar este riesgo, los operadores realizan un control de calidad de monedas con una frecuencia de 10 minutos en un turno de producción de 8 horas. El departamento de planeamiento y control de calidad de la Casa Nacional de Moneda lo realiza con una frecuencia de 2 horas en un turno de producción de 8 horas.

Con todas estas medidas de control de calidad, siempre existirá un riesgo del mal acuñado de monedas sobre todo en los horarios de refrigerio. Un caso crítico se dio con la denominación de S/1.00, se acuñaron más de 20,000 monedas defectuosas poniendo en riesgo la productividad del área. Este problema se dio en el horario de refrigerio.

Otro problema que se presentó fue con la denominación de S/0.10 se acuñó aproximadamente un total de 30,000 monedas defectuosas debido a la ausencia de un operador, esto originó que la figura y letra de la moneda estén giradas un ángulo aproximado de 5° con respecto a su punto de origen. Para reducir este riesgo el área de producción solicita apoyo al área de mantenimiento para la operación de la máquina y el control de calidad de monedas. Las máquinas acuñadoras cuentan con un sistema de accionamiento principal comprendido por motor principal, cigüeñal, sistema de

alimentación intermitente, cojinetes guías de alta precisión; el sistema de troquel comprendido por dos bastidores donde se ubican los portacuchos y utillaje de la máquina; sistema de transporte de cospeles y monedas; sistema electrónico de la máquina y el sistema de lubricación centralizado.

Cada año, se tiene programado un mantenimiento integral a cada una de las máquinas acuñadoras de monedas con el fin de realizar el cambio oportuno de los componentes mecánicos, eléctricos – electrónicos y neumáticos que se encuentran con desgaste. En estos mantenimientos se efectúa una revisión de todos los elementos que conforman la máquina, evaluando el grado y tipo de desgaste que pueda presentarse, asignándole una criticidad adecuada, con la finalidad de solicitar el reemplazo de repuestos cuando se requiera; con un excelente programa de mantenimiento aseguramos la operatividad de las máquinas acuñadoras. Es importante mencionar que cada acuñadora Schuler está sometida a una exigencia de un promedio de 8 horas de trabajo diario.

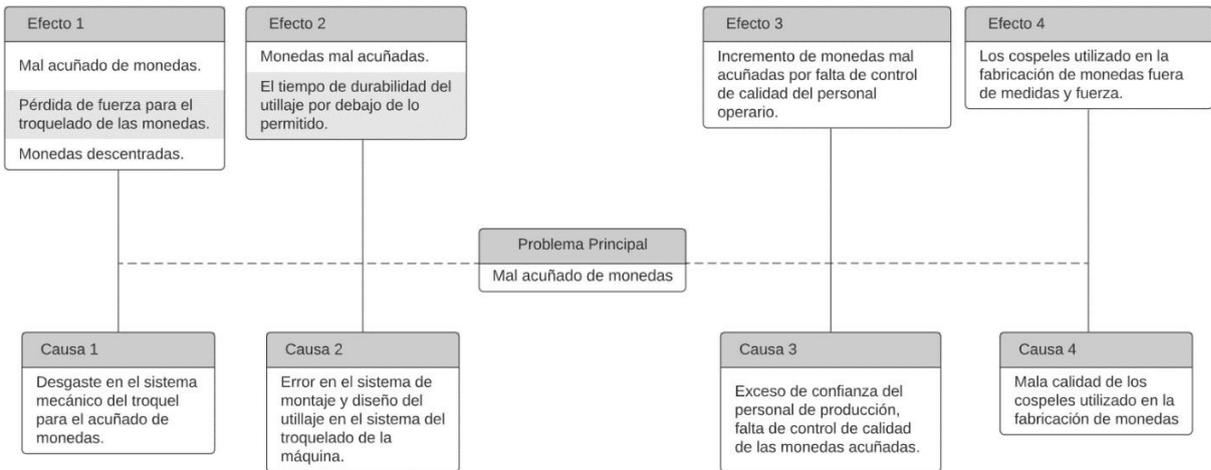
El mantenimiento anual de estas acuñadoras diagnostica el cambio de una serie de repuestos desgastados y deteriorados para restituirlos y asegurar la fluidez de la producción de monedas. El mantenimiento realizado a estas máquinas garantiza la operatividad, disponibilidad y eficiencia de estos activos. Sin embargo, un mínimo error que pueda ocurrir en cualquier sistema de control de la máquina ocasiona problemas de calidad en el acuñado de monedas incrementando el indicador por encima de lo permitido en la cantidad de monedas mal acuñadas.

Por falta de personal debido a los horarios de refrigerio, ausencia por permisos o descansos médicos y por fallas fortuitas de las máquinas se hace necesario desarrollar un sistema de control de calidad de monedas en apoyo a las operaciones de la Casa Nacional de Monedas del Perú garantizando el control de calidad de las monedas en cualquiera de los casos previsto.

### **1.1.2. Descripción del Problema**

En la Figura 1 se detalla el árbol de problemas.

Figura 1. Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se muestra cual es la causa y el efecto en cada problema.

Tabla 1. Árbol de problemas

Árbol de problemas		
Problema: Monedas mal acuñadas		
Ítem	Causa	Efecto
1	Desgaste en el sistema mecánico del troquel para el acuñado de monedas.	Mal acuñado de monedas, pérdida de fuerza para el troquelado de las monedas.
2	Error en el sistema de montaje y diseño del utillaje en el sistema de troquelado	Monedas mal acuñadas, el tiempo de durabilidad del utillaje por debajo de lo permitido.
3	Exceso de confianza del personal de Producción, ausencia del personal y falta control de calidad de monedas	Incremento de monedas mal acuñadas por falta de control de calidad del personal operario
4	Mala calidad de los cospeles utilizados para el acuñado de monedas	Los cospeles utilizados en la fabricación de monedas fuera de medida y dureza.

Fuente: Elaboración propia

## **1.2. Definiciones de Objetivo**

### **1.2.1. Objetivo General**

Desarrollar un sistema de control con visión artificial para mejorar el costo y calidad del acuñado de monedas en el área de acuñación de la Casa Nacional de Moneda del Perú.

### **1.2.2. Objetivo Específicos**

Identificar los parámetros que se necesitan para poder tomar las imágenes de las monedas para su control de calidad el cual serán comparadas con una moneda matriz.

Definir los requisitos que se ajustarán al diseño de cada moneda en las denominaciones de circulación nacional S/1.00, 0.5, 0.20, 0.10, 2.00 y 5.00 soles.

Verificar el porcentaje de error para las monedas mal acuñadas y evaluar el desempeño del proyecto.

## **1.3. Alcances y limitaciones**

### **1.3.1. Alcances**

El diseño del sistema de control de calidad de monedas, se implementará en las cinco máquinas acuñadoras de monedas, con la finalidad de realizar el control de calidad por el personal operativo, la supervisión de producción y área de calidad de la Casa Nacional de Moneda; garantizando el monitoreo constante del acuñado de monedas

### **1.3.2. Limitaciones**

Esta tecnología es de poco conocimiento en la Casa Nacional de Moneda del Perú; para su implementación se tendría que acondicionar las máquinas para la instalación de este equipo, acceder al sistema de control y programación de las máquinas con la finalidad de enlazar el sistema de control de la cámara con visión artificial.

## **1.4. Justificación**

Este proyecto se justifica por que ayudaría en realizar el control de calidad por muestreo de monedas acuñadas para cinco máquinas Schuler de alta velocidad. La velocidad de las máquinas es de 750 monedas por minuto; por ejemplo, en la actualidad debido a cualquier falla en las máquinas se podría acuñar 7500 monedas defectuosas en un periodo de 10 minutos.

El avance de la tecnología nos permite acceder a una diversidad de soluciones en el

control de calidad de monedas, esta tecnología con visión artificial nos permitirá realizar un muestreo en la producción cada 10 segundos reduciendo al mínimo la cantidad de monedas defectuosas por máquina.

## **1.5. Estado del Arte**

### **1.5.1. Resultados alcanzados**

El presente trabajo refiere a investigaciones relacionados con el tema del proyecto que se describe de la siguiente manera:

### **1.5.2. Resultados Internacionales**

Tesis – 01. El trabajo de investigación titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA CLASIFICADORA Y CONTADORA DE MONEDAS BASADA EN VISIÓN ARTIFICIAL” presentado para obtener el título de ingeniero electrónico en redes industriales, elaborado por Luis Manobanda (2019) de la Escuela Superior Técnica de Chimorazo – Ecuador; la cual hace mención a la puesta en funcionamiento de un nuevo tipo de máquina para el conteo de monedas y clasificado controlado con visión artificial el cual está comprendido por una cámara digital Raspberry V1.3 con la finalidad de tomar fotos a las monedas realizar el conteo, la calidad y clasificado para luego transmitir los datos aun arduino por medio de un protocolo de comunicación y procesar toda la información a un HMI.

Tesis – 02. La tesis de fin de grado para “EL CONTROL DE CALIDAD DE BLISTER CON VISIÓN ARTIFICIAL” presentado para obtener el grado de ingeniero eléctrico, elaborado por Escolano (2016) de la Universidad Politécnica de Valencia – España, hace mención a la utilización de visión artificial para hacer el control de calidad al rotulado de los blíster de pastillas en la industria farmacéutica, estos blíster son transportados mediante una fajas y a través de la cámaras con visión artificial capturan la imagen la procesan para verificar la validez del producto. El proceso se inicia cuando un sensor fotoeléctrico detecta el objeto (blíster con pastilla) envía una señal al PLC transmitiendo una señal directa al sistema de control en la cámara, detectando la imagen que será enviada a una PC industrial que se encargará de procesar la imagen de acuerdo a lo configurado, este sistema analizará si existe algún tipo de anomalía para su posterior rechazo a través de actuadores.

Tesis – 03. Desarrollo de una máquina automática con visión artificial. De acuerdo a la empresa Enginyeria Teknics (2015) conjuntamente con la empresa BCNVISION

desarrollaron una máquina automática con visión artificial utilizado para la preparación de colección de monedas. Este tipo de máquina realiza la inspección de monedas en ambas caras tanto como anverso y reverso, las verifica con la finalidad de garantizar el giro de las monedas y están totalmente centradas en su diseño, para este tipo de inspección lo realizan con 6 cámaras con visión artificial distribuidas en 4 estaciones de trabajo e inspección; para garantizar una correcta posición de monedas este sistema está diseñado con un accionamiento vibrador mecánico que garantiza el posicionamiento de las monedas en cada estación.

### **1.5.3. Resultados nacionales.**

Tesis – 01. La tesis de fin de grado “SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CON FAJA TRANSPORTADORA, PARA EL PROCESO DE CONTEO DE MONEDAS EN LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN” presentado para la consecución del Título de Ingeniero de Sistemas e Informática, elaborado por Berrú (2020) de la Universidad Nacional San Martín – Tarapoto; hace mención al coteo de monedas que son transportadas por una faja plana hacia el sistema de cámaras con visión artificial para ser contadas en cualquier tipo de denominación. Para el conteo la cámara y el software procesa la imagen de cada moneda para luego ser contado el valor total de las monedas al pasar por la faja transportadora.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Fundamento teórico.

Antes de mencionar lo que es el procedimiento de acuñado de monedas y su paso a través del tiempo, es imprescindible saber cuál es la función principal de una moneda. Dicho componente, empezó como sustituto al trueque, que inicialmente era la primera forma de venta y adquisición de productos que se conocía en el mundo antiguo. Sin embargo, las primeras civilizaciones de comerciantes como en Asia Menor y Babilonia, empezaron a definir un medio de pago por el cual se podía acceder a todos los productos siempre y cuando tuvieras la solvencia de instrumentos metálicos suficientes, lo que luego se le conocería como monedas.

Figura 2. Monedas de la antigua Anatolia



Fuente: La Vanguardia (2020)

Actualmente, dichos elementos cambian su valor dependiendo la nación que rija como ente regulador para lo que son transacciones o ventas comerciales. Gran parte de las monedas acuñadas en el mundo, tienen un valor directo, debido a que no están fabricadas de metales preciosos, o nos indiquen una composición de estos, sino brindando confianza en su valor, facilitando la interacción entre servicios y bienes. Sin embargo, para que todo el proceso de comercialización entre a tallar, se necesita de la certificación de la misma pieza mediante algún distintivo o señal, que usualmente conocemos como acuñación.

#### 2.1.1. Tecnología del acuñado de monedas en el tiempo

En la antigüedad, las monedas eran acuñadas de manera artesanal, para ser más precisos entre los años 640 - 680 D.C. Dicha acción, se realizaba con un martillo y un punzón con la estampa de la Ceca del país de origen de esta moneda, esta forma de

acuñado estuvo un tiempo considerable en vigencia. A causa, del incremento de intercambio de productos y negocios entre naciones en los posteriores siglos, las monedas se tendrían que producir en mayor cantidad debido a la demanda de la época, es por esto que, en el año de 1551, técnicos alemanes inventaron “la impresión de monedas” empleando dos rodillos laminadores ubicados paralelamente que aplanaban y estiraban el metal utilizando la fuerza hidráulica.

Figura 3. Acuñado de monedas 1551 utilizando la laminación de rodillos para la impresión.



Fuente: Real Casa Nacional de Moneda de Segovia, 2021

De esta manera se empezó a fabricar con este mismo proceso monedas para las Cecas de Alemania, Inglaterra, Suiza, Eslovaquia, Austria, Rumania, Francia entre otros más.

Figura 4. Rodillos utilizados para el acuñado de monedas.

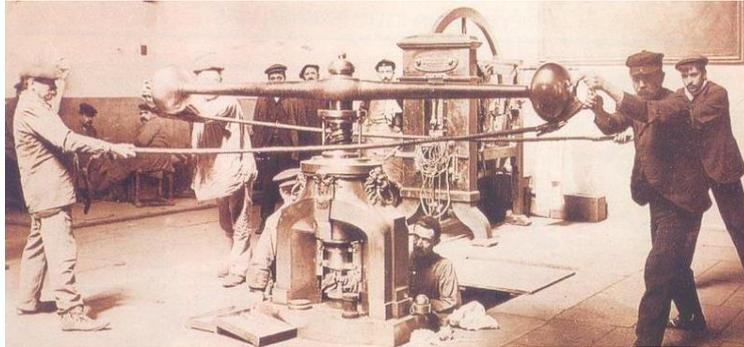


Fuente: Real Casa Nacional de Moneda de Segovia, 2021

En el año 1700, aparecieron las primeras prensas verticales accionadas por una volante, en dicha estructura, las prensas eran construidas en material de bronce, y el diseño de estas máquinas consistía en dos agujeros torneados en la mesa de troquelado donde estaban instalados los cuños utilizados para el estampado de monedas. El cuño

fijo normalmente se instalaba en un agujero para darle el diámetro a la moneda el otro cuño se instalaba en el husillo móvil accionado por la volante principal, normalmente este volante era girado por la fuerza de varias personas con la finalidad de lograr el acuñado de las monedas, dado se valor reconocido era de uso común usar tanto el oro como la plata.

Figura 5. Prensa vertical del año 1700 utilizados para el acuñado de monedas.



Fuente: Irongroup, 2015

En el año de 1820, las máquinas acuñadoras fueron mejorando y modernizando, la alimentación de los cospeles se hacía de manera automática y el accionamiento de las prensas era a vapor o muchas de ellas accionadas por el caudal de los ríos.

Figura 6. Prensa vertical del año 1800 utilizados para el acuñado de monedas.



Fuente: Fuente, 2020

Con la llegada de la segunda revolución industrial, las máquinas en todo el mundo se producían para ser accionadas con un motor eléctrico, permitiendo que las prensas sean más automáticas y con mejor productividad.

Los fabricantes de prensas mecánicas como la empresa SCHULER PRESSEN, SACK & KIESSELBACH, BLISS S.A empezaron a manufacturar máquinas automáticas para la fabricación de monedas.

Entrando un poco al contexto nacional, La Casa Nacional de Moneda del Perú, es una de las más antigua en Sudamérica en la fabricación de monedas, en el año de 1970 adquirió cinco máquinas acuñadoras de alta velocidad con capacidad de producción de 300 monedas X minutos fabricadas por la empresa BLISS S.A de procedencia americana.

Esta adquisición les permitió aumentar su capacidad de producción con la finalidad de abastecer monedas al mercado nacional de acuerdo con la demanda que existía en esas épocas.

Por otro lado, la empresa BLISS S.A. también proporcionó otro tipo de máquinas (figura 7) acuñadoras verticales de aproximadamente 8 toneladas de peso con una fuerza para el acuñado de 150 toneladas y una velocidad de producción de 150 golpes por minuto con alimentación automática de cospeles.

Esta máquina también fue una de las modernas en su época; la estructura de su fabricación contemplaba el acero al carbono. En cuanto, a su sistema de accionamiento, estaba conformado por un cigüeñal principal y dos bielas movidos por un motor eléctrico, los cuales hacían el desplazamiento vertical del bloque de acero donde están montados los porta cuños y cuños superiores utilizados para el troquelado de las monedas, en la parte inferior del bastidor de la máquina están sujetos los cuños inferiores conjuntamente con el anillo o virola utilizado para darle el diámetro exacto a las monedas, la alimentación de los cospeles al sistema de troquelado es automático. Con estas máquinas la Casa Nacional de Monedas del Perú mejoró la calidad en cuanto la fabricación de las monedas.

Figura 7. Prensa vertical Bliss año de fabricación 1970.



Fuente: Banco Centra de Reserva del Perú, 2010

Con los avances de la tecnología, a partir del año 1996 el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), con la finalidad de seguir mejorando la calidad de las monedas y la productividad de la Casa Nacional de Monedas del Perú adquiere nuevas máquinas acuñadoras de procedencia alemana fabricada por la empresa SCHULER PRESSEN. Estas máquinas son prensas mecánicas horizontales de alto rendimiento con una producción de 750 monedas por minuto. Automáticas y utilizadas para el acuñado de monedas en todas las denominaciones de circulación nacional, exclusivamente para procesar piezas redondas; el accionamiento es articulado con balances de masa movidos por un motor eléctrico, además las máquinas son instaladas sobre elementos aislantes de vibración garantizando la preservación del medio ambiente y promoviendo la seguridad del personal contra ruidos, son de alta productividad y eficiencia gracias al sistema de transporte de alimentación de cospeles y expulsión de las monedas.

Figura 8. Prensa horizontal Schuler año de fabricación 1996 - 2016.



Fuente: Banco Centra de Reserva del Perú, 2010

Figura 9. Área de acuñación de la Casa Nacional de Moneda del Perú.



Fuente: BCRP, 2015

### 2.1.2. La moneda el Sol

A través de la historia diferentes monedas han sido de curso legal en el Perú, entre el año 1931 y el año 1985 circulo el Sol (S/.), con el tiempo, esta moneda sería reemplazada por el Inti (I./) que circularía entre los años 1985 y 1991, cuando las medidas económicas del gobierno de Fujimori permitirían la introducción de una nueva moneda, a esta monera se le denominaría Nuevo Sol (S/.) con el fin de diferenciarla de la anterior moneda que sería conocida popularmente como el “viejo” sol. Debido a que en el 2015 se cumplieron 24 años de circulación de la nueva moneda, el gobierno decidió eliminar la denominación “Nuevo” de

la moneda pasando a ser simplemente Sol (S/.) además de suprimir el punto en el signo monetario (S/). Actualmente un Sol (S/) equivaldría a un millón de intis, o en conversión comparativa a mil millones de los llamados “viejos” soles.

El último cambio se dio de acuerdo con la LEY N°30381 establece que el cambio de nombre a la unidad monetaria tiene como objetivo facilitar las transacciones económicas y adaptarlas a la realidad actual.

El Sol (S/) se encuentra debido en fracciones de 100 céntimos. Circulan en el mercado económico peruano monedas con valor de 10, 20 y 50 céntimos, y también billetes con designaciones de 10, 20, 100 y 200 soles. Desde que salió la moneda también se acuñaban monedas de 1 céntimo, pero fueron descontinuadas de su producción y retiradas de circulación en mayo del 2011. A estas se sumaron las monedas de 5 céntimos que fueron descontinuadas y retiradas de circulación en enero del 2019 (La República, 2019).

a) Características de las monedas del Sol.

A continuación, enumeramos las monedas de diez céntimos, veinte céntimos, cincuenta céntimos, un sol, dos soles y cinco soles.

Figura 10. Moneda de diez céntimos.

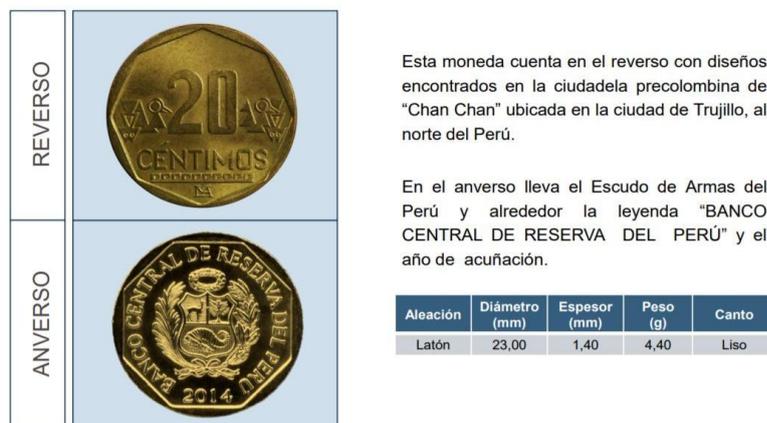
## DIEZ CÉNTIMOS



Fuente: BCRP, 2021

Figura 11. Moneda de veinte céntimos

## VEINTE CÉNTIMOS



Fuente: BCRP, 2021

Figura 12. Moneda de cincuenta céntimos.

## CINCUENTA CÉNTIMOS



Fuente: BCRP, 2021

Figura 13. Moneda de un sol.

## UN SOL



**Reverso:** En la parte central se muestra la denominación de la moneda en número (1), el logotipo de la "Marca País Perú" y debajo la unidad monetaria SOL. También se muestra el logotipo de la Casa Nacional de Moneda sobre un diseño geométrico de líneas verticales, así como dos tallos curvos de laurel y roble entremezclados y un polígono inscrito de ocho lados.

**Anverso:** Al centro el Escudo de Armas del Perú y alrededor la leyenda "Banco Central de Reserva del Perú", el año de acuñación y un polígono inscrito de ocho lados.

Aleación	Diámetro (mm)	Peso (g)	Canto
Alpaca	25,50	7,32	Estriado continuo

Fuente: BCRP, 2021

Figura 14. Moneda de dos soles.

## DOS SOLES



**Reverso:** Figura la denominación en número (2) y motivo alusivo a las Líneas de Nazca, "El Colibrí", que se reproduce en una composición de dos dimensiones superpuestas abarcando tanto el núcleo como parte del anillo. La parte superior posee iconografía precolombina de temática geométrica. En la parte inferior se aprecia la palabra SOLES que abarca tanto el núcleo como el anillo sobre un conjunto de líneas verticales.

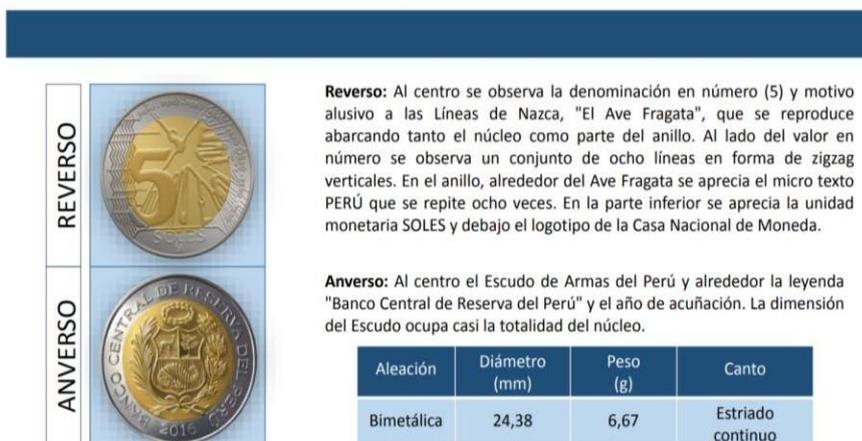
**Anverso:** Al centro el Escudo de Armas del Perú y alrededor la leyenda "Banco Central de Reserva del Perú" y el año de acuñación. La dimensión del Escudo ocupa casi la totalidad del núcleo.

Aleación	Diámetro (mm)	Peso (g)	Canto
Bimetálica	22,30	5,62	Estriado discontinuo

Fuente: BCRP, 2021

Figura 15. Moneda de cinco soles.

## CINCO SOLES



Fuente: BCRP, 2021

### 2.1.3. Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA), son sistemas o máquinas que imitan la inteligencia humana para realizar diversos tipos de tareas que pueden mejorar debido a la información que están recopilando en cada momento.

La inteligencia artificial fue desarrollada por primera vez en la década de 1950, en la década de 1960 el departamento de defensa de los Estados Unidos empezó a interesarse más en el desarrollo de este tipo de tecnología, donde empezaron a entrenar a las computadoras con la finalidad que puedan imitar al razonamiento humano con operaciones más básicas.

En la década de 1980 las limitaciones de la IA fueron debido a que no existían ordenadores capaces de desarrollar esta tecnología, sin embargo, a partir de 1990 fue un despegue originado por dos motivos se produjo un aumento en la capacidad computacional de los ordenadores y la digitalización que produjo cantidades de datos que fueron procesados para obtener valor de ellos. Este avance hizo que se desarrollaran otras tecnologías como la automatización, visión artificial, entre otras.

Figura 16. Evolución de la inteligencia artificial



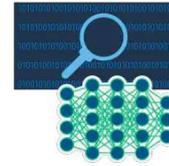
1950-1970

Redes neuronales



1980-2010

Aprendizaje automático



Día presente

Deep Learning

Fuente: SAS, 2022

En las últimas décadas la IA ha sido considerable dejamos de crecer de forma lineal y pasamos a crecer en forma exponencial esto ha permitido grandes acontecimientos tecnológicos como es el uso de computadores, celulares inteligentes, dar alarman de aviso cuando ocurre algún tipo de desastre natural como son los terremotos, maremotos, etc. en la medicina el uso de la tecnología ha sido vital dando calidad de vida a las personas, se ha podido mejorar los robots para la exploración de otros planeta.

Los seres humanos siempre estaremos en constante búsqueda de mejorar nuestra calidad de vida, cuidar nuestro planeta y colonizar el universo. Esto será posible siempre y cuando el ser humano permita un crecimiento en la ciencia y la tecnología de forma exponencial.

El desarrollo de la IA, nano tecnología, biotecnología, información tecnológica y ciencia cognitiva en pocas décadas nos llevará a un cambio que nos permitirá mejorar la mortalidad humana; seremos personas híbridas o personas ciborg seremos seres humanos mejorados que nos permitirá un mejor desempeño, colonizar el universo y sobrevivir en entornos extraterrestre.

La tecnología nos ayudara en preservar más el medio ambiente ya no se utilizarán el uso de combustible fósiles, los desastres naturales se podrán predecir utilizando algoritmos con inteligencias artificial; el planeta tierra será un lugar bastante acogedor la relación y comunicación de todas las personas mejoraran, los avances tecnológicos permitirán mayor desarrollo en la agricultura garantizando el suministro de alimentos de calidad en todo el mundo; todos los proceso de fabricación serán totalmente automatizados y robotizados permitiendo a los seres humanos pasar más tiempo en familia , en sociedad y mayor libertad para seguir innovando en tecnología. Es increíble todo lo que se viene con los avances de la tecnología, nosotros debemos de saber entender estos cambios, estar preparados, aprender a convivir solo así

garantizaremos la existencia del ser humano; seremos personas más solidarias, más empáticos, más optimistas y respetuosos donde nuestra sociedad no será discriminante y violenta.

Para que estas avanzas tecnológicas sigan creciendo, cada uno de nosotros debemos de fomentar el desarrollo y la innovación tecnológica ayudando a difundir, enseñando e incentivando a nuestras descendencias para que ellos puedan seguir creciendo tecnológicamente garantizando nuestra existencia. Muy pronto colonizaremos el universo tenemos que estar preparados para estos nuevos retos y sobre todo preparados para conocer nuevas civilizaciones, saber intercambiar conocimientos y tecnologías. Seguiremos creciendo, en pocos años podremos ver como el ser humano dará un gran paso en poder colonizar el planeta Marte y hacer turismo a la luna. Los seres humanos seremos dotados de una gran inteligencia que no habrá límites para el crecimiento tecnológico.

Figura 17. Futuro de la IA



Fuente: Chica, 2022

#### **2.1.4. Visión artificial**

La visión artificial siempre ha estado relacionada desde los años 60 a las cámaras fotográficas y la toma de imagen para luego ser procesado y tener acceso a ciertos parámetros de su estructura a través de procesamiento de imágenes ayudados por un sistema de control, ordenadores y software.

En los años 80 con la ayuda y el desarrollo de la ingeniería informática juntamente con los microprocesadores, la visión artificial da su despegue en el sector industrial. El avance tecnológico de los años 80 permitió la visión artificial es capaz de captar, procesar y reproducir imágenes tomadas y conectadas de forma remota. En los años

90 fue un despegue para la visión artificial y procesos más automatizados, uno de estos ejemplos fue en el sector de la industria de bebidas. En el Perú Corporación Jr. Lindley instaló una máquina con visión artificial con la finalidad de mantener un control de calidad de botellas vacías durante el proceso de envasado de la gaseosa. Este inspector electrónico detectaba presencia de partículas extrañas en las botellas para luego ser rechazadas, garantizando la calidad de las botellas para luego ser envasados.

Figura 18. Inspector de botellas electrónico adquirido por Jr. Lindley



Fuente: Krones, 2021

En la figura 18 se observa la medida de control de calidad de los envases y la tecnología usada.

Figura 19. Método de inspección de la botella realizados por

Inspección de la superficie de estanqueidad en envases de vidrio



<b>Tecnología utilizada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cámara</li> <li>– Dualflash – ilumina la boca desde arriba y desde el lateral durante dos tomas de la cámara</li> </ul>
Controla los envases para detectar	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Defectos</li> <li>– Fisuras</li> <li>– Rebabas sobresalientes en la superficie de estanqueidad</li> </ul>



cámaras

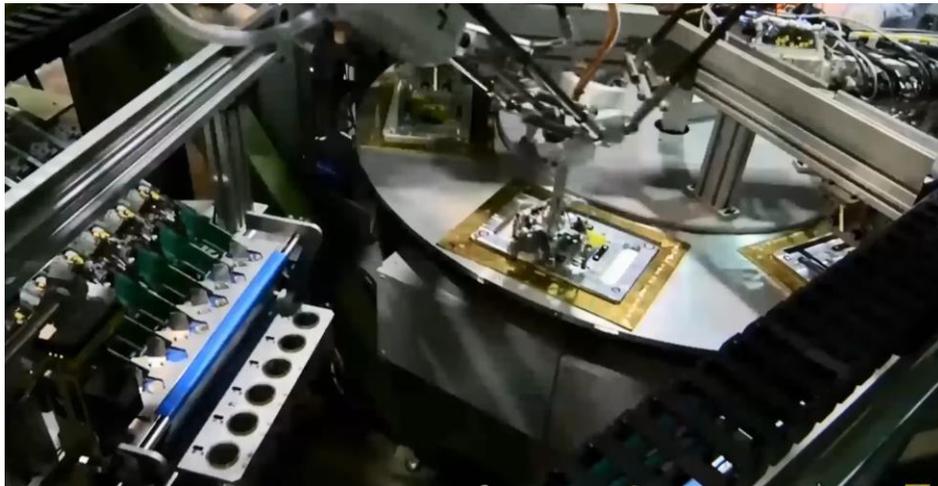
Fuente: Krones, 2021

En los últimos años la visión artificial ha evolucionado y mejorado, permitiendo capturar y procesar una gran cantidad de datos en las líneas de producción de las diversas industrias con la finalidad de automatizar sus procesos productivos.

La visión artificial ahora permite tener un mejor control de calidad en la producción de manera más precisa y confiable; en la robótica la visión artificial permite que los robots procesen toda la información enviada por las cámaras con la finalidad que estos puedan tener mayor precisión para el trabajo que han sido programados. Sin visión artificial estos robots prácticamente son ciegos trabajando de manera ineficiente ya que no pueden procesar de forma real toda la información que se requiere para su buen funcionamiento.

Una aplicación con visión artificial es para la selección y clasificación de monedas para luego ser empaquetadas en blister.

Figura 20. Selección de monedas con visión artificial



Fuente: Grupo Bcnvision, 2015

La tecnología aplicada de la visión artificial durante los procesos productivos permite ofrecer un sistema de inspección visual eficaz en entornos ásperos, peligrosos o de extrema suciedad, entonos que no sería saludables para la inspección humana, esto brinda resultados adicionales que no podrían ser conseguidos mediante los métodos tradicionales. Estos sistemas de visión artificial pueden volverse más eficientes, mediante la automatización del control de partes y productos por medio de la revisión de códigos y objetos. La adopción de estos sistemas permite la reducción en los costos de fabricación y en la cadena de suministros.

Otro importante beneficio de la implementación del sistema es la reducción de mermas, debido a la detección de errores durante la primera etapa del proceso de fabricación.

Generalmente se define la visión artificial como el uso de microprocesadores, cámaras y software para la evaluación de diversos productos y para todo tipo de revisiones requeridas en la industrial. Gran parte de los sistemas de visión artificial actual, contienen computadoras o cámaras, pero en los procesos industriales se utilizan procesos integrados en varios estándares para lograr una interfaz robusta y confiable. Por lo tanto, se define la visión artificial el procesamiento de imágenes mediante diversos campos de aplicación como la iluminación visual, mecánica, eléctrica, la óptica, la ingeniería de software, la comunicación de datos, el procesamiento de imágenes y la física de maquinas

- A. Algoritmo básico para la visión artificial.
  - a. La imagen.

La imagen es una interpretación visual de un objeto que es iluminado mediante una fuente radiante natural por la luz del sol o artificial generado por el fluido eléctrico. Se caracteriza por dos componentes básicos, la luz incidente y la luz reflejada por los componentes de la escena las cuales son conocidas como iluminación y reflectancia; en la formación de imagen interviene los siguientes elementos: Un sistema óptico, un sensor y un procesador.

La imagen digital puede ser interpretada por una matriz  $f$  de dimensiones  $N \times M$ :

Figura 21. Matriz para la imagen digital

$$f = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \cdots & f(1,M) \\ f(2,1) & f(2,2) & \cdots & f(2,M) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ f(N,1) & f(N,2) & \cdots & f(N,M) \end{bmatrix}$$

Fuente: Ordieres, Martinez, Alba y Castejón, 2006

b. Muestreo y cuantificación.

La captura de una imagen se determina por la naturaleza de los píxeles asignados a la imagen, baja intensidad luminosa y el ruido generado por algún agente externo a la captura de imagen.

c. El muestreo.

Es la pérdida de información de una misma imagen cuando es capturada con diversas resoluciones.

Figura 22. De izquierda a derecha y de arriba abajo: muestreo a 256x256, 128x128, 64x64 y 32x32 pixels

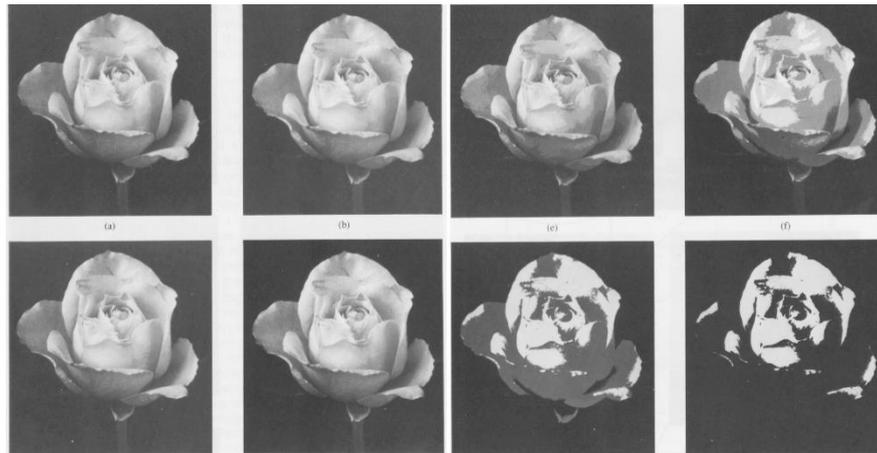


Fuente: Ordieres, Martinez, Alba y Castejón, 2006

d. Cuantificación.

Incapacidad de obtener un parámetro infinito de valores de medición para la intensidad en el brillo de los píxeles.

Figura 23. Efectos de la cuantificación



Fuente: Uniovi, 1995

e. Representación digital en bits.

