

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**REDISEÑO DEL PROCESO DE ENVASADO DE GLP PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA
SIPÁN GAS E. I. R. L.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

VICTOR GUILLERMO RIOJA VILCHEZ

ASESOR

OSCAR KELLY VÁSQUEZ GERVASI

<https://orcid.org/0000-0002-3893-0516>

Chiclayo, 2020

**REDISEÑO DEL PROCESO DE ENVASADO DE GLP PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA
SIPÁN GAS E. I. R. L.**

PRESENTADA POR:

VICTOR GUILLERMO RIOJA VILCHEZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Martha Elina Tesén Arroyo
PRESIDENTE

Carlos Alexis Alvarado Silva
SECRETARIO

Oscar Kelly Vásquez Gervasi
VOCAL

DEDICATORIA

Primero a Dios, quien me da la fortaleza, bendición y perseverancia para alcanzar las metas que me propongo en mi vida.

A mis padres, Victor Raúl y Liliana del Carmen, quienes me apoyan y confían en mi calidad de vida personal y profesional.

A mi hermana, Luisa, quien me considera como su orgullo y ejemplo a seguir.

A mí mismo, para recordar que con disciplina, fe y pasión se puede alcanzar a las metas decididas personalmente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios, quien me bendice y permite culminar satisfactoriamente mi carrera profesional.

Todo mi agradecimiento para mi familia, padres y hermana, quienes me han entregado cariño, comprensión y amor día a día. Ellos me han dado la oportunidad de haber podido estudiar esta hermosa carrera profesional.

También quiero dar las gracias a todas las personas que han conformado parte de mi vida universitaria.

A la empresa Sipán Gas E. I. R. L., en especial al ingeniero Luis Alberto Guevara Diez, por brindarme la oportunidad en desarrollar la presente tesis mediante los análisis de ingeniería ejecutados en las instalaciones de la Plataforma de Producción, donde se ejecuta el proceso de envasado de GLP de la empresa.

A dos excelentes personas, mi asesor e ingeniero Oscar Kelly Vásquez Gervasi y el ingeniero Joselito Sánchez Pérez, quienes me brindan su apoyo, paciencia y consejos en mi formación profesional, motivándome al aprendizaje y mejora continua en las empresas mediante el incremento de productividad, empleando metodologías de rediseño, automatización de proceso y manufactura.

A todos los ingenieros, docentes y amigos que me escucharon y aconsejaron durante mi vida universitaria.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se basa en el análisis del proceso de envasado de GLP en la empresa Sipán Gas E. I. R. L., dedicada al envasado y comercialización de cilindros con GLP en el departamento de Lambayeque. El producto con mayor demanda es el cilindro envasado con 10 kg de GLP o también conocido como balón con GLP para cocina, el cual presenta baja productividad en su proceso debido a la variabilidad de la producción, deficiencia de estandarización de tiempos promedios, presencia de trasiegos, presencia de válvulas defectuosas, presencia de tiempos muertos en la operación de envasado y deficiente ergonomía por levantamientos de cargas. Ante estos inconvenientes, las dos propuestas de mejora son: el desarrollo del sistema automatizado y el rediseño del proceso de envasado de GLP en balones. Ambas propuestas permiten obtener mejoras en los indicadores del proceso, de las cuales son: el incremento de la producción anual en 216 343 unidades, el incremento de la productividad total en 0,70 % y el incremento de las productividades parciales con respecto a la mano de obra, capital de trabajo, horas hombre, número de máquinas, consumo de energía eléctrica y al ámbito económico en 99,15 %, 0,73 %, 99,19 %, 54,90 %, 54,90 % y 0,73 % respectivamente.

Por último, la inversión del proyecto es de S/. 181 600,00, con Tasa de Interna de Retorno de 564,15 %, Valor Neto Actual de S/. 4 379 669,30 a un plazo de 5 años y un periodo de recuperación de 79 días, siendo un proyecto viable económica y financieramente.

Palabras clave: Automatización industrial, rediseño de procesos, envasado, balón con GLP, productividad, tiempos muertos.

ABSTRACT

This research project is based on the analysis of the LPG bottling process in the Sipan Gas E. I. R. L. company, dedicated to the bottling and marketing of LPG cylinders in the department of Lambayeque. The product with the highest demand is the cylinder with 10 kg of LPG or also called as ball with LPG for kitchen, which has low productivity in its process due to the variability of production, lack of standardization of average times, presence of racking, presence of defective valves, presence of dead times in the bottling operation and poor ergonomics for lifting loads. Given these drawbacks, the two proposals for improvement are: the development of the automated system and the redesign of the LPG bottling process in balls. Both proposals allow for improvements in the process indicators, of which are: the increase in annual production by 216 343 units, the increase in total productivity by 0.70 % and the increase in partial productivity with respect to the hand work, working capital, man hours, number of machines, electrical energy consumption and the economic scope in 99.15 %, 0.73 %, 99.19 %, 54.90 %, 54.90 % and 0.73 % respectively.

Finally, the investment of the project is S /. 181 600.00, with an Internal Rate of Return of 564.15 %, Net Present Value of S /. 4 379 669.30 with a term of 5 years and a recovery period of 79 days, being an economically and financially viable project.

Keywords: Industrial automation, process redesign, bottling, ball with LPG, productivity, downtime.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	25
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	27
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	27
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	38
2.2.1 Rediseño de Procesos.....	38
2.2.2 Manufactura Industrial.....	39
2.2.3 Automatización Industrial.....	40
2.2.4 Sistema de Automatización Industrial	40
2.2.5 Líneas de Producción Automatizada	42
2.2.6 Metas de la Automatización Industrial	43
2.2.7 Automatismos	44
2.2.8 Control ON/OFF	45
2.2.9 Diseño Asistido por la Computadora.....	46
2.2.10 Estudio de Tiempos	46
2.2.11 Diagrama de Análisis del Proceso	47
2.2.12 Diagrama de Operaciones del Proceso	48
2.2.13 Diagrama de Operaciones – Tiempo (O – T)	48
2.2.14 Diagrama de Recorrido del Proceso	48
2.2.15 Diagrama Hombre - Máquina	49
2.2.16 Productividad e Indicadores.....	49
2.2.17 Diagrama Ishikawa	50
2.2.18 Método Guerchet	50
2.2.19 Ergonomía.....	53
2.2.20 Riesgos Disergonómicos.....	53
2.2.21 Método Niosh	53
III. RESULTADOS.....	56
3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA.....	56
3.1.1 La Empresa	56
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	59
3.2.1 Productos	59
3.2.2 Recursos del Proceso	62
3.2.2.1 Documentos Legales.....	62
3.2.2.2 Materia Prima	62
3.2.2.3 Materiales.....	64

