



idat

INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR PRIVADO

“IDAT”

PROGRAMA DE ESTUDIOS EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

**AUTOMATIZACIÓN DEL LLENADO DE BOTELLAS PARA
UNA PLANTA ARTESANAL DE YOGURT NATURAL EN
CAJAMARCA**

**TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL TÉCNICO EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

JUAN FRANCISCO CEDILLO TERREROS

(0009-0003-4086-7549)

JUAN LUIS NUÑEZ HUACACHINO

(0009-0004-3791-2377)

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A mis padres, por su amor y apoyo; a mis profesores y asesores, por su guía; y a mis compañeros y colegas, por su colaboración. Gracias a todos por hacer posible este proyecto.

Índice

<i>Resumen Ejecutivo</i>	1
<i>Introducción</i>	2
Capítulo I: Generalidades	4
Planteamiento del Problema	4
Justificación del Estudio	5
Justificación ambiental.....	5
Justificación económica	6
Justificación tecnológica.....	6
Antecedentes del Proyecto	6
Nacionales.....	6
Internacionales	9
Normativa y Reglamentación Internacional	12
Normas Técnicas Nacionales	12
Normas Técnicas Internacionales	13
Capítulo II: Objetivos y Soluciones	16
Objetivos	16
Objetivos Generales	16
Objetivos Específicos.....	16
Planteamiento de Soluciones	16
Soluciones Alternativas	16
Solución Elegida y Justificación.....	17
Ventajas Corporativas.....	18
Planificación de Tiempo y Actividades del Proyecto	20
Marco Teórico	21
Marco Conceptual.....	22
Estado de la Tecnología	23
Capítulo III: Memoria Descriptiva	32
Descripción General del Proyecto	32
Cálculos Previos y Consideraciones de Diseño	34
Sistema Eléctrico	40
Sistemas Mecánicos y Neumáticos	45
Sistema Software	71
Proceso mostrado en el HMI	91
Comunicación del PLCSim con el Factory I/O	92

Áreas Transversales de Impactos	93
Impacto Ambiental.....	93
Impacto Tecnológico	93
Impacto Económico	93
Análisis de Costos y Presupuestos	93
Costo de Equipamiento (hardware y software).....	93
Costo de Recursos de Personal	95
Costo de Gestión y Otros	96
Cálculo de Presupuesto	96
Capítulo IV: Operación y Mantenimiento	97
Manual de Usuario u Operación	97
Consideraciones de Seguridad para la Operación.....	97
Seguridad Eléctrica	97
Protección para Operarios.....	98
Capacitación del Personal.....	98
Manual de Usuario u Operación de Puesta en Marcha.....	98
Operación de Sistema con la Pantalla HMI	102
Causas de Fallos y Solución en la Operación	103
Proceso de Mantenimiento	104
Mantenimiento Preventivo.....	104
Procedimiento de Mantenimiento Preventivo.....	105
Materiales, Equipos y Herramientas	105
Ficha de Mantenimiento Preventivo	106
Mantenimiento Correctivo.....	107
Materiales, Equipos y Herramientas	108
Ficha de Mantenimiento Correctivo	109
Conclusiones	110
Conclusión 1	110
Conclusión 2	110
Conclusión 3	110
Recomendaciones.....	111
Recomendación 1	111
Recomendación 2	111
Recomendación 3	111
Referencias.....	112

Indice de Figura

<i>Figura 1. Proceso de llenado manual.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2. Línea de embotellado de 7 litros.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3. Esquema general de conexiones de componentes.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4. Diseño del proceso de llenado.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5. Definición de módulos.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 6. Pruebas del funcionamiento de la máquina.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 7. Esquema para el diseño de la automatización.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 8. Plan de trabajo.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9. PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 10. HMI KTP700 Basic PN.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 11. Electroválvula Neumática – 5/2.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12. Funcionamiento de un sensor fotoeléctrico de tipo difuso reflectivo.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 13. Partes de un pistón neumático de doble efecto.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 14. Tipo de pulsadores.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 15. Llaves termomagnéticas.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 16. Llaves diferenciales.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 17. Sensores magnéticos.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 18. Faja transportadora con guías laterales ajustable para botellas.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 19. Motorreductor.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 20. Baliza luminosa led.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 21. Boquilla tipo Overflow.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 22. Módulo SIMATIC S7-1200, SM 1221.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 23. Bomba Centrífuga Higiénica.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 24. Tablero de control.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 25. Etapa de posicionamiento y llenado.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 26. Etapa conteo.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 27. Dimension botella 2 litros.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 28. Guías laterales ajustables.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 29. Distribuidor 1in 5out de acero inoxidable.....</i>	<i>36</i>