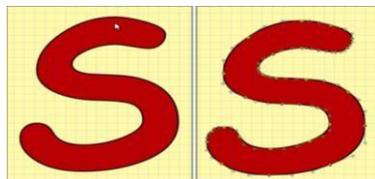
Consiste en formar arreglos vectoriales, matrices y tensores ordenados de forma específica, en la imagen 2D, se ordena las filas de la matriz asignándole un valor que establece el color de la posición de la imagen.

En imágenes grises el valor de la matriz es escalar y la imagen de colores es un vector de tres coordenadas. Para las tonalidades grises de una banda el rango de los valores es de  $[0,1]$  y para las imágenes de colores toman valores de  $([0,1], [0,1], [0,1])$  para los colores rojo, verde y azul.

f. Representación digital en imágenes vectoriales.

Los contornos y rellenos de una imagen están definidos matemática y vectorialmente por medio de ecuaciones.

Figura 24. Representación vectorial izquierda y pixelado derecha

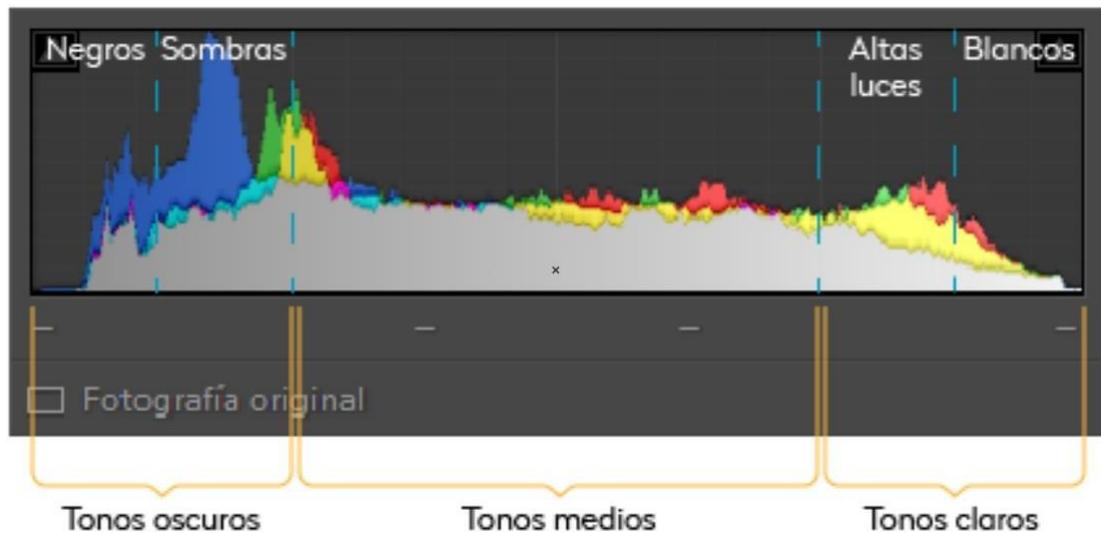


Fuente: Pérez y Valente, 2018

g. Histograma de una imagen.

Se representa por un arreglo de una matriz de  $N^\circ$  filas X (eje horizontal)  $N^\circ$  de columnas (eje vertical). En el eje horizontal se observa los diferentes tonos en la escala de grises y el eje vertical la cantidad de píxeles que hay en cada zona. Con la finalidad de garantizar buenas imágenes el histograma se basa básicamente en una buena calidad de luz.

Figura 25. Representación de un histograma

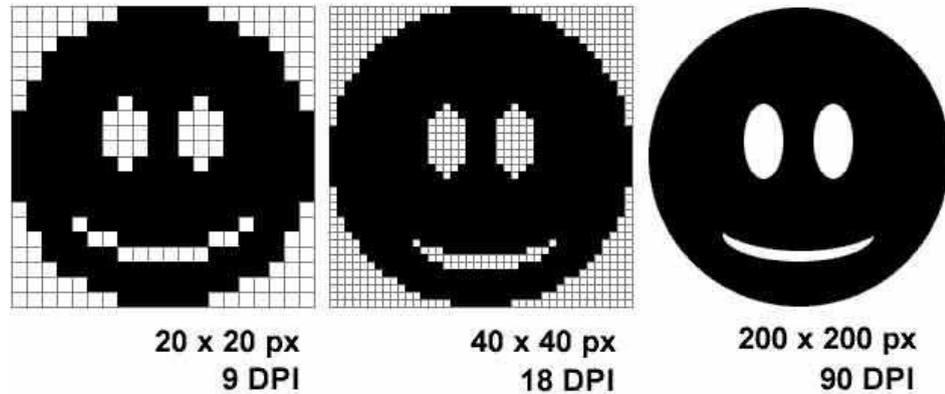


Fuente: Hello! Creatividad, 2021

h. Resolución de la imagen

Es definido por el número de píxeles que describen a una imagen, el cual se determina en píxeles por pulgada (ppi) determinando el tamaño de imagen que dependerá de la resolución y determinará la capacidad de memoria del controlador para poder almacenarla la información. La resolución también se puede definir cuan nítida es la imagen, se dice que cuantos más píxeles haya por pulgada mejor será la calidad de imagen.

Figura 26. Resolución de Imagen



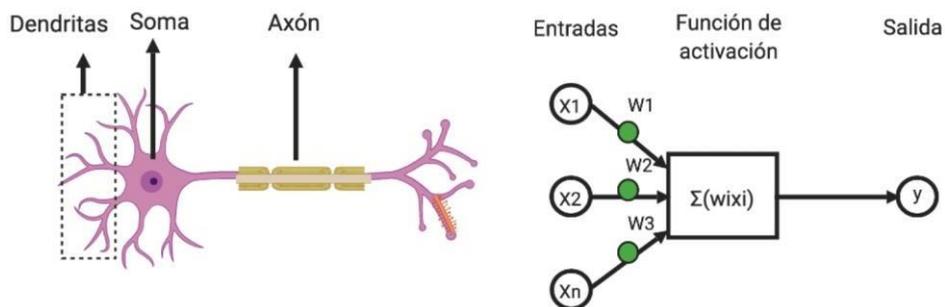
Fuente: Pop Art Gráficas S.L, 2016

### 2.1.5. Redes neuronales

Una red neuronal su función básica es seguir el desarrollo biológico de las redes neuronales de los seres vivos.

A nivel técnico un perceptrón usa una matriz para operar como una red neural, su diseño permite obtener la información a través de un solo vector binario para un único valor de salida, también de un solo valor binario, a través de su matriz.

Figura 27. Comparación de una neurona vs perceptrón



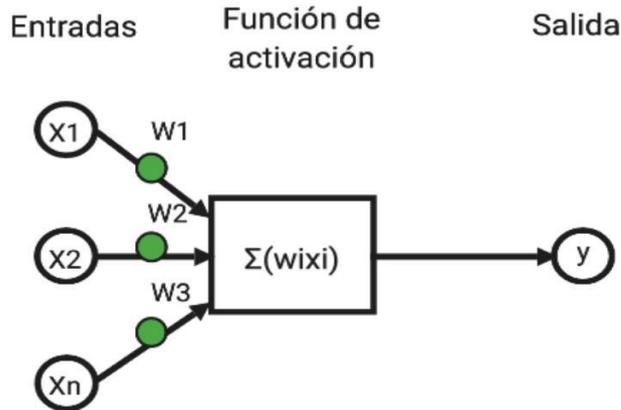
Fuente: García, 2019

De acuerdo a García (2019) el sistema nervioso se encuentra compuesto de neuronas que se interconectan y se comunican con el cerebro, a nivel biológico la neurona es una célula que puede ser estimulada eléctricamente cuyo propósito es el de propagar información mediante señales electroquímicas, a la conexión creada por estas células

se le denomina red neuronal.

A nivel técnico una red neuronal artificial es conocida como perceptrón, que en su estructura contiene de una o diversas entradas, una con la función de activación y la otra con la de salida, en esencia es bastante similar a una neurona biológica.

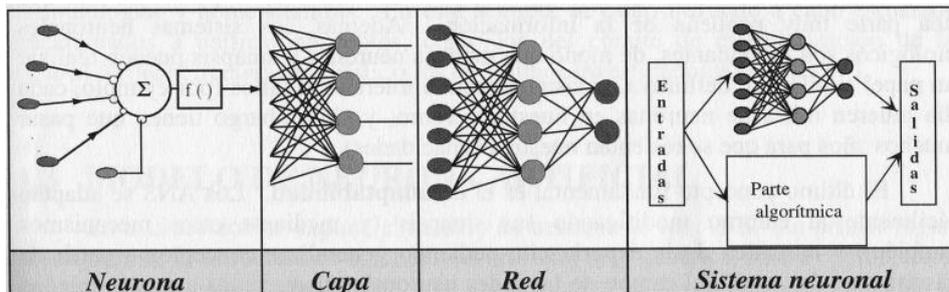
Figura 28. Representación de un perceptrón



Fuente: García, 2019

La red neuronal es un conjunto de perceptrones que están conectados entre sí, el cual genera una red. Su configuración es más sencilla está compuesto por tres niveles, de entrada, oculta y de salida.

Figura 29. Representación de una red neuronal



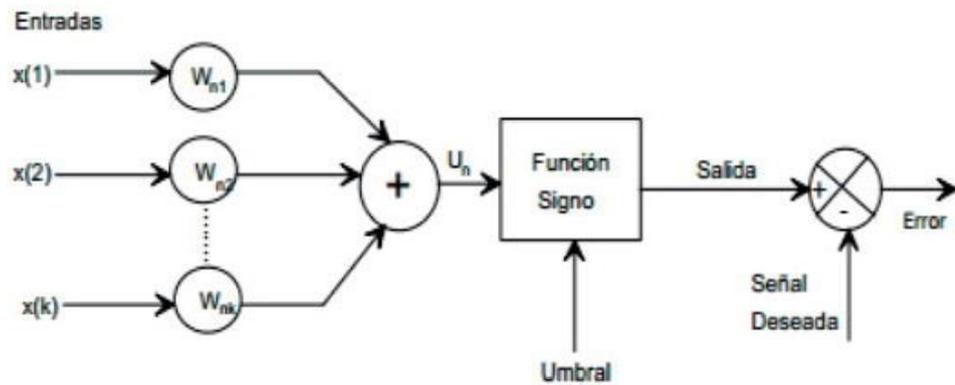
Fuente: Larrañaga y Aldemalik, 2007

a. Tipos de redes neuronales

Perceptrón

Desarrollada en 1943, esta red consiste en sumar las señales de entrada y multiplicarlas por su peso, este valor es comparado con un modelo con la finalidad de determinar si es activa o no, si el valor es mayor la señal es 1 de lo contrario es 0.

Figura 30. Red perceptrón simple



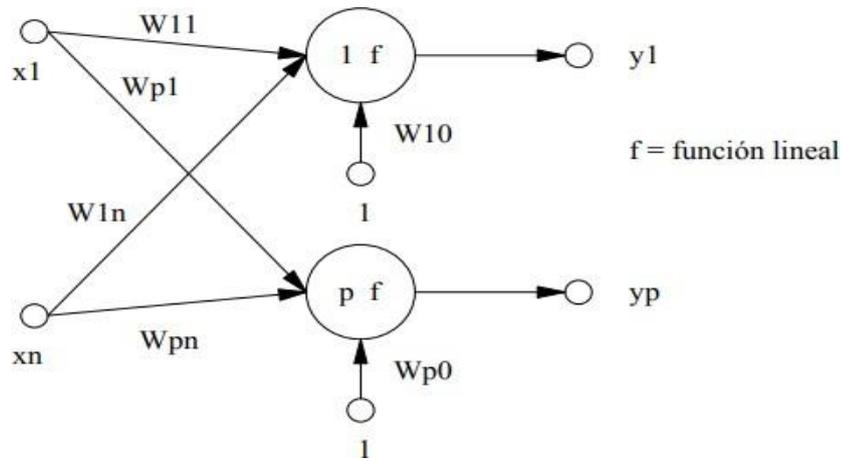
Fuente: Andrade, 2013

En un perceptrón, la neurona de salida realiza la suma de los datos recibidos por las entradas, resta el umbral y determina el resultado, después realiza una función de transferencia en concordancia con el signo, este tipo de red utiliza el método de supervisión de aprendizaje, en otros términos, es necesario que se determinen los valores esperados en cada entrada que puedan presentarse en la red [1].

i. Adaline

Esta red es bastante parecida al perceptrón, la finalidad de salida de esta neurona es lineal por las señales de entrada que son continuas, esta red contiene un mecanismo de entradas y salidas analógicas a diferencia que el perceptrón sus entradas y salidas es digital binaria. La diferencia de esta red con el perceptrón es la regla de aprendizaje que utiliza que es la de mínimos cuadrados, el cual siempre contiene una actualización continua de los pesos sinápticos con la cooperación de cada una de las neuronas sobre el error total de la red [2].

Figura 31. Red Adaline

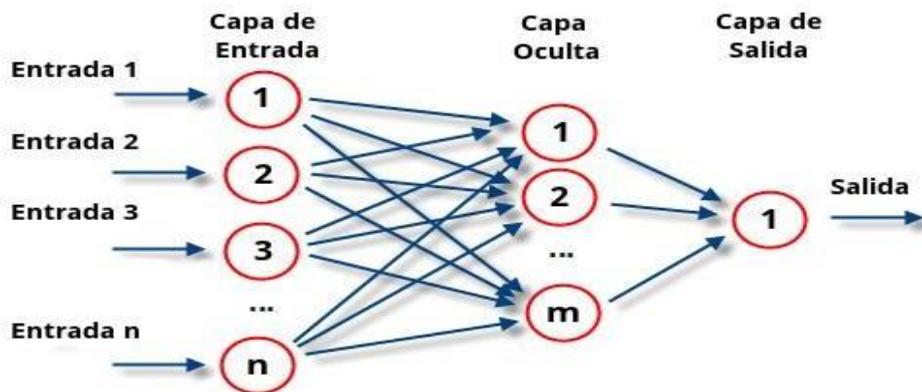


Fuente: Gonzáles, 2009

ii. Perceptrón multicapa

En este tipo el perceptrón contiene neuronas diferenciadas organizadas en capas, cada capa está organizada por funciones de entrada, ocultas y de salida. La de entrada se encarga de recibir solo las señales y extenderlas a las demás neuronas de las capas siguientes; la última capa que es utilizada como salida de la red, provee a la parte externa la respuesta de la red adecuada a los patrones de red de forma individual. Mientras que las capas ocultas tienen como función especial realizar el procesamiento no lineal de los patrones admitidos. [3]

Figura 32. Red neuronal multicapa

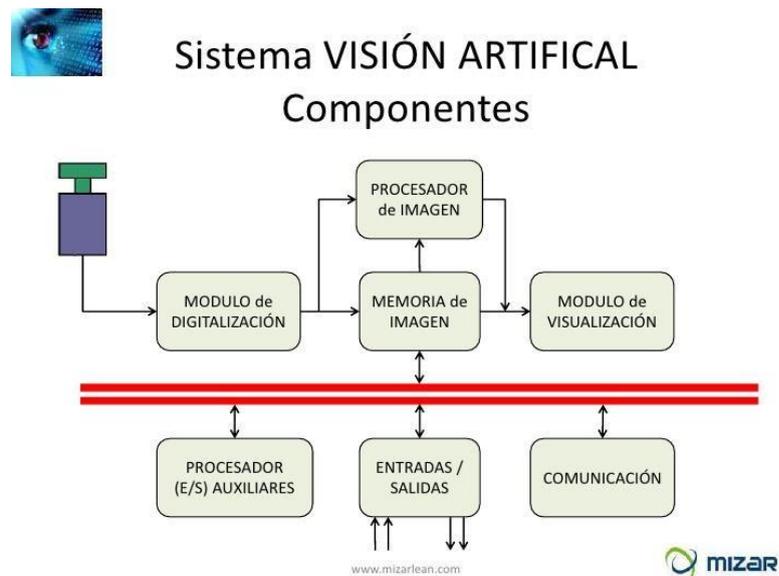


Fuente: Wayback Machine, 2014

a. Componentes de la visión artificial

Los sistemas de visión artificial están compuestos por la iluminación, el lente, el sensor de imagen, el sistema de procesamiento de visión artificial y los sistemas de comunicación.

Figura 33. Sistema de Visión artificial



Fuente: Lean, 2012

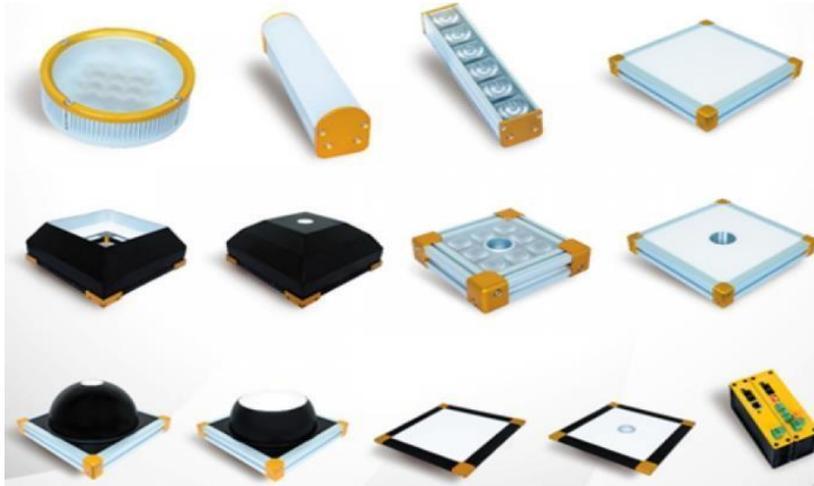
i) La iluminación

La iluminación es importante para una la visión artificial muy eficaz y eficiente, el ilumina el objeto a inspeccionar, permitiendo resaltar sus características físicas con la finalidad de que la cámara las pueda visualizar con bastante nitidez.

En las aplicaciones de visión artificial, uno de los elementos críticos es la iluminación. Este tipo de sistemas generan imágenes por medio del análisis de la luz que es reflejada por el objeto, mas no del análisis del propio objeto.

Si el objetivo no está correctamente iluminado, puede perderse información por lo tanto y productividad. Las técnicas de iluminación necesitan de una correcta fuente de luz y su posicionamiento con respecto a la parte y la cámara [4]. Es importante que la iluminación utilizada en la captura de imágenes sea correcta , en la figura 34, indica diversas formas de iluminación para visión artificial.

Figura 34. Equipos para iluminación de visión artificial.



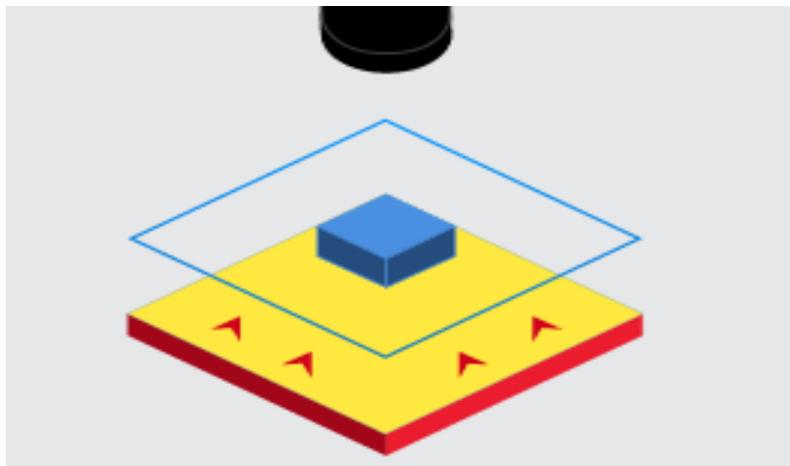
Fuente: Bcnvision, 2016

ii) Formas de iluminación.

a. Iluminación de Fondo

Para Cognex (2021) La iluminación de fondo consiste en la proyección uniforme de luz detrás del objetivo, la cual permite una mejor reflexión de la silueta del objetivo.

Figura 35. Iluminación de fondo.



Fuente: Cognex, 2021

b. Iluminación de barras.

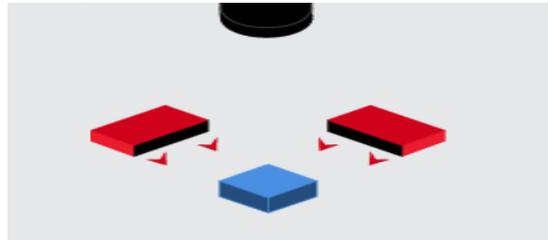
Según Cognex (2021), mediante la iluminación de barras se genera una banda de luz a lo largo del borde del objetivo con el fin de obtener una iluminación homogénea del área localizada.

c. Iluminación de campo oscuro.

En esta técnica se genera una luz en ángulo poco profundo en relación con el objetivo, de esta forma las características propias de la superficie del objeto se vuelven

brillantes en tanto que la superficie del objeto se mantiene oscura, con esto es posible detectar bordes, huecos, marcas anómalas, rayones, entre otros. Esta técnica puede utilizarse con cualquier tipo de iluminación direccional como anillos, barras o puntos que posibilite orientar la luz hacia la superficie de la pieza (Cognex,2021).

Figura 36. Iluminación de campo oscuro.

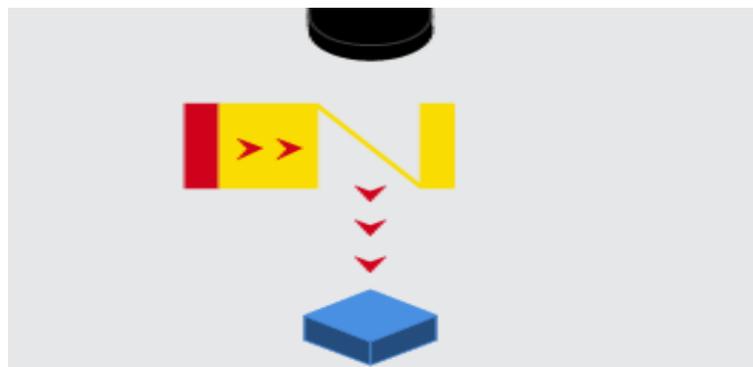


Fuente: Cognex, 2021

d. Iluminación difusa en el eje.

A este tipo también se le conoce como iluminación coaxial, en este método se realiza la transmisión de luz de forma perpendicular hacia el objetivo, para lograrlo se utiliza un espejo para enviar la luz hacia el objetivo en un ángulo de 90 grados con respecto de este. En general se utiliza esta técnica para identificar fallas en superficies planas y brillantes, también para realizar mediciones e inspecciones en objetos transparentes o brillantes.

Figura 37. Iluminación difusa en el eje

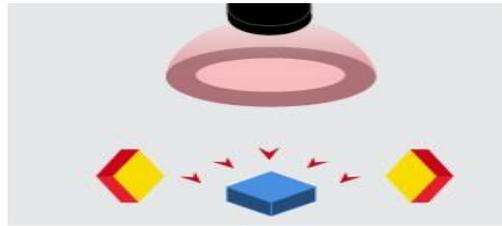


Fuente: Cognex, 2021

e. Iluminación de anillo - domo difuso.

Este tipo de iluminación genera luz uniforme desde diversos ángulos, no produciendo brillo en el objetivo y propagando luz uniforme en toda la piza. Se utiliza en la inspección de superficies brillantes.

Figura 38. Iluminación de anillo - domo difuso

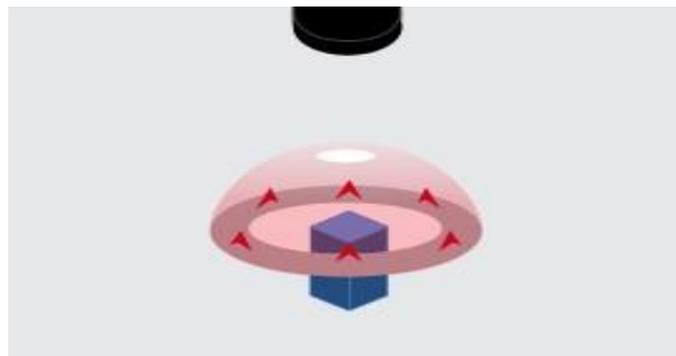


Fuente: Cognex, 2021

f. Iluminación de domo.

Esta técnica utiliza luz uniforme a partir de diversos ángulos, con el objetivo fijo no se producen brillo en el objetivo, comúnmente se utiliza para la inspección de superficies curvas, brillantes y superficies irregulares.

Figura 39. Iluminación de domo

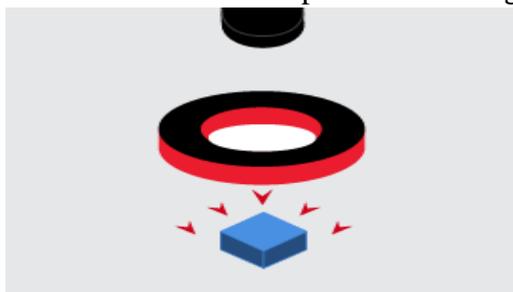


Fuente: Cognex, 2021

g. Iluminación de campo oscuro de ángulo bajo.

En esta luz se genera luz en ángulos poco profundos de 10 a 15 grados aproximadamente con relación al objetivo. De aplica para detectar cualquier peculiaridad de la superficie como, por ejemplo, huellas digitales, rayones, polvo haciendo que estas brillen más con respecto del resto de la superficie.

Figura 40. Iluminación de campo oscuro de ángulo bajo

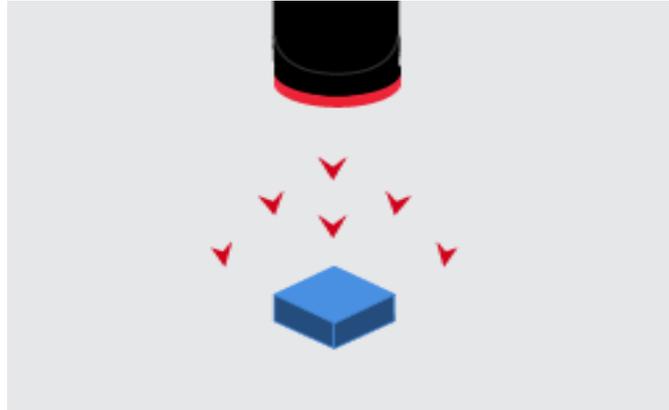


Fuente: Cognex, 2021

h. Luz integrada de gran potencia.

Esta forma de iluminación brinda luz directa polarizada y no polarizada respecto al objetivo. Es utilizado en múltiples aplicaciones en la industria sobre todo para el control de calidad.

Figura 41. Iluminación de gran potencia

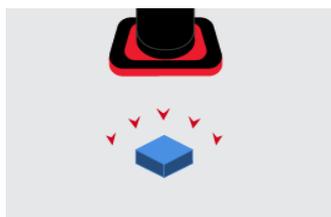


Fuente: Cognex, 2021

i. Luz integrada del in-Sight

Se compone de un anillo de luz de forma difusa que provee iluminación brillante uniformemente sobre el objetivo. Esta forma de luz permite disminuir el ensombrecimiento y permite una iluminación homogénea sobre objetos mate. A causa de las características de la luz difusa, en distancias reducidas menores a 700 mm la luz también otorga las ventajas de la iluminación de campo oscuro.

Figura 42. Luz integrada del in-sight

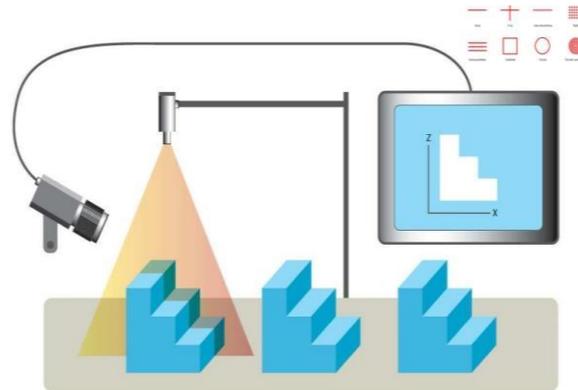


Fuente: Cognex, 2021

j. Iluminación por láser.

Es utilizada normalmente para determinar o resaltar una tercera dimensión de un objeto [6].

Figura 43. Iluminación por láser



Fuente: Infopl, 2021

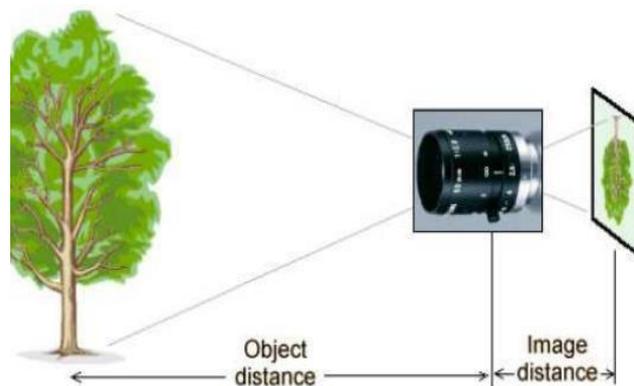
### iii) Lente

Es utilizado para transmitir la luz a la cámara de una manera mejor controlada garantizando una imagen enfocada al objeto.

Las imágenes que se obtienen mediante el sensor, utilizan la luz para poder obtener y captar imágenes con mayor nitidez varía de acuerdo a su diseño, la calidad y el costo; de esta forma se obtiene la colocación de la toma de imagen del objeto. En este caso las tomas de imágenes por la calidad de monedas.

Para poder calcular cuál es la lente adecuada para la aplicación que se necesita, debe considerarse una serie de parámetros: distancia entre la cámara, el tamaño del sensor de la cámara, el objeto y el campo de visión o dimensión del objeto.

Figura 44. Lente



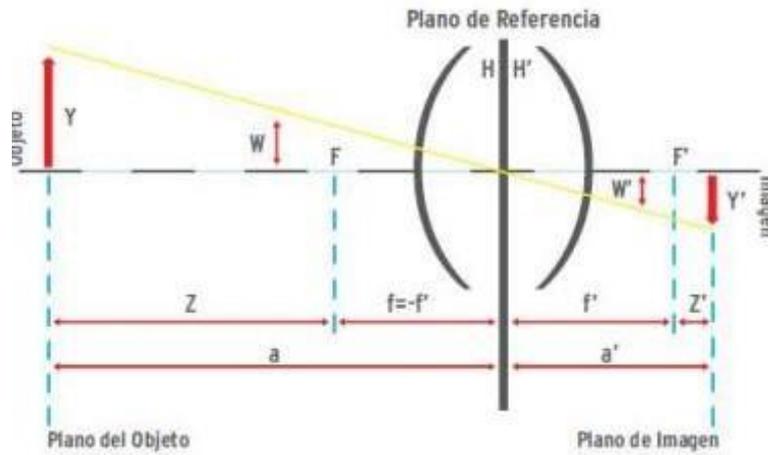
Fuente: Infopl, 2021

#### a. Distancia Focal

El espacio entre lente y el elemento sensor normalmente se mide en milímetros. La imagen capturada fija o variable sale normalmente invertida debido a la captura de imagen del elemento a mostrar que invierte la imagen al recibir los rayos de luz. A

cambiar el espacio focal se puede conseguir acercamiento un menor o mayor al objeto, a esto se le denomina zoom [6].

Figura 45. Distancia focal



Fuente: Infoplc, 2021

b. Enfoque.

Las ópticas con visión artificial su distancia de enfoque es normalmente variable, es importante que el objeto que será analizado esté perfectamente enfocado.

Figura 46. Anillo de enfoque



Fuente: Aula Clic, 2021

c. Apertura del diafragma.

Es el componente del objetivo que disminuye el requerimiento de luz que necesita la cámara y el CCD; su funcionamiento es muy parecido al iris humano que se extiende o bloquea permitiendo el ingreso de luz en consonancia con lo regulado. Esto se mide en números f [6].

Figura 47. Apertura del diafragma



Fuente: Infopl, 2021

d. Selección del lente.

Para seleccionar el lente se deberá de seguir la siguiente fórmula.

Figura 48. Fórmula para seleccionar el lente.

Características que se necesitan para la selección correcta de la distancia focal.

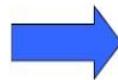
b = Tamaño del sensor CCD

B= Anchura del objeto

f = Distancia Focal

D = Distancia de trabajo

c = Factor de conversión del tamaño del sensor



$$f = \frac{b * D}{B} * c$$

Fuente: Infopl, 2021

e. Tipos de lentes.

i. Lentes estándar

Es la más utilizada en visión artificial a nivel industrial, se distinguen por ser robustas y durables frente a las vibraciones y golpes. Estos lentes ocasionan algunos factores que limitan su exactitud y la repetitividad de la medición, los cuales causan cambios de aumento debido al movimiento del objeto, una imagen distorsionada, baja resolución, incorrecta perspectiva, etc.

Figura 49. Lentes de Maquinarias

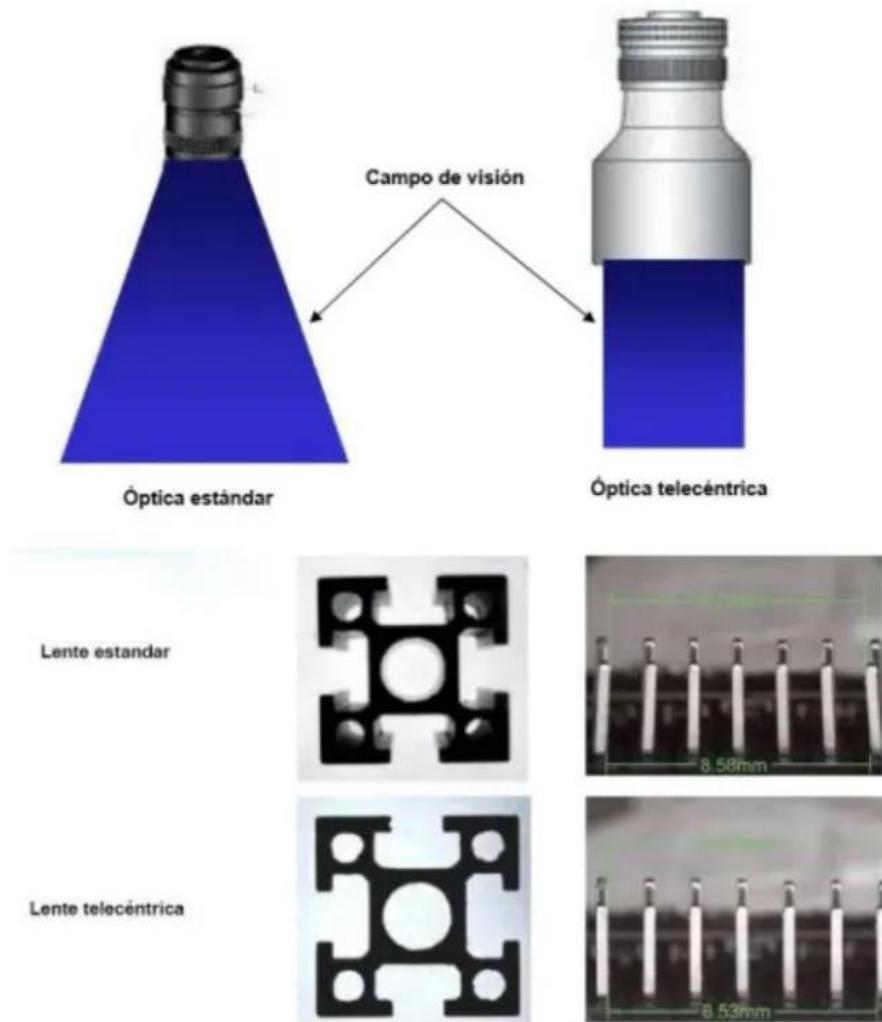


Fuente: Universe Optics, 2021

j. Lentes telecéntricas.

Posibilita el flujo de los rayos de luz paralelos originarios de la escena. El diámetro del lente debe ser más grande que la pieza a visualizar encareciendo su uso 10 veces más con respecto a los lentes estándar [8].

Figura 50. Tipos de lentes.



Fuente: Bcnvision, 2016

iv) Sensor de la cámara

Generalmente las cámaras en estado sólido se basan en mecanismos de cargas acopladas o Charge Coupled Devised (CCD), inyección de carga o Charge Injection Devised (CID) o las cámaras de integración o Time Delay Integration (TDI). Una de las últimas tecnologías es el semiconductor complementario de óxido metálico o Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (CMOS) que operan bajo un principio similar basado en el efecto fotoeléctrico.

En el sistema los fotones de luz recorren una estructura cristalina compuesta por silicio, los fotones son atraídos generando pares electrón-hueco. Los pares generados serán proporcionados a la magnitud de la luz que incida hacia el elemento sensor.

La mayoría de las cámaras de estado sólido están basadas en dispositivos de cargas

acopladas o CCD (Charge Coupled Device), inyección de carga o CID (Charge Injection Device) o las cámaras de integración o TDI (Time Delay Integration). Otra tecnología pujante es la CMOS. El funcionamiento básico es similar y está fundado en el efecto fotoeléctrico. Los fotones de la luz atraviesan una estructura cristalina de silicio y son incorporados creando pares electrón-hueco. La cantidad de pares electrón-hueco será proporcional a la intensidad de luz que ha incidido sobre el elemento sensor [9].