3.2.2.4	Maquinaria	67
3.2.2.5	Equipos	70
3.2.2.6	Suministros	78
3.2.3	Descripción del Proceso.....	81
3.2.4	Análisis del Proceso.....	90
3.2.4.1	Estudio de Tiempos del Proceso de Envasado de GLP en Balones.....	90
3.2.4.2	Diagramas y Porcentajes del Proceso en Estudio	102
3.2.4.3	Capacidades del Proceso de Envasado de GLP en Balones	112
3.2.4.4	Utilización de las Balanzas Envasadoras de GLP en Balones.....	113
3.2.4.5	Eficiencias del Proceso de Envasado de GLP en Balones.....	114
3.2.4.6	Indicadores de Productividad del Proceso en Estudio	121
3.2.4.7	Tiempo Muerto u Ocioso del Proceso en Estudio	125
3.2.4.8	Indicadores de Ergonomía del Proceso de Envasado de GLP en Balones Bajo el Enfoque del Método Niosh.....	126
3.2.4.9	Utilización de Área Laboral del Proceso de Envasado de GLP en la Plataforma de Producción Bajo el Enfoque del Método Guerchet.....	144
3.2.5	Cuadro Resumen de Indicadores Actuales del Proceso.....	145
3.3	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS	147
3.3.1	Análisis y Evaluación de la Información del Proceso	147
3.3.2	Cuadro de Problemas, Causas y Obtención de Utilidades.....	148
3.3.3	Instrumento de Orientación del Enfoque de Investigación.....	149
3.3.4	Problema Principal, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción	153
3.4	DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN	156
3.4.1	Desarrollo de Mejoras.....	156
3.4.1.1	Propuesta de Mejora 1. Diseño del Sistema Automatizado.....	156
A.	Selección de los Componentes Generales del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones.....	157
B.	Descripción del Proceso a Automatizar	225
C.	Determinación de las Entradas y Salidas del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones	226
D.	Diagrama de Movimientos del Sistema Automatizado del Proceso de	

Envasado de GLP en Balones.....	231
E. Planos del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones	232
F. Programación del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones	237
G. Asignación de Entradas y Salidas en la Programación del Sistema Automatizado del Proceso Envasado de GLP en Balones	249
H. Asignación de las Nuevas Direcciones de las Variables Necesarias, en el Programa SoMachine V4.1, para la Operacionalización Simultánea con el Programa CitecSCADA	252
I. Simulación de la Programación del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones	253
J. Diseño de la Programación del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones mediante el Programa CitecSCADA	279
3.4.1.2 Propuesta de Mejora 2. Rediseño del Proceso en Estudio.....	281
A. Cálculo del Número Mínimo de Estaciones del Proceso de Envasado de GLP en Balones	281
B. Balance de la Línea de Producción de Balones Envasados	282
C. Beneficios de Envasar Cuatro Unidades en Forma Paralela.....	290
D. Rediseño de las Estaciones de Trabajo Balanceadas.....	293
E. Diseño del Sistema de Elevación Manual y Simultánea de las Fijaciones Metálicas de los Cuatro Cilindros Neumáticos.....	303
3.4.2 Nuevos Indicadores del Proceso	308
3.4.2.1 Porcentajes de las Actividades Productivas e Improductivas del Proceso de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela	308
3.4.2.2 Capacidad Real o Utilizada del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela.....	309
3.4.2.3 Utilización de los Cilindros Neumáticos con Cabezales de Llenado del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela	309
3.4.2.4 Eficiencia de los Cilindros Neumáticos con Cabezales de Llenado del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela	309

3.4.2.5	Eficiencia de la Línea de Producción del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones en Paralelo...	310
3.4.2.6	Eficiencia Física del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela.....	310
3.4.2.7	Eficiencia o Productividad Económica del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones en Paralelo...	310
3.4.2.8	Indicadores de Productividad del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela.....	315
3.4.2.9	Tiempo Muerto u Ocioso de la Línea de Producción.....	318
3.4.2.10	Tiempo Muerto u Ocioso de la Operación Automatizada de Envasado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela	318
3.4.2.11	Indicadores de Ergonomía del Rediseño del Proceso de Envasado de GLP en Balones Bajo el Enfoque del Método Niosh	318
3.4.2.12	Utilización de Área Laboral del Rediseño del Proceso de Envasado de GLP en la Plataforma de Producción Bajo el Enfoque del Método Guerchet.....	333
3.4.3	Cuadro Comparativo de Indicadores	334
3.5	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	337
3.5.1	Inversión de la Mejora.....	337
3.5.2	Ingresos de la Mejora	341
3.5.3	Egresos de la Mejora	342
3.5.4	Evaluación Económica y Financiera de la Mejora	343
3.6	PLANES DE ACCIÓN PARA LA MEJORA	347
3.7	IMPACTOS DE LA MEJORA	348
3.7.1	Impacto Económico	348
3.7.2	Impacto Tecnológico	348
3.7.3	Impacto Social	348
3.7.4	Impacto en el Proceso	348
3.7.5	Impacto en la Seguridad	348
3.7.6	Impacto en la Calidad	348
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	349
4.1	CONCLUSIONES.....	349
4.2	RECOMENDACIONES	350
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	351
VI.	ANEXOS	355