<i>Figura 30.</i>	<i>Diseño de la faja transportadora.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 31.</i>	<i>Esquema de Control.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 32.</i>	<i>Esquema de Fuerza.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 33.</i>	<i>Diagrama Mecánico.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 34.</i>	<i>Diagrama Neumático.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 35.</i>	<i>Diagrama Neumático.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 36.</i>	<i>Diagrama de bloques del sistema de llenado</i>	<i>48</i>
<i>Figura 37.</i>	<i>Diagrama de Flujo del sistema de llenado</i>	<i>49</i>
<i>Figura 38.</i>	<i>Diagrama de flujo por etapas</i>	<i>50</i>
<i>Figura 39.</i>	<i>Diagrama de Flujo Programa PLC parte 1</i>	<i>72</i>
<i>Figura 40.</i>	<i>Diagrama de Flujo Programa PLC parte 2</i>	<i>73</i>
<i>Figura 41.</i>	<i>Logo del Tia Portal</i>	<i>74</i>
<i>Figura 42.</i>	<i>Logo de Factory IO.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 43.</i>	<i>Logo Cade Simu.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 44.</i>	<i>Logo FluidSim.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 45.</i>	<i>Activación de la marca RUN.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 46.</i>	<i>Bloque SR que controla la faja.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 47.</i>	<i>Bloque CTU encargado de contar botellas que ingresan.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 48.</i>	<i>Bloque SR encargado del pistón de tope A</i>	<i>80</i>
<i>Figura 49.</i>	<i>Bloque SR encargado de los cilindros de llenado.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 50.</i>	<i>Bloque TON para controlar el tiempo de llenado.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 51.</i>	<i>Bloque CTU encargado de contar la salida de las botellas.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 52.</i>	<i>Bloque SR encargado del pistón de tope B</i>	<i>84</i>
<i>Figura 53.</i>	<i>Bloque CTU encargado de contar botellas llenas.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 54.</i>	<i>Secuencias de encendido y apagado de Luces y Zumbador</i>	<i>85</i>
<i>Figura 55.</i>	<i>Segmento de programación que selecciona el tiempo de llenado correspondiente según el producto elegido</i>	<i>86</i>
<i>Figura 56.</i>	<i>Segmento de programación que asigna diferentes valores a la variable "botella" según el sensor activado, representando las distintas posiciones de las botellas en el proceso de animación.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 57.</i>	<i>Segmento de programación utilizado para convertir el tiempo de llenado de milisegundos a segundos y mostrarlo en la interfaz HMI.....</i>	<i>87</i>

<i>Figura 58.</i>	<i>Simulación de llenado en Factory I/O parte 1.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 59.</i>	<i>Simulación de llenado en Factory I/O parte 2.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 60.</i>	<i>Simulación de llenado en Factory I/O parte 3.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 61.</i>	<i>Simulación de llenado en Factory I/O parte 4.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 62.</i>	<i>Simulación de llenado en Factory I/O parte 5.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 63.</i>	<i>Simulación de llenado en Factory I/O parte 6.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 64.</i>	<i>Simulación de llenado en Factory I/O parte 7.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 65.</i>	<i>Proceso de llenado desde el HMI</i>	<i>92</i>
<i>Figura 66.</i>	<i>Comunicación establecida entre TIA Portal (PLCsim) y Factory I/O.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 67.</i>	<i>Imagen de la parte interna del tablero de control.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 68.</i>	<i>Imagen de la parte externa del tablero de control</i>	<i>100</i>
<i>Figura 69.</i>	<i>Operación y visualización en la Pantalla HMI.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 70.</i>	<i>Procedimiento Mantenimiento Preventivo.....</i>	<i>104</i>

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Ventajas Comparativas.</i> -----	18
Tabla 2	<i>Interruptores que integrarán el sistema</i> -----	37
Tabla 3	<i>Leyenda Esquema de Control</i> -----	41
Tabla 4	<i>Tabla de Variables – Entradas y Salidas PLC</i> -----	42
Tabla 5	<i>Leyenda Esquema de Fuerza</i> -----	44
Tabla 6	<i>Especificación Técnica del Sistema</i> -----	50
Tabla 7	<i>Descripción técnica PLC</i> -----	51
Tabla 8	<i>Descripción técnica HMI</i> -----	51
Tabla 9	<i>Descripción técnica Sensor Fotoeléctrico</i> -----	52
Tabla 10	<i>Descripción técnica Electroválvula</i> -----	52
Tabla 11	<i>Descripción técnica Pistón Neumático</i> -----	53
Tabla 12	<i>Descripción técnica Sensor Magnético</i> -----	53
Tabla 13	<i>Descripción técnica Fusible Rápido</i> -----	54
Tabla 14	<i>Descripción técnica Motorreductor</i> -----	54
Tabla 15	<i>Descripción técnica Silenciador</i> -----	55
Tabla 16	<i>Descripción técnica Válvula de estrangulación</i> -----	55
Tabla 17	<i>Descripción técnica del Zumbador</i> -----	56
Tabla 18	<i>Descripción técnica del Módulo de entradas digitales</i> -----	56
Tabla 19	<i>Descripción técnica del Conector neumático</i> -----	57
Tabla 20	<i>Descripción técnica del Filtro y regulador</i> -----	57
Tabla 21	<i>Descripción técnica de la Fuente switching</i> -----	58
Tabla 22	<i>Descripción técnica del Pulsador Parada de Emergencia</i> -----	58
Tabla 23	<i>Descripción técnica del Pulsador Marcha y Parada</i> -----	59
Tabla 24	<i>Descripción técnica de la Boquilla de Llenado Overflow</i> -----	59
Tabla 25	<i>Descripción técnica de la Baliza Luminosa</i> -----	60
Tabla 26	<i>Descripción técnica Relé Térmico</i> -----	60
Tabla 27	<i>Descripción técnica del Interruptor para circuito control</i> -----	61
Tabla 28	<i>Descripción técnica del Interruptor diferencial</i> -----	61
Tabla 29	<i>Descripción técnica del Interruptor termomagnético general</i> -----	62
Tabla 30	<i>Descripción técnica del Interruptor termomagnético para Motorreductor de faja</i> 63	