El objetivo del mecanismo de visión es la de realizar la conversión de los haces de luz hacia un espectro digital, de esta forma se obtiene información que puede ser procesada para determinar sus características distintivas. Esto dependerá no solo de la lente sino también del sensor que se encuentra acoplado a la cámara, cuanto mejores sean las características más precisas serán las mediciones. Las dimensiones de la pieza, la capacidad de tolerancia de inspección u otros parámetros establecerán las resoluciones demandadas. Una resolución mayor permitirá obtener una imagen más detallada.

Figura 51. Sensor para cámara



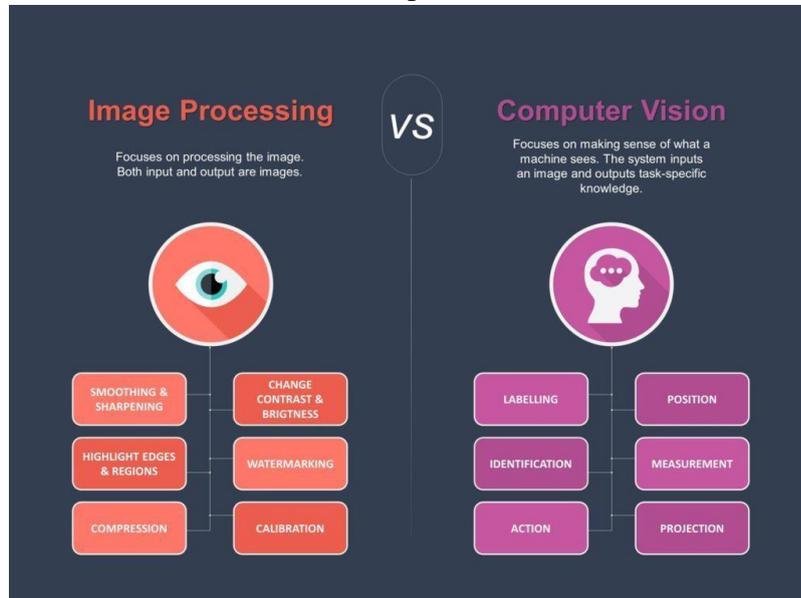
Fuente: Elion, 2021

v) Procesamiento.

En este proceso se asignan algoritmos que evalúan las imágenes y obtienen la información que se requiere, realizan la inspección solicitada y toman una decisión. Después, la comunicación se ejecuta por medio de señales E / S discreta o información remitida por medio de una conexión en serie a un instrumento que registra la información o utilizándola. Mediante el procesamiento es posible generar información

a través de una imagen digital de forma externa a un sistema basado en una computadora, o de forma interna mediante una visión independiente.

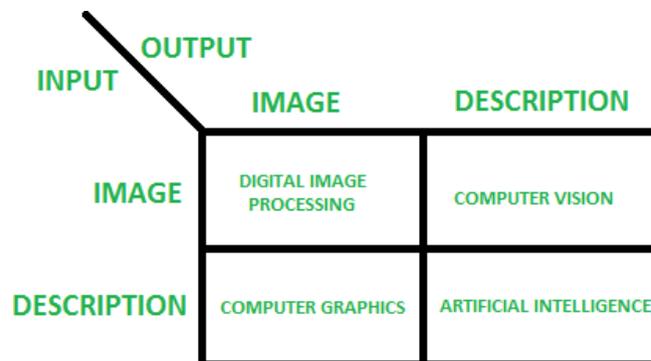
Figura 52. Procesamiento de Imagen Humana vs Visión de Computador



Fuente: Icodes, 2019

El procesamiento de imágenes se realiza mediante un software especializado y posee varios pasos. El primer paso es la adquisición de la imagen por el sensor, en ocasiones es necesario que la imagen necesite un procesamiento preliminar para mejorar la imagen y asegurar que todas las características que se necesitan destaquen. En segundo lugar, el software identifica las características requeridas, realiza las mediciones y las relaciona con los datos especificados previamente. Por último, toma una decisión en base a la información y comunica los resultados obtenidos.

Figura 53. Procesamiento de Imagen Digital.



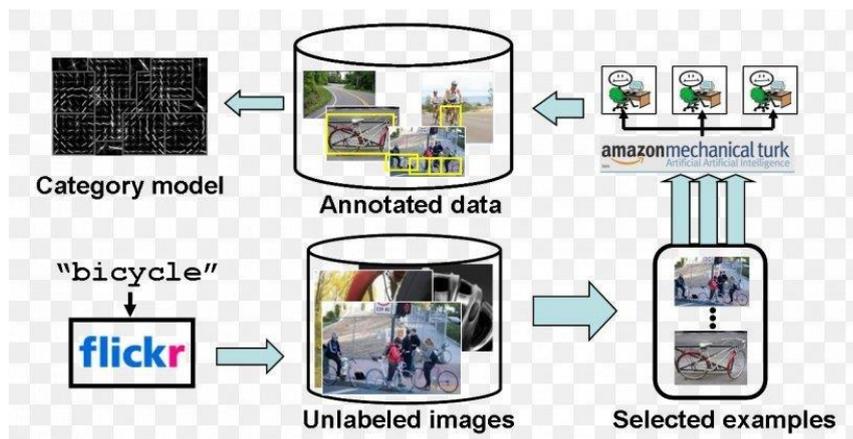
Fuente: Programmer Sought, 2021

## vi) Comunicación

Los sistemas de visión artificial con frecuencia usan diversos componentes estándar, para una operación eficiente, estos elementos deben conectarse a otros elementos del mecanismo de manera coordinada, rápida y sencilla. Normalmente esto se realiza utilizando una señal E / S discreta o mediante datos que son enviados con la ayuda de una conexión en serie a un mecanismo que registra la información o utilizandola. La conexión de puntos E

/S discretos a un controlador lógico o programable logic controlator (PLC), que utiliza la información para operar una celada de trabajo o un indicador, este puede ser una luz de pila o un solenoide programado para operar un mecanismo de rechazo. Los datos son comunicados a través de una comunicación en serie, la salida puede darse utilizando un RS- 232 convencional o una red Ethernet.

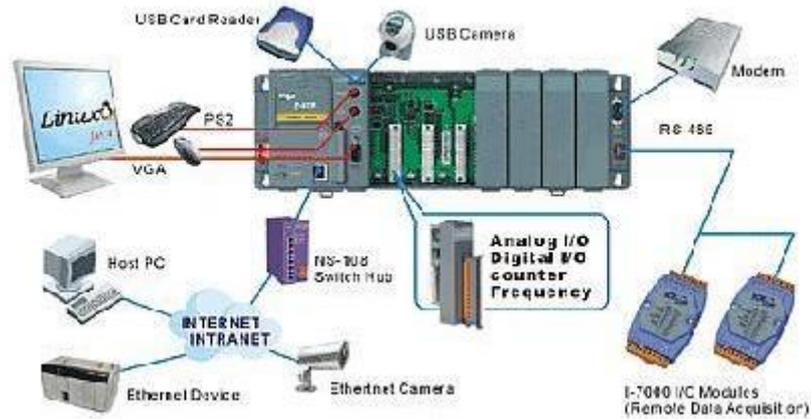
Figura 54. Esquema de comunicación



Fuente: Computer Vision Active Learning Machine Learning Computer Science, 2019

Además, existen sistemas que emplean un protocolo industrial especializando de nivel superior como Ethernet / IP, estos sistemas pueden conectarse a monitores o interfaces de operación para facilitar un interfaz de operador particular para cada aplicación de control de los procesos oportunamente.

Figura 55. Red de Comunicación Industrial

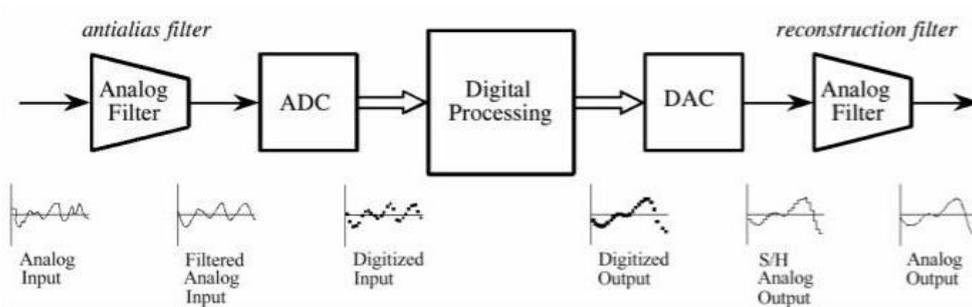


Fuente: Rodríguez, 2012

### 2.1.6. Procesamiento de señal de imágenes

Dentro de las ciencias de la computación, la visión del computador es una rama que permite los ordenadores el identificar, ver y el procesar imagen de manera similar a como lo hace la visión humana, para brindar un rendimiento acertado. Sería como brindar inteligencia e instintos humanos a una computadora. Pero en la aplicación práctica es un procesos difícil y complejo el posibilitar que las computadoras identifiquen imágenes de diversos objetos. El desarrollo de la visión de computadora está íntimamente ligado con la inteligencia artificial, debido a que las computadoras deben tener la capacidad de interpretar las imágenes que ven y consecuentemente realizar una evaluación apropiada o proceder en consecuencia a información.

Figura 56. Diagrama de procesamiento Digital de Imágenes



Fuente: Escola Técnico Superior d' Enginyeria, 2010

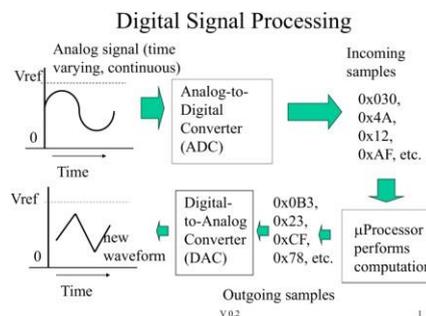
Entonces la visión de computadora no tiene como única finalidad que una computadora pueda ver sino también la de procesar y proporcionar resultados útiles en base a la observación. Por ejemplo, un ordenador puede generar una imagen 3D



procesamiento de imágenes tratan a las imágenes como señales bidimensionales, al mismo tiempo aplican métodos de ya definidos. Esta tecnología se encuentra en auge y es de rápido desarrollo en la actualidad, tiene extensas aplicaciones en diversas áreas de negocio.

Además, el procesamiento de imágenes se convierte en un área de investigación central dentro de disciplinas como la ingeniería y las ciencias de la computación.

Figura 58. Factores de procesamiento de señales digitales.



Fuente: IEEE, 2021

El procesamiento de imágenes incluye básicamente los siguientes pasos.

Para un procesamiento correcto de las imágenes se realizan las siguientes etapas:

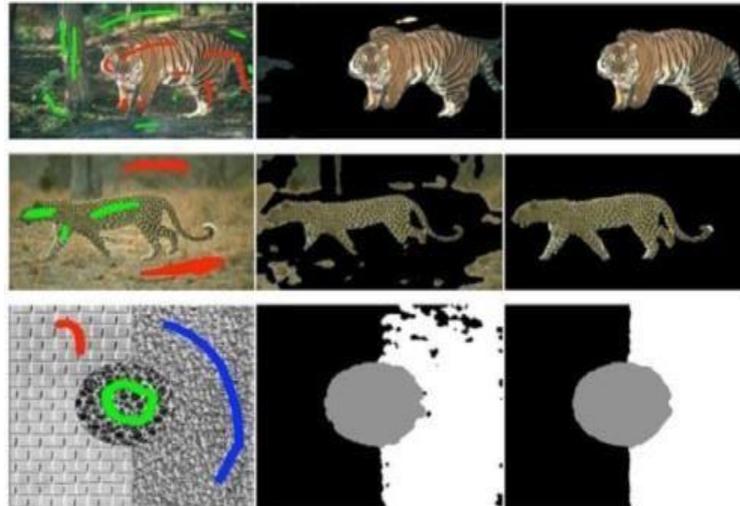
- Introducción de una imagen mediante un escáner óptico o una fotografía digitalizada.
- Análisis y manipulación de la imagen, incorporando un proceso de compresión de datos si es requerido.

Los objetivos del procesamiento de las imágenes pueden ser los siguientes:

- 1) Visualización – Identificar los objetos que no son observables.
- 2) Nitidez y restauración de imágenes – Generar una mejor imagen en base a la información recibida.
- 3) Recuperación de imágenes: Reconocer imágenes de interés.
- 4) Medición del patrón: Realizar mediciones de objetos incluidos en la imagen.
- 5) Reconocimiento de imágenes: Discriminar los objetos que componen una imagen.

El procesamiento digital de las imágenes es el objetivo principal del presente proyecto, en la figura 59 se puede identificar el proceso de mejora de calidad de las imágenes.

Figura 59. Procesamiento Digital de Imágenes



Fuente: Elion, 2021

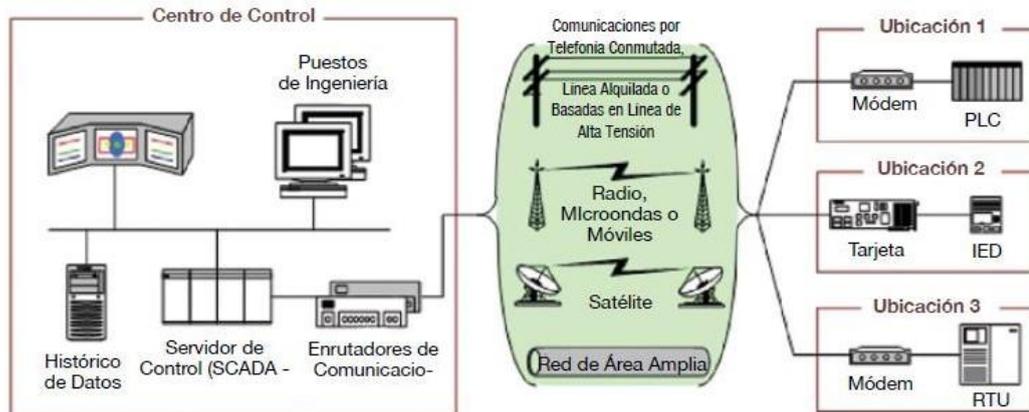
### 2.1.7. Sistema de control

Para las empresas el uso eficiente de recursos es necesario para mantener un costo reducido de los productos, esto permite una actualización de producto y sus capacidades de competencia en el mercado y además permite un aumento en la rentabilidad de una planta. Hoy en día las tecnologías aplicadas a los sistemas de control informático y los sistemas de información son de aplicación general en gran parte de la industria de procesos, debió a que pueden generar importantes parámetros de rentabilidad a nivel técnico y económico.

Los sistemas de información permiten que el personal operativo asignado produzca un rendimiento óptimo de productos con una variación mínima de calidad, con un consumo reducido de energía y materias primas garantizando la máxima eficiencia. Mientras que el control de procesos centralizado unido con una mayor mecanización mejora los índices de productividad.

La financiación de los sistemas de control de procesos ha jugado un papel importante en el desarrollo de la calidad de los productos y la reducción de los costes operativos, además otorgan una importante ventaja competitiva frente a otros laminadores. Esto ha influido en el mercado porque ha impuesto que otras empresas utilicen el control de procesos para mantener su competitividad. Es así que los sistemas de control de procesos como los PLC, DCS y PC se han generalizado en este tipo de industrias

Figura 60. Tipos de Sistemas de control Industrial



Fuente: Deusto, 2021

### 2.1.8. PLC

El controlador lógico programable o programing logic controlator (PLC) fue un mecanismo desarrollado por la empresa Generals Motors en 1968 para reemplazar los sistemas de relés, en general estos sistemas se emplazan en campo, muy cerca de las unidades de proceso. Estos dispositivos se caracterizan por sus dimensiones reducidas y su fácil operación.

Su interfaz se encuentra simplificada y posee un interruptor de botón con una luz indicadora de estado, la evolución de estos mecanismos en su segunda generación contiene un sistema de conversión analógica a digital y brindan un soporte lógico suficiente para la configuración de bucles de control simples. En el mercado actual existen 2 tamaños de PLC, los pequeños desarrollados como reemplazos de los relés que proporcionan un sistema de control confiable para un sector independiente de su proceso, y los PLC de tamaño mediano que tienen como objetivo ejecutar funciones de reemplazo de relés que se separaran de estos, también pueden ejecutar tareas de conteo, temporización y realizar operaciones matemáticas complejas. Los PLC de tamaño medio también pueden realizar trabajos de PID, avance y control. Además, los PLC poseen cualidades de transporte de datos y pueden operar en entornos DCS2.

Los PLC de la marca Siemens son los más difundidos en el mercado industrial, en la figura 61 se observa un PLC Siemens S7-1200.

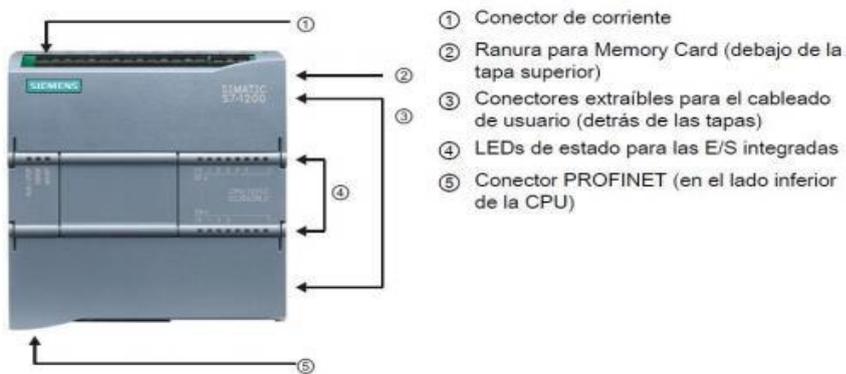
Figura 61. PLC ST1200 SIMENS



Fuente: World Industrial Automation, 2021

La unidad central de procesos o central processor unit (CPU), se encuentra conformado por un microprocesador, una fuente de alimentación eléctrica integrada, circuitos de entra y salida (E/S), un sistema de comunicación PROFINET integrada, entradas analógicas incorporadas y circuitos E/S de control de movimiento de alta velocidad. Respecto a la comunicación, pueden añadirse módulos complementarios para operar en redes PROFIBUS, GRPS, RS485 o RS232.

Figura 62. Vista frontal de un PLC S7-1200



Fuente: Espino, 2019

Este equipo contiene las siguientes componentes, para la transmisión de asignaturas de Automatización Industrial (AI) y de Automatización Avanzada (AA):

- 12 CPU de 1215C AC/DC/RLY
- 12 módulos de 16 entradas digitales y 16 salidas digitales SIMATIC S7-1200
- 12 licencias de software SIMATIC STEP 7 TIA PORTAL BÁSICO
- interfaces HMI KTP 1200 Básico

- switches compactos con 4 puertos RJ45 SIMATIC S7-1200 CSM 1277
- 2 fuentes eléctricas de alimentación Power Module PM1207
- antenas omnidireccionales IWLAN ANT795-6MP
- puntos de acceso para redes inalámbricas SCALANCE W761-1 RJ45
- cables R-SMA confeccionados para la conexión de ANT795-6MP

### Características y especificaciones técnicas

La tabla 2 detalla las características técnicas fundamentales para los equipos recibidos.

Tabla 2. Características del CPU

Característica	Unidades
<b>Memoria de usuario</b>	100 [kB] de trabajo
	4 [MB] de carga
	10 [kB] remanente
<b>E/S integradas locales</b>	14E/10S (Discretas) 2E/2S (Analógicas)
<b>Memoria imagen de proceso</b>	1024 [bytes]
<b>Área de marcas</b>	8192 [bytes]
<b>Slots de ampliación con módulo de señales</b>	8
<b>Slots de ampliación con módulo de comunicación</b>	3
<b>Contadores rápidos (HSC)</b>	6
<b>Generadores de impulsos</b>	4
<b>Puertos PROFINET</b>	2 (Ethernet)

Fuente: Espino, 2019

La serie S7-1200 de CPU posee una memoria de usuario segmentada en 3 tipos:

**De carga:** Permite el almacenamiento de forma asociada al programa del usuario la configuración del equipo y los parámetros del sistema.

**De trabajo:** Reúne las partes del programa de usuario que son pertinentes para la realización del programa, los elementos del proyecto son duplicados por el CPU partiendo desde la memoria de carga de trabajo. La ejecución del programa se realiza únicamente desde el área concerniente a la memoria de trabajo.

**Remanente:** Este segmento se usa para el almacenamiento de datos de manera conductiva a la memoria de trabajo. Si se produjese algún corte en la fuente de alimentación eléctrica, el CPU podría restablecer una vez más ciertos parámetros a través de la memoria remanente.

Figura 63. Vista frontal de un PLC con CPU 1215C



Fuente: Espino, 2019

Figura 65. Características de los módulos E/S

Característica	Unidades
<b>Entradas discretas</b>	16
<b>Salidas discretas</b>	16 a relevador
<b>Voltaje a las entradas (configurable)</b>	[20.4, 28.8] [V]
<b>Corriente de entrada permitida</b>	[1.0, 4.0] [mA]
<b>Voltaje a las salidas permitido</b>	[5, 250] [V <sub>CA</sub> ] [5, 30] [V <sub>CD</sub> ]
<b>Corriente máxima a la salida</b>	2 [A]
<b>Voltaje en las bobinas</b>	24 [V <sub>DC</sub> ]

Fuente: Espino, 2019

Figura 66. Características de la HMI KTP1200



Característica	Unidades
<b>Modo de operación</b>	Táctil + Teclas
<b>Tamaño</b>	12.1 [in]
<b>Resolución</b>	1200 x 800 [píxeles]
<b>Memoria de usuario</b>	10 [MB]
<b>Número de variables máximo</b>	800

Fuente: Espino, 2019

Figura 67. Interfaz HMI 1200 Basic



Fuente: Espino, 2019

## Introducción al entorno de programación TIA Portal

Los programas de control de PLC pueden ser editados mediante el entorno de programación TIA Portal de forma simple, además esta programación habilita la conexión de redes entre múltiples equipos o dispositivos como los HMI, o los módulos de control de motores, por ejemplo, los softwares que se utiliza es el SIMATICA, este utiliza instrumentos de control para los PLC S7-1200 y los paneles de serie HMI Basic Paneles. De igual forma el STEP 7 proporciona la oportunidad de operar con los lenguajes de programación siguientes:

Lenguaje de contactos o Kontakplan (KOP). Utiliza un diagrama de contactos o lógica de escalera. (LD o LAD).

Bloques de función o Function Block's (FB's): Utiliza un diagrama de funciones o programación en bloques (FUP o FBD).

Lenguaje estructurado de control o Structured Control Lenguaje (SCL): Utiliza una programación basada en texto.

### Componentes principales del entorno y de la interfaz

El software TIA Portal brinda la probabilidad de operar mediante el uso de la vista que permita un mejor cumplimiento de los requerimientos de desempeño del usuario. La vista portal permite la inspección de diferentes bloques conocidos como portales, y como se encuentran orientados hacia labores determinadas y como se encuentran configurados de acuerdo a las tareas de las herramientas que las comprenden.

Área de portales: En esta sección se observan los distintos bloques con funciones estructuradas de acuerdo al software.

Tareas de portal: En esta sección se observan todas las tareas de las que dispone el software para escoger la que se requiere según las necesidades de operación.

Panel de selección: Muestra las opciones para la actividad seleccionada.

Cambio de vista: Habilita el intercambio de vista del proyecto.

Al igual que en diferentes lenguajes de programación, en el PLC S7-1200 se cuentan con 2 tipos de variables mediante las cuales se pueden ordenar los datos en el programa.

Variables globales: Engloba los datos intangibles en cualquier sección del programa

y opera la comunicación de entradas, salidas y las marcas de memoria.

VARIABLES LOCALES: Engloba todos los datos que no son notorios en un bloque específico, debido a que no es posible acceder a ellos desde ninguna otra parte del programa, estas variables permiten el almacenamiento temporal de bloques que se utilizan para el procesamiento de datos.

En la siguiente tabla se observa los parámetros generales de ambos tipos de variables.

Tabla 3. Características de las variables globales y locales del PLC S7-1200

Característica	VARIABLES GLOBALES	VARIABLES LOCALES
<b>Rango de validez</b>	Accesibles desde cualquier parte del PLC  El nombre de la variable debe ser único para todo el PLC	Accesible sólo dentro el bloque donde fue declarada  El nombre de la variable debe ser único dentro del bloque
<b>Operandos</b>	Entradas Salidas Marcas  Variables en bloque de datos Temporizadores/contadores	Variables temporales (en todos los bloques lógicos) Variables estáticas (sólo en FB)
<b>Área de declaración (definición)</b>	Tabla de variables del PLC Bloque de datos globales	Área de declaración del bloque
<b>Representación simbólica</b>	Las variables globales se representan entre comillas ("Variable")	Las variables locales van precedidas por # (#Variable)

Fuente: Espino, 2019

El CPU está capacitado para operar, dentro de las variables locales como las globales distintos tipos de datos, esto le permite determinar su longitud, dimensión de memoria que ocupa, así como identificar la forma como debe ser procesada. Cada una de las instrucciones de programación utiliza una determinada cantidad de parámetros de entrada, y a pesar de que algunos parámetros pueden recibir distintos tipos de datos, si estos no conciernen con el bloque delimitado, las instrucciones no se ejecutaran adecuadamente o por el contrario no se ejecutarán en absoluto e indicaran un error. Los parámetros formales están constituidos por instrucciones que indican la ubicación de los datos que deben ejecutarse, por ejemplo, una entrada IN1 correspondiente a una instrucción ADD.

Cada parámetro vigente corresponde a una ubicación de memoria o constante que posee los datos que debe usar la instrucción, estos se expresan en caracteres

precedidos por “%”, como puede ser él %MD400, cada tipo de datos posee un parámetro vigente que es definido por el usuario y que debe coincidir con uno de los tipos de datos soportados por los parámetros formales definidos por la instrucción.

A continuación, se presentan las tablas en donde se describen los datos con los que el CPU puede operar:

Tabla 4. Tipo de datos bit y secuencia de bits

Tipo de dato	Tamaño en bits	Tipo de número	Rango numérico
<b>Bool</b>	1	Booleano	FALSE/TRUE
		Binario	0 o 1
		Octal	8#0 o 8#1
		Hexadecimal	16#0 o 16#1
<b>Byte</b>	8	Binario	2#0 a 2#11111111
		Entero sin signo	0 a 255
		Octal	8#0 a 8#377
		Hexadecimal	B#16#0 a B#16#FF
<b>Word</b>	16	Binario	2#0 a 2#1111111111111111
		Entero sin signo	0 a 65535
		Octal	8#0 a 8#177777
		Hexadecimal	W#16#0 a W#16#FFFF, 16#0 a 16#FFFF,
<b>DWord</b>	32	Binario	2#0 a 2#11111111111111111111111111111111
		Entero sin signo	0 a 4294967295
		Octal	8#0 a 8#3777777777
		Hexadecimal	DW#16#0000_0000 a DW#16#FFFF_FFFF, 16#0000_0000 a 16#FFFF_FFFF

Fuente: Espino, 2019

#### Pasos de procesamiento y ejecución del programa S7-1200

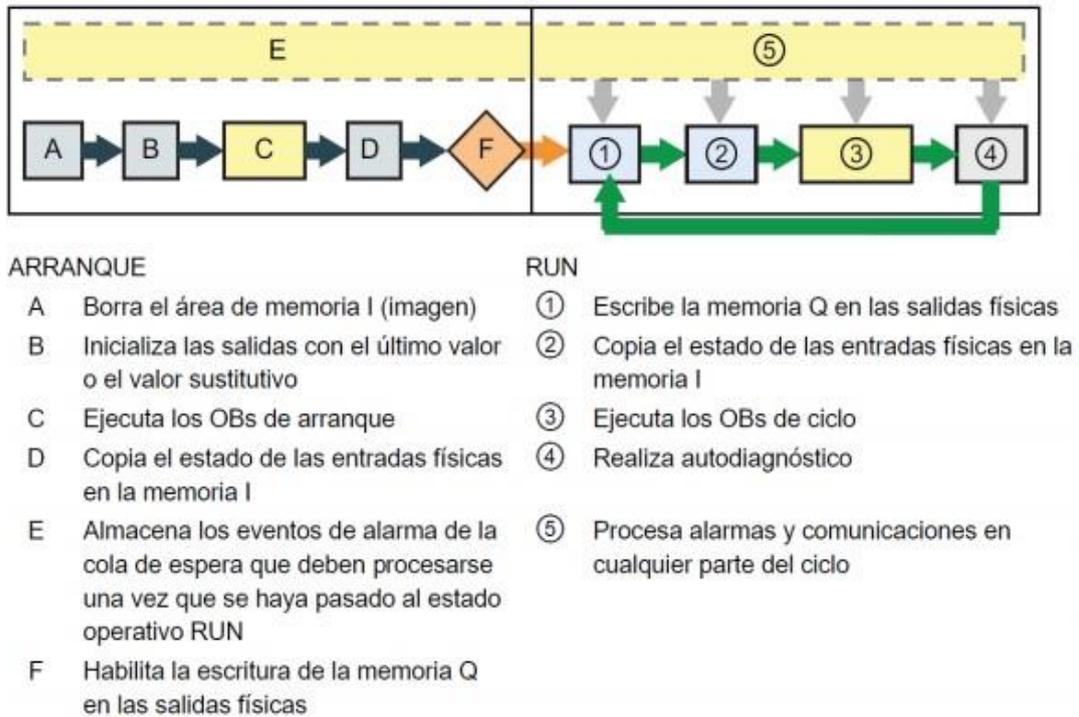
El CPU posee tres estados de operación y opera de acuerdo al estado en que se encuentre para emitir las tareas que PLC puede ejecutar.

**STOP:** Al operar en este modo el CPU no realiza ninguna instrucción, en este estado se pueden realizar modificaciones al programa cargado, así como ingresar o descargar proyectos al dispositivo.

**ARRANQUE:** Es un estado intermedio entre el STOP y RUN, se da cuando se energiza el PLC después de haber estado desconectado e la fuente de alimentación. Si se detectan eventos de alarma, esto no son ejecutados.

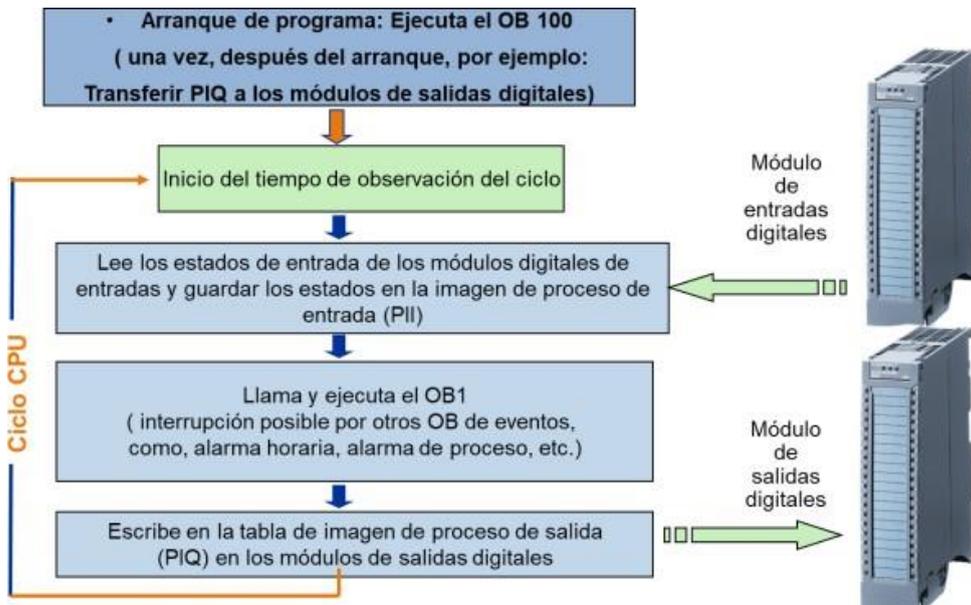
**RUN:** Es el estado de ejecución del programa, durante el cual se procesan lo OB cíclicos del programada, Mientras el CPU se encuentra en este estado se toman en cuenta interrupciones, así como el procesamiento de eventos de alarma.

Figura 64. Esquema de ejecución de los estados de ARRANQUE Y RUN.



Fuente: Espino, 2019

Figura 65. Resumen del ciclo de ejecución del programa de usuario.



Fuente: Espino, 2019

## 2.2. Marco Conceptual

### 2.2.1. Sensores

Son dispositivos que captan magnitudes físicas y químicas como es la variación de la luz, temperatura, sonido, fuerza, presión, etc. Su función es captar estas magnitudes a través de un transductor y convertirlos en energía eléctrica para luego ser convertido en un impulso digital.

Tipos de Sensores

Sensor de temperatura

Normalmente estos sensores son utilizados para medir la temperatura del aire o de cualquier superficies líquidas o sólidas. Estos sensores se pueden clasificar en:

- i. Eléctricos: Termocuplas, termorresistencias, diodos, termistores, sensores de silicio.

Figura 66. Termocupla



Fuente: Deusto, 2021

- ii. Mecánicos

Sistema de dilatación, termómetros con vidrio, termómetros bimetálicos

Figura 67. Termómetro de dilatación de Líquido

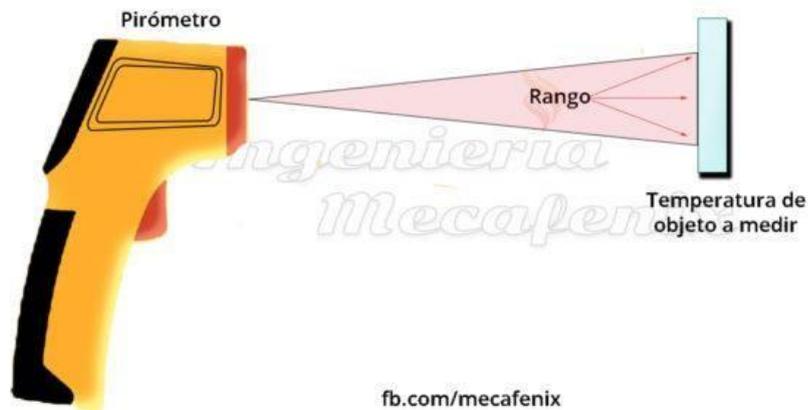


Fuente: WIKA, 2021

iii. Radiación térmica:

Pirómetros de radiación, óptico, pasa banda, termómetros infrarrojos. Entre otros.

Figura 68. Pirómetro de Radiación.



Fuente: Mecafenix, 2021

### 2.2.2. Actuadores

Son dispositivos esenciales de naturaleza mecánico cuyo objetivo es proveer fuerza para mover u operar otro dispositivo mecánico. La fuerza que ejerce el actuador puede proceder de 3 tipos de fuentes: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica. De acuerdo al tipo de fuerza que utilice el inicio de la fuerza el actuador se designa como neumático, hidráulico o eléctrico respectivamente.

Tabla 5. Actuadores

	<u>Actuador Neumático</u>	<u>Actuador Eléctrico</u>	<u>Actuador Hidráulico</u>
<b>Fuerza Generadora de Movimiento</b>	Presión de aire	Energía eléctrica	Presión hidráulica
<b>Elemento Motriz</b>	Émbolo, Pistón o Veleta	Motor Eléctrico	Émbolo, Pistón o Veleta
<b>Transmisión de Fuerza o Torque</b>	Eje o Cremallera	Reductor	Eje
<b>Conversión mecánica</b>	Yugo o Piñón	- No hay -	Yugo o Piñón

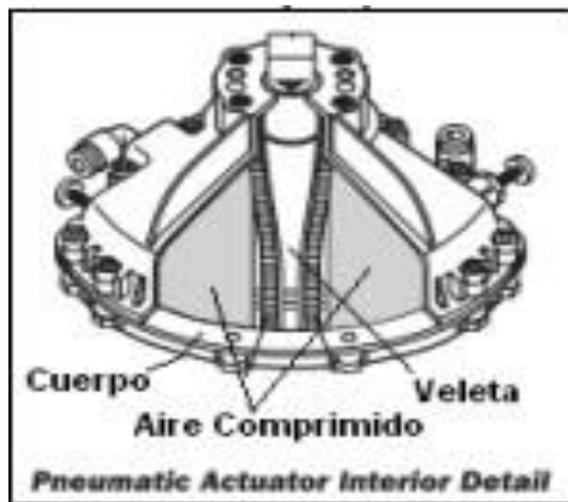
Fuente: DIS UIA, 2013

## Tipos de actuadores

### Actuador Rotatorio Neumático

Se concatena el aire comprimido a una de las caras del émbolo o veleta, produciendo una fuerza en sentido de la extensión del espacio entre el émbolo y la pared del cilindro o cuerpo.