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Factores de la Ecuación de Niosh	55
Figura 2. Localización de la planta envasadora de Gas Licuado de Petróleo	56
Figura 3. Fachada de la planta envasadora de GLP	56
Figura 4. Área del proceso productivo de envasado de GLP	57
Figura 5. Área de apoyo o mantenimiento	57
Figura 6. Área administrativa o de oficinas	57
Figura 7. Áreas de la empresa	58
Figura 8. Producción anual de los tipos de cilindros envasados de GLP durante el periodo marzo 2018 – febrero 2019	60
Figura 9. Producción anual de balones con GLP según los tipos de cilindros envasados de GLP durante el periodo marzo 2018 – febrero 2019	61
Figura 10. Medidas principales del cilindro de 10 kg (balón de cocina)	61
Figura 11. Recipientes con diferentes capacidades de almacenamiento	64
Figura 12. Clasificación de las válvulas de cilindros	65
Figura 13. Pintura Esmalte Gris RAL	65
Figura 14. Pintura Esmalte Roja	65
Figura 15. O´ Ring de la válvula del balón con GLP	66
Figura 16. Precinto de seguridad del balón con GLP	66
Figura 17. Etiqueta del balón con GLP	66
Figura 18. Compresora marca “Romer” de 5 HP que abastece el sistema neumático de la empresa.....	67
Figura 19. Seis balanzas de tipo mecánico para envasar cilindros de 3 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg y 45 kg de GLP en el lado izquierdo de la Estación de trabajo N°3 de la empresa	67
Figura 20. Dos balanzas de tipo mecánico para envasar cilindros de 3 kg, 5 kg, 10 kg y 15 kg de GLP en el lado izquierdo de la Estación de trabajo N°3 de la empresa	68
Figura 21. Dos balanzas de tipo mecánico para envasar cilindros de 45 kg de GLP en el centro de la Estación de trabajo N°3 de la empresa	68
Figura 22. Dos balanzas de tipo mecánico para envasar cilindros de 3 kg, 5 kg, 10 kg y 15 kg en el lado derecho de la Estación de trabajo N°3 de la empresa.....	68
Figura 23. Compresora de las presiones del líquido y vapor del GLP en el momento del trasiego desde el camión cisterna al tanque estacionario	69

Figura 24. Bomba de 5 HP	69
Figura 25. Camiones cisternas de GLP	70
Figura 26. Sistema Bulkhead	70
Figura 27. Válvulas Pull Away	70
Figura 28. Tanque estacionario con capacidad de almacenamiento para 12 000 galones de GLP.....	71
Figura 29. Sistema de tuberías de la línea de descarga del líquido y del vapor de GLP desde el camión cisterna al tanque estacionario.....	71
Figura 30. Sistema de tuberías con aspersores para el control, reducción y apagado de inesperados escenarios de fuego o explosiones del tanque estacionario.....	72
Figura 31. Línea de succión del líquido de GLP.....	72
Figura 32. Válvulas de cierre de emergencia	73
Figura 33. Sistema manifold de tuberías de 2 pulgadas de cédula 40 que abastece a seis balanzas envasadoras de GLP	73
Figura 34. Manómetro rotatorio para la medición en porcentaje de volumen del GLP almacenado en el tanque estacionario y en los dos camiones cisternas	74
Figura 35. Medidor de presión del GLP en el tanque estacionario y en los dos camiones cisternas	74
Figura 36. Medidor de la temperatura del GLP en el tanque estacionario y en los dos camiones cisternas	75
Figura 37. Sopletes de pinturas	75
Figura 38. Balanzas o básculas digitales e industriales de peso.....	76
Figura 39. Silla giratoria metálica	76
Figura 40. Molde metálico de la marca “SIPÁN GAS”.....	76
Figura 41. Manguera contra incendios.....	77
Figura 42. Extintor de 125 libras de polvo químico seco ABC rodante en el lado izquierdo y extintor de 10 kilogramos de polvo químico seco ABC portátil en el lado derecho.....	77
Figura 43. Varilla de metal en forma de “T”	78
Figura 44. Bidón de agua de 20 litros	78
Figura 45. Saco de detergente	79
Figura 46. Tanque de agua no purificada.....	79
Figura 47. Contenedores de pintura color Gris RAL Esmalte y pintura color Rojo Esmalte ..	80
Figura 48. Calibradores de válvulas de cilindros	80
Figura 49. Área de abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo.....	81

Figura 50. Medidor manómetro rotatorio marca Rotogage para medir el volumen de GLP del tanque estacionario	82
Figura 51. Medición de volumen de GLP	82
Figura 52. Pintado del balón vacío	84
Figura 53. Tara del balón vacío	84
Figura 54. Pintado de la marca “SIPÁN GAS”	84
Figura 55. Envasado del GLP en el balón vacío	86
Figura 56. Inspección del peso y retroalimentación de GLP en el balón envasado	86
Figura 57. Trasiego del GLP entre balones	86
Figura 58. Inspección del estado del O’ Ring, extracción e instalación de un nuevo O’ Ring en la válvula del balón	88
Figura 59. Instalación del precinto de seguridad y etiquetado del balón con GLP	88
Figura 60. Almacenamiento temporal del producto terminado hasta su despacho en los camiones distribuidores	89
Figura 61. Despacho del producto terminado en los camiones distribuidores	89
Figura 62. Diagrama de Operaciones del Proceso de envasado de GLP en balones	102
Figura 63. Diagrama de Análisis del Proceso de envasado de GLP en balones	103
Figura 64. Diagrama de Operaciones – Tiempo (O - T) del Proceso de envasado de GLP en balones	105
Figura 65. Plano del Diagrama de Recorrido del proceso de envasado de GLP en cilindros	106
Figura 66. Tiempos promedios de cada una de las estaciones de trabajo	107
Figura 67. Diagrama Hombre – Máquina de la operación de envasado de GLP en balones de la Estación de trabajo N°3	110
Figura 68. Diagrama de Ishikawa del proceso de envasado GLP en balones	147
Figura 69. Entrada del balón al proceso de envasado	159
Figura 70. Transportadora por cadenas de arrastre en forma de L	160
Figura 71. Partes de la chumacera seleccionada	173
Figura 72. Fuerzas en el eje o barra sólida de acero	175
Figura 73. Fuerza torsional para dar vuelta a una masa de 209,30 kg colgada a un eje o barra redonda y sólida de acero de 0,432 m y atornillada a la flecha de la salida	180
Figura 74. Presión Relativa con relación a la ejecución de Esfuerzos Dinámicos en la salida del vástago del cilindro neumático	204
Figura 75. Presión Relativa con relación a la ejecución de Esfuerzos Dinámicos en la entrada del vástago del cilindro neumático	204