Tabla 31	<i>Descripción técnica del Interruptor termomagnético para bomba más el variador de frecuencia</i>	64
Tabla 32	<i>Descripción técnica del Interruptor termomagnético para motor compresora</i>	65
Tabla 33	<i>Descripción técnica del Contactor electromagnético</i>	66
Tabla 34	<i>Descripción técnica de la Bomba centrífuga</i>	67
Tabla 35	<i>Descripción técnica del Variador de Frecuencia</i>	68
Tabla 36	<i>Descripción técnica de la Compresora de aire</i>	69
Tabla 37	<i>Elección del cable para Circuito de control</i>	70
Tabla 38	<i>Elección del cable para Circuito de fuerza</i>	70
Tabla 39	<i>Elección del cable para Cable Puesta a Tierra para Circuito de control</i>	71
Tabla 40	<i>Elección del cable para Cable Puesta a Tierra para Circuito de fuerza</i>	71
Tabla 41	<i>Costo de materiales</i>	94
Tabla 42	<i>Costo de Estructura</i>	95
Tabla 43	<i>Costo Mano de Obra</i>	95
Tabla 44	<i>Costos Adicionales</i>	96
Tabla 45	<i>Presupuesto total</i>	96
Tabla 46	<i>Parte interna del tablero de control</i>	100
Tabla 47	<i>Parte externa del tablero de control</i>	101
Tabla 48	<i>Puesta en Marcha</i>	101
Tabla 49	<i>Tabla de Indicadores</i>	101
Tabla 50	<i>Opciones y Visualizaciones en el HMI</i>	102
Tabla 51	<i>Posibles Problemas y Soluciones</i>	103
Tabla 52	<i>Procedimiento Mantenimiento Preventivo</i>	105
Tabla 53	<i>Materiales, Equipos y Herramientas</i>	105
Tabla 54	<i>Ficha de Mantenimiento Preventivo</i>	106
Tabla 55	<i>Procedimiento Mantenimiento Correctivo</i>	107
Tabla 56	<i>Materiales, Equipos y Herramientas</i>	108
Tabla 57	<i>Ficha de Mantenimiento Correctivo</i>	109

Resumen Ejecutivo

En la elaboración artesanal de yogurt, el llenado manual de envases puede generar diferencias en las cantidades dosificadas, lo que afecta tanto la presentación del producto como la eficiencia del proceso. Por ello, este proyecto se enfocó en desarrollar un sistema de llenado automático controlado por un PLC, buscando mejorar la precisión y facilitar el trabajo en plantas artesanales. El sistema propuesto incluye una faja transportadora de 5 metros, sensores fotoeléctricos y magnéticos para asegurar el posicionamiento exacto de las botellas, una pantalla HMI donde el operario puede elegir cuántas botellas llenar y con qué volumen, y boquillas tipo overflow que garantizan un llenado uniforme. También se incorporaron pistones neumáticos, electroválvulas, indicadores luminosos que muestran el estado del sistema y un zumbador para alertas. La programación fue realizada en el entorno TIA Portal, utilizando el lenguaje Ladder (STEP 7) para el PLC y WinCC para la interfaz HMI. Como resultado, se diseñó un sistema capaz de llenar botellas de 1L, 1.5L o 2L, controlar el volumen mediante tiempo y mostrar el avance de la producción. En resumen, se logró una solución automatizada, versátil y adecuada para pequeños productores de yogurt, que mejora la precisión del llenado.

Palabras clave: [Automatización industrial; sistema de llenado; PLC; HMI; sensores fotoeléctricos; boquillas overflow]