Figura 69. Actuador de Veleta única

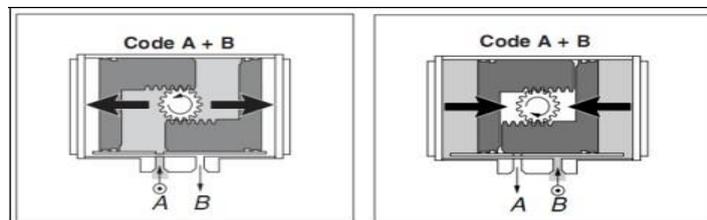


Fuente: DIS UIA, 2013

Existen 3 tipos de actuadores neumáticos

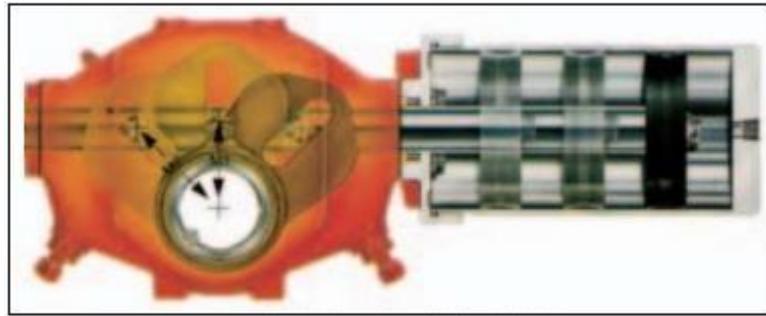
- Piñón y cremallera.
- Veleta.
- Yugo Escocés.

Figura 70. Actuador de Piñón y cremallera.



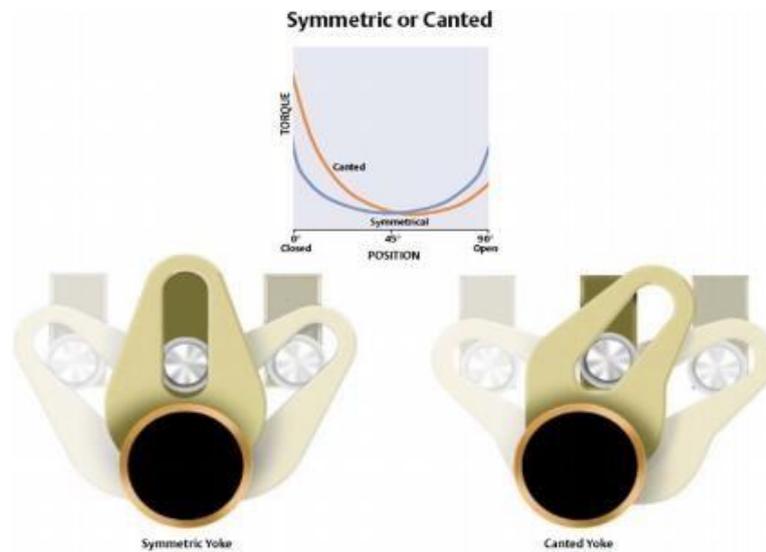
Fuente: DIS UIA, 2013

Figura 71. Actuador de Yugo Escocés



Fuente: DIS UIA, 2013

Figura 72. Curva de Torque Escocés



Fuente: DIS UIA, 2013

Figura 73. Característica de ambos tipos de actuadores

TIPO	RANGO de movimiento <sup>(+1)</sup>	Tipo de Torque	Rango de TORQUE
Piñón y Cremallera	0° a 90° (180° y 270°) <sup>(+2)</sup>	Constante	Torques Bajos y Medios
Yugo Escocés	0° a 90°	Variable	Torques Medios y Altos
Veleta	0° a 90° (180° y 270°) <sup>(+2)</sup>	Constante	Torques Bajos

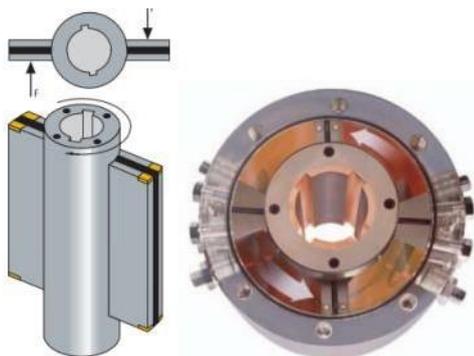
Nota (+1) Los rangos de movimiento de los actuadores usualmente son ajustables en rangos +/- 1° en cada lado hasta +/- 5° a cada lado o mas.  
 Nota (+2) También disponible en 180° y muy raramente en 270°.

Fuente: DIS UIA, 2013

### Actuador Hidráulico

Para la función hidráulica se vincula la presión a una de las caras del émbolo o veleta causando fuerza en el sentido de la expansión entre el émbolo y la pared del cilindro o el cuerpo.

Figura 74. Actuador de veleta rotatoria doble



Fuente: DIS UIA, 2013

### Actuador Rotatorio Eléctrico

La operatividad del actuador eléctrico consiste en alimentar los bornes correspondientes para que el motor actúe en el sentido indicado. Usualmente viene con un controlador local o de botonera que hace el procedimiento más sencillo. Sin embargo, para la automatización remota del actuador, se debe examinar el esquema del cableado que viene en el actuador.

Figura 75. Actuador rotativo eléctrico



Fuente: Interempresas, 2021

### 2.2.3. Controlador

Es una herramienta que relaciona el valor deseado con el valor medio, mediante una comparación calcula error mediante la diferencia entre los valores medidos y el valor requerido, gracias a esto puede proceder a corregir el error. Su objetivo es la elaboración de la señal de control que habilita que la variable controlada pueda retribuir a la señal de referencia.

Figura 76. Controladores lógicos programables



Fuente: Cursos Informatica Online, 2021

### Tipos de Controladores

#### Controlador Proporcional (P):

En estos controladores la señal de accionamiento es equitativa a la señal de error del sistema.

#### Controlador de acción Proporcional e integral (PI):

Actúa en coordinación con reguladores de una acción proporcional, integrándose a los dos tipos de reguladores, primero entra en acción el regulador proporcional mientras que el integral se ejecuta durante un intervalo de tiempo.

#### Controlador de acción proporcional y derivativa (PD):

El controlador derivativo se contrapone a desviaciones de la señal de entrada, con una respuesta que es proporcional a la rapidez con que se elaboran estas.

#### Controlador de acción Proporcional, integral y derivativa (PID):

Tiene la ventaja de presentar una respuesta muy rápida y una retribución de la señal de error próxima en el caso de perturbaciones.

### Sistema HMI

Las pantallas HMI están consideradas esencialmente como HMI, es decir, como interface entre el hombre y la máquina para poder visualizar la disposición e inmersión de mando y ciertos datos.

Además, las HMI de Siemens están consideradas para un entorno industrial.

Son táctiles, con botones físicos en algunos casos con un alto grado de seguridad contra lo que nos podemos disenter en la industria (típicamente IP65).

Son robustas, y en general, suelen dar diminuto conflicto.

No necesitan mantenimiento, solo un buen cuidado de la pantalla.

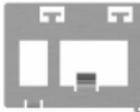
La conexión de estas pantallas con los PLC de Siemens es casi banal.

Figura 77. Equipamiento de los HMI COMFORT

<b>Carcasa</b>	Carcasa de plástico en variante de 4" Carcasa de aluminio presurizado en todas las variantes de dispositivo a partir de 7"
<b>Formato de montaje</b>	Montaje y uso de las variables táctiles en formato horizontal y vertical Al configurar la interfaz de usuario se debe seleccionar el formato correspondiente. Además hay que cambiar la orientación de la pantalla en el Start Center del panel de operador.
<b>Interfaces</b>	2 interfaces PROFINET (excepción: KP400 Comfort y KTP400 Comfort sólo tienen 1 interfaz PROFINET) Interfaz Gigabit PROFINET en los dispositivos a partir de 15" 1 interfaz PROFIBUS Interfaces USB 2.0: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz USB Host (tipo A) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 en la variante de 4"</li> <li>- 2 en las variantes de 7", 9" y 12"</li> </ul> </li> <li>• Interfaz USB Device (tipo Mini-B) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 en los paneles Comfort V1/1.1</li> </ul> </li> </ul>
<b>Pantalla</b>	Pantalla TFT de alta definición en formato de pantalla ancha con 16 millones de colores Gran ángulo de lectura Atenuable completamente
<b>Manejo</b>	En las variantes con teclado, el texto y los números se introducen igual que en un teléfono móvil. Todas las teclas de función que pueden configurarse libremente disponen de LEDs. Todas las teclas tienen un punto de presión definido para una mayor seguridad de manejo.

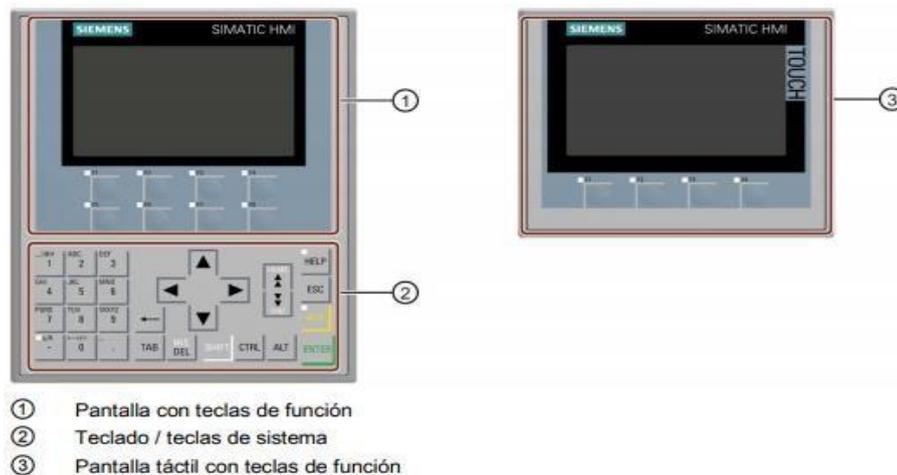
Fuente: Siemens, 2018

Figura 78. Volumen de Suministro

Nombre	Figura	Cantidad
Panel de operador		1
Instrucciones de instalación (Quick Install Guide)		1
Clips de montaje con tornillo prisionero o tornillo de cabeza cilíndrica	 Clip de montaje de plástico	6 KTP400 Comfort KP400 Comfort
	 Clip de montaje de aluminio	12 TP700 Comfort KP700 Comfort
	 Clip de montaje de acero	16 TP900 Comfort KP900 Comfort TP1200 Comfort KP1200 Comfort
Placa de descarga de tracción	Ejemplo: chapa de alivio de tracción KTP400/KP400 	12 TP1500 Comfort KP1500 Comfort TP1900 Comfort TP2200 Comfort
		1 KTP400 Comfort KP400 Comfort TP700 Comfort KP700 Comfort
Conector de alimentación		1

Fuente: Siemens, 2018

Figura 79. Estructura de los dispositivos



Fuente: Siemens, 2018

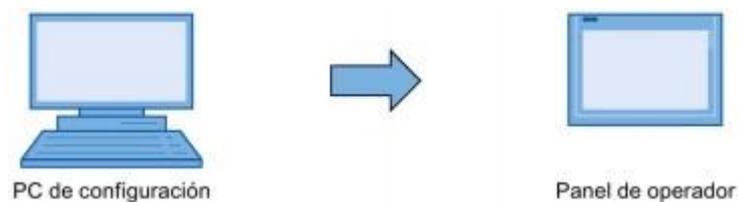
### Configuración

Durante la estructura se crean interfaces de usuario para maniobrar y observar el proceso técnico en un PC de configuración con WinCC a partir de la versión 11. La configuración abarca:

- Crear datos de proyecto.
- Guardar datos de proyecto.
- Probar datos de proyecto.
- Simular datos de proyecto.

Tras compilar la estructura se carga el proyecto en el panel de operador.

Figura 80. Configuración de la PC y Panel de Operador

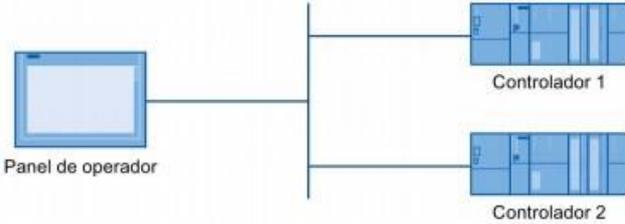


Fuente: Siemens, 2018

### Conducción del proceso

La administración del proceso se caracteriza por la comunicación equitativa entre el panel de operador y el autómata.

Figura 81. Conducción del proceso



Fuente: Siemens, 2018

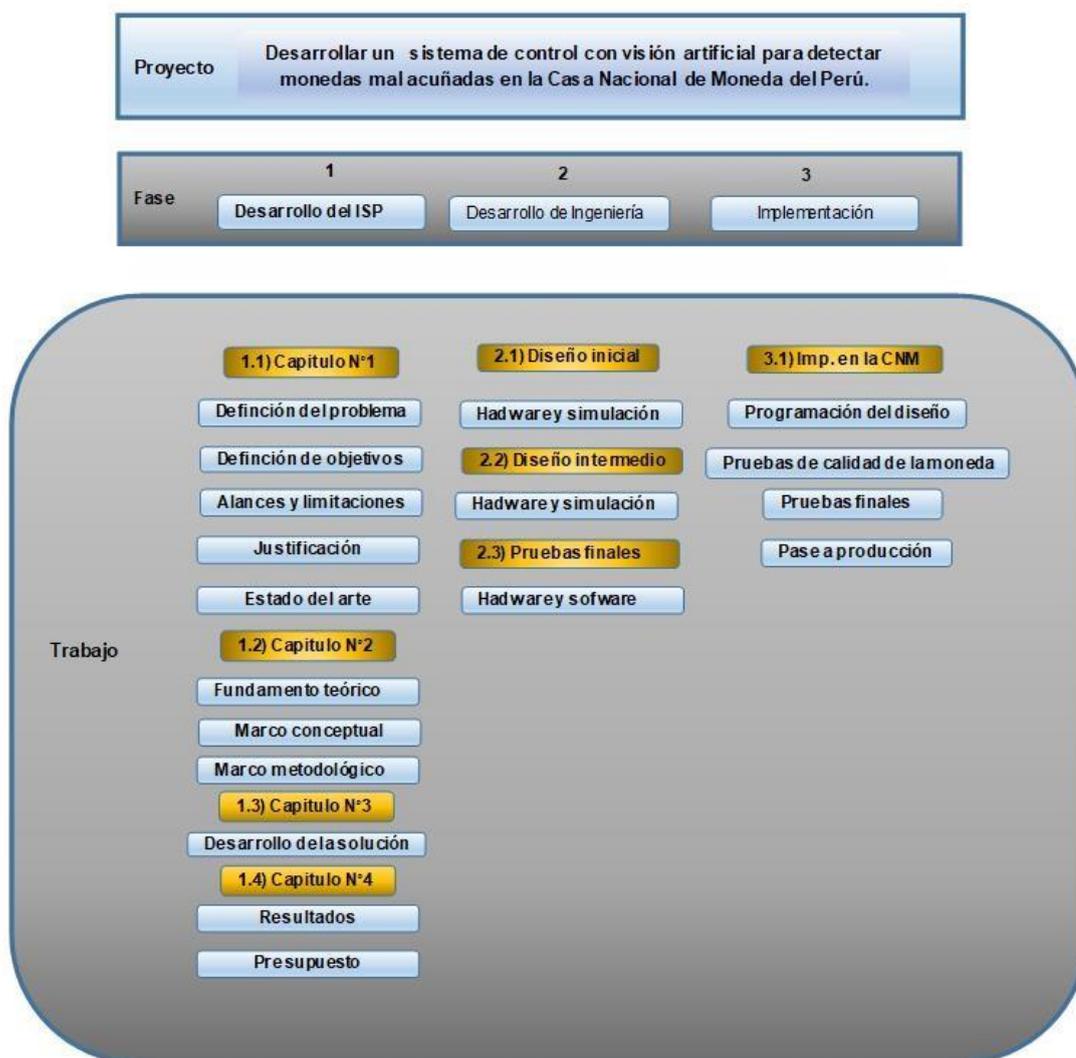
## CAPÍTULO 3

### DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

#### 3.1. Metodología de la Propuesta.

#### 3.2. Estructura desglosable del trabajo (EDT)

Figura 82. 1er Diagrama EDT

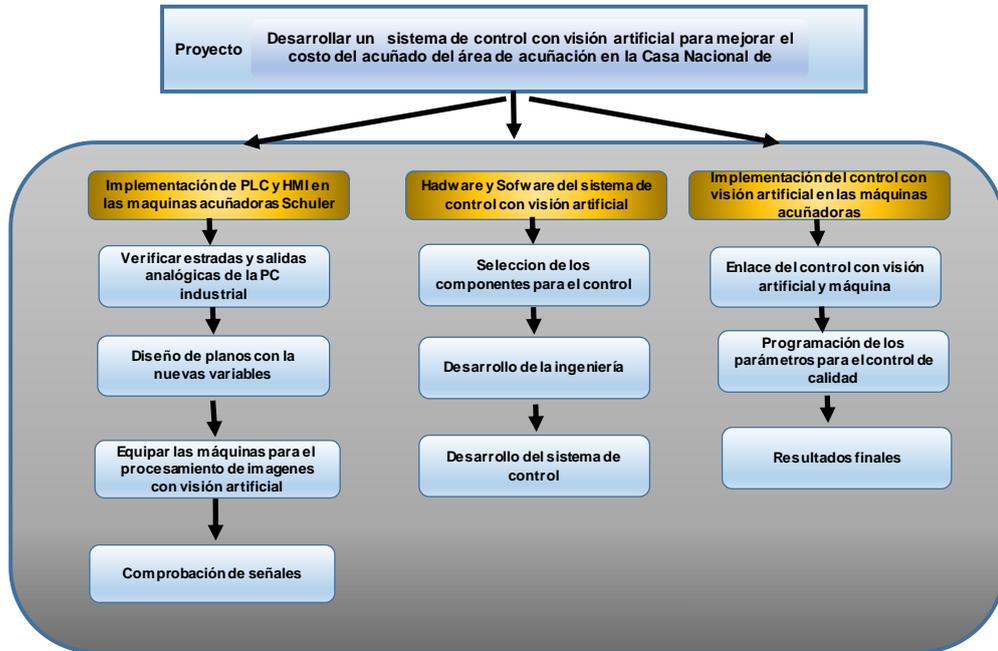


Fuente: Elaboración Propia

En este diagrama se indica el proceso general de todo el informe del proyecto desde la etapa inicial que es el desarrollo del ISP y todos sus capítulos donde está incluido la definición del problema, alcances, limitaciones, estado del arte, fundamento teórico, marco conceptual, desarrollo de la solución y resultados. Luego de fundamentar la viabilidad del proyecto se pasará al desarrollo del diseño e implementación del proyecto en la Casa Nacional de Monedas del Perú. Al finalizar la implementación se procederá con las pruebas de calidad respectiva y pase a producción.

Para la implementación y desarrollo del proyecto se elabora un segundo EDT, con la finalidad de poder detallar y dar un alcance de las características del proyecto a implementar.

Figura 83. 2da Diagrama EDT



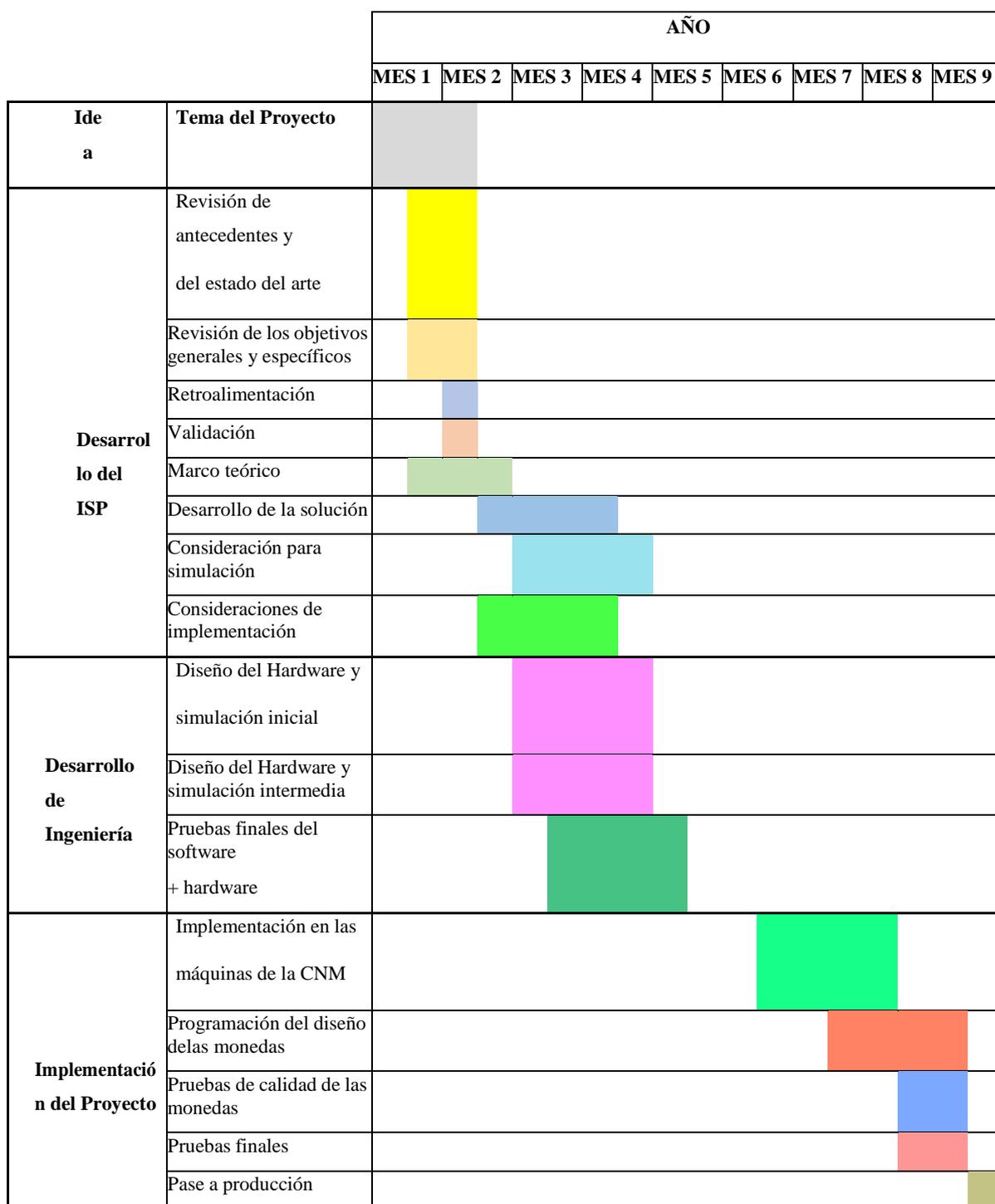
Fuente: Elaboración Propia

### 3.3. Cronograma del Proyecto.

#### 3.3.1. Diagrama de Gantt

Una perspectiva para realizar el proyecto se puede apreciar en la figura 84, se muestra los periodos planteados y las revisiones con la exposición final.

Figura 84. Mapa de Gantt



Fuente: Elaboración Propia

### 3.4. Pérdidas generadas en el acuñado de monedas.

#### 3.4.1. Programa de producción acuñado de monedas.

En la tabla 6, se muestra el programa de producción de monedas en el año 2019

Tabla 6. Reporte anual de producción del área de acuñación 2019

DENOM SI	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		TOTAL	
	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO
SI 0.10	11,000,000	10,999,841	15,500,000	15,599,309	12,500,000	12,378,573	6,873,866	5,919,415	5,600,000	6,299,893	10,000,000	10,522,436	9,700,000	9,536,662	7,900,000	8,006,064	14,200,000	13,993,200	10,400,000	10,400,000	8,200,000	8,218,473	5,126,134	5,126,134	117,000,000	117,000,000
SI 0.20	4,000,000	4,118,460	2,400,000	2,511,164	0	0	0	0	0	0	5,000,000	5,190,414	3,005,100	3,005,100	4,660,681	4,240,643	3,036,660	3,036,660	4,999,500	4,999,500	0	0	898,059	898,059	28,000,000	28,000,000
SI 0.50	2,000,000	2,104,094	4,067,500	3,759,700	4,000,000	3,888,537	0	0	0	0	0	0	1,500,000	1,627,069	2,000,000	2,001,164	2,129,409	2,129,409	6,300,000	6,384,997	2,400,000	2,501,939	1,603,091	1,603,091	26,000,000	26,000,000
SI 1.00	15,300,000	15,401,396	7,500,000	7,596,684	14,000,000	14,105,316	4,000,000	3,645,302	1,600,000	724,719	9,162,993	9,295,866	2,916,775	2,916,775	6,313,942	6,344,991	10,468,951	10,757,145	4,282,346	4,282,346	10,500,000	10,974,467	8,954,993	8,954,993	95,000,000	95,000,000
SI 2.00	2,500,000	2,601,234	2,400,000	2,510,063	4,000,000	3,532,175	682,798	528,565	1,400,000	1,671,016	1,000,000	1,073,576	1,074,137	1,074,137	2,009,234	2,009,234	0	0	0	0	3,400,000	3,466,169	2,533,831	2,533,831	21,000,000	21,000,000
SI 5.00	1,500,000	1,656,241	1,200,000	1,156,201	1,700,000	1,680,470	0	0	0	0	1,000,000	1,044,413	3,500,000	3,566,555	1,896,120	1,896,120	0	0	0	0	1,558,151	1,354,271	645,729	645,729	13,000,000	13,000,000
TOTAL	36,300,000	36,881,266	33,067,500	33,133,121	36,200,000	35,585,071	11,556,664	10,093,282	8,600,000	8,695,628	26,162,993	27,126,705	21,696,012	21,726,298	24,779,977	24,498,216	29,835,020	29,916,414	25,981,846	26,066,848	26,058,151	26,515,319	19,761,837	19,761,837	300,000,000	300,000,000

Fuente: Departamento de producción de la CNM

En la tabla 7, se muestra el programa de producción de monedas en el año 2020

Tabla 7. Reporte anual de producción del área de acuñación 2020

DENOM SI	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		TOTAL	
	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO
SI 0.10	5,600,000	5,617,823	10,000,000	10,006,653	2,212,469	2,000,000	0	0	0	0	0	0	3,700,000	1,340,342	7,500,000	8,074,950	10,400,000	11,002,260	15,400,000	16,770,441	15,187,531	15,187,531	0	0	70,000,000	70,000,000
SI 0.20	4,700,000	4,834,015	4,000,000	4,120,992	3,627,384	2,991,862	0	0	0	0	0	0	0	0	1,700,000	1,784,192	4,000,000	4,296,323	4,433,017	4,433,017	2,539,599	2,539,599	0	0	22,000,000	22,000,000
SI 0.50	1,000,000	998,949	0	0	4,025,124	2,845,327	0	0	0	0	0	0	0	0	1,535,094	1,535,094	1,500,000	2,003,822	8,700,000	9,377,026	4,239,782	4,239,782	0	0	21,000,000	21,000,000
SI 1.00	2,872,346	2,972,000	5,000,000	5,076,813	0	0	0	0	0	0	0	0	100,000	144,193	4,800,000	5,000,000	4,700,000	4,920,989	6,034,818	5,393,169	5,462,836	5,462,836	20,000,000	20,000,000	49,000,000	49,000,000
SI 2.00	4,127,775	4,184,229	0	0	3,301,821	2,888,009	0	0	0	0	0	0	0	0	1,300,000	1,657,364	3,029,607	3,029,607	0	0	240,797	240,797	0	0	12,000,000	12,000,000
SI 5.00	1,600,000	1,681,098	0	0	512,093	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,000,000	1,365,096	1,300,000	1,365,839	0	0	587,967	587,967	0	0	5,000,000	5,000,000
TOTAL	19,900,121	20,288,114	19,000,000	19,204,458	13,678,831	10,725,192	0	0	0	0	0	0	3,800,000	1,484,535	17,835,094	19,416,696	24,929,607	26,618,840	31,567,835	32,973,653	28,288,512	28,288,512	20,000,000	20,000,000	179,000,000	179,000,000

Fuente: Departamento de producción de la CNM

En la tabla 8, se muestra el programa de producción de monedas en el año 2021

Tabla 8. Reporte anual de producción del área de acuñación 2021

DENOM SI	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		TOTAL	
	PROGRAM	ACUÑADO	PROGRAM	ACUÑADO																						
SI 0.10	8,500,000	8,673,131	14,000,000	14,237,950	8,100,000	8,150,578	6,500,000	6,823,990	5,000,000	5,816,823	8,000,000	7,957,624	6,100,000	5,800,818	9,854,891	9,225,562	9,200,000	9,669,378	11,600,000	11,340,000	8,100,000	7,259,031	7,045,109	7,045,109	102,000,000	102,000,000
SI 0.20	6,600,000	6,543,473	4,148,250	4,148,250	5,105,536	5,105,536	0	0	1,000,000	1,117,871	5,000,000	5,111,409	2,600,000	2,558,375	3,000,000	3,197,587	3,320,541	2,078,128	3,200,000	4,148,542	2,991,000	2,956,156	34,673	34,673	37,000,000	37,000,000
SI 0.50	0	0	4,800,000	4,884,780	1,100,000	1,124,844	4,900,000	5,124,459	3,000,000	2,746,143	3,500,000	2,499,008	4,700,000	4,370,274	2,000,000	2,436,221	4,000,000	4,117,372	3,200,000	3,254,076	6,663,023	7,305,846	1,136,977	1,136,977	39,000,000	39,000,000
SI 1.00	951,780	951,780	0	0	0	0	100,000	9,000	6,200,000	5,654,811	1,000,000	645,592	0	0	4,336,189	4,345,841	9,800,000	10,000,572	2,991,746	3,415,494	6,353,488	6,910,313	11,266,797	11,266,797	43,000,000	43,000,000
SI 2.00	0	0	1,192,349	1,192,349	2,107,084	2,107,084	1,691,445	1,691,445	2,000,000	2,081,873	2,100,000	2,479,738	2,538,225	2,609,686	1,900,000	1,567,105	0	0	1,500,000	1,560,333	1,710,387	1,049,887	660,500	660,500	17,000,000	17,000,000
SI 5.00	0	0	1,092,387	1,092,387	2,000,000	2,081,796	1,156,067	1,156,067	1,000,000	1,050,881	1,444,566	914,691	500,000	660,565	500,000	527,151	1,000,000	1,154,584	1,300,000	1,470,588	1,885,000	1,763,310	121,980	121,980	12,000,000	12,000,000
TOTAL	16,051,780	16,168,384	25,232,985	25,555,716	18,412,620	18,575,838	14,347,512	14,804,961	18,200,000	18,468,408	21,044,566	19,608,062	16,438,235	15,999,718	21,191,080	21,099,267	27,320,541	27,020,034	23,791,746	25,189,033	27,702,898	27,244,543	20,266,036	20,266,036	250,000,000	250,000,000

Fuente: Departamento de producción de la CNM

### 3.4.2. Reporte anual de mal acuñado de monedas.

En la tabla 9, se muestra el reporte de monedas mal acuñadas y el costo generado en el año 2019.

Tabla 9. Reporte anual de monedas mal acuñadas año 2019

DENOM SI	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		TOTAL		COSTO ACUÑ. MALO	
	COSP. MALOS	ACUÑ. MALO																										
SI 0.10	11	938	17	1,257	8	1,677	34	2,515	6	4,192	9	5,868	40	6,707	13	8,383	135	10,060	5	12,575	23	13,413	50	16,347	351	83,932	\$/ 15,730.96	
SI 0.20	3	38	85	26	0	0	0	0	0	0	101	144	24	141	66	201	179	435	5	365	0	0	23	444	486	1,794	\$/ 377.68	
SI 0.50	4	284	6	316	9	287	0	0	0	0	0	0	8	2,150	40	1,437	55	1,725	3	2,156	15	2,300	60	3,803	200	14,458	\$/ 4,042.46	
SI 1.00	6	194	9	291	12	388	19	582	11	970	44	1,358	15	1,852	62	1,940	75	2,428	24	2,910	30	3,004	10	3,783	317	19,700	\$/ 6,800.44	
SI 2.00	0	195	0	142	0	190	1	585	1	575	2	965	2	960	5	1,150	0	0	0	0	0	10	1,920	8	2,852	29	9,534	\$/ 3,541.64
SI 5.00	0	855	0	683	0	811	0	1,777	1	2,388	1	2,388	8	3,844	4	3,555	0	0	0	0	0	8	4,887	6	5,981	28	25,547	\$/ 9,707.22
TOTAL	24	2,504	117	2,715	29	3,353	54	4,448	19	7,514	157	10,723	97	15,654	190	16,666	444	14,648	37	18,006	86	25,524	157	33,210	1,411	154,965	\$/ 40,200.40	

Fuente: Departamento de producción de la CNM

En la tabla 10, se muestra el reporte de monedas mal acuñada y el costo generado en el año 2020.

Tabla 10. Reporte anual de monedas mal acuñada año 2020

DENOM. SI	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		TOTAL		COSTO ACUÑ. MALO
	COSP. MALOS	ACUÑ. MALO																									
SI. 0.10	5	820	8	1,119	11	2,639	0	0	0	0	0	0	4	1,386	15	1,895	10	834	20	215	21	73,112	0	0	94	82,020	S/ 15,372.60
SI. 0.20	5	117	7	115	10	33	0	0	0	0	0	0	0	0	19	166	39	299	14	449	9	565	0	0	103	1,744	S/ 367.16
SI. 0.50	2	89	0	0	5	38	0	0	0	0	0	0	0	0	13	188	30	352	7	481	10	651	0	0	67	1,999	S/ 558.92
SI. 1.00	5	78	7	117	0	0	0	0	0	0	0	0	28	823	21	879	7	1,035	21	2,168	6	1,246	8	1,519	103	7,865	S/ 2,715.00
SI. 2.00	1	215	0	0	2	329	0	0	0	0	0	0	0	0	2	347	5	376	0	0	17	235	0	0	27	1,502	S/ 557.96
SI. 5.00	0	11	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	88	0	0	0	54	0	0	0	171	S/ 64.98
TOTAL	18	1,330	22	1,351	28	3,042	0	0	0	0	0	0	32	2,209	70	3,490	91	3,184	62	3,313	63	75,863	8	1,519	394	95,301	S/ 15,636.60

Fuente: Departamento de producción de la CNM

En la tabla 11, se muestra el reporte de monedas mal acuñada y el costo generado en el año 2021.

Tabla 11. Reporte anual de monedas mal acuñada año 2021

DENOM. SI	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		TOTAL		COSTO ACUÑ. MALO
	COSP. MALOS	ACUÑ. MALO																									
SI. 0.10	9	176	13	264	18	352	26	528	36	880	62	1,232	71	1,808	88	1,760	106	2,412	132	2,640	181	2,816	172	3,432	914	18,300	S/ 3,429.88
SI. 0.20	7	39	30	29	23	39	0	0	33	97	46	156	52	155	66	214	79	233	98	291	105	311	128	378	667	1,342	S/ 408.84
SI. 0.50	0	0	6	15	8	6	13	9	21	16	29	22	33	25	49	31	50	37	63	38	67	50	82	70	421	319	S/ 88.19
SI. 1.00	12	74	0	0	0	0	7	111	12	118	17	281	0	0	34	286	29	284	37	355	39	378	58	481	245	2,368	S/ 817.43
SI. 2.00	0	0	0	83	1	141	1	106	1	102	2	242	2	182	3	203	0	0	8	305	4	325	7	346	29	2,055	S/ 755.55
SI. 5.00	0	0	0	28	1	120,306	0	2	1	147	1	5	1	21	1	114	1	4	2	8	2	3	2	25	12	121,263	S/ 46,076.91
TOTAL	28	289	49	419	51	121,444	47	756	104	1,360	157	1,938	159	2,191	241	2,608	265	2,970	340	3,637	398	3,883	449	4,732	2,288	146,227	S/ 51,578.20

Fuente: Departamento de producción de la CNM

### 3.5. Flujo de caja

#### 3.5.1. Presupuesto

El costo estimado para la inversión se muestra en la Tabla 12 que se utilizara en la implementación del proyecto.