Figura 76. Compresora marca “Romer” de 5 HP que abastece el sistema neumático de la empresa.....	213
Figura 77. Red de Conexión Neumática	214
Figura 78. Caudal de aire y pérdidas de carga	223
Figura 79. Diagrama de Movimientos del sistema automatizado de control ON – OFF de la operación de envasado de GLP en balones	231
Figura 80. Plano Eléctrico del esquema de fuerza del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones.....	232
Figura 81. Plano Neumático del esquema de fuerza del sistema automatizado de la operación de envasado de GLP en balones.....	233
Figura 82. Rango del 1 al 6 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	237
Figura 83. Rango del 7 al 12 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	238
Figura 84. Rango del 13 al 18 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	238
Figura 85. Rango del 19 al 24 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	239
Figura 86. Rango del 25 al 30 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	239
Figura 87. Rango del 31 al 36 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	240
Figura 88. Rango del 37 al 42 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	240
Figura 89. Rango del 43 al 48 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	241
Figura 90. Rango del 49 al 54 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	241
Figura 91. Rango del 55 al 60 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	242
Figura 92. Rango del 61 al 64 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado	242
Figura 93. Rango del 1 al 26 de las Variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP	243

Figura 94. Rango del 27 al 52 de las Variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP	243
Figura 95. Rango del 53 al 78 de las Variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP	244
Figura 96. Rango del 79 al 91 de las Variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP	244
Figura 97. Asignación de entradas digitales en el Controlar Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R.....	249
Figura 98. Asignación de salidas digitales en el Controlar Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R.....	250
Figura 99. Asignación de las salidas digitales desde el solenoide Y1 hasta el Y24 en el Módulo de Ampliación TM3DQ32UK del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R.....	250
Figura 100. Asignación de las salidas digitales desde el solenoide Y22 hasta el Y24 en el Módulo de Ampliación TM3DQ32UK del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R.....	251
Figura 101. Asignación de s en el Módulo de Ampliación Mixto TM3AM6 del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R.....	251
Figura 102. Asignación de las direcciones de las variables RUN_1 e INGRESO_DE_DATOS, en el programa SoMachine V4.1, para la operacionalización simultánea con el programa CitecSCADA.....	252
Figura 103. Asignación de la dirección de la variable RUN_1, en el programa CitecSCADA, para la operacionalización simultánea de los Pulsadores con el programa SoMachine V4.1	252
Figura 104. Asignación de la dirección de la variable INGRESO_DE_DATOS, en el programa CitecSCADA, para la operacionalización simultánea del Variador de Frecuencia con el programa SoMachine V4.1	253
Figura 105. Asignación de los tiempos requeridos desde el TIME 1 hasta el TIME 10 del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones	254
Figura 106. Asignación del tiempo requerido TIME 11 del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones	254
Figura 107. Activación del Pulsador Verde (ON), la Bobina Auxiliar 1, la Bobina 1 del motor de la máquina transportadora por cadenas de arrastre y del Módulo Analógico MOVE.....	255
Figura 108. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 1	256
Figura 109. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 2.....	257

Figura 110. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 3.....	258
Figura 111. Activación de la cuarta y última señal dirigida hacia el Contador Digital 1	259
Figura 112. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 4.....	259
Figura 113. Activación de Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos izquierdo y derecho de paro	260
Figura 114. Activación de la primera y última señal dirigida hacia el Contador Digital 5....	261
Figura 115. Activación de la segunda y última señal dirigida hacia el Contador Digital 4... 261	
Figura 116. Activación de la tercera y última señal dirigida hacia el Contador Digital 3	262
Figura 117. Activación de la cuarta y última señal dirigida hacia el Contador Digital 2	262
Figura 118. Activación de los Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1	263
Figura 119. Activación de los Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2.....	264
Figura 120. Activación de los Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3.....	265
Figura 121. Activación de los Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4.....	266
Figura 122. Activación del primer periodo de tiempo de espera por seguridad	266
Figura 123. Finalización del primer periodo de tiempo de espera por seguridad	267
Figura 124. Activación de los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de llenado 1 y 2.....	268
Figura 125. Activación de los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de llenado 3 y 4.....	268
Figura 126. Activación del segundo periodo de tiempo de espera por seguridad.....	269
Figura 127. Finalización del segundo periodo de tiempo de espera por seguridad	269
Figura 128. Activación de las Electroválvulas de llenado 1, 2, 3 y 4 instaladas en los cabezales de llenado	270
Figura 129. Activación del tercer periodo de tiempo de espera por seguridad.....	270
Figura 130. Activación de la Bobina Auxiliar 14 para la desactivación de las Electroválvulas de llenado 1, 2, 3 y 4	271
Figura 131. Activación del cuarto periodo de tiempo de espera por seguridad.....	272
Figura 132. Activación de la Bobina Auxiliar 15 para la desactivación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de llenado 1, 2, 3 y 4.....	273
Figura 133. Activación del quinto periodo de tiempo de espera por seguridad.....	273
Figura 134. Activación de la Bobina Auxiliar 16 para la desactivación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos de sostén 1, 2, 3 y 4.....	274

Figura 135. Activación de la Bobina Auxiliar 17 para la desactivación de todos los componentes del sistema automatizado y el reseteo del Contador Digital 1	275
Figura 136. Activación de la Bobina Auxiliar 18 para el reseteo del Contador Digital 2	276
Figura 137. Activación de la Bobina Auxiliar 19 para el reseteo del Contador Digital 3	277
Figura 138. Activación de la Bobina Auxiliar 20 para el reseteo del Contador Digital 4	277
Figura 139. Activación del Temporizador 10 para la activación de la Bobina Auxiliar 21 y el reseteo del Contador Digital 5.....	278
Figura 140. Activación de la Bobina Auxiliar 22 para la desactivación de las Bobinas Auxiliares 16, 17, 18, 19, 20 y 21	279
Figura 141. Diseño de la programación del sistema automatizado del proceso de envasado GLP en balones mediante el programa CitecSCADA	280
Figura 142. Vista Planta del rediseño de las estaciones de trabajo y edificaciones en la Plataforma del proceso de envasado de GLP en cilindros	296
Figura 143. Determinación de las estaciones de trabajo del rediseño del proceso de envasado de GLP en cilindros.....	297
Figura 144. Vista Isométrica izquierda en 3D del rediseño de las estaciones de trabajo y edificaciones en la Plataforma del proceso de envasado de GLP en balones	298
Figura 145. Vista Isométrica derecha en 3D del rediseño de las estaciones de trabajo y edificaciones en la Plataforma del proceso de envasado de GLP en balones	298
Figura 146. Rediseño en 3D del primer y segundo puesto de trabajo encargados de las tareas de lavado y pintado del proceso de envasado GLP en balones respectivamente.....	299
Figura 147. Rediseño en 3D del tercer y cuarto puesto de trabajo encargados de las tareas de O´ Ring y tara del proceso de envasado de GLP en balones respectivamente.....	299
Figura 148. Rediseño en 3D de la estación automatizada encargada de la operación de envasado de GLP y del quinto puesto de trabajo encargado de la tarea de inspección de peso del proceso de envasado de GLP en balones.....	300
Figura 149. Rediseño en 3D del sexto puesto de trabajo encargado de las tareas de precintado y etiquetado del proceso de envasado de GLP en balones.....	300
Figura 150. Rediseño en 3D del séptimo puesto de trabajo encargado de las tareas de recepción y apilado del producto terminado en el almacén temporal de la Plataforma de Producción .	301
Figura 151. Rediseño en 3D del almacén temporal de la Plataforma de Producción	301
Figura 152. Diseño isométrico en 3D del sistema de transmisión de la máquina transportadora por cadena de arrastre del sistema automatizado	302