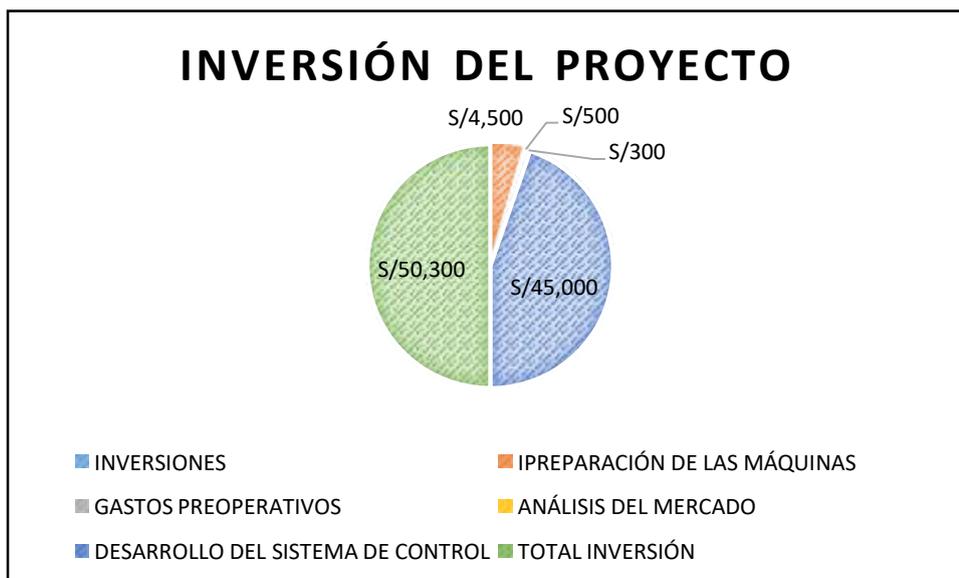
Tabla 12. Presupuesto del Proyecto

INVERSIONES	
PREPARACIÓN DE MÁQUINAS	S/ 4,500
GASTOS PREOPERATIVOS	S/ 500
ANÁLISIS DEL MERCADO	S/ 300
DESARROLLO DEL SISTEMA	S/ 45,000

DE CONTROL CON VISIÓN	
INVERSIÓN X MÁQUINA	S/ 50,300
TOTAL, DE INVERSIÓN X 5 MÁQUINAS	S/ 251,500

Fuente: Elaboración propia

Figura 85. Gastos Operativos.



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2. Inversiones iniciales del proyecto

Detalle de maquinaria para el “Desarrollo de un sistema de monitoreo para el control de calidad de monedas en la Casa Nacional de Monedas del Perú”. En la tabla 13 se detalla los gastos operativos del proyecto por máquina.

Tabla 13. Costo por maquina

Equipos y accesorios	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT.	TOTAL
Cámara Digital	Unidades	1.0	S/ 32,350.00	S/ 32,350.00
Software	Unidades	1.0	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
PLC	Unidades	1.0	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
HMI	Unidades	1.0	S/ 7,500.00	S/ 7,500.00
PC Industrial	Unidades	1.0	S/ 4,500.00	S/ 4,500.00
Cable de comunicación	Metros	10.0	S/ 20.00	S/ 200.00

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3. Costo beneficio

En las tablas 15, 16 y 17 se muestra el costo por perdida debido al mal acuñado de monedas en los tres últimos años.

Tabla 14. Mal acuñado de monedas año 2019

TOTAL		COSTO ACUÑ. MALO 2019
DENOM. S/.	ACUÑ. MALO 2019	
0.10	83932	15730.9551
0.20	1794	377.68185
0.50	14458	4042.4568
1.00	19700	6800.44
2.00	9534	3541.64265
5.00	25547	9707.221325
<b>Total</b>	<b>154965</b>	<b>40200.39773</b>

Fuente: Departamento de producción de la CNM

Tabla 15. Mal acuñado de monedas año

TOTAL		COSTO ACUÑ. MALO 2020
DENOM. S/.	ACUÑ. MALO	
0.10	82,020	S/ 15,372.60
0.20	1,744	S/ 367.16
0.50	1,999	S/ 558.92
1.00	7,865	S/ 2,715.00
2.00	1,502	S/ 557.96
5.00	171	S/ 64.98
<b>Total</b>	<b>95,301</b>	<b>S/ 19,636.60</b>

Fuente: Departamento de producción de la CNM

Tabla 16. Mal acuñado de monedas año 2020

TOTAL		COSTO ACUÑ. MALO
DENOM. S/.	ACUÑ. MALO	
0.10	18,300	S/ 3,429.88
0.20	1,942	S/ 408.84
0.50	319	S/ 89.19
1.00	2,368	S/ 817.43
2.00	2,035	S/ 755.95
5.00	121,263	S/ 46,076.91
<b>Total</b>	<b>146,227</b>	<b>S/ 51,578.20</b>

Fuente: Departamento de producción de la CNM

En la tabla 17, se muestra el costo unitario total generado por el mal acuñado

Tabla 17. Gasto generado

DENOM. S/	COSTOS UNITARIOS			TOTAL
	ACUÑADO	FUNDICIÓN	LAMINADO	
S/. 0,10	0.0972	0.0602	0.0301	0.1874
S/. 0,20	0.1203	0.0602	0.0301	0.2105
S/. 0,50	0.1504	0.0752	0.0540	0.2796
S/. 1,00	0.2160	0.0752	0.0540	0.3452
S/. 2,00	0.1972	0.1029	0.0714	0.3715
S/. 5,00	0.2057	0.1029	0.0714	0.3800

Fuente: Departamento de producción de la CNM

La pérdida generada en los tres últimos años haciende a S/ 111,415.1977 soles con un promedio anual. de S/59,836.99 soles

La adquisición de la cámara para visión artificial, el software, PLC, HMI, cable de comunicación, así como la instalación, programación capacitación y puesta en marcha del proyecto, tendrá un costo estimado de S/ 251,500.00 soles por cinco máquinas acuñadoras. Se considera una vida útil de 10 años para estos equipos.

El ahorro considerado para el proyecto se obtiene del siguiente aspecto (i) reducir a lo más mínimo el sobre costo que se obtiene por el mal acuñado de monedas. Al implementar la cámara con visión artificial se ahorraría aproximadamente al mes S/59,836.99 soles ya que no habría perdidas por mal acuñado de monedas.

En síntesis, de acuerdo a los cálculos, el Valor Presente Neto (VAN) resultante es positivo en el sexto año, considerando una tasa de descuento de 10% y obteniendo un

VAN de S/ 116,172.40 para 10 años de horizonte de evaluación, cabe indicar que el periodo de recuperación de la inversión (PRI) es de 5.11 años, lo que valida la inversión como se puede observar en la Tabla 18.

Tabla 18. Cuadro de análisis VAN.

Año	Ingresos	Egresos	Neto	Valor Presente	Beneficio
0	0.00	251500.00	-251500.00		-251500.00
1	59836.99	0.00	59836.99	54397.26	-197102.74
2	59836.99	0.00	59836.99	49452.06	-147650.68
3	59836.99	0.00	59836.99	44956.42	-102694.26
4	59836.99	0.00	59836.99	40869.47	-61824.79
5	59836.99	0.00	59836.99	37154.06	-24670.73
6	59836.99	0.00	59836.99	33776.42	9105.69
7	59836.99	0.00	59836.99	30705.84	39811.53
8	59836.99	0.00	59836.99	27914.40	67725.93
9	59836.99	0.00	59836.99	25376.72	93102.65
10	59836.99	0.00	59836.99	23069.75	116172.40

Fuente: Departamento de producción de la CNM

### 3.6. Plan de Calidad

#### 3.6.1. Plan de calidad

Para el “Desarrollo de un sistema de control de calidad monedas en apoyo a las operaciones de la Casa Nacional de Monedas del Perú”.

#### 3.6.2. Justificación Plan de calidad

Este desarrollo de un sistema de control será de una gran utilidad para garantizar la calidad de la investigación del proyecto.

#### 3.6.3. Política de Calidad

Cumplir con los diferentes procesos para el desarrollo del proyecto con la finalidad de asegurar y cumplir con los parámetros exigidos por la Universidad Tecnológica del Perú (UTP) para la aprobación de ISP, el cual nos permitirá cumplir con los estándares de producción y cumplimiento de las metas trazadas en cuanto a calidad y productividad del área de acuñación de la Casa Nacional de Moneda.

Cumplir con este aporte para futuros proyectos a realizarse en la UTP, en relación al logro efectivo de los objetivos de: tiempo, necesidades técnicas y de calidad de los mismos. A continuación, se presenta un resumen del Plan de Calidad para el proyecto “Desarrollo de un sistema de control de calidad monedas en apoyo a las operaciones de la Casa Nacional de Monedas del Perú”.

Tabla 19. Plan de Calidad

	“Desarrollo de un sistema de control de calidad monedas en apoyo a las operaciones de la Casa Nacional de Monedas del Perú”		
	Originado por:	Aprobado por:	Rev.:
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DOCUMENTO / PROCEDIMIENTO</b>	<b>AREA</b>
Alcance	El alcance de este Plan de la Calidad es la documentación de todos los procesos que interactúan en la realización de este proyecto “Desarrollo de un sistema de monitoreo” con la finalidad de asegurar la calidad de las actividades, tareas y acciones, minimizando los riesgos asociados con la finalidad de asegurar los requisitos exigidos por el área de planeamiento y control de calidad.	Plan de Calidad	Líder del proyecto
Objetivo de la Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplir con los parámetros establecidos por la UTP para el desarrollo de la investigación alcancen el 98% de aceptación.</li> <li>- Fomentar la investigación en la UTP.</li> <li>- Aprobar el PET y lograr la aceptación del ISP.</li> <li>- El resultado de la entrega del proyecto satisfaga las expectativas generadas del mismo.</li> </ul>	Plan de Calidad	UTP
Responsabilidad	En el proyecto se asignará un líder que se responsabilice de la calidad del servicio a prestar. Este deberá proponer mejoras continuamente, establecer prioridades, orden de ejecución de las actividades y consolidar un plan de acción.	Plan de Calidad	Líder del proyecto
Control	El líder del proyecto se encargará de cumplir con toda la documentación que se requiere para el desarrollo del proyecto.	Formato	Líder del proyecto

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.6.4. Línea Base de Calidad.

Nos permitirá establecer el cumplimiento del ISP

Tabla 20. Línea Base de Calidad

<b>LINEA BASE</b>				
Factor de Calidad	Objetivo	Métrica	Frecuencia de medición	Frecuencia de reporte
Elaboración ISP	-0.02	Control de avance	Semanal	Semanal
Cumplimiento	100%	Control de entregable	Semanal	Semanal
Tiempo de entrega	-0.05	Control de tiempo	Semanal	Semanal
Conformidad	100%	Nivel de satisfacción	En cada entrega	En cada entrega

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7. Plan de comunicación

Se adjunta el plan de comunicación con la finalidad de establecer un enfoque claro a lo largo del proyecto, comunicación entre las partes interesadas, forma de comunicación y frecuencia.

Tabla 21. Tiempo para el desarrollo de los Objetivos del proyecto

	AÑO						
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Cumplir con los establecidos en ISP por la UTP	[Barra azul que cubre todos los meses]						
Aprobar el PET y lograr la aceptación del ISP.	[Barra azul que cubre todos los meses]						
La entrega del proyecto satisfaga las expectativa.	[Barra azul que cubre todos los meses]						
Fomentar la investigación en la UTP.	[Barra azul que cubre todos los meses]						
Comunicación con las áreas involucradas en la CNM	[Barra azul que cubre todos los meses]						

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Plan de comunicación

Objetivo del Proyecto	Frec. de comunic. Partes interesadas	Medio de Comunicación	Cumplimiento	Partes Interesadas
Cumplir con los establecidos en ISP por la UTP	Semanal	CANVAS	De acuerdo con el entreg.	Profesor del PET
Aprobar el PET y lograr la aceptación del ISP	Mensual	CANVAS	100%	Facultad de ingen.
La entrega del proyecto satisfaga la expectativa	Mensual	CANVAS	100%	Facultad de ingen.
Fomentar la investigación en la UTP	Semestral	CORREO	Involucrar más partic.	UTP
Comunicación con las áreas involucradas en la CNM	Mensual	CORREO	De acuerdo con el entreg.	BCRP/CNM

Fuente: Elaboración Propia

### 3.8. Gestión de Riesgos

La gestión de riesgo nos permitirá poder identificar, dirigir y eliminar la fuente de riesgo antes que estos puedan afectar con el proyecto.

Tabla 23. Plan de gestión de riesgos

Etapas del Proyecto	Descripción del Riesgo	Responsable	Tipo de Riesgo	Probabilidad de Riesgo
Idea	Accesibilidad a las diversas tecnologías	Resp. Del Proyecto	Riesgo del proyecto	2
Desarrollo del ITP	Identificación del problema	Resp. Del Proyecto	Riesgo del proyecto	2
	Cumplimiento del cronograma de actividades	Resp. Del Proyecto	Riesgo del proyecto	3
	Aumento del costo del proyecto	Resp. Del Proyecto	Riesgo del presupuesto	2

	Disminución del plan calidad	Resp. Del Proyecto	Riesgo técnico	2
Desarrollo de Ingeniería	Riesgos tecnológicos	Resp. Del Proyecto	Riesgo técnico	3
	Cambio en el diseño	Resp. Del Proyecto	Riesgo técnico	3
Implementación del Proyecto	Falta de comunicación con las partes interesadas	Resp. Del Proyecto	Riesgo estratégico	2
	Proyecto de baja calidad	Resp. Del Proyecto	Riesgo técnico	2
	Falla del proyecto	Resp. Del Proyecto	Riesgo técnico	2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Plan de acción de prevención y corrección de riesgos

<b>ACCIÓN DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN</b>		
<b>Identificación del Riesgo con probabilidad posible</b>	<b>Acciones Preventivas</b>	<b>Acciones correctivas</b>
Cumplimiento del cronograma de actividades	Realizar un plan para el control de actividades	Ajustar el cronograma de actividades según avance
Riesgos tecnológicos	Otras posibles soluciones	
Cambio en el diseño	Plan de validación	Identificar las causas posibles del error de diseño

Fuente: Elaboración Propia

### **3.8.1. Clases de Riesgos en la implementación del proyecto en la Casa Nacional de Moneda.**

Nos permite conocer los riesgos y los tipos de riesgos a considerar para la implementación del proyecto.

Tabla 25. Clases de Riesgos

Origen del Riesgo	Tipo de Riesgo	Definición del Riesgo
Desarrollo de un sistema de monitoreo para el control de calidad de monedas	Riesgo Estratégico	Se asocia con la forma con la política de calidad del Banco. El manejo del riesgo estratégico están relacionados con la misión y el cumplimiento de los objetivos estratégicos, diseño y calidad de la gerencia de gestión del circulante.
	Riesgos Operativos	Comprende los riesgos relacionados tanto con la parte operativa como con la técnica del proyecto, incluye riesgos provenientes de deficiencias en los sistemas de control para el equipo,
	Riesgos de Cumplimiento	Se asocian con la capacidad para cumplir con los requisitos que establecidos en los tiempos de entrega del proyecto.
	Riesgos de Tecnología	Es la capacidad de adquirir tecnología disponible con la finalidad de satisfacer las necesidades del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.8.2. Probabilidad del Riesgo del ISP

La tabla 26 y 27 nos permite conocer el nivel de riesgo en cada proceso del proyecto.

Tabla 26. Probabilidad del Riesgo

Nivel	Descriptor	Descripción	Frecuencia
5	<b>Grave</b>	Este se puede dar en cualquier momento	Más de 1 vez al día
4	<b>Alto</b>	Probablemente ocurrirá en la mayoría de las circunstancias.	Al menos 1 vez al mes.
3	<b>Posible</b>	Podría ocurrir en algún momento.	Al menos 1 vez en los dos últimos meses.
2	<b>Poco probable</b>	Puede ocurrir en algún momento.	Al menos una vez cada 5 meses.
1	<b>Muy Raro</b>	Puede ocurrir sólo con muy poca frecuencia	No se ha presentado en los últimos años.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. Tabla para estimar impactos en la organización

VALOR	DESCRIPCIÓN
Bajo (1)	El daño derivado del proyecto no tiene consecuencias relevantes para la organización.
Medio (2)	El daño derivado del proyecto tiene consecuencias medias para la organización.
Alto (3)	El daño derivado del proyecto tiene consecuencias graves para la organización.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9. Plan de Gestión de Interesados

Este plan de gestión nos muestra la manera efectiva de la participación del proyecto y su desarrollo de todos los interesados.

Tabla 28. Tabla del plan de gestión de interesados

ETAPAS DEL PROYECTO	INTERESADO	COMPROMISO				INTERES	ESTRATEGIA
		Desconoce	Se resiste	Conoce	Lidera		
Idea	Responsable del proyecto			X	D	A	Adecuado proyecto para el desarrollo de la Problemática
Desarrollo del ISP	Responsable del proyecto			X	D	A	Cumplir con los objetivos del ISP
	Profesor del curso				D	A	Garantizar una adecuada calidad de enseñanza del curso
Desarrollo de Ingeniería	Responsable del proyecto				X	A	Lograr la calidad y aceptación de proyecto
Implementación del Proyecto	Responsable del proyecto				X	A	Garantizar la confiabilidad del desarrollo del proyecto
	Responsable de la Casa Nacional de Moneda		X	D		A	Garantizar la confiabilidad del desarrollo del proyecto

X= Actual      D= Deseado

Fuente: Elaboración Propia

### Plan de adquisición

Se desarrolla el plan de adquisición para la implementación de un sistema de control de calidad monedas en apoyo a las operaciones de la Casa Nacional de Monedas del Perú, en el plan de adquisición estará contemplado desde la elaboración de la documentación hasta el cierre del contrato que incluye:

- La descripción del bien a contratar.
- El valor referencial del bien.
- Cronograma del plan de adquisición.
- Documentación presentada.
- Evaluación de los proveedores.

- Técnicas para la evaluación de la propuesta.
- Forma de pago.
- Lugar de entrega del bien.
- Garantías.

Tabla 29. Tabla del plan de adquisición del proyecto

Información General	
Código del requerimiento	DES. 01
Tipo del requerimiento	PROYECTO
Fecha del requerimiento	21/06/2021

Información general del contratante	
Nombre o Razon social	
Dirección	
Teléfono	
Correo electrónico	

Información general del procedimiento	
Descripción del proyecto	Sistema de control de calidad de nonedas
Valor estimado	S/18 710,00 soles

Cronograma de la adquisición	Fecha de inicio	Fecha fin
Registro de participantes	Semana 1/Mes 1	Semana 2/Mes 1
Entrega de las bases del proyecto	Semana 2/Mes 1	Semana 3/Mes 1
Realización de consultas	Semana 3/Mes 1	Semana 4/Mes 1
Presentación de ofertas	Semana 1/Mes 1	Semana 1/Mes 2
Evaluación de las propuestas	Semana 2/Mes 2	Semana 3/Mes 2
Selección del ganador del proyecto	Semana 3/Mes 2	Semana 4/Mes 2
Firma de contratos	Semana 4/Mes 2	Semana 1/Mes 3

Lista de documentación
Bases del proyecto
Propuesta de los partiipantes
Actas de consultas
Evaluación de los proveedores
Contrato

Fuente: Elaboración Propia

### 3.10. Reconocimiento de las características

#### 3.10.1. Ubicación

La Casa Nacional de Monedas se encuentra ubicada en el Jr. Junín 791 Cercado de lima, en esta fábrica se acuñan las monedas en sus diversas denominaciones de circulación nacional. El proyecto que se desarrollará será en las máquinas acuñadoras MRH – 150 ubicadas en el área de acuñación de la Casa Nacional de Monedas. La ubicación geográfica de esta fábrica hace posible el desarrollo del proyecto.

#### 3.10.2. Características iniciales de la instalación.

El área de acuñación cuenta con cinco máquinas acuñadoras Schuler MRH – 150 de alta velocidad 750 monedas por minuto. Estas máquinas fueran adquiridas en año 1996, 2007, 2010, 2014 y 2016 respectivamente. Las últimas cuatro máquinas llevan un sistema de control con PLC ST7-300 y computadoras industriales; en la máquina acuñadora Schuler del año 1996 su sistema de control es atreves de accionamiento de contactores, relés, y otros componentes analógicos que permiten el funcionamiento de la máquina. Para garantizar el correcto funcionamiento del proyecto es necesario realizar algunas modificaciones al sistema de control de las máquinas acuñadoras con

la finalidad de enviar las señales digitales de la cámara hacia el PLC y HMI que serán instaladas en las máquinas con la finalidad de hacer parar la producción cuando se detecte una moneda mal acuñada.

En la figura 86 se muestra imágenes los componentes del sistema de control de la máquina acuñadora Schuler MRH – 150 del 1996 tomados en el año 2020 antes de ser cambiados por PLC. No es necesario mostrar los planos o imágenes del sistema de control de las otras máquinas acuñadoras ya que sus tecnologías cuentan con equipos que se pueden enlazar con un PLC ST7-1200 y HMI que servirán de enlace con la cámara.

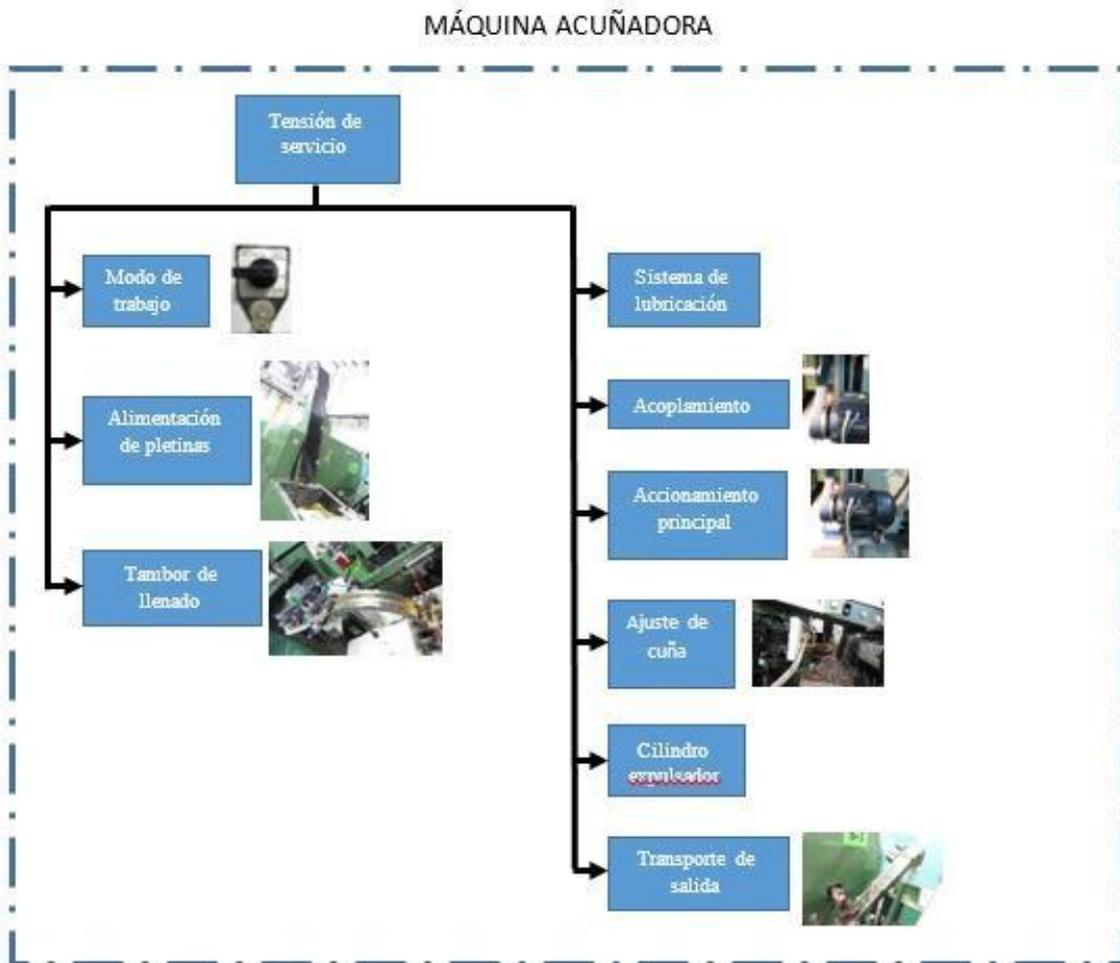
Figura 86. Componentes del sistema de control de la máquina.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 87 se muestra el diagrama de bloques del sistema de control de la máquina acuñadora Schuler N°1 antes de ser reemplazado.

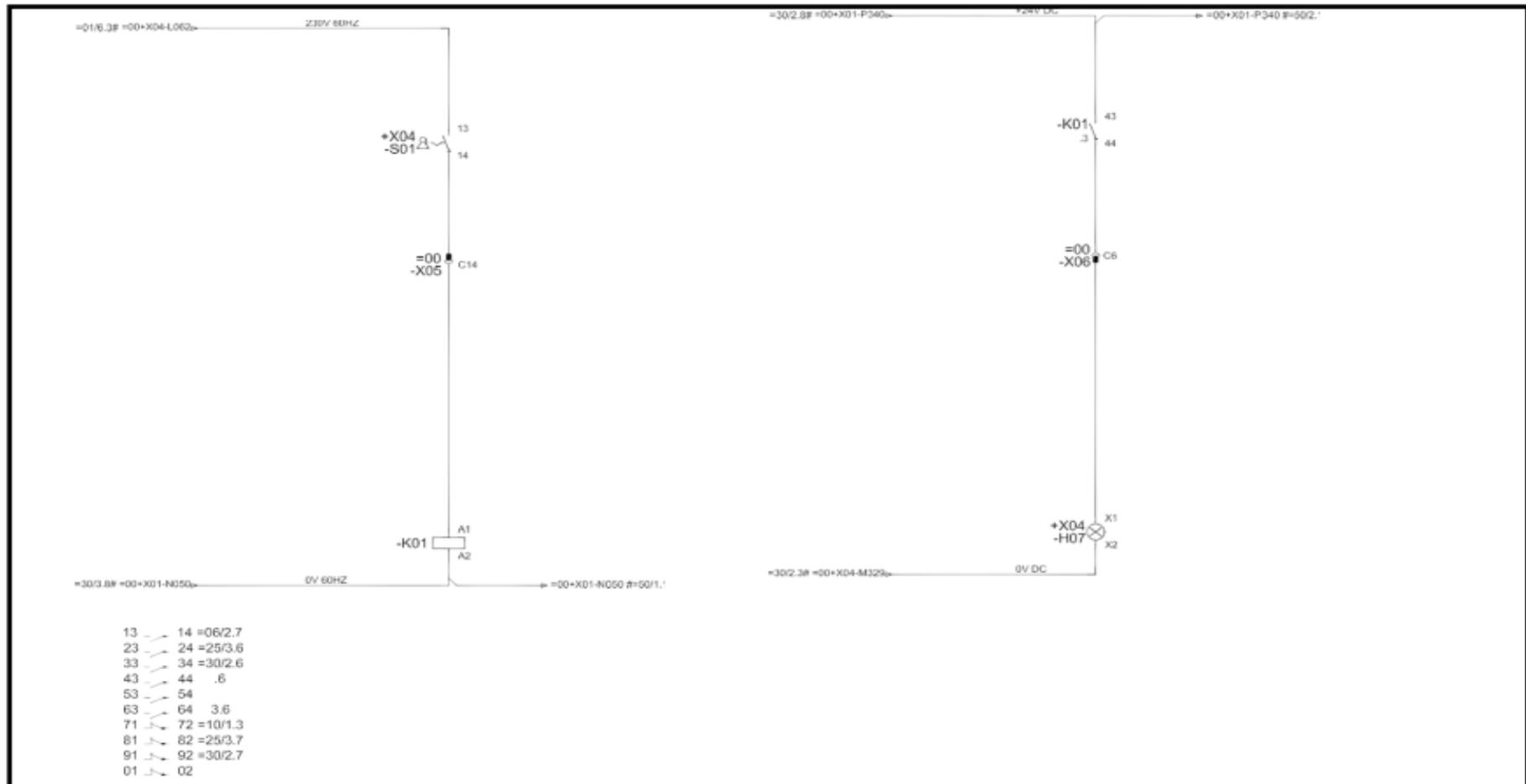
Figura 87. Diagramas de bloques del sistema de control de la máquina antes de ser reemplazado



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 88, 89, 90 se muestra el esquema eléctrico del sistema de control de la máquina antes de su cambio.

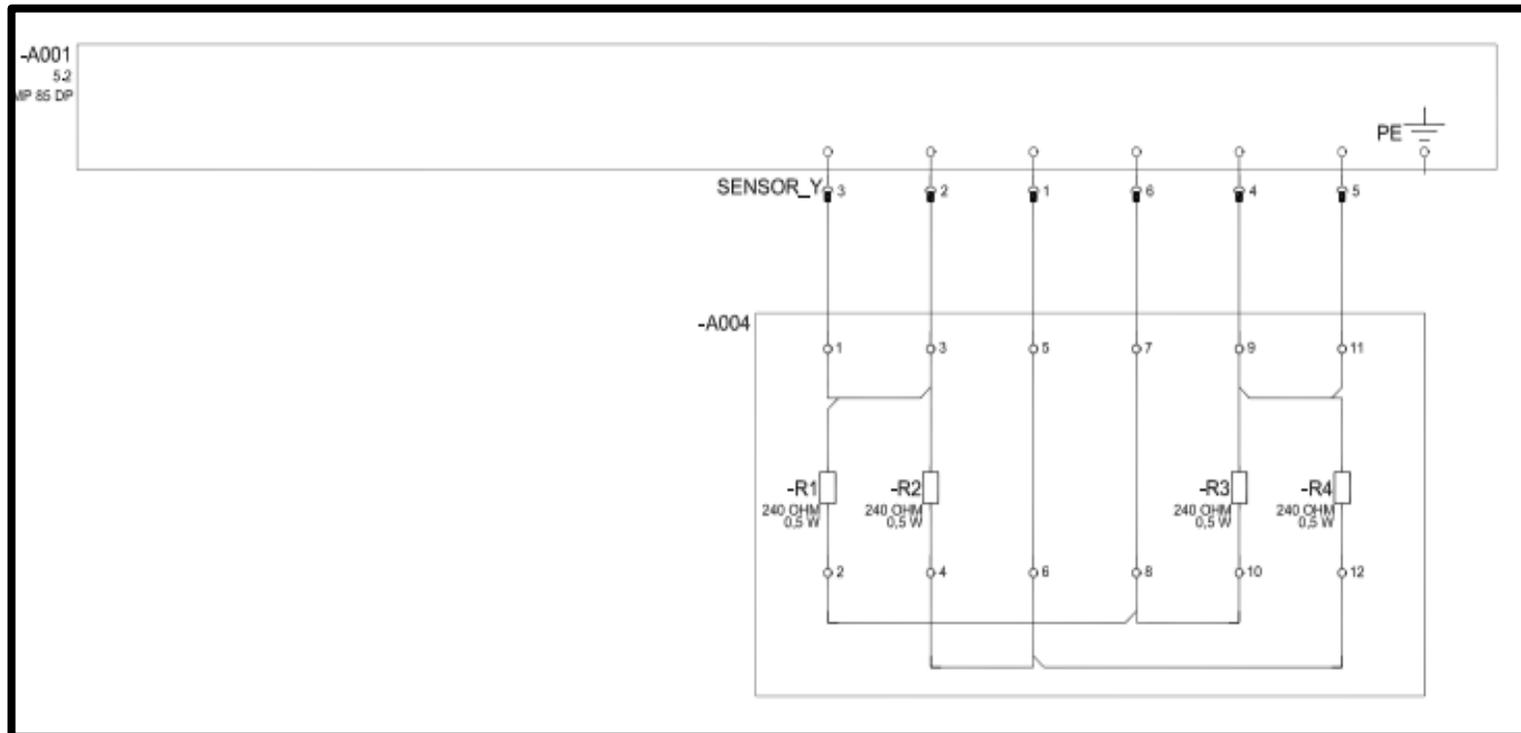
Figura 88. Diagrama eléctrico del sistema de control de la máquina antes de ser reemplazados



Fuente: Planos eléctricos máquina Schuler MRH-150



Figura 90. Diagrama eléctrico del sistema de control antes de ser reemplazados



Fuente: Planos eléctricos máquina Schuler MRH-150

### 3.10.3. Características de nuevo sistema de control de la máquina Schuler MRH.

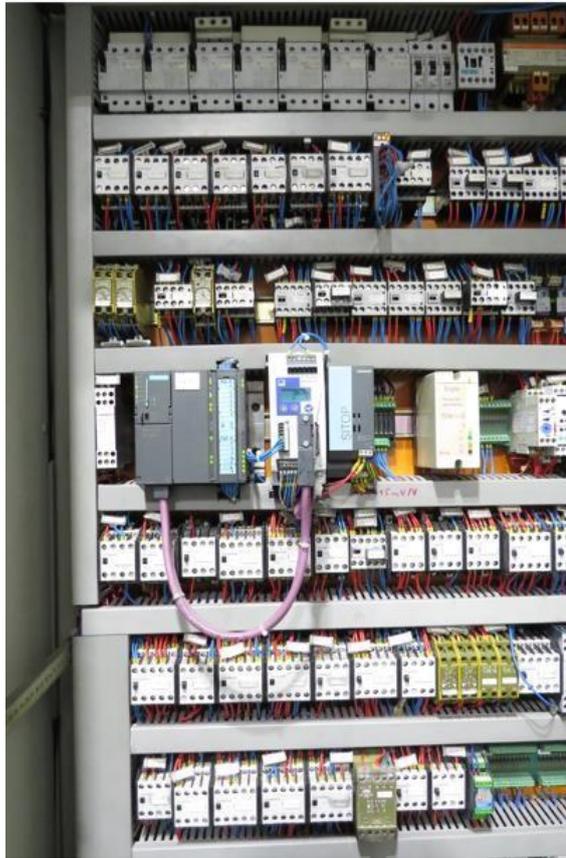
El nuevo sistema de control con PLC ST7-300 y ST7-1200 de la máquina acuñadora Schuler MRH – 150 del 1996 nos permitirá enlazar la cámara para poder enviarle señal al PLC con la finalidad de que deje de producir cuando se detecte una moneda mal acuñada. En la figura 91, 92, 3, 94, 95, 96 y 97 se muestran las modificaciones realizadas en el tablero principal y panel de control en el año 2021.

Figura 91. Nuevo sistema de control de la máquina Schuler - 1996



Fuente: Elaboración propia.

Figura 92. Nuevo sistema de control de la máquina Schuler - 1996 con PLC S7-300



Fuente: Elaboración propia.

Figura 93. Nuevo sistema de control de la máquina Schuler - 1996 con PLC S7-1200



Fuente: Elaboración propia

Figura 94. Instalación del PLC S7-1200



Fuente: Elaboración propia

Figura 95. Instalación de un Switch para puerto ethernet 6GK5008-OBA



Fuente: Elaboración propia

Figura 96. Instalación de un PLC S7-300



Fuente: Elaboración propia

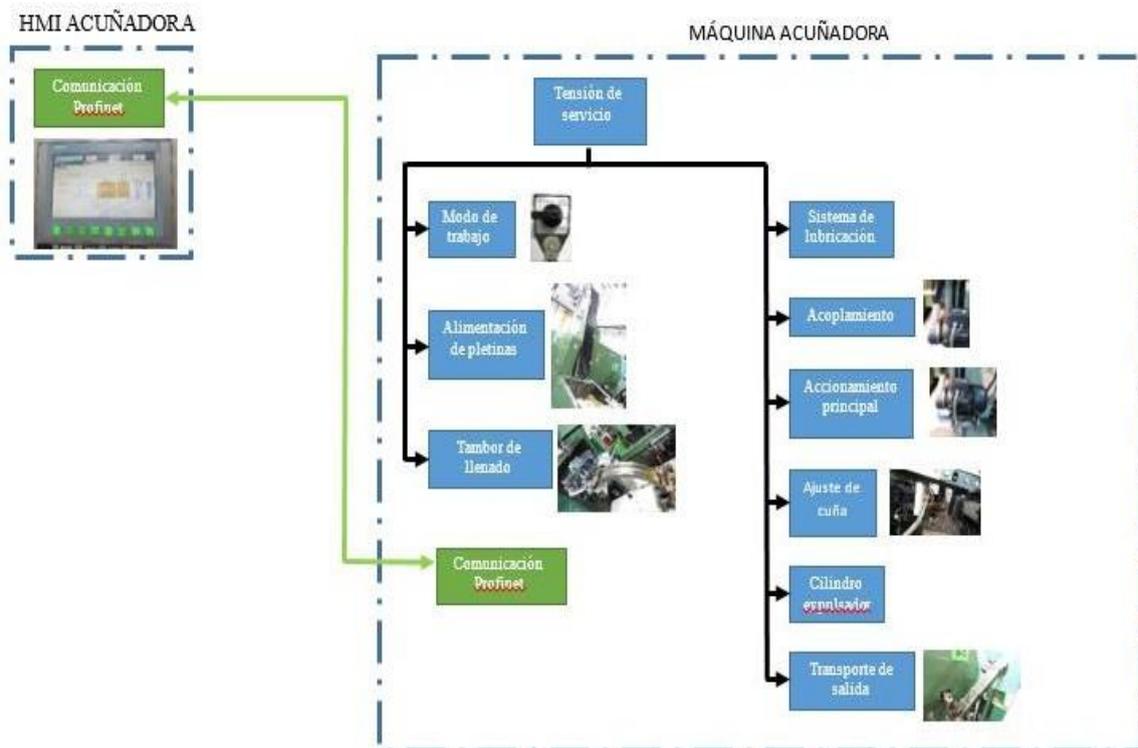
Figura 97. Instalación en el panel de control un HMI KTP-900 BASIC



Fuente: Elaboración propia

En la figura 98 se muestra el diagrama de bloques del nuevo sistema de control de la máquina acuñadora Schuler N°1 realizado el 2021.

Figura 98. Diagramas de bloques del nuevo sistema de control de la máquina

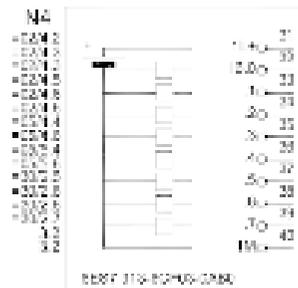


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 99, 100 y 101 se muestra el esquema eléctrico del sistema de control modificado el año 2021 de la máquina acuñadora MRH-150-1996.



4 8	-R126A1	SECUNDO DE SOBRECARGO MECANICO SECUNDO DE SOBRECARGO MECANICO
+0241.0	+034016 A1	DISTRIBUIDO EN TODOS LOS DISTRIBUIDOS EN TODOS LOS
+0241.5	+034017 A1	DISTRIBUIDO EN TODOS LOS DISTRIBUIDOS EN TODOS LOS
4 4		
4 1		
+0241.1	-A002 E125.1	AJUSTE CURVA HACIA DELANTE AJUSTE CURVA HACIA DELANTE
+0241.5	+034017.06	INDIC. REGULACION INDIC. REGULACION
+0241.7	-A002 E125.2	AJUSTE CURVA HACIA ATRAS AJUSTE CURVA HACIA ATRAS
+0241.7	+034006A21	DESCONEXION POSTERIOR PUNTO MUERTO DESCONEXION POSTERIOR PUNTO MUERTO
4 8	-R126A1	SECUNDO DE SOBRECARGO MECANICO SECUNDO DE SOBRECARGO MECANICO
+0241.8	+034016 A1	DISTRIBUIDO EN TODOS LOS DISTRIBUIDOS EN TODOS LOS
+0241.9	+034017 A1	DISTRIBUIDO EN TODOS LOS DISTRIBUIDOS EN TODOS LOS
4 4		

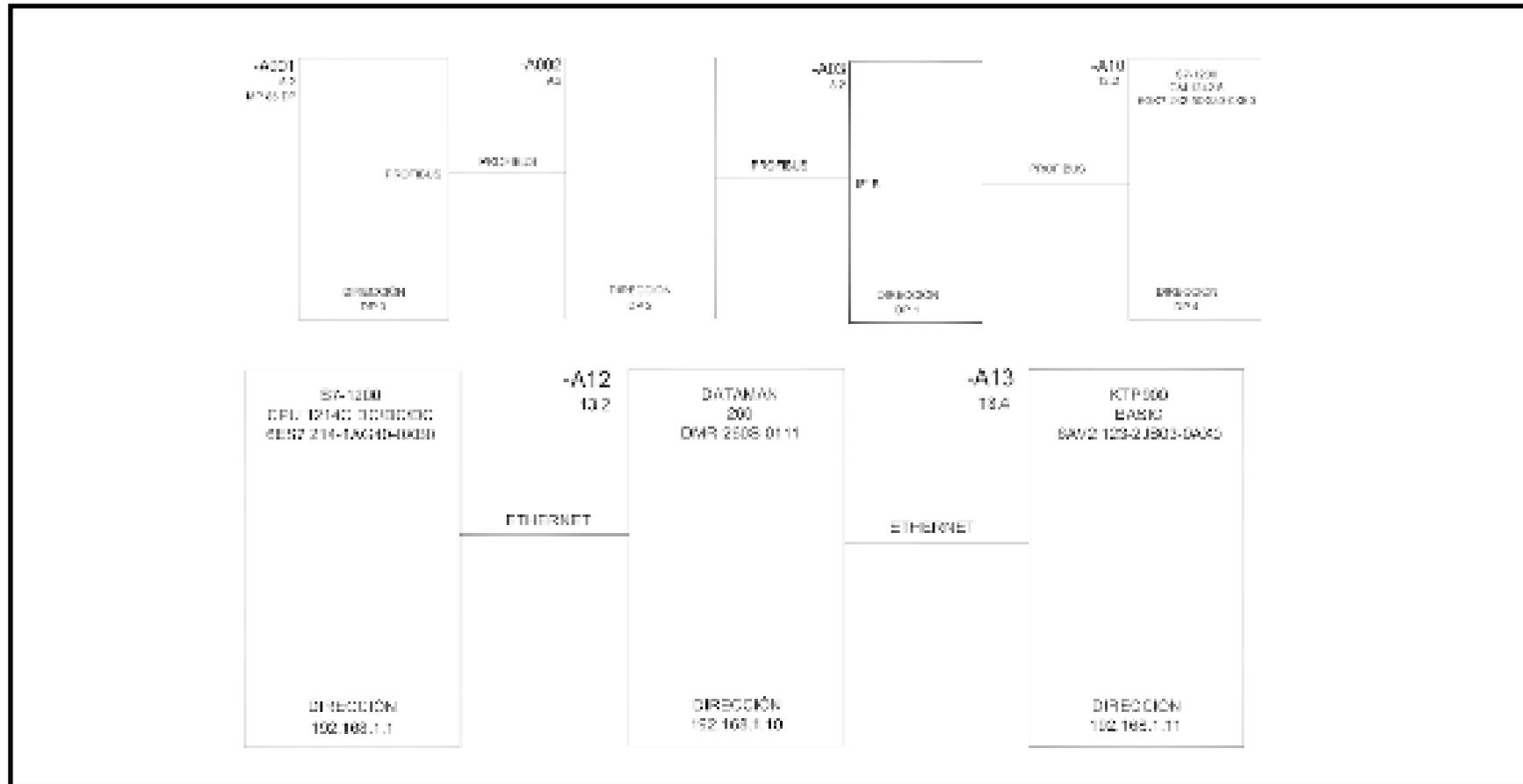


4 0	-A002 E125.1	
+0241.0	+034017.06	
+0241.7	-A002 E125.2	
+0241.7	+034006A21	

ADJUSTE CUÑA HACIA DELANTE	ADJUSTE CUÑA HACIA DELANTE
INDIC. REGULACION	INDIC. REGULACION
ADJUSTE CUÑA HACIA ATRÁS	ADJUSTE CUÑA HACIA ATRÁS
DESCRIPCION POSTERIOR PUNTO FUERTE	DESCRIPCION POSTERIOR PUNTO FUERTE

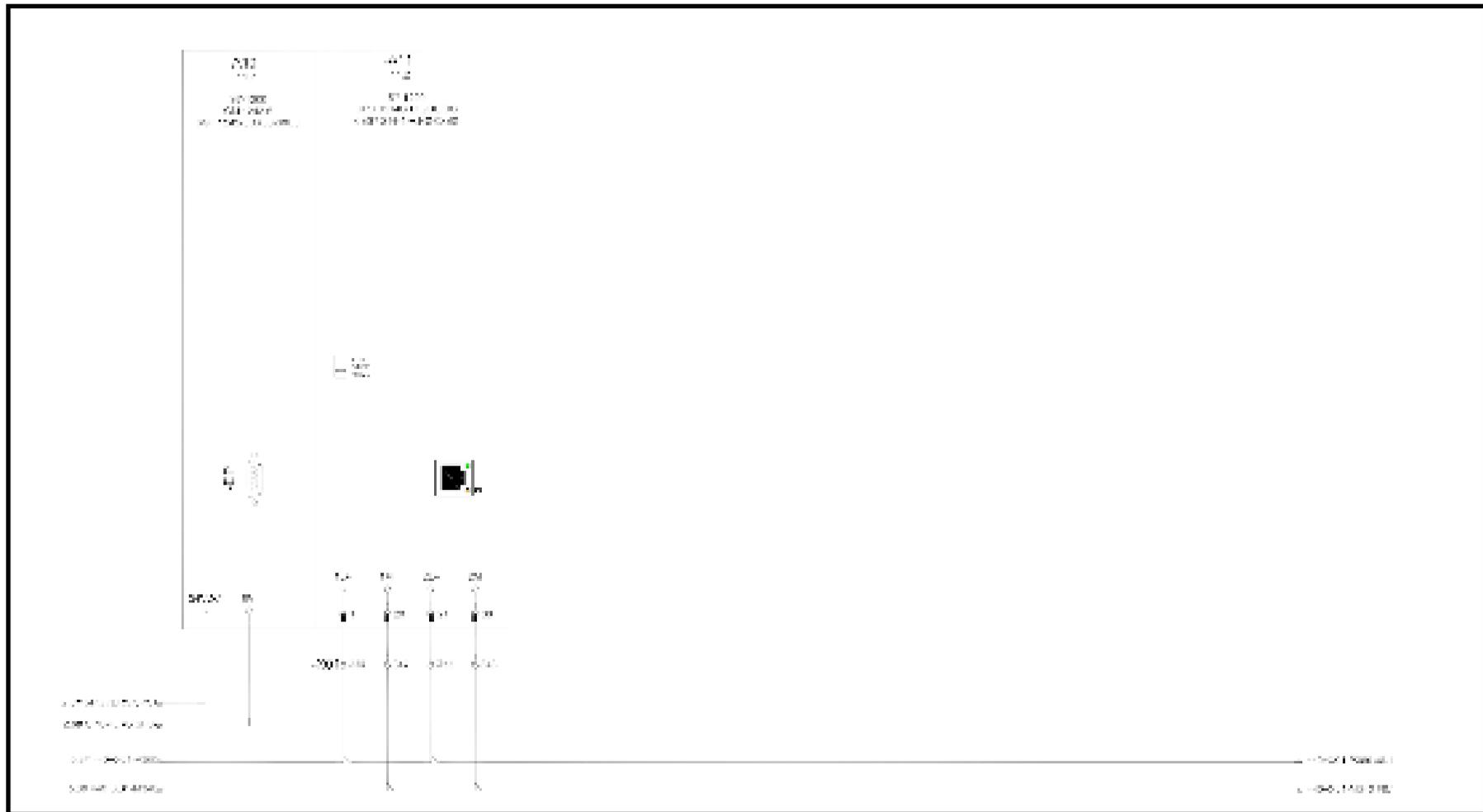
Fuente: Planos eléctricos actualizados máquina Schuler MRH-150

Figura 100. Esquema eléctrico modificado



Fuente: Planos eléctricos actualizados máquina Schuler MRH-150

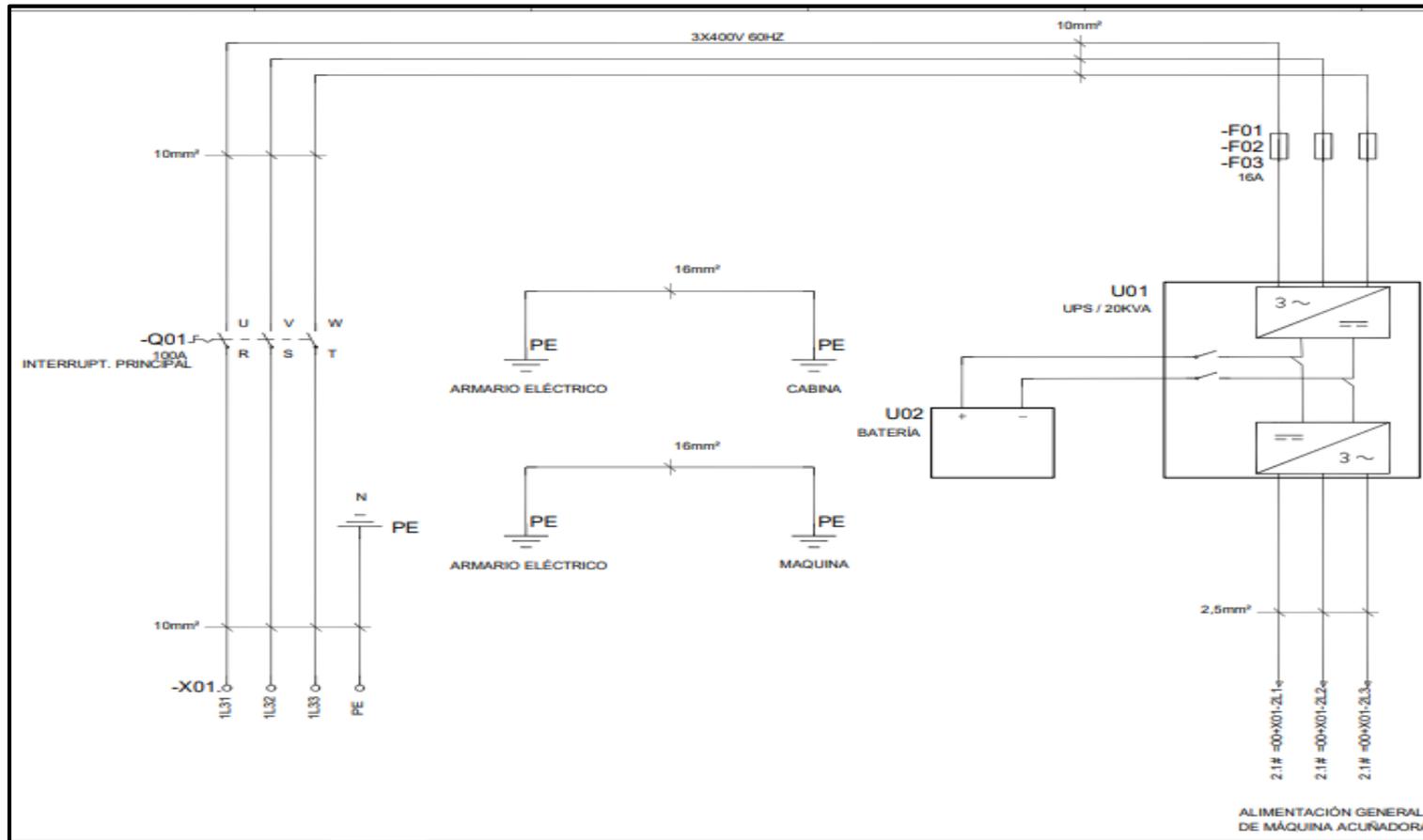
Figura 101. Esquema eléctrico y control modificado



Fuente: Planos eléctricos actualizados máquina Schuler MRH-150

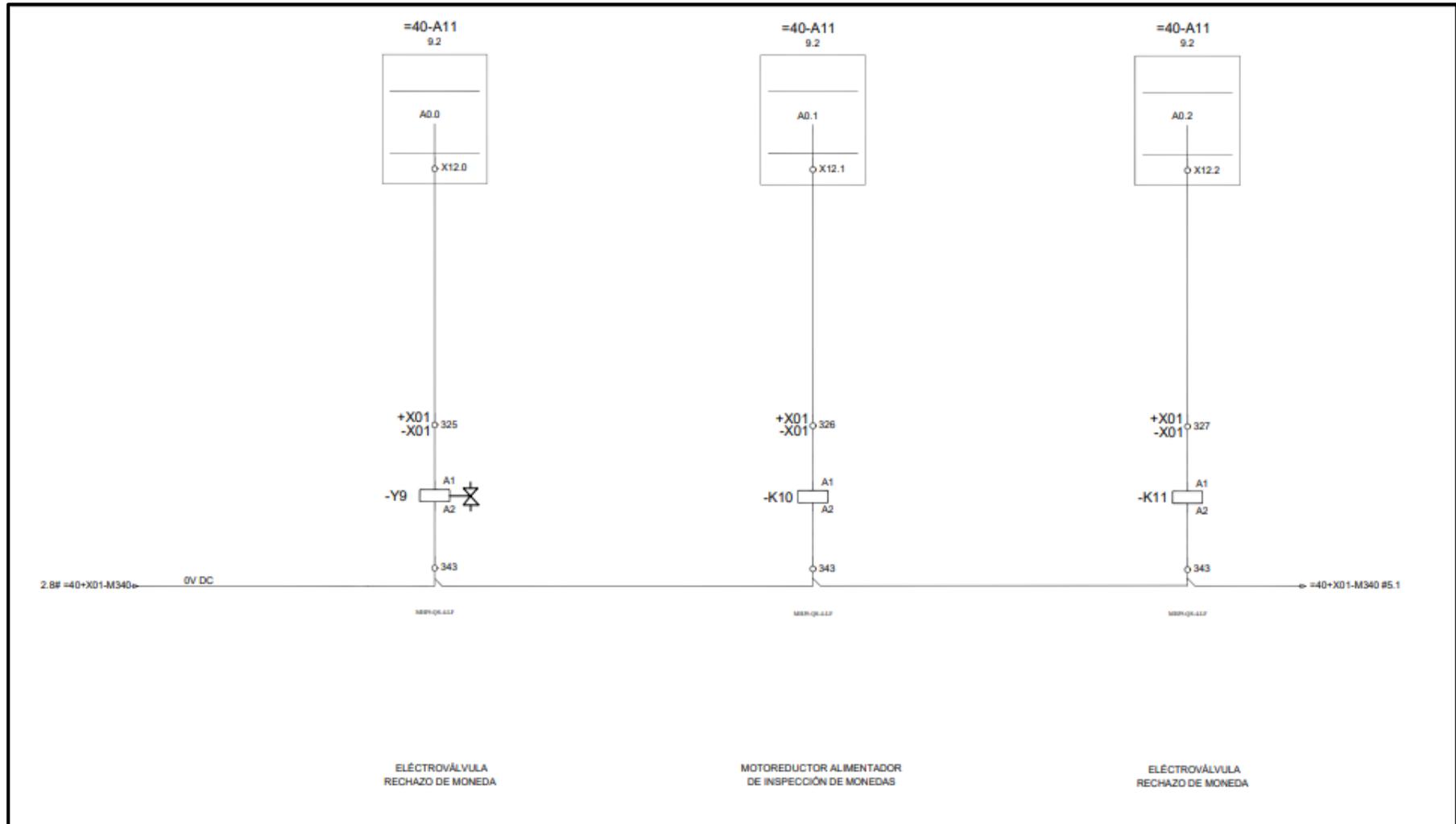
En la figura 102, 103, 104 y 105 se muestra el esquema eléctrico del sistema de control que será implementado para una mayor protección eléctrica requerida para la operación segura del artefacto con visión artificial en las máquinas acuatoras MRH.

Figura 102. Esquema de soporte energético y protección eléctrica



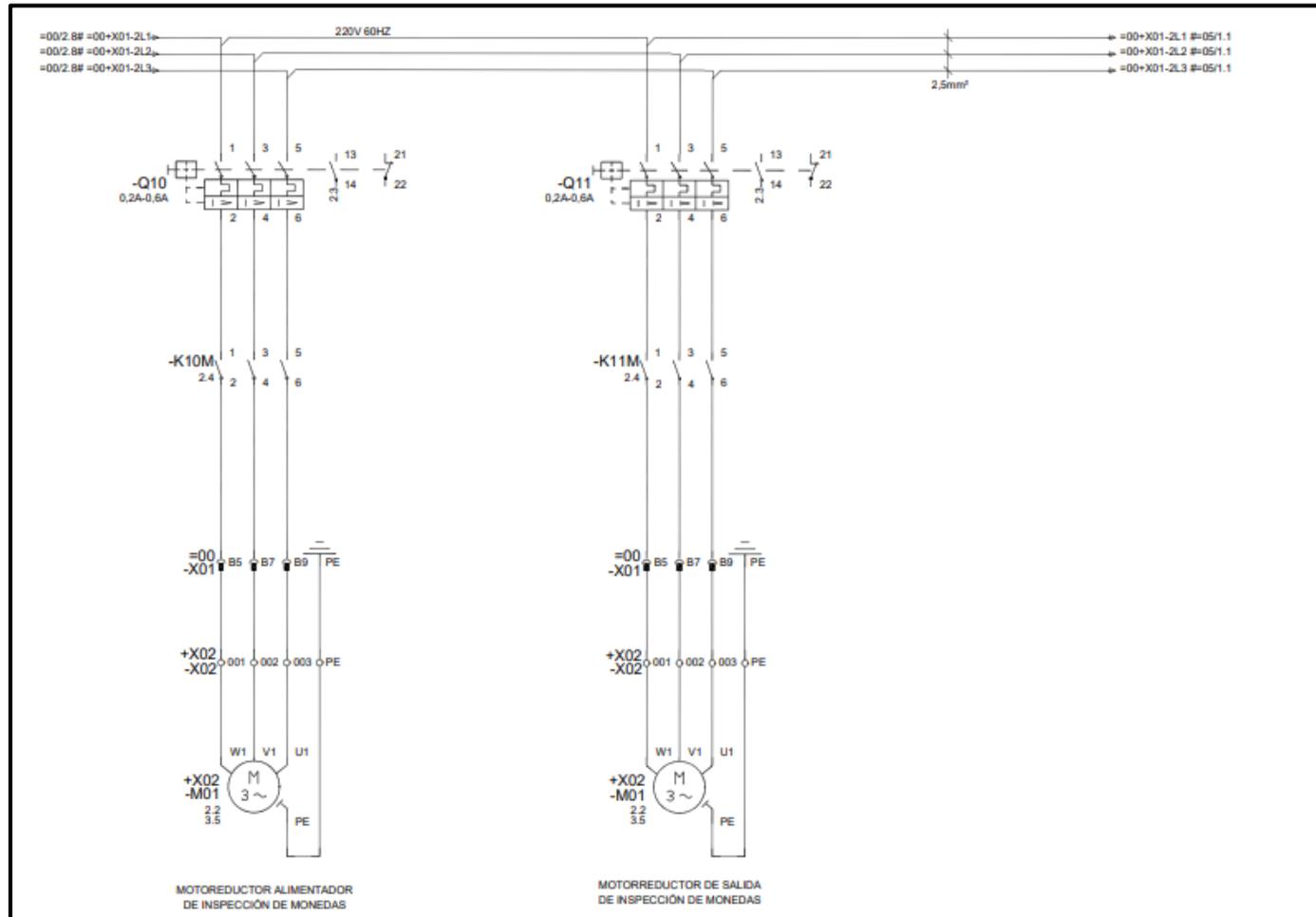
Fuente: Planos eléctricos actualizados máquina Schuler MRH-150

Figura 103. Esquema eléctrico del sistema de los actuadores del inspector de calidad



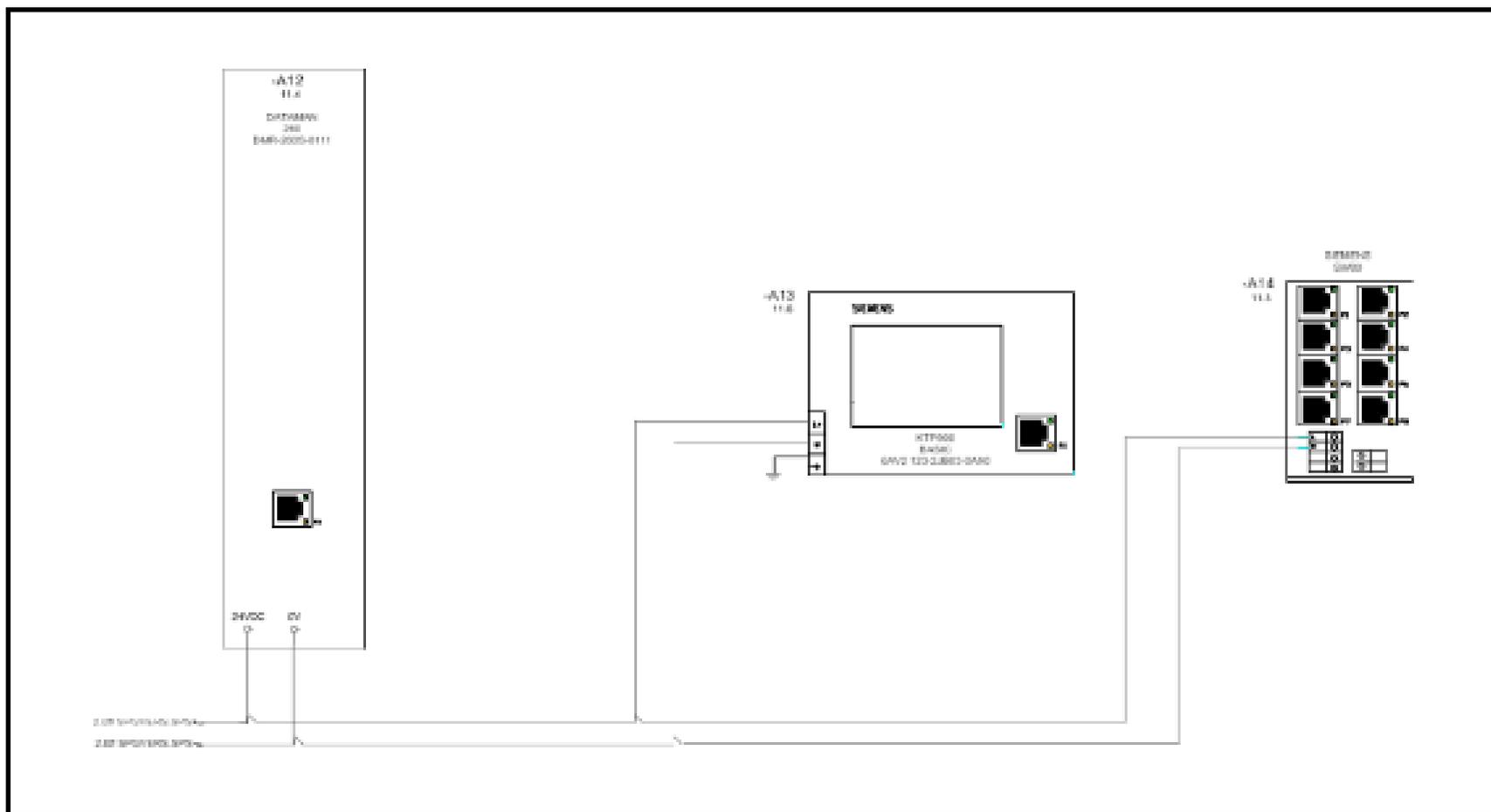
Fuente: Planos eléctricos actualizados máquina Schuler MRH-150

Figura 104. Esquema eléctrico del sistema de transporte del inspector de calidad



Fuente: Planos eléctricos actualizados máquina Schuler MRH-150

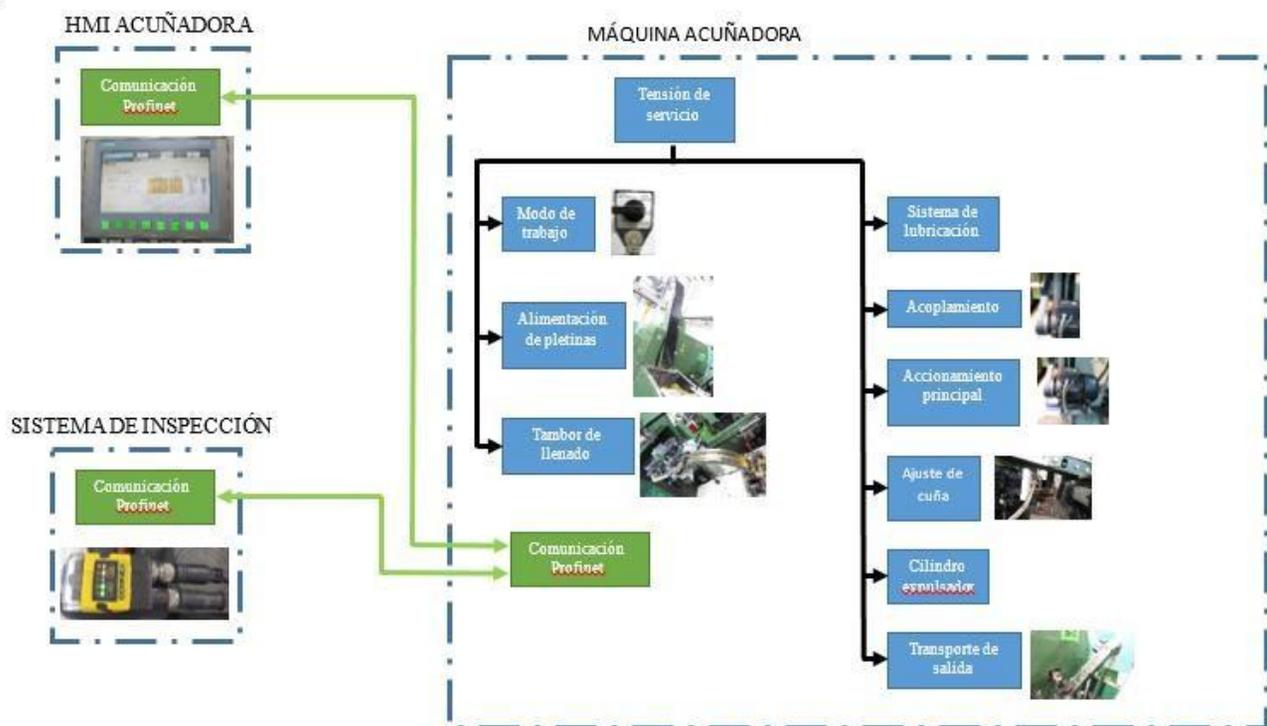
Figura 105. Esquema eléctrico y control modificado



Fuente: Planos eléctricos actualizados máquina Schuler MRH-150

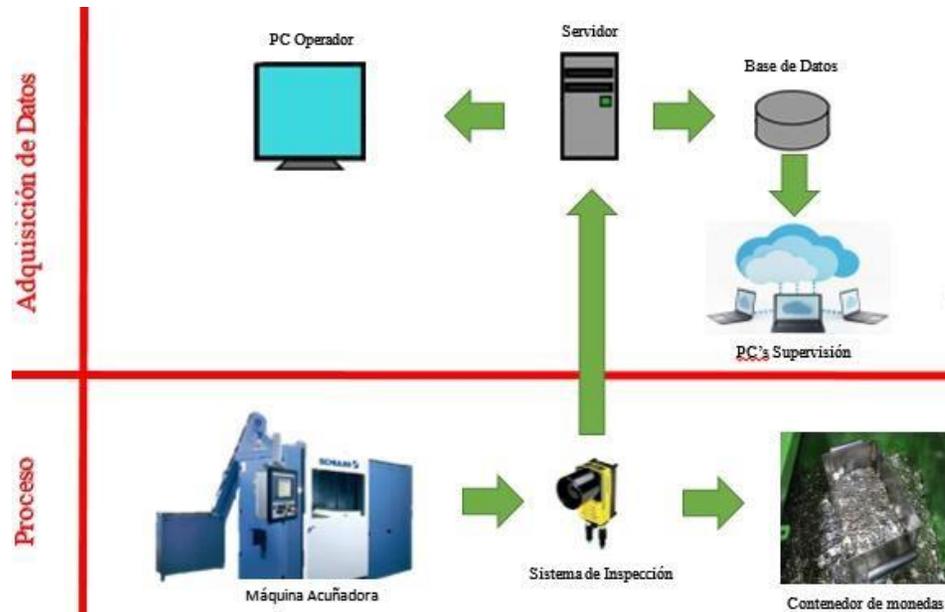
Estas mejoras en la máquina acuñadora Schuler se realizó con la finalidad de implementar la cámara con la finalidad de detectar las monedas mal acuñadas. El nuevo equipo se integrará el segundo trimestre del año 2022 en la máquina acuñadoras Schuler N°1 (1996), posteriormente se integrará las cuatro máquinas restantes. En la figura 106 y 107 se muestra como estará integrada la cámara para el control de calidad de monedas en una de las máquinas acuñadoras.

Figura 106. Diagrama de integración de la cámara y sistema de control de la máquina acuñadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 107. Diagrama de monitoreo de control de calidad de monedas

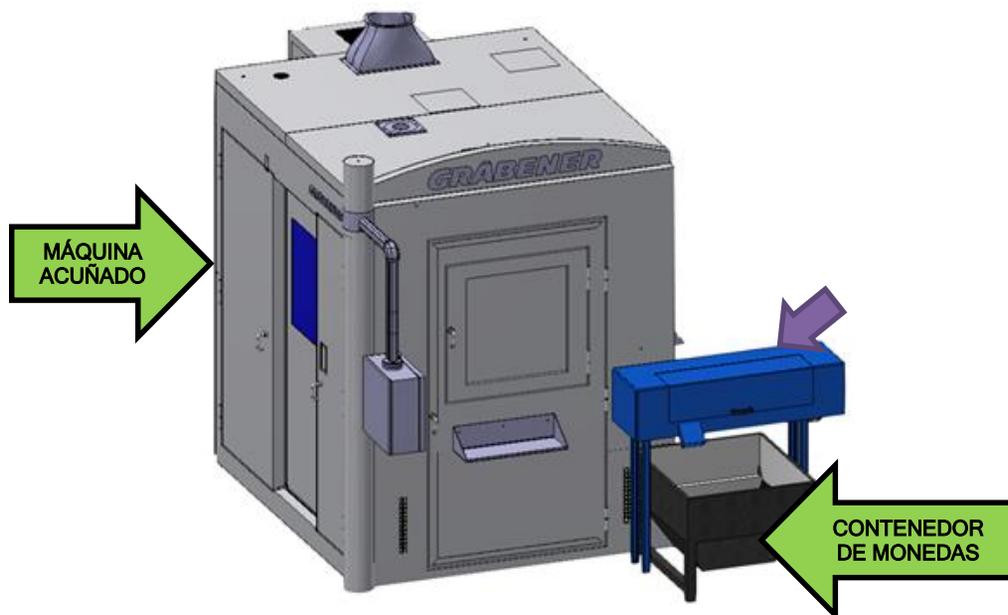


Fuente: Elaboración propia

a) Esquema de Componente y Funcionamiento del Sistema por Etapas

El sistema a implementar estará ubicado entre la salida de monedas de la máquina acuñadora y el contenedor de monedas.

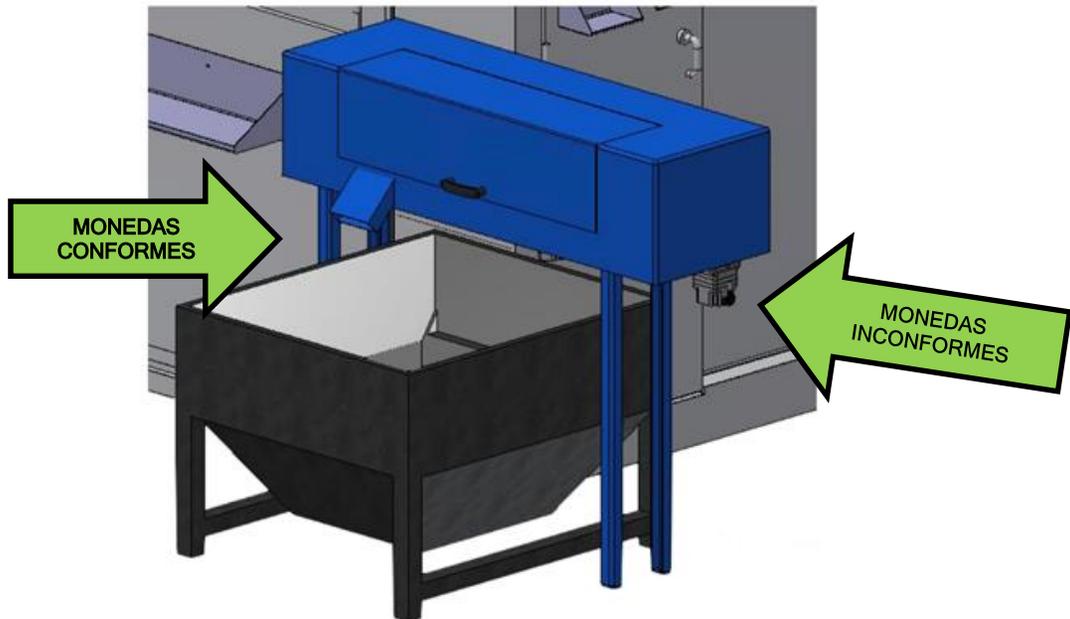
Figura 108. Ubicación de equipo de inspección de monedas



Fuente: Información Grabener Minting

Posee un ingreso y dos vías de salidas para las monedas, dirigiendo las monedas en correctas condiciones al contenedor y las monedas con algún tipo de defecto a un recipiente externo.

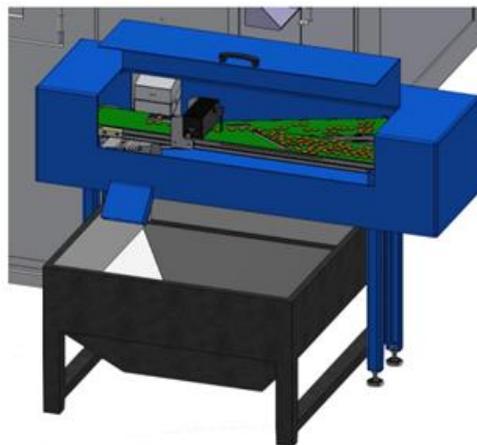
Figura 109. Transporte y rechazo de monedas



Fuente: Información Grabener Minting

Al interior del sistema estará ubicada la cámara “In-Sight serie D900” de la marca “Cognex”, doble faja transportadora y un actuador neumático de respuesta rápida para la desviación de las monedas inconformes a la faja transportadora respectiva.