Figura 153. Diseño lateral en 3D del sistema de transmisión de la máquina transportadora por cadena de arrastre del sistema automatizado.....	302
Figura 154. Medidas generales de la vista lateral del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones metálicas de los cuatro cilindros neumáticos	303
Figura 155. Altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos para el envasado de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 3 kg de combustible.....	304
Figura 156. Altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 5 kg de combustible.....	305
Figura 157. Altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 10 kg de combustible.....	306
Figura 158. Altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 15 kg de combustible.....	307

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Símbolos estándar del Diagrama de Análisis del Proceso	47
Tabla 2. Símbolos estándar del Diagrama de Operaciones del Proceso	48
Tabla 3. Dimensiones de los elementos que interactúan en el proceso.....	52
Tabla 4. Utilización del área laboral del proceso	52
Tabla 5. Factores de frecuencia.....	54
Tabla 6. Factores de agarre	55
Tabla 7. Clasificación de los recipientes según el contenido neto nominal.....	59
Tabla 8. Producción anual de cilindros envasados de GLP durante el periodo marzo 2018 – febrero 2019	60
Tabla 9. Composición y propiedades del Gas Licuado de Petróleo.....	64
Tabla 10. Número recomendado de ciclos de observación	91
Tabla 11. Registro de tiempos en la Estación de trabajo N° 1: Descarga, inspección del estado físico y lavado del balón vacío	92
Tabla 12. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N° 1: Descarga, inspección del estado físico y lavado del balón vacío	94
Tabla 13. Registro de tiempos en la Estación de trabajo N° 2: Pintado del cuerpo, tara y pintado de la marca del balón vacío	95
Tabla 14. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N° 2: Pintado del cuerpo, tara y pintado de la marca del balón vacío	97
Tabla 15. Registro de tiempos en la Estación N° 3: Espera, envasado, inspección de peso, retroalimentación, desplazamientos y trasiego del balón.....	98
Tabla 16. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N°3: Espera, envasado, inspección de peso, retroalimentación, desplazamientos y trasiego del balón	99
Tabla 17. Registro de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N°4: Desplazamiento, inspección del estado del O´ Ring, extracción e instalación del O´ Ring, instalación del precinto de seguridad y el etiquetado.....	99
Tabla 18. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N°4: Desplazamiento, inspección del estado del O´ Ring, extracción e instalación del O´ Ring, instalación del precinto de seguridad y el etiquetado del balón con GLP.....	101
Tabla 19. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades del proceso de envasado de GLP en balones.....	101

Tabla 20. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades productivas del ciclo del balón	108
Tabla 21. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades improductivas del ciclo del balón	108
Tabla 22. Capacidad Real, Producción demandada y demanda insatisfecha.....	113
Tabla 23. Costo anual de Mano de Obra Directa	117
Tabla 24. Costo anual de Materia Prima	118
Tabla 25. Costo Unitario de Materiales Indirectos	118
Tabla 26. Determinación del precio de venta del balón.....	120
Tabla 27. Variables en los ejes horizontal y vertical de levantamiento para los balones situados en el apilado manual entre los nueve puestos de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones.....	128
Tabla 28. Factor de frecuencia de los nueve puestos de trabajo para la primera situación ergonómica del proceso de envasado de GLP en balones.....	130
Tabla 29. Factor de agarre de los nueve puestos de trabajo para la primera situación ergonómica del proceso de envasado de GLP en balones.....	130
Tabla 30. Cuadro resumen de los factores del índice de la Ecuación del Método Niosh de cargas y descargas de los balones en el apilado manual entre los nueve puestos de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones	131
Tabla 31. Variables en los ejes horizontal y vertical de levantamiento para los balones, durante el periodo laboral, en los nueve puestos de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones.....	135
Tabla 32. Factor de frecuencia de los nueve puestos de trabajo para la segunda situación ergonómica del proceso de envasado de GLP en balones.....	137
Tabla 33. Factor de agarre de los nueve puestos de trabajo para la segunda situación ergonómica del proceso en estudio	138
Tabla 34. Cuadro resumen de los factores del índice de la ecuación del método Niosh de cargas y descargas de los balones, durante el periodo laboral, en los nueve puestos de trabajo.....	138
Tabla 35. Cuadro Resumen de los indicadores ergonómicos actuales de descarga y carga de los balones en las dos situaciones analizadas bajo el enfoque del Método Niosh.....	141
Tabla 36. Dimensiones de los elementos significativos que interactúan en el proceso de envasado de GLP.....	144
Tabla 37. Utilización de área laboral del proceso de envasado de GLP en la Plataforma de Producción.....	144

Tabla 38. Resumen de Indicadores Actuales del Proceso	145
Tabla 39. Problemas, Causas y Obtención de utilidades de la empresa.....	148
Tabla 40. Instrumento de Orientación del Enfoque de Investigación	149
Tabla 41. Características del Cable de Alimentación Trifásico	158
Tabla 42. Características de los cuatro productos idóneos para el envasado automatizado ..	161
Tabla 43. Ancho de la máquina transportadora con respecto a los productos idóneos para el sistema automatizado	162
Tabla 44. Características de la máquina transportadora por cadenas de arrastre.....	162
Tabla 45. Factor de Servicio de las cadenas de metal.....	164
Tabla 46. Factor de velocidad de las cadenas de metal.....	165
Tabla 47. Selección del modelo de la cadena de arrastre.....	166
Tabla 48. Características de la cadena de arrastre modelo C55	167
Tabla 49. Características y dimensiones de la barra redonda y sólida de acero	169
Tabla 50. Características y dimensiones del piñón de acero	170
Tabla 51. Factor del piñón con respecto al número de dientes	171
Tabla 52. Características y dimensiones de la polea.....	172
Tabla 53. Características y dimensiones de la chumacera	173
Tabla 54. Carga máxima soportada por el rotor y el eje del motorreductor	174
Tabla 55. Zonas de protección de máquinas y equipos.....	178
Tabla 56. Relación potencia del motor – Factor de desplazamiento.....	179
Tabla 57. Características y dimensiones del motorreductor seleccionado.....	183
Tabla 58. Características y dimensiones del Tablero Eléctrico de Mando	186
Tabla 59. Características y dimensiones del Variador de Frecuencia seleccionado	187
Tabla 60. Características y dimensiones del Guardamotor seleccionado	191
Tabla 61. Características y dimensiones del Interruptor Diferencial	192
Tabla 62. Características y dimensiones de la Fuente de Alimentación Conmutada o rectificador seleccionado	193
Tabla 63. Características y dimensiones del PLC	194
Tabla 64. Características y dimensiones del Módulo de Ampliación de salidas digitales seleccionado	196
Tabla 65. Características y dimensiones del Módulo de Ampliación de salidas digitales seleccionado	197
Tabla 66. Características y dimensiones del Módulo de Ampliación Mixto Analógico seleccionado	198

Tabla 67. Características y dimensiones de los pulsadores seleccionados	199
Tabla 68. Características y dimensiones del Sensor Óptico de Proximidad seleccionado	200
Tabla 69. Características y dimensiones de los pilotos luminosos seleccionados	202
Tabla 70. Característica y Esfuerzo dinámico por el cilindro neumático seleccionado.....	205
Tabla 71. Características del cilindro neumático seleccionado.....	205
Tabla 72. Dimensiones y peso del cilindro neumático seleccionado.....	207
Tabla 73. Dimensiones y peso de la fijación del cilindro neumático seleccionado por placa delantera	207
Tabla 74. Tiempo de Ciclo de operatividad automatizada.....	210
Tabla 75. Longitud total de las tuberías o mangueras neumáticas.....	215
Tabla 76. Diámetro interior de las mangueras neumáticas	215
Tabla 77. Características de la Válvula de Control de Fluido seleccionada	216
Tabla 78. Dimensiones de la Válvula de Control de Fluido seleccionada.....	217
Tabla 79. Características de la Electroválvula Biestable seleccionada para el cilindro neumático de llenado	218
Tabla 80. Características de la Electroválvula de llenado seleccionada	220
Tabla 81. Dimensiones de la Vista Frontal de la Electroválvula de llenado de GLP	220
Tabla 82. Dimensiones de la Vista Lateral de la Electroválvula de llenado de GLP.....	221
Tabla 83. Características de la Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de llenado	222
Tabla 84. Dimensiones y peso de la Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de llenado seleccionado.....	224
Tabla 85. Descripción del proceso a automatizar	225
Tabla 86. Determinación de las entradas y salidas digitales en el Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R	226
Tabla 87. Determinación de las salidas digitales en el Módulo de Ampliación TM3DQ32UK del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R.....	227
Tabla 88. Determinación de las salidas digitales en el Módulo de Ampliación TM3EQ8U / TM3DQ8UG del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R.....	230
Tabla 89. Determinación de las salidas analógicas en el Módulo de Ampliación TM3AM6 del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R.....	230
Tabla 90. Leyenda de los planos eléctricos y neumáticos del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones	234

Tabla 91. Leyenda de las variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP	245
Tabla 92. Asignación de tiempos requeridos para el sistema automatizado del proceso de envasado GLP en balones	253
Tabla 93. Tiempos promedios de las actividades presentes en el rediseño del proceso de envasado GLP en balones	284
Tabla 94. Plan de Producción en los próximos cinco años	291
Tabla 95. Medidas generales del diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones metálicas de los cuatro cilindros neumáticos.....	303
Tabla 96. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades productivas del ciclo de los cuatro balones envasados de GLP en forma paralela	308
Tabla 97. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades improductivas del ciclo de los cuatro balones envasados de GLP en forma paralela	308
Tabla 98. Costo Anual de Mano de Obra Directa	312
Tabla 99. Costo Unitario de Materia Prima	312
Tabla 100. Costo Unitario de Materiales Indirectos	313
Tabla 101. Precio de venta del balón con GLP	314
Tabla 102. Variables en los ejes horizontal y vertical de levantamiento para los balones situados en la máquina transportadora por cadena de arrastre	320
Tabla 103. Factor de frecuencia del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo para la primera situación ergonómica propuesta del rediseño del proceso de envasado de GLP	322
Tabla 104. Factor de agarre de los siete puestos de trabajo para la primera situación ergonómica propuesta	323
Tabla 105. Cuadro resumen de los factores de las variables del índice de la ecuación del método Niosh de cargas y descargas de los balones en la máquina transportadora por cadenas de arrastre.....	323
Tabla 106. Variables en los ejes horizontal y vertical de levantamiento de la segunda propuesta para el cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo durante el periodo laboral.....	327
Tabla 107. Factor de frecuencia del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo durante el periodo laboral.....	328
Tabla 108. Factor de agarre del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo durante el periodo laboral.....	329