Figura 110. Transporte y rechazo de monedas

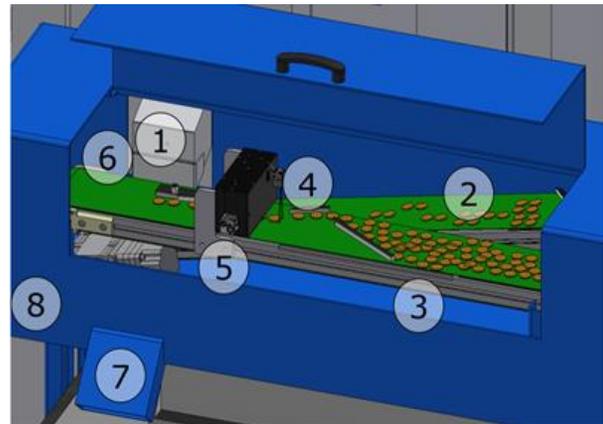


Fuente: Información Grabener Minting

Las partes principales de la implementación del proyecto son las siguientes:

Figura 111. Partes principales del sistema

1. Ingreso de monedas
2. Faja de alimentación y almacenamiento.
3. Dosificación de monedas
4. Alineado de monedas
5. Cámara de inspección
6. Sistema de expulsión
7. Salida de monedas
8. Contenedor de monedas en mal estado



Fuente: Información Grabener Minting

El funcionamiento por etapas, basándonos en la Fig. 115, consiste en lo siguiente:

#### 1. Ingreso de monedas:

Es esta primera etapa, las monedas son recibidas considerando la velocidad de 750 monedas/minuto de la salida de la máquina “acuñadora schuler”.

#### 2. Faja de alimentación y almacenamiento:

Esta faja se encarga de mantener un almacenamiento temporal de la alimentación de monedas previo a la faja transportadora que contiene la inspección con cámara, a la vez sirve para una continua alimentación de monedas, recibiendo las monedas caídas del sistema de dosificación (parte 3) ubicada en la faja transportadora superior.

#### 3. Dosificación de monedas:

Este sistema se encarga de brindar un primer orden del ingreso de monedas para ser inspeccionadas de forma continua, logrando de esta manera que se dosifique moneda tras moneda. También como medida de seguridad para evitar un trabamiento al ingreso, uno de los lados de la faja se encuentra sin tope, para que si existe demasiado ingreso de producto, simplemente la moneda caiga por gravedad a la faja anterior (parte 2) y luego vuelva a ser realimentada por la misma vía.

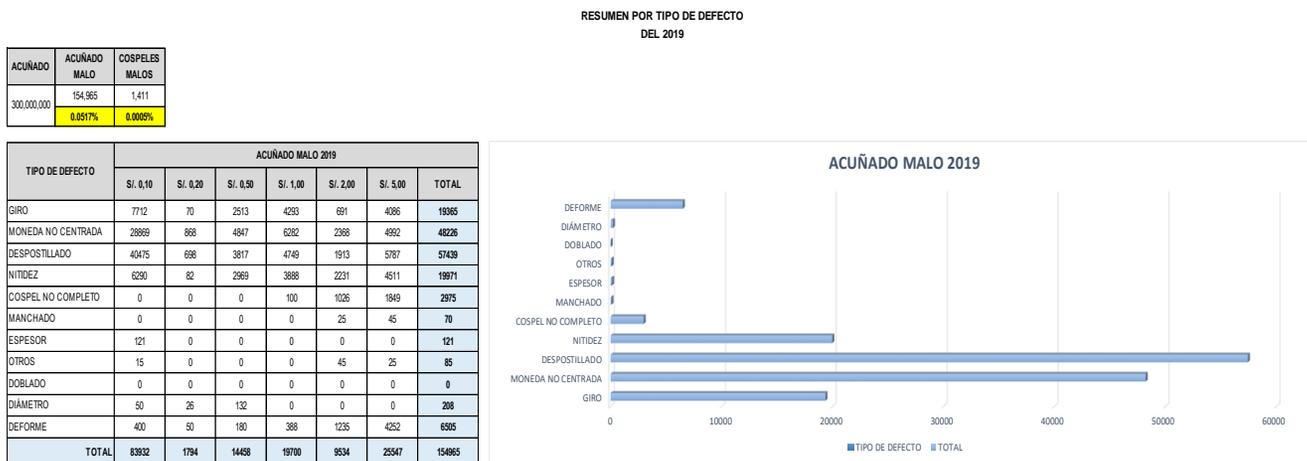
#### 4. Alineado de monedas:

En esta etapa del proceso es donde se logra un alineamiento y correcto centrado de la moneda para que pueda ser inspeccionada de forma adecuada por la cámara “In-Sight serie D900”.

#### 5. Cámara de inspección:

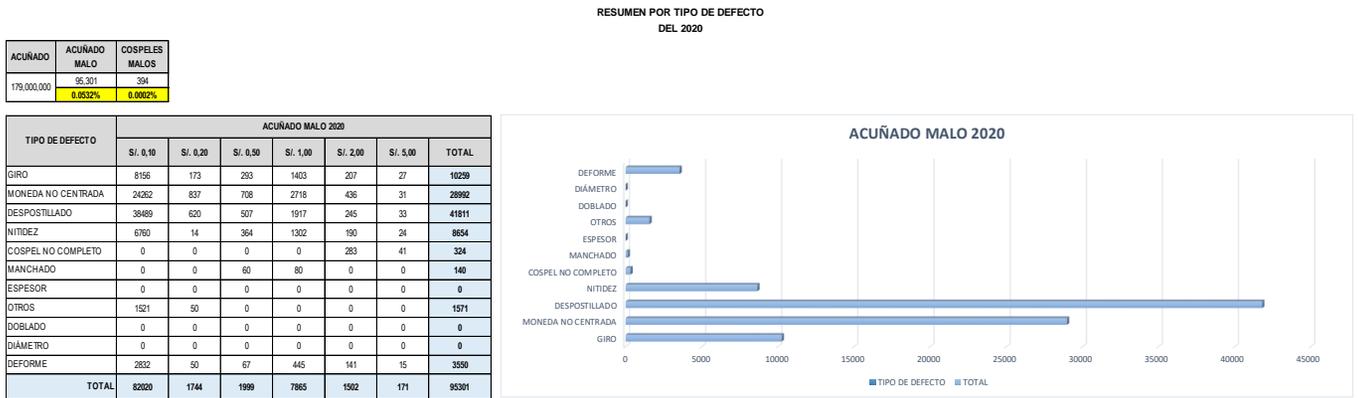
Es la etapa detalles principal del proceso, y es donde a través de la cámara “In-Sight serie D900” de marca Cognex, se logra una correcta inspección de todas las monedas ingresantes, previamente alineadas. Las inspecciones realizadas son en base a un patrón de moneda sin defectos, en donde se revisan los detalles de las monedas y de acuerdo a una base de historial de datos recaudadas por el área de control de calidad (figura 112, 113 y 114), estas bases de datos también ayudaran al monitorea de la cámara con visión artificial para la detección de monedas mal acuñadas.

Figura 112. Reporte de monedas mal acuñada por defecto del año 2019



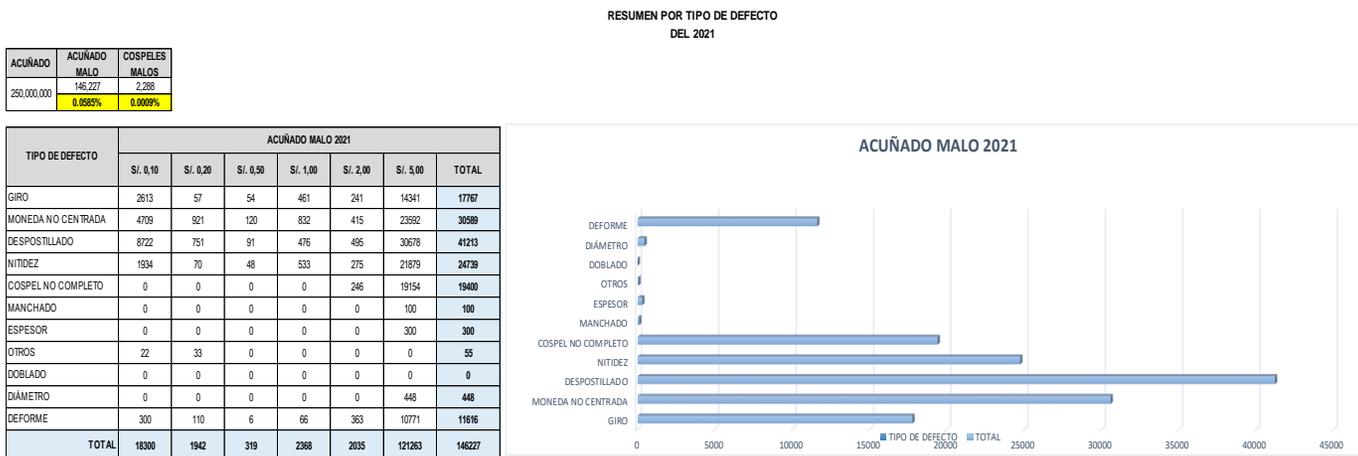
Fuente: Área de calidad de la CNM

Figura 113. Reporte de monedas mal acuñada por defecto del año 2020



Fuente: Área de calidad de la CNM

Figura 114. Reporte de monedas mal acuñada por defecto del año 2021



Fuente: Área de calidad de la CNM

## 6. Sistema de expulsión:

Este sistema de rechazo debe de garantizar la expulsión de monedas en caso no cumplan con los estándares de calidad antes mencionados, y necesariamente el sistema en mención debería tener una frecuencia de activación mayor a la velocidad producción de monedas, en este caso más de 750 monedas por minuto. Para lo cual se pretende usar un actuador electroneumático de alta velocidad de la marca “Festo” modelo MHJ9.

## 7. Salida de monedas:

Corresponde a la parte final del flujo de monedas direccionándolas al contenedor final del producto.

## 8. Contenedor de monedas en mal estado:

Es el sistema de almacenamiento temporal de las monedas que no cumplen con los estándares de calidad.

### A. Información de los componentes a utilizar

En la siguiente lista se detalla las características técnicas de los componentes usados en el proyecto a implementar:

#### a. Cámara In-Sight serie D900

Es una cámara inteligente, de la marca Cognex, diseñada específicamente para ejecutar aplicaciones de Deep Learning. Esta solución integrada ayudará a una inspección eficiente de las monedas. A continuación, se indican sus especificaciones detalladas:

Figura 115. Cámara In-Sight serie D900



Fuente: BCN Vision, 2022

Figura 116. Datos técnicos de la Cámara In-Sight serie D900

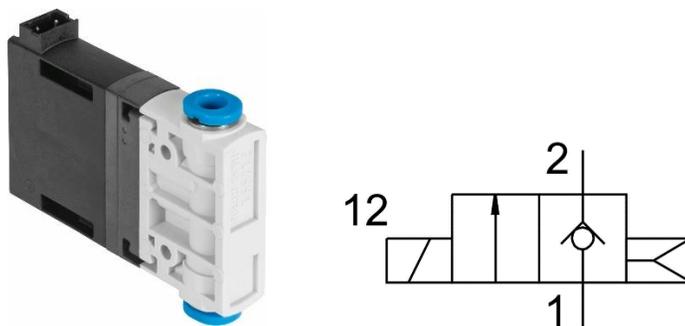
Tipo de imagen	Monocromático
Trabajo/programa	Memoria flash no volátil de 7.2 GB
Memoria de procesamiento de imágenes	512 MB de SDRAM
Almacenamiento adicional	Tarjeta SD de 8 GB, disco en red a través de FTP, red de más de un gigabit
Tipo de sensor	CMOS, obturador global
Resolución (píxeles)	2048 x 1; 2048 x 16384 (hasta 16384 líneas) software configurable, o 1024 x 1; 1024 x 16384 (hasta 16384 líneas) software configurable
Velocidad de línea	66K líneas por segundo (velocidad de escaneo de 15 µs)
Tipo de lente	Montaje C únicamente
Luces LED de indicación	Estado de la tarjeta SD, LED de aprobado/fallo y anillo indicador de visualización a 360 grados, LED de red y LED de error
E/S incorporada	1 entrada de disparador integrada, 1 entrada, 2 salidas
Entrada del codificador	2 entradas de línea del codificador para soporte en cuadratura
Voltaje de entrada del codificador	5-24 VCC
Alimentación	24 VCC
Conectores industriales M12	Encendido/IO; Ethernet; alimentación de iluminación externa/control (N/C)
Protección	IP67 con cubierta para lentes de montaje en C
Comunicaciones de red	1G (1000)/100/10 Mbps
Protocolos	OPC UA, EtherNet / IP con AOP, PROFINET Clase B, IQSS, Modbus TCP, escáner SLMP / SLMP, IEEE 1588 (CIP Sync), perfil de complemento Rockwell, CC-Link IE campo básico
Compatible con IEEE 1588	Resolución de la marca temporal: 8 ns; Precisión de sincronización a través de reloj transparente: 5 ns
Perfil de adición Rockwell	Sí
Herramientas de visión	Todos los modelos cuentan con un conjunto completo de herramientas de visión PatMax. Herramienta PatMax RedLine opcional.

Fuente: BCNVISION, 2022

b. Actuador de conmutación rápida MHJ9-QS-4-LF

Es una electroválvula que supera la frecuencia de salida de monedas y es adecuada para realizar el rechazo de las monedas inconformes.

Figura 117. Electroválvula MHJ9-QS-4-LF



Fuente: FESTO, 2022

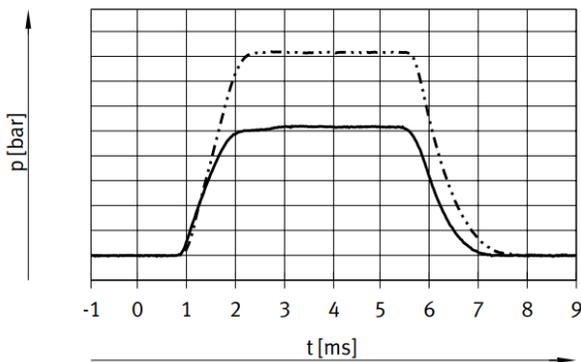
Figura 118. Datos técnicos de electroválvula Electroválvula MHJ9-QS-4-LF

Función de la válvula	2/2 cerrada monoestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Anchura	9 mm
Caudal nominal normal	50 l/min
Conexión neumática de utilización	QS-4
Tensión de alimentación	24V DC
Presión de funcionamiento	0.05 MPa ... 0.8 MPa
Presión de funcionamiento	0.5 bar ... 8 bar
Forma constructiva	Válvula de asiento sin muelle recuperador
Tipo de reposición	Muelle neumático
Grado de protección	IP40
Patrón uniforme	9.5 mm
Nota sobre el funcionamiento	No poner en funcionamiento sin caudal. Temperatura ambiente máx. para montaje en bloque con caudal: 45 °C.
Principio de sellado	Duro
Posición de montaje	Cualquiera
Accionamiento manual auxiliar	Ninguna
Tipo de control	Directo

Fuente: FESTO, 2022

Su frecuencia de conmutación, como indica en la gráfica ya sea para 4 o 6 bar de presión, es de 6milisegundos:

Figura 119. Tiempo de respuesta de electroválvula MHJ9-QS-4-LF



Fuente: FESTO, 2022

Es lo suficientemente rápida para lograr un rechazo eficiente de las monedas inconformes debido a que la máquina acuñadora cuenta con una velocidad de 750 monedas por minuto, en un segundo serían 12.5 monedas, por lo tanto, esto indica que por monedas contamos con 80milisegundos de separación, y el rechazo solo durando 6 milisegundos se podría efectuar el rechazo a esa velocidad sin ningún problema.

c. Motorreductor DC EDP 0986337451

El siguiente componente se encargará de accionar de forma independiente cada faja transportadora a una velocidad constante en donde a continuación se muestran sus características técnicas:

Figura 120. Motorreductor DC EDP 0986337451



Fuente: Directindustry, 2022

<b>Motor</b>	DC
<b>Tipo</b>	de tornillo sin fin
<b>Orientación de los ejes</b>	de ejes ortogonales
<b>Tipo de eje</b>	árbol de piñón
<b>Potencia</b>	10 W...50 W, 50 W...100 W
<b>Par</b>	5 - 10 Nm, 20 - 50 Nm, 10 - 20 Nm
<b>Voltaje</b>	24 V
<b>Uso previsto</b>	industrial, para vehículos, para limpiaparabrisas
<b>Otras características</b>	de velocidad variable
<b>Relación de reducción</b>	96 unit

Fuente: Directindustry, 2022

El motorreductor a instalar deberá ser de 40w de potencia y considerando que la velocidad de salida de la faja transportadora de la “máquina schuler” es de 100rpm entonces le agregamos un porcentaje del 10%, para garantizar una pequeña diferencia de flujo en la inspección de monedas, obteniendo así una velocidad del motorreductor de 110RPM.

En la tabla N°30, 31 y 32 se compara diversos modelos de equipos, seleccionando el más adecuado para el proyecto.

Tabla 30. Cuadro de selección de componentes

Cuadro de selección de componentes			
Cámara Inteligente			
Tipo de cámara	Cámara In-Sight serie D900	Cámara TIS-DFK-33UX287	BOA Spot
Descripción	Cámaras inteligentes, de resolución ultra para inspecciones y mediciones detalladas.	Cámaras, de alta resolución	Cámara inteligente de alta resolución simplicidad de un sensor de visión y potencia de los sistemas de visión.
Tipo de imagen	Monocromático	Monocromático	Monocromático
Trabajo programa	Memoria flash no volátil de 7.2 GB	Memoria flash de 5.5 GB	Memoria flash de 6.0 GB
Memoria de proc. de imágenes	512 MB de SDRAM	450 MB SDRAM	No específica
Almacenamiento adicional	Tarjeta SD de 8GB, disco en red a través de FTP de 1gigabit	Tarjeta SD de 6GB	No específica
Tipo de sensor	CMOS, obturador global	No específica	No específica
Resolución (píxeles)	2048 X 1; 2048 X 16384	720 x 540 (0,4 MP)	1280 X 960
Tamaño de pixel	4.2 um	1.5 um	3.5 um
Velocidad de línea	66K líneas or segundo (velocidad de escaneo de 15 us)	Velocidad de escaneo 10 us	Velocidad de escaneo 12 us
Tipo de lente	Montaje C únicamente	No específica	No específica
Luces LED de indicación	Estado de la tarjeta SD LED	Estado de la tarjeta SD LED	Estado de la tarjeta SD LED
E/S incorporada	1 entrada de disparador integrada	1 entrada de disparador integrada	No específica
Entrada del codificador	2 entradas de línea del codificador	No específica	No específica
Voltaje de entrada del codificador	5-24 VCC	24 VCC	100 mA max load at 24V
Alimentación	4 VCC	4 VCC	4 VCC
Conectores industriales M12	Encendido/IO; Ethernet; alimentación de iluminación externa	No específica	No específica
Protección	IP67 con cubierta para lentes de montaje C	IP67	IP67
Comunicación de red	1G Mbps	1G Mbps	1G Mbps
Protocolos	OPC UA, EtherNet/IP PROFINET, Modbus TCP	EtherNet/IP PROFINET, Modbus TCP	Ethernet, Ethernet/IP, PROFINET

Fuente: Elaboración propia

### Crterios de selección utilizados:

Para poder seleccionar la mejor cámara se analizó los siguientes criterios:

- La capacidad de memoria flash
- Memoria para el procesamiento de imagen
- Tipo de sensor
- Resolución en píxeles
- Velocidad de scaneo
- Tipo de lente
- Voltaje de entrada
- Comunicación de red
- Calidad de imagen tomada a la moneda patrón

La cámara seleccionada de acuerdo al requerimiento es In-Sight serie D900.

Tabla 31. Actuador neumático

<b>Actuador neumático</b>		
<b>Tipo de actuador</b>	<b>Actuador de conmutación rápida MHJ9-QS-4-LF</b>	<b>NORGREN V60A411A-A313J</b>
<b>Descripción</b>	2/2 cerrada monoestable	3/2 Sistema múltiple para suministro de presión común
<b>Tipo de accionamiento</b>	Eléctrico	Eléctrico
<b>Caudal nominal normal</b>	50 l/min	55 l/min
<b>Tensión de alimentación</b>	24 V DC	24 V DC
<b>Presión de funcionamiento</b>	0.05 MPa ... 0.8 Mpa 0.5 bar ... 8 bar	0.05 MPa ... 0.8 Mpa 0.5 bar ... 8 bar
<b>Forma constructiva</b>	Válvula de asiento sin muelle recuperador	Válvula de asiento sin muelle recuperador
<b>Grado de protección</b>	IP40	IP40
<b>Tiempo de conmutación ON a 4 bar y 24 V en estado nuevo</b>	0.7 ms	0.6 ms
<b>Tiempo de conmutación OFF a 4 bar y 24 V en estado nuevo</b>	0.9 ms	0.8 ms

Fuente: Elaboración propia

Criterios de selección utilizados:

Para poder seleccionar el mejor actuador se analizó los siguientes criterios:

- Tipo de accionamiento.
- Caudal nominal
- Tensión de alimentación
- Presión de trabajo
- Tiempo de conmutación

El actuador seleccionado de acuerdo al requerimiento es el Actuador de conmutación rápida MHJ9-QS-4-LF de la marca FESTO.

Tabla 32. Motorreductor

<b>Motorreductor</b>		
<b>Tipo de morreductor</b>	<b>Motorreductor DC EDP 0986337451</b>	<b>Motorreductor DC DOGA 668-5515</b>
<b>Descripción</b>	De tornillo sin fin	Con caja reductora y con escobillas
<b>Orientación de los ejes</b>	De ejes ortogonales	Cilindro con tornillo sin fin
<b>Tipo de eje</b>	Árbol de piñón	
<b>Potencia</b>	50 W	28 W
<b>Par</b>	30 Nm	3 Nm
<b>Voltaje</b>	24V	12V
<b>Otras características</b>	De velocidad variable	De velocidad variable
<b>Relación de reducción</b>	96 unit	i: 62:1

Fuente: Elaboración propia

Para poder seleccionar el mejor motorreductor se analizó los siguientes criterios:

Tipo de transmisión

- Potencia
- Torque
- Voltaje
- Relación de transmisión.

El motorreductor seleccionado de acuerdo al requerimiento es el Motorreductor DC EDP 0986337451.

B. Monitoreo y control.

En la actualidad los operadores controlan la calidad de las monedas, a la salida del sistema de transporte de las máquinas acuñadoras Schuler verificando cada 10 minutos, con su respectiva lupa la calidad de las monedas validando el correcto acuñado.

Figura 121. Verificación del control de calidad de monedas



Fuente: CNM, 2022

Con este tipo de monitoreo, el personal está propenso al cansancio y al riesgo ergonómico, ya que se exige la visión y puede ocurrir de control de calidad en las monedas. Con la incorporación del nuevo proyecto, el operador se libera de este tipo de trabajo implementando un sistema con mayor precisión, debido a que una inspección de forma manual depende mucho de la capacidad de percepción de cada operador, por lo contrario, la inspección con la cámara automática brinda mejores resultados y logrando obtener cuadros de tendencias del correcto estado de las monedas.

Finalmente, para un mejor monitoreo del área de acuñación y calidad de la CNM se pretende integrar todo este proyecto al sistema “Scada” de la empresa para contar con las tendencias de cada una de las máquinas acuñadoras, informes diarios de la calidad de la moneda producida y tener un registro más acertado para anticiparnos a los cambios de troqueles (cuños de monedas) antes de tener problemas con mayor frecuencia.

Figura 122. Monitoreo por Scada



Fuente: InfoPLC, 2022

#### **3.10.4. Simulación para el control de calidad de monedas.**

La simulación se realizará con la finalidad de comprobar la calidad de monedas con una moneda preestablecida para el control. Esta prueba es a través de imágenes tomadas a diversas denominaciones de monedas el cual serán simuladas en MATLAB para su comprobación.

#### **3.10.5. Funcionamiento.**

El funcionamiento del sistema de visión artificial está diseñado con la finalidad de mostrar la calidad de monedas que es comparada con una moneda preestablecida. Se detallará la secuencia que se sigue para el rechazo de la moneda mal acuñada, se realizará el procesamiento de imagen utilizando el software Matlab para la simulación y su comparación.

Se detalla a continuación los pasos para el procesamiento de imágenes:

##### **A. Primer paso**

Se seleccionan las monedas que servirán de patrón para comparar las monedas las que no cumplen la calidad requerida serán rechazadas. En la figura 123 se muestran monedas de las diversas denominaciones que se utilizara como patrón para el control de calidad de monedas.

Figura 123. Monedas de S/5.00, 1.00, 0.20, 0.10 como referencia



Fuente: Elaboración propia

B. Segundo paso.

Para la captura de imágenes de las monedas se utilizará un celular Xiaomi Redmi 9 Versión MIUI. Este celular es uno de los mejores para la captura de imágenes ya que cuenta con 5 cámaras de alta definición que permitirá garantizar el correcto procesamiento.

Figura 124. La cámara principal cuenta con 48 MP que permite capturar imágenes de buena calidad.

Figura 124. Celular Xiaomi Redmi 9



Fuente: Elaboración propia

C. Tercer paso.

Las imágenes son guardadas y enviadas a la computadora para luego ser procesada en el software matlab. El software analiza las características de las imágenes utilizando algoritmos con la finalidad de comprobar las monedas con el patrón de cada denominación.

Programación para el procesamiento de las imágenes de las monedas en software MatLap.

### Coeficientes de correlación

La función `corrcoef` crea una matriz de coeficientes de correlación de muestra para una matriz de datos (donde cada columna representa una cantidad independiente). Los coeficientes de correlación oscilan entre -1 y 1, donde

Los valores cercanos a 1 indican que hay una relación lineal positiva entre las columnas de datos.

Los valores cercanos a -1 indican que una columna de datos tiene una relación lineal negativa con otra columna de datos (anticorrelación).

Los valores cercanos o iguales a 0 sugieren que no hay ninguna relación lineal entre las columnas de datos.

```
f1=imread('5soles.png');
%%f2=imread('dossoles.png');
%%f3=imread('cincosoles.png'); test=imread('5solestest.png'); figure(1);
subplot(1,2,1),imshow(f1);title('monedamodelo');
subplot(1,2,2),imshow(test);title('moneda testada');
%%subplot(1,3,2),imshow(f2);
%%subplot(1,3,3),imshow(f3);
%%%%recortar la imagen n1=imcrop(f1,[0 0 200 300]);%%%% 1sol
%%n2=imcrop(f2,[0 0 200 300]);%%%% 2soles
%%n3=imcrop(f3,[0 0 200 300]);
%%figure(2);
%%subplot(1,2,1),imshow(n1);
%subplot(1,2,2),imshow(n2);
%%%%%%ingresar imagen t1=imcrop(test,[0 0 200 300]); figure(2);
```

```

subplot(1,2,1),imshow(n1);title('monedamodelorecorte');
subplot(1,2,2),imshow(t1);title('moneda testeada recorte');

%%% convertir a escala de grises n1c = rgb2gray(n1);

%% n2c=rgb2gray(n2);

%% n3c=rgb2gray(n3); n4c=rgb2gray(t1); figure(3);

subplot(1,2,1);imshow(n1c);title('moneda modelogris');

%% subplot(1,3,2);imshow(n2c); subplot(1,2,2);imshow(n4c);title('moneda testeada en
gris');

%%% porcentaje comparacion k1 = corr2(n1c,n4c);

%% k2 = corr2(n4c,n2c)

%%%%%%%%%%%% algoritmo para ver bordes

w1=rgb2gray(test);

w2=rgb2gray(f1);    A=double(w1);    B=double(w2);    [Dx,Dy]=gradient(A);
[Gx,Gy]=gradient(B); figure(4);

ima=imagesc(sqrt(Dx.^2+Dy.^2)), axis image,colormap gray;title('moneda test');
figure(5);

ima1=imagesc(sqrt(Gx.^2+Gy.^2)), axisimage,colormapgray;title('moneda modelo');

%% histograma de la imagens figure(6);

subplot(1,2,1), imhist(w2), title('Imagen histograma-real'); subplot(1,2,2), imhist(w1),
title('Imagen histograma-prueba'); if (k1>=0.95) %%% para moneda fallada de 10 poner
0.95

disp('la moneda de prueba esta buenas condiciones '); else

disp('la moneda de prueba esta deteriorada'); end

la moneda de prueba esta deteriorada

>> k1

```

k1 =

0.8704

Las monedas tienen nombres Moneda okey :

10centimos 50centimos 20centimos 1sol

2sol 5 sol

Moneda fallada 10centimotest 20centimostest 50centimotest 1soltest

2 soltest

5 soltest

“Fin del programa”.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS

#### 4.1. Resultados

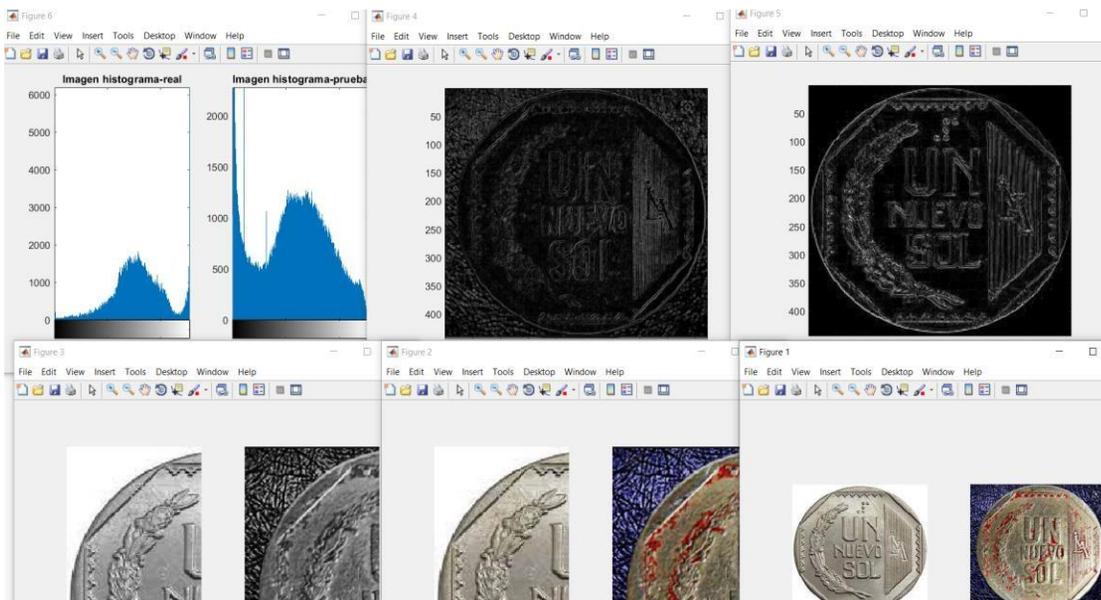
Con la finalidad de demostrar el funcionamiento y obtener los resultados utilizando visión artificial para el control de calidad de monedas en el área de acuñación de la Casa Nacional de Monedas del Perú, se realizaron las simulaciones respectivas de procesamiento de imágenes utilizando el programa MatLab. Se tomaron muestras de monedas de las diversas denominaciones el cual fueron comparadas con monedas de calidad utilizadas como muestra.

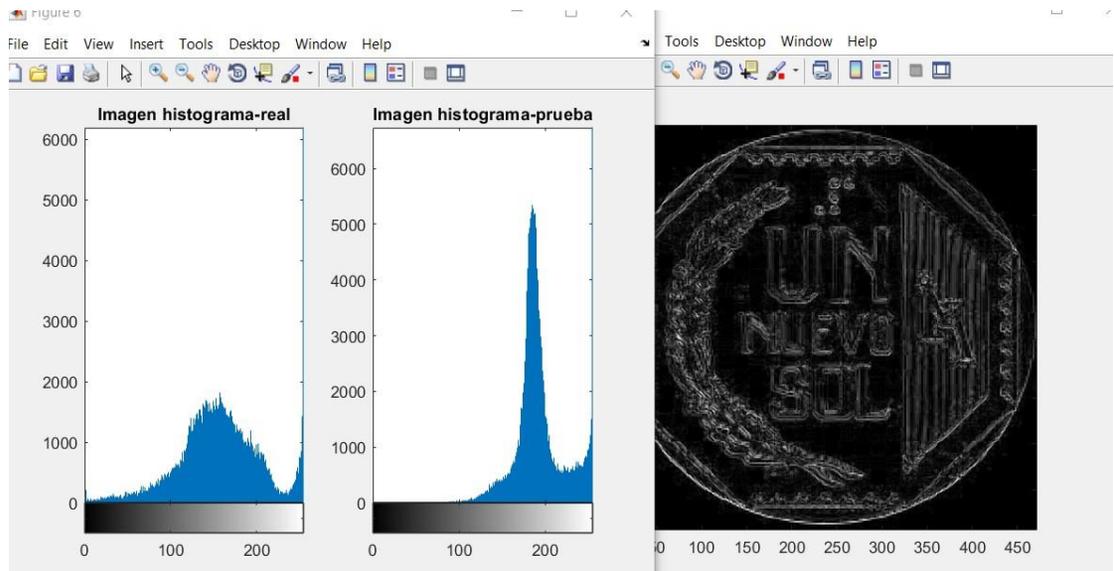
#### 4.2. Muestras grupos experimental.

Se realizaron diversas pruebas de las siguientes denominaciones descritas a continuación:

##### 4.2.1. Visualizando histograma y las imágenes de las monedas de 1 sol.

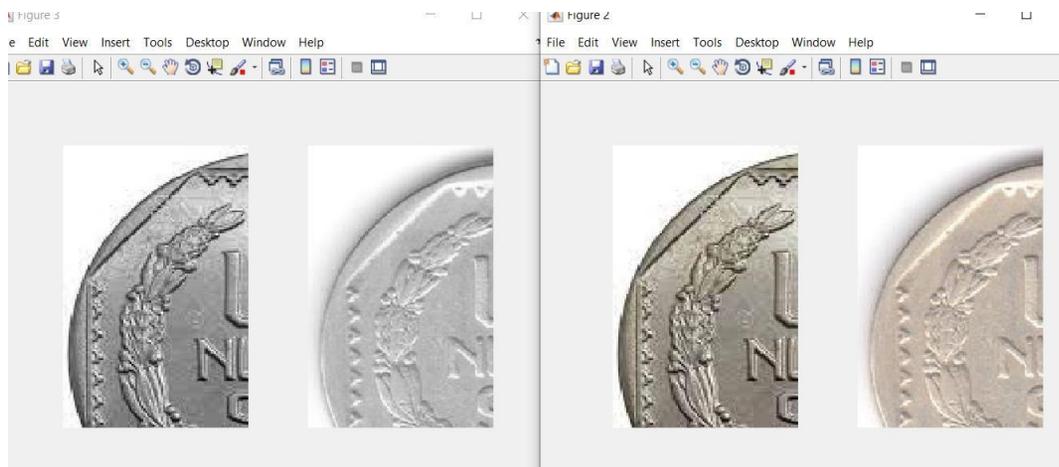
Figura 125. Muestra experimental N°1





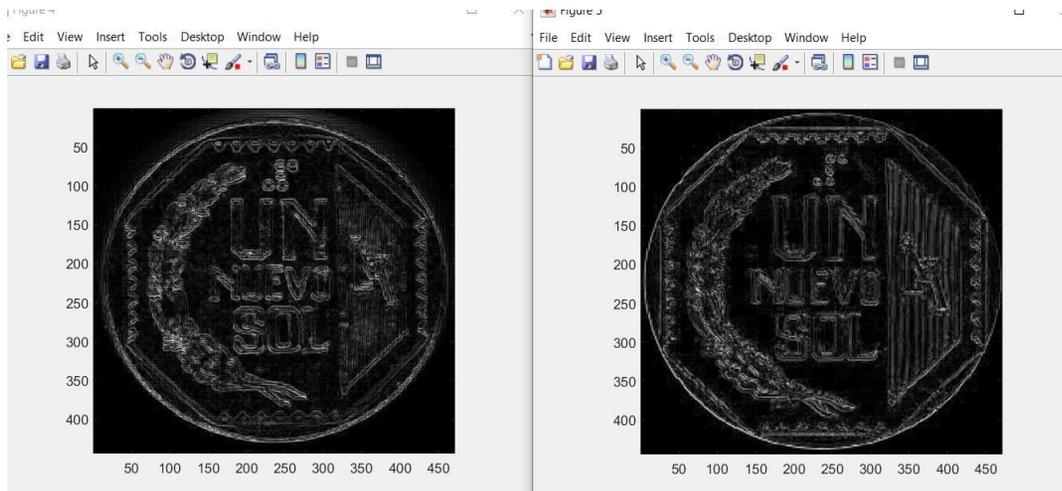
Fuente: Elaboración propia.