Tabla 109. Cuadro resumen de los factores de las variables del índice de la ecuación del método Niosh de cargas y descargas del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo durante el periodo laboral.....	329
Tabla 110. Cuadro Resumen de los nuevos indicadores ergonómicos propuestos de descarga y carga de los balones en las dos situaciones analizadas mediante el Método Niosh.....	331
Tabla 111. Dimensiones de los elementos significativos que interactúan en el proceso de envasado de GLP.....	333
Tabla 112. Utilización de área laboral del proceso de envasado de GLP en la Plataforma de Producción.....	333
Tabla 113. Cuadro Comparativo de Indicadores.....	334
Tabla 114. Inversión Total de la Mejora.....	337
Tabla 115. Ingresos percibidos por el Plan de Ventas de la mejora.....	341
Tabla 116. Ingresos percibidos por el no contrato de dos operarios.....	341
Tabla 117. Requerimientos de materiales en kilogramos y unidades.....	342
Tabla 118. Requerimientos de materiales en Nuevos Soles.....	342
Tabla 119. Presupuesto del costo de producción o egresos de la mejora en Nuevos Soles...	343
Tabla 120. Tasa Mínima de Aceptación de Rendimiento.....	344
Tabla 121. Evaluación Económica de la mejora del proyecto.....	345
Tabla 122. Evaluación Financiera de la mejora del proyecto.....	346
Tabla 123. Planes de Acción para la Mejora.....	347

I. INTRODUCCIÓN

El Organismo Superior de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) [1] afirma que el gas natural es la tercera fuente de energía en el mundo, posterior del petróleo y el carbón. Asimismo, el gas natural y el petróleo son las fuentes esenciales para la producción de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en las refinerías existentes en todo el mundo.

La Asociación Nacional de Importadores, Distribuidores y Transportistas de GLP (A-Gas) [2] menciona que el GLP es comercializado en siete tipos de mercado: el del hogar, el de transporte, el comercial, el industrial, el de construcción, el agropecuario y el de recreación. En primer tipo de mercado, el GLP es de gran utilidad para la cocción de los alimentos en la casa y el funcionamiento de electrodomésticos a gas, tales como lavadoras, secadoras, neveras, lavavajillas, hornos, barbacoas, generadores de energía, entre otros. En el segundo tipo de mercado, el GLP está dirigido para el funcionamiento de los vehículos. En el tercer tipo de mercado, el GLP es destinado en hoteles, restaurantes y entre otros comercios para fines como el lavado de ropa, generadores de energía, calefacción, entre otros. En el cuarto tipo de mercado, el GLP es empleado para la operatividad de maquinarias y equipos en los diferentes procesos productivos de las empresas. En el quinto tipo de mercado, el GLP es aprovechado para la edificación con maquinarias y equipos pesados a gas. En el sexto tipo de mercado, el GLP es usado para el manejo de tractores, aradoras, sembradoras, cosechadoras, empacadoras y entre otras máquinas y equipos. En el séptimo y último mercado, el GLP es válido para el funcionamiento de lanchas, botes, globos aerostáticos, carritos de golf, tracción en cuatro ruedas (four wheel) y entre otras recreaciones.

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) [3] sostiene que el Perú ha alcanzado de manera estable niveles de producción de GLP cercanas a los 1,7 megatoneladas/año entre los años 2015-2018, lo que significa que para el año 2020 el Perú se ve obligado a importar GLP puesto que la producción nacional ya no es suficiente para atender a la creciente demanda que no solo se ve reflejada en el consumo por los automóviles, sino por el alto nivel de consumo de balones con GLP en los hogares. Ante esta situación, las empresas nacionales envasadoras de GLP están aprovechando esta oportunidad para consolidarse como empresas automatizadas y así poder incrementar su productividad y

rentabilidad, y reducir tiempos muertos y costos de producción que generan impactos económicos en estas.

La empresa Sipán Gas E. I. R. L. está dedicada al envasado manual y comercialización de cilindros con GLP en el departamento de Lambayeque. El producto con mayor demanda es el cilindro envasado de 10 kg de GLP, el cual es conocido como balón con GLP para cocina. La producción promedio anual es 484 753 balones con GLP, pero la demanda de la empresa es de 701 096 unidades. Esto significa que el proceso presenta deficiencias de satisfacer 216 343 balones con GLP o el 30,86 % al año y baja productividad total, ya que existe variabilidad de producción, deficiencia de estandarización de tiempos promedios, presencia de trasiegos, válvulas defectuosas de los balones, tiempo muerto u ocioso en la línea de producción y deficiente ergonomía por levantamiento de cargas. Ante esta problemática, nace la siguiente pregunta: ¿Cómo debe ser rediseñado el proceso de envasado de GLP para incrementar la productividad en la empresa Sipán Gas E. I. R. L.?

La presente investigación tiene como objetivo general el proponer el rediseño del proceso de envasado de GLP en balones para incrementar la productividad en la empresa Sipán Gas E. I. R. L. Asimismo, los objetivos específicos son el diagnosticar el proceso de envasado de GLP en balones, diseñar el sistema automatizado de la operación de envasado de GLP en balones, rediseñar las estaciones de trabajo y edificaciones que interactúan en el proceso de envasado de GLP en balones, determinar los nuevos indicadores de productividad y desarrollar el análisis costo-beneficios de las propuestas.

La justificación de la presente investigación es la eliminación de la variabilidad de la producción, deficiencia de estandarización de tiempos promedios, presencia de trasiegos en el proceso de envasado de GLP en balones, válvulas defectuosas de los balones y del tiempo muerto u ocioso del operario encargado de la operación de envasado de GLP en balones para incrementar la productividad en el proceso de envasado de GLP en la empresa Sipán Gas E. I. R. L.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES DE PROBLEMA

M. Shimul et al. (2019) [4], in the research “Liquefied Petroleum Gas (LPG) Bottling Process and Required Safety During Bottling: A Case Study”, propose a case study of the LPG bottling process in companies. The methodology used is based on three stages, which are: the specification of the types of LPG cylinders, the explanation of the LPG packaging process and the signaling of the security measures considered during the LPG bottling process. In the first stage of the methodology, it is specified that the LPG cylinders are of different sizes and materials, since the size determines the amount of fuel to be bottling and marketed, and the material determines the durability and strength of the cylinders. Likewise, the content of packed and commercialized has rank of 1 kg to 50 kg of LPG and the material of the cylinders can be of steel, aluminum and plastic; of which the most used is steel. In the second stage of the methodology, it is explained that the LPG packaging process can be automated or manually and is made up of the washing, inspection, extraction and installation of a new O’ Ring, tare, packaging, inspection weight, sealing and maintenance of the cylinder valve. The washing operation is used to remove the mud, dirt and stains presented in the cylinder entering the process. The inspection, removal and installation of a new O’ Ring allow elimination of LPG leaks caused by the worn O’ Ring positioned on the cylinder valve. The tare operation allows to determine the body weight of the cylinder to add the weight of the fuel that is subsequently bottling. The bottling operation allows the fuel to be filled automatically by means of a circular carousel or in parallel, but some companies bottling the cylinders by g semi-automatic filling scales. The weight inspection measures the weight of the packaged cylinder and determines whether or not the amount of packaged fuel is correct or accurate. The seal is a protective cap that is positioned on the cylinder valve and is used to prevent gas leaks. Valve maintenance consists of unscrewing and replacing it with a new one. In the third stage of the methodology, the safety measures considered during the LPG bottling process are indicated is the use of the mandatory Personal Protective Equipment (PPE), which are: safety shoes, helmets, glasses, gloves safety, reflective jacket, air hose and safety glasses. Also, unauthorized persons should not be allowed in the work area without the use of the required PPE. The scientific article does not contain results, since the case in qualitative and not quantitative study. Finally, it is