Figura 126. Muestra experimental N°2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 127. Muestra experimental N°3



Fuente: Elaboración propia.

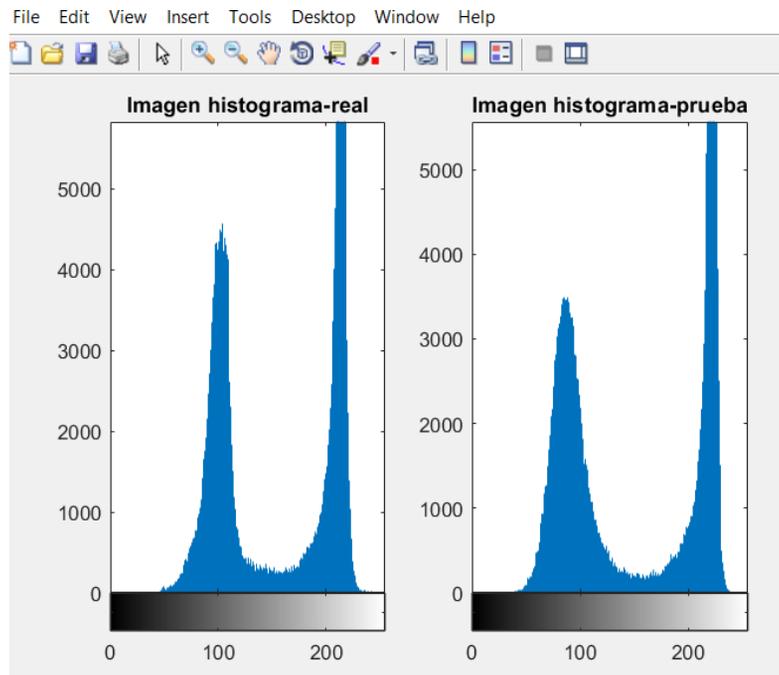
Figura 128. Muestra experimental N°4



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2. Prueba para 10 céntimos

Figura 129. Muestra experimental N°5



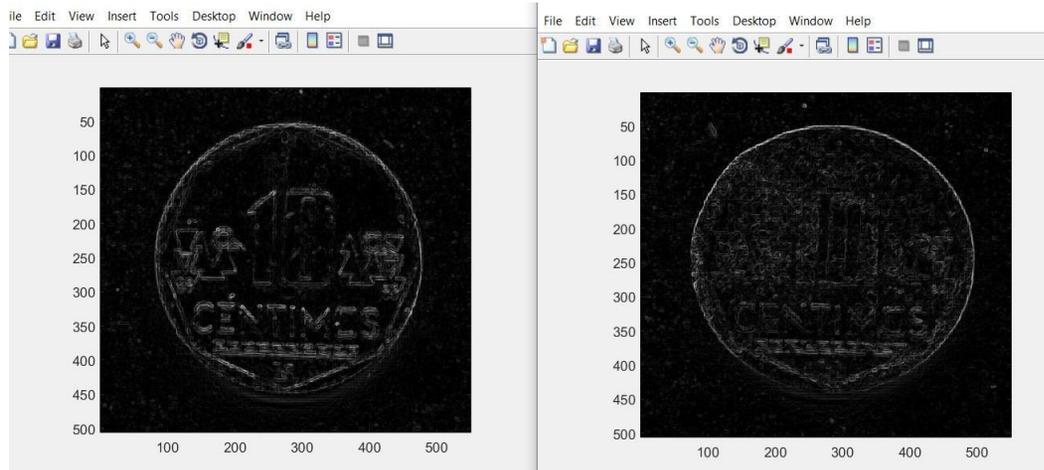
Fuente: Elaboración propia.

Figura 130. Muestra experimental N°6



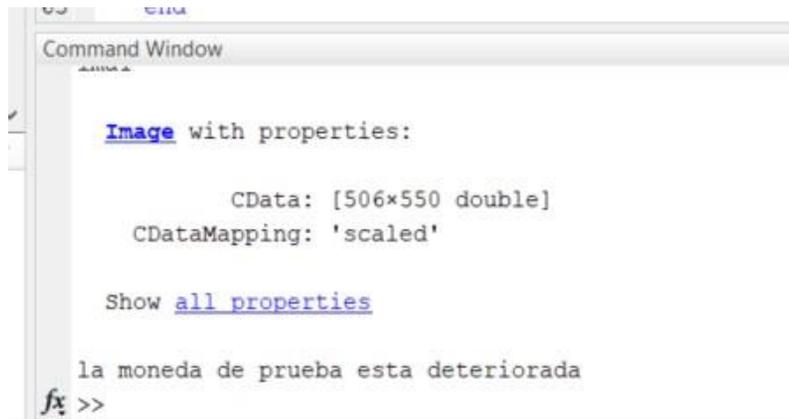
Fuente: Elaboración propia.

Figura 131. Muestra experimental N°7



Fuente: Elaboración propia.

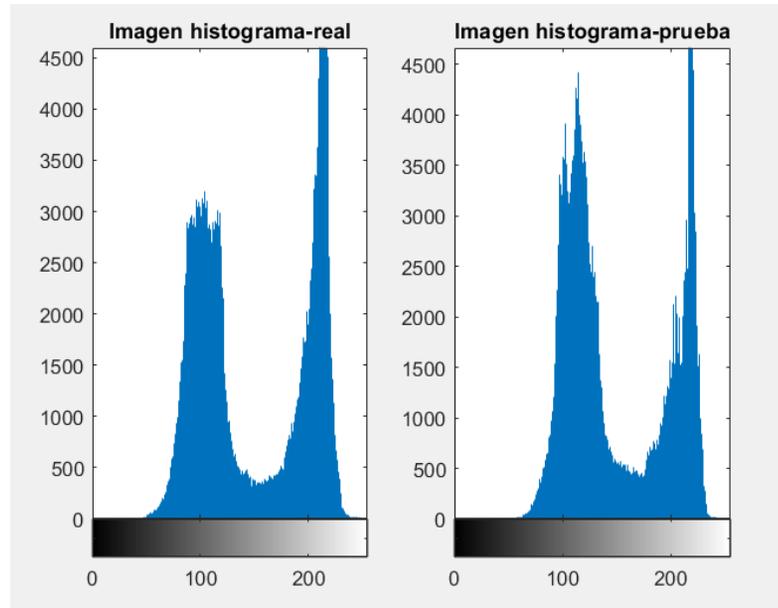
Figura 132. Muestra experimental N°8



Fuente: Elaboración propia.

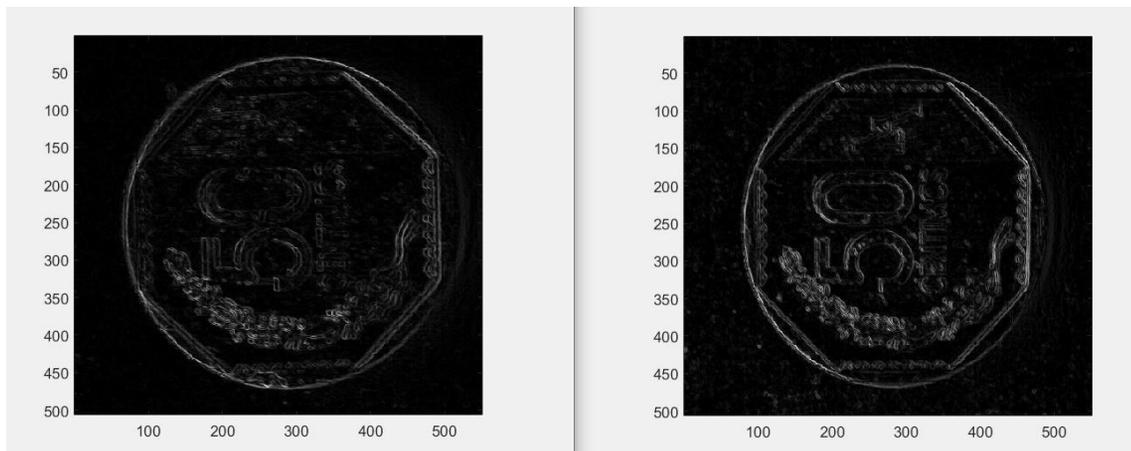
### 4.2.3. Prueba para moneda de 50 céntimos

Figura 133. Muestra experimental N°8



Fuente: Elaboración propia.

Figura 134. Muestra experimental N°9



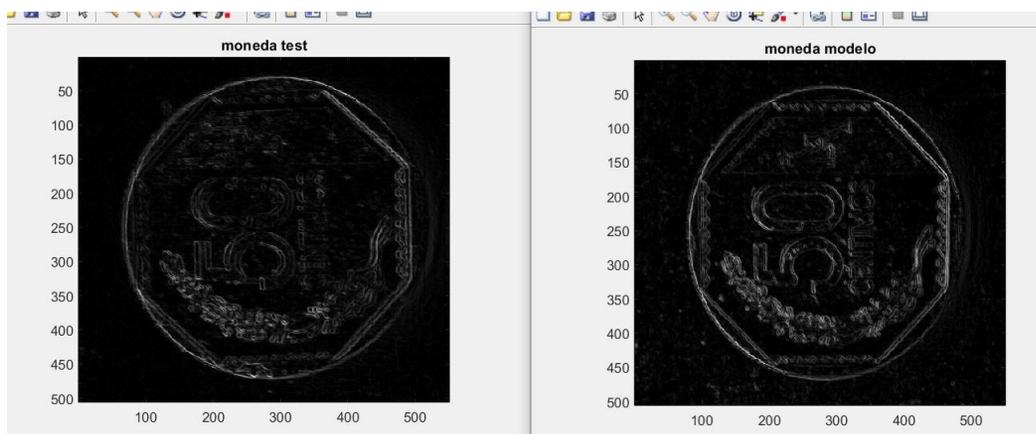
Fuente: Elaboración propia.

Figura 135. Muestra experimental N°10



Fuente: Elaboración propia.

Figura 136. Muestra experimental N°11



Fuente: Elaboración propia.

Figura 137. Muestra experimental N°12

```
CData: [506x550 double]
CDataMapping: 'scaled'

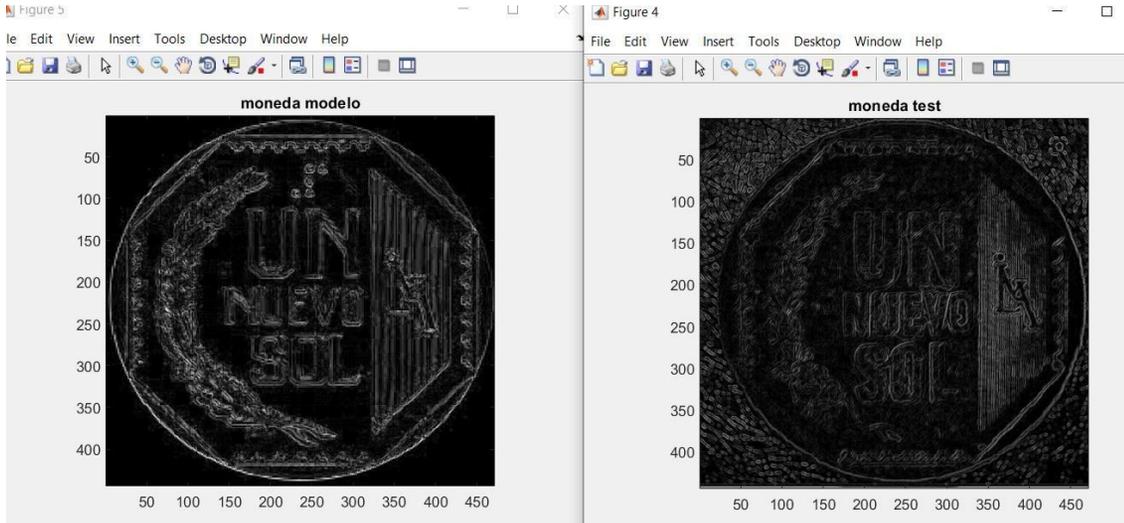
Show all properties

la moneda de prueba esta deteriorada
fx >>
```

Fuente: Elaboración propia.

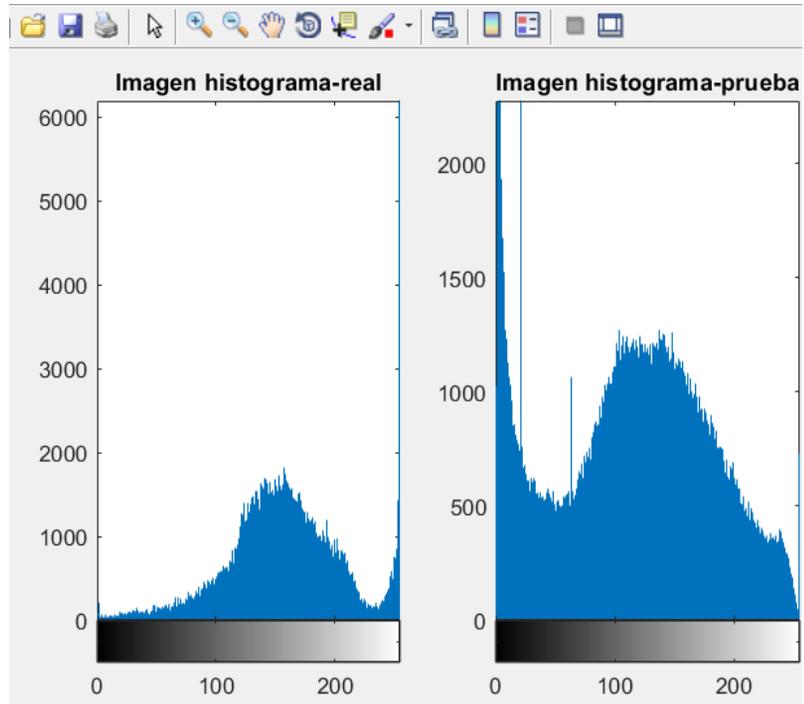
#### 4.2.4. Prueba de 1 sol

Figura 138. Muestra experimental N°13



Fuente: Elaboración propia.

Figura 139. Muestra experimental N°14



Fuente: Elaboración propia.

Figura 140. Muestra experimental N°15



Fuente: Elaboración propia.

Figura 141. Muestra experimental N°16

```
ima1 =  
  
Image with properties:  
  
    CData: [444x471 double]  
    CDataMapping: 'scaled'  
  
Show all properties  
  
la moneda de prueba esta deteriorada  
fx >>
```

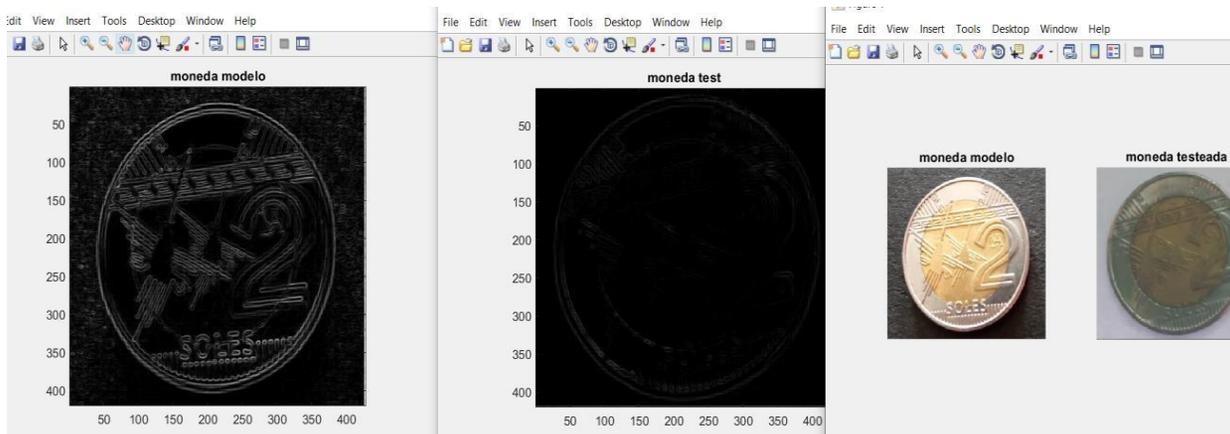
Fuente: Elaboración propia.

$$k1 = -0.3136$$

K1 es coeficiente de correlación.

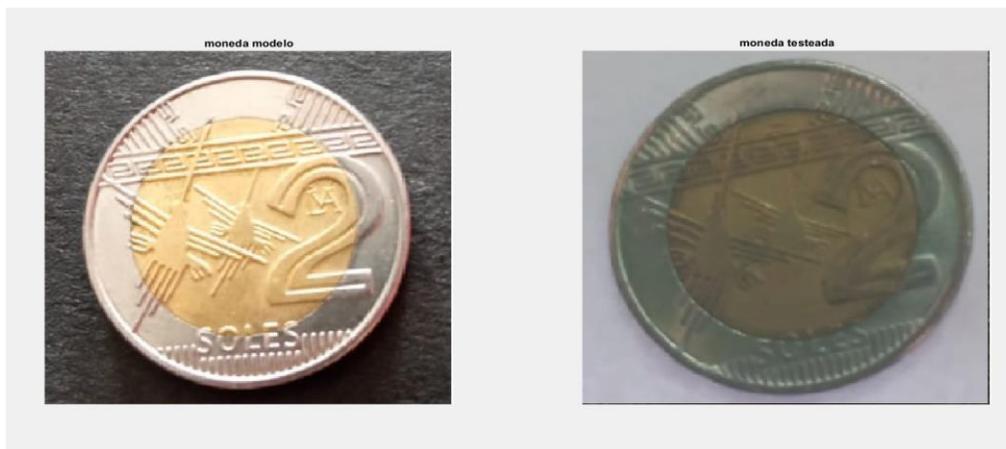
#### 4.2.5. Para moneda de 2 soles

Figura 142. Muestra experimental N°17



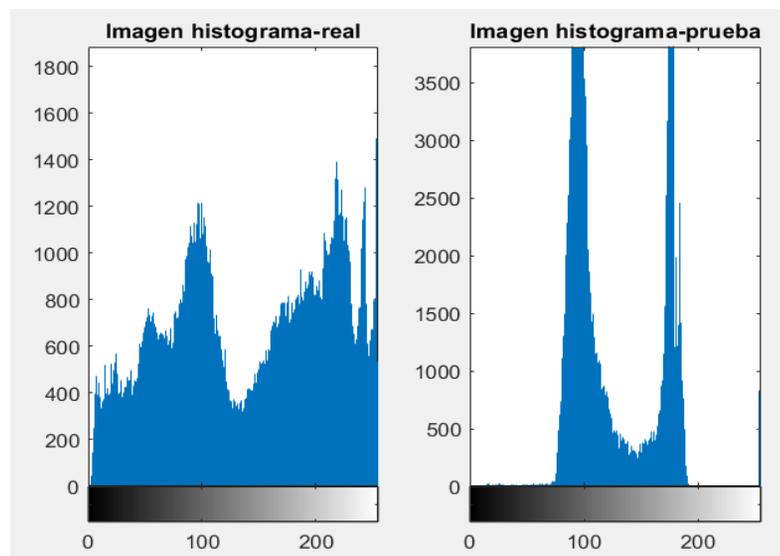
Fuente: Elaboración propia.

Figura 143. Muestra experimental N°18



Fuente: Elaboración propia.

Figura 144. Muestra experimental N°19



Fuente: Elaboración propia.

Figura 145. Muestra experimental N°20

```
CDataMapping: 'scaled'  
  
Show all properties  
  
la moneda de prueba esta deteriorada  
>> k1  
  
k1 =  
  
-0.7607  
  
fx >> |
```

Fuente: Elaboración propia.

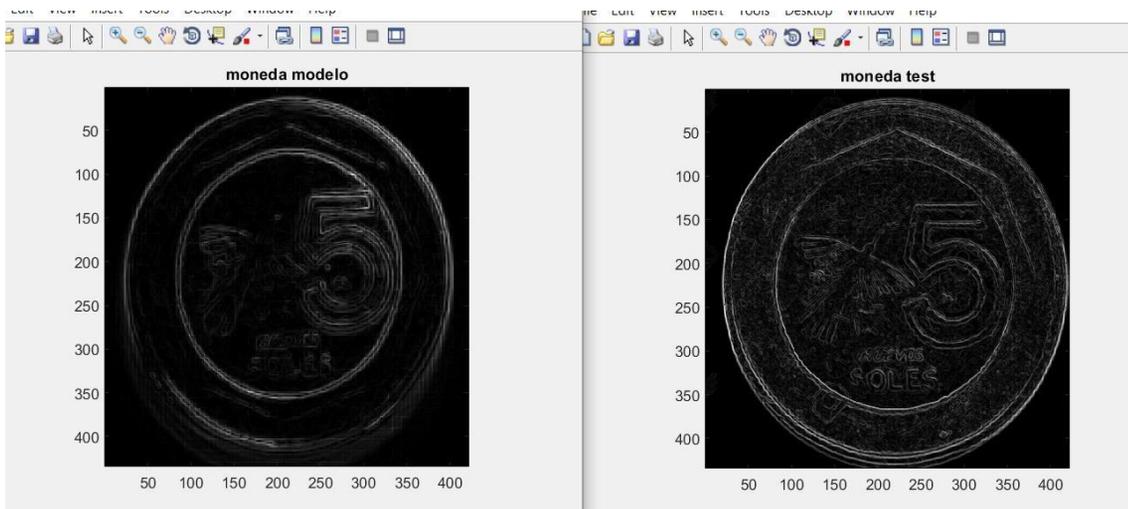
#### 4.2.6. Comparación de moneda de 5 soles

Figura 146. Muestra experimental N°21

```
Command Window  
CData: [434x421 double]  
CDataMapping: 'scaled'  
  
Show all properties  
  
la moneda de prueba esta deteriorada  
>> k1  
  
k1 =  
  
0.8914  
  
fx >> |
```

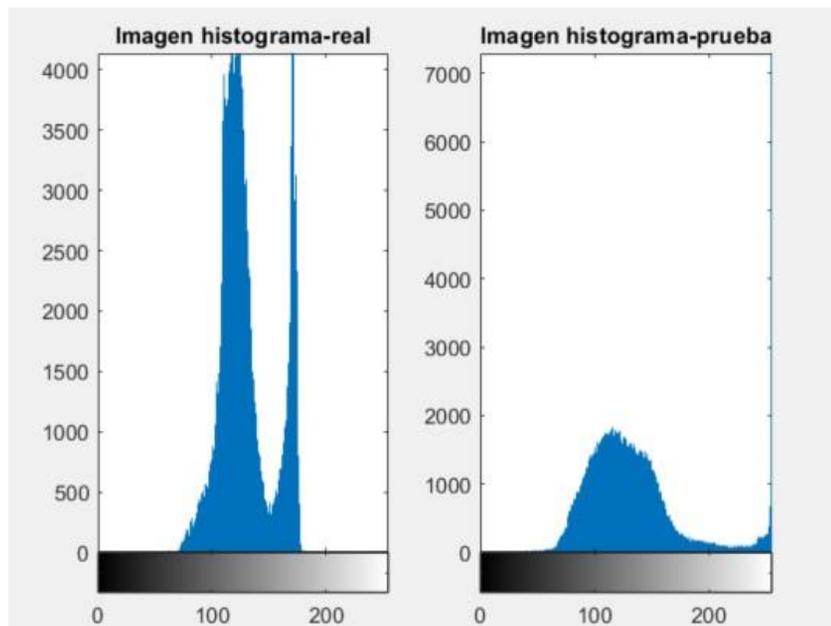
Fuente: Elaboración propia.

Figura 147. Muestra experimental N°22



Fuente: Elaboración propia.

Figura 148. Muestra experimental N°23



Fuente: Elaboración propia.

Cuando el programa detecte una moneda de la mala calidad será rechazada. Una moneda de mala calidad es porque ha sido mal acuñada notándose básicamente errores en los relieves y en los bordes de las monedas.

Figura 149. Monedas mal acuñadas



Fuente: Elaboración propia

Al observar cada muestra y compararlo con las monedas de matriz o de referencia se puede determinar que el análisis que realiza el programa para visión artificial si es posible detectar las monedas de mala calidad.

## CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos en el capítulo 4 para el desarrollo de un sistema de del control de calidad de monedas, el cual fueron simulados con toma de imagen de monedas utilizando un celular Smart de gama media que fueron procesadas en el software Matlab para el análisis de calidad de monedas, estas pruebas realizadas demostraron que es muy factible realizar este proceso en la Casa Nacional de Monedas del Perú de una forma más eficiente utilizando una cámara digital robusta de alta resolución que permiten la captura de imagen de alta calidad superior al de un celular Smart de gama media y alta.
- Las pruebas realizadas con la captura de imágenes con el dispositivo móvil garantizaron visualizar los relieves y las imágenes de las monedas con un 70% de efectividad logrando comprobar su calidad con referente a una moneda perfectamente acuñada.
- Las primeras imágenes tomadas inicialmente con el dispositivo móvil no fueron muy optimas debido a que generaba demasiado brillo para la toma de imagen, por tal motivo se cambió de estrategia disminuyendo la cantidad luz en su alrededor logrando mejores resultados.
- Por la dificultad en la toma de imágenes con este dispositivo no se logró analizar el canto o el borde de las monedas por ser áreas muy difíciles, se tendrá que utilizar una cámara digital más robusta para el control de calidad de esta parte de la moneda ya que es necesario su inspección.
- Los resultados demuestran que si es posible realizar el control de calidad de monedas basados con visión artificial utilizando una cámara digital de alta resolución integrado a su respectivo controlador robustos el cual permitan analizar con mayores detalles el diseño garantizando la calidad de las monedas establecidos por el Banco Central de Reserva del Perú y acuñadas en la Casa Nacional de Monedas.

## RECOMENDACIONES

- Para el control de calidad de las monedas se recomienda realizar la toma de imágenes sin mucho brillo ya que estas generan distorsión en la programación y análisis para el control de calidad.
- Para garantizar la eficiencia del control de calidad de las monedas se tendrá que utilizar una moneda patrón con los estándares previamente establecidos ya que la imagen tomada a esta moneda patrón servirá como referencia para el control de calidad de las demás monedas acuñadas.
- El algoritmo que se desarrollará para la segmentación es a través de histograma y estadística de histograma para el procesamiento de toma de imagen adquiridas.
- Para una mejor toma de imágenes se recomienda utilizar una Cámara digital In-Sight serie D900S ya que su tecnología permite obtener imágenes de alta definición y sobre todo regular el brillo en la captura de imágenes.
- Para el desarrollo del proyecto en las instalaciones de la Casa Nacional de Moneda, se deberá de implementar un equipo donde esté integrado el sistema mecánico, eléctrico, electrónico y sistema de control para la cámara con visión artificial. Este diseño garantizará la óptima captura de imágenes de las monedas acuñadas para su respectivo análisis.

## BIBLIOGRAFÍA

AIE (2021). *Actuadores*. AIE. Recuperado de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>

Andrade E. (2019). *Estudio de los principales tipos de redes neuronales y las herramientas de aplicación* (tesis de pregrado), Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería de Sistemas, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13514>

Aula Clic. (2020). *La Cámara*. AULA CLIC. Recuperado de [https://www.aula clic.es/fotografia-hotoshop/t\\_2\\_11.htm](https://www.aula clic.es/fotografia-hotoshop/t_2_11.htm)

Banco Centra de Reserva del Perú (2021). *Cono Monetario*. BCRP. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Billetes-Monedas/Cono-Monetario/Cono-Monetario>

Banco Centra de Reserva del Perú (2021). *Revista Moneda 146*. BCRP. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/Moneda-146/Moneda>

Banco Centra de Reserva del Perú (2021). *Serie Numismática, Riqueza y Orgullo del Perú*. BCRP. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/billetes-y-monedas/monedas-de-coleccion/serie-numismatica-riqueza-y-orgullo-del-peru.html>

Banco Centra de Reserva del Perú (2015). *450 años de la Casa Nacional de Moneda*. BCRP. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=7ZJl-ydt6-I>

BCN VISION. (2016). *Selección de monedas con visión artificial*. BCN VISION. Recuperado de <https://www.bcnvision.es/blog-vision-artificial/control-por-vision-artificial-en-maquina-para-preparar-colecciones-de-monedas/>

BCN VISION. (2016). *Ópticas para sistemas de visión artificial*. BCN VISION. Recuperado de <https://www.bcnvision.es/blog-vision-artificial/opticas-vision-artificial/>

BCN VISION. (2022). *In-Sight ViDi D900*. BCN VISION. Recuperado de <https://bcnvision.es/es/productos/53/deep-learning/in-sight-vidi-d900>

Berrú, L. (2018). *Sistema de visión artificial con faja transportadora, para el proceso de conteo de monedas en la provincia de san martín* (tesis de pregrado). Universidad Nacional San Martín Facultad de Ingeniería electrónica, Perú. Recuperado

de <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/3919>

Cognex Corporation. (2016). *Introducción a la visión artificial*. COGNEX CORP. Recuperado de [http://www.ikusmen.com/documentos/descargas/3cbb38\\_Introduction%20to%20Machine%20Vision.pdf](http://www.ikusmen.com/documentos/descargas/3cbb38_Introduction%20to%20Machine%20Vision.pdf)

Cognex Corporation. (2021). *Iluminación de visión artificial*. COGNEX CORP. Recuperado de <https://www.cognex.com/es-ar/what-is/machine-vision/components/lighting>

Chica, J. (2022). Inteligencia artificial y futuro: ¿Es posible conocer o diseñar lo que sucederá? SANTANDER. Recuperado de <https://www.becas-santander.com/es/blog/Inteligencia-artificial-futuro.html>

Direct Industry. (2022). *Motorreductor DC EDP 0986337451*. Direct Industry. Recuperado de <https://www.directindustry.es/prod/robert-bosch-gmbh/product-98211-2372130.html>

Elion SA (2021). *Sensores de visión*. Recuperado de <https://www.elion.es/productos/vision/>

Escolano, A. (2016). *Control de calidad de blíster con visión artificial*. (tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Ingeniería electrónica, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73917/escolano%20-%20control%20de%20la%20calidad%20de%20blister%20con%20visi%c3%93n%20artificial.pdf?sequence=3>

ENTEL. (2022). Catálogo Entel. ENTEL. Recuperado de <https://catalogo.entel.pe/xiaomi-redmi-note-9>

Federico Bertona, L. (2005). *Entrenamiento de redes neuronales basado en algoritmos evolutivos*. (tesis de pregrado). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería Informática, Argentina. Recuperado de: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lsi/bertona-tesisingenieriainformatica.pdf>

FESTO. (2022). *Válvula de respuesta rápida MHJ*. FESTO. Recuperado de [https://www.festo.com/es/es/p/valvula-de-respuesta-rapida-id\\_MHJ/](https://www.festo.com/es/es/p/valvula-de-respuesta-rapida-id_MHJ/)

- García, U. (2019). *Comparación de la neurona vs perceptrón*. FUTRELAB. Recuperado de <https://futurelab.mx/redes%20neuronales/inteligencia%20artificial/2019/06/25/intro-a-redes-neuronales-pt-1>
- González M. (2009). *Red adaline*. VARPA. Recuperado de <http://www.varpa.org/~mgpenedo/cursos/scx/archivospdf/Tema3-0.pdf>
- KRONES. (2021). *Control de calidad de los envases y la tecnología usada*. KRONES. Recuperado de [https://www.krones.com/media/downloads/toptronic\\_es.pdf](https://www.krones.com/media/downloads/toptronic_es.pdf)
- INFOPLC. (2021). *Visión Artificial*. INFOPLC. Recuperado de [http://www.infopl.net/files/documentacion/vision\\_artificial/infoPLC\\_net\\_conocimientos\\_visionartificial](http://www.infopl.net/files/documentacion/vision_artificial/infoPLC_net_conocimientos_visionartificial).
- INFOPLC. (2021). *Distancia Focal*. Recuperado de [http://www.infopl.net/files/documentacion/vision\\_artificial/infopl\\_net\\_conocimientos\\_visionartificial](http://www.infopl.net/files/documentacion/vision_artificial/infopl_net_conocimientos_visionartificial).
- Hello! Creatividad. (2021). *Qué es el Histograma en Fotografía*. Hello! Creatividad. Recuperado de <https://hellocreatividad.com/que-es-histograma-fotografia/>
- Larrañaga, P. y Aldemalik, M. (2007). *Redes Neuronales*. Universidad del País Vasco. Recuperado de <http://www.sc.ehu.es/ccwbayes/docencia/mmcc/docs/t8neuronales.pdf>
- Monobanda, L. (2019). *Implementación de un prototipo de máquina clasificadora y contadora de monedas basada en visión artificial*. (tesis de pregrado), Escuela Superior Técnica de Chimorazo, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13514>
- Nogué, A. (2012). *Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales*. INFOPLC. Recuperado de [http://www.infopl.net/files/documentacion/vision\\_artificial/infoPLC\\_net\\_Conocimientos\\_VISIONARTIFICIAL.pdf](http://www.infopl.net/files/documentacion/vision_artificial/infoPLC_net_Conocimientos_VISIONARTIFICIAL.pdf)
- Ordieres, J., Martínez, F., Alba, F. y Castejón, M. (2006). *Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial*. Recuperado de

<https://www.researchgate.net/publication/231521316>

Pérez, P. y Valente, M. (2018). *Representación vectorial izquierda y pixelado derecha*. FAMAF. Recuperado de

<https://www.famaf.unc.edu.ar/~pperez1/manuales/cim/cap2.html#:~:text=un>

Pop Art Gráficas. (2016). Resolución de imagen. PORT ART GRÁFICAS. Recuperado de <http://www.popartplay.com/impresio-digital-conceptos-claves/impresion-digital-conceptos-graficos/resolucion-grafica>.

Real Casa de la Moneda de Segovia. (2022). Museo Casa de la Moneda de Madrid. Real Casa de la Moneda de Segovia. Recuperado de <http://casamonedasegovia.es/>

Ruiz, D. (2020). *Buscando el Origen del dinero*. La Vanguardia. Recuperado de <https://www.lavanguardia.com/cultura/20201109/49354361417/buscando-origen-dinero.html>

SAS. (2022). *Inteligencia Artificial*. SAS. Recuperado de [https://www.sas.com/es\\_pe/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html](https://www.sas.com/es_pe/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html)

Uniovi (1995). *Efectos de cuantificación*. UNIOVI. Recuperado de <http://www6.uniovi.es/vision/intro/node15.html>

Wayback Machine (2014). *Redes Neuronales Artificiales*. UC3M, RAI 2012. Recuperado de <http://www.lab.inf.uc3m.es/~a0080630/redes-de-neuronas/perceptron-multicapa.html>

## ANEXOS

### ANEXO I – Especificaciones de técnicas del celular Xiaomi Redmi Note 9

PESO	<b>199 gr</b>
TAMAÑO	<b>6.53"</b>
DIMENSIONES	<b>162.3mm x 77.2mm x 8.9mm</b>
CÁMARA	<b>48MP + 8MP + 2MP + 2MP</b>
PRINCIPAL	
CÁMARA	<b>13MP</b>
FRONTAL	
PROCESADOR	<b>MTK G85</b>
MEMORIA	<b>128 GB</b>
INTERNA	
BATERÍA	<b>5020 mAh</b>
DUAL SIM	<b>Disponible</b>
RESOLUCIÓN:	2340 x 1080 FullHD+ Brillo: 466 nits

77.2 mm

162.3 mm

8.9 mm

## **CONECTIVIDAD**

2G/3G/4G LTE

GPS/GPRS

A-GPS

EDGE

Acceso a Web

SMS/MMS

Exchange,POP3/IMAP4

Hotspot/modem

Bluetooth

WiFi

[Modem Integrado](#)

---

Fuente: ENTEL, 2022

## ANEXO II – Especificaciones de técnicas de la laptop utilizada

Ver información básica acerca del equipo ?

---

Edición de Windows

Windows 10 Home Single Language  
© 2019 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.



---

Sistema

Procesador: Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.70 GHz  
Memoria instalada (RAM): 8.00 GB  
Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador x64  
Lápiz y entrada táctil: La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

---

Configuración de nombre, dominio y grupo de trabajo del equipo

Nombre de equipo: DESKTOP-VNLTQ14 Cambiar configuración  
Nombre completo de equipo: DESKTOP-VNLTQ14  
Descripción del equipo:  
Grupo de trabajo: WORKGROUP

---

Activación de Windows

Windows está activado [Lea los Términos de licencia del software de Microsoft](#)  
Id. del producto: 00327-30538-16434-AAOEM Cambiar la clave de producto