concluded that the automation of the LPG packaging process is more efficient and productive, since it allows more cylinders to be packed in less time, it is safer in terms of the precision of the weight of the fuel in the packaging and the ergonomics of the Operators.

Pandalai y Mathew (2015) [5], en la investigación “Redesign of Existing Layout of Tiller Manufacturing Industry to Reduce Material Handling Cost”, proponen el rediseño del proceso de fabricación partes, accesorios o componentes de máquinas cortadoras de césped para reducir el costo del manejo o transporte de materiales y aumentar la productividad en una empresa de rubro de comercialización de partes, accesorios o componentes de máquinas agrícolas. La metodología utilizada se basa en tres etapas, las cuales son: la especificación de la necesidad de rediseñar el proceso, la explicación de la situación actual de la empresa y el rediseño del proceso. En la primera etapa de la metodología, se especifica que la necesidad de rediseñar el proceso es la reducción de la distancia entre las diferentes estaciones de trabajo, la cual permite disminuir el costo del manejo o transporte de materiales y aumentar la productividad y rentabilidad de la empresa. En la segunda etapa de la metodología, se explica que la empresa tiene 44 máquinas en un área de 4 455 m², de las cuales el 45,45 % o 20 máquinas están en frecuente operación y ocupan el 27,11 % o 1 208 m² del área de la empresa. Además, el número de máquinas operativas puede ser uniforme en las diferentes estaciones de trabajo, ocasionando el aumento de costos de manejo, desplazamiento o transporte de materiales entre las estaciones de trabajo de la empresa. En la tercera y última etapa de la metodología, se rediseña el proceso de fabricación de caña de timón mediante la redistribución de la ubicación de las estaciones de trabajo, empleando la Técnica de Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones (con sus siglas en inglés CRAFT) y el programa ARENA Model. Asimismo, se obtienen los siguientes resultados: (1) la distancia de recorrido desde la salida del proceso productivo a la estación que elabora la cubierta lateral de la máquina cortadora de césped disminuye de 389,71 m a 55,63 m, (2) la distancia de recorrido desde la salida del proceso productivo a la estación que elabora la palanca del gobernador de la máquina cortadora de césped disminuye de 200 m a 44,32 m, (3) la distancia de recorrido desde la salida del proceso productivo a la estación que elabora el árbol de levas de la máquina cortadora de césped disminuye de 445,53 m a 161,31 m, (4) la distancia de recorrido desde la salida del proceso productivo a la estación que elabora

el anillo de proveedor de aceite de la máquina cortadora de césped disminuye de 146,75 m a 36,65 m, (4) la reducción de costos de desplazamiento de materiales y (5) el aumento de la productividad en la empresa. Finalmente, se concluye que el rediseño o redistribución de las estaciones de trabajo del proceso de la empresa, mediante la Técnica de Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones (con sus siglas en inglés CRAFT), es de gran utilidad para aumentar la productividad, ya que simplifican la complejidad de la fatiga producida en los operarios por el desplazamiento de extensas distancias entre estaciones.

A. Gabriel et al. (2015) [6], en la investigación “Redesigning a manufacturing system based on functional independence: the case of a tree nursery”, proponen el rediseño de las estaciones de trabajo de plantación y clasificación por la existencia de productividad baja, de tiempos muertos, costos elevados de producción y baja calidad de los productos estacionales en el proceso de germinación y desarrollo de plantas de un vivero. La metodología utilizada se basa en tres etapas, las cuales son: la especificación de lo que consiste las operaciones de plantación y clasificación, la descripción de la situación actual de la empresa y el rediseño del proceso. En la primera etapa de la metodología, se especifica que la estación de trabajo de plantación es un conjunto de operaciones que tienen lugar durante la mitad del año. Básicamente consiste en la colocación de esquejes en contenedores con tierra mineralizada de sustrato para la germinación y el desarrollo de plantas. Continuamente, los esquejes colocados en los contenedores son ubicados en zonas llamadas “Casas de sombra” y “Envejecimiento” para su cultivo y desarrollo. Además, se especifica que la estación de trabajo de clasificación es un conjunto de operaciones que tienen lugar el resto del año. Básicamente consiste en la recolección de plantas en el campo y su transporte a la unidad de producción, la selección según los tamaños similares A, B y C, la colocación de plantas de igual tamaño en contenedores y el traslado de estos a las “Casas de sombra” o al envío a los clientes, dependiendo del tamaño que presenten. En la segunda etapa de la metodología, se describe que los contenedores con plantas de varios tamaños se colocan al comienzo de una línea transportadora, que comprende de una sola cinta transportadora plana con movimiento horizontal y unidireccional. Los contenedores se mueven a lo largo de la línea del transportador y los operadores, colocados a lo largo del transportador, lo retiran con plantas mixtas para su estación de trabajo. En cada estación de trabajo se eliminan las malas hierbas y los residuos de

las plantas, que se colocan en contenedores de basura, para luego depositarlos en vertederos. Las plantas de tamaños similares A, B y C se colocan en el mismo contenedor y se introduce nuevamente en la misma línea de transporte cuando está lleno con una planta de tamaño similar. La unidad de producción de la planta que proporciona la base para este estudio estaba compuesta por dos líneas de producción, cada una con 10 trabajadores que producían en promedio 48 tableros de contenedores en un día de 8 horas. Cada tablero de contenedores tiene 360 bandejas con 60 plantas cada una. Estos valores corresponden a una producción promedio por trabajador de 648 plantas por hora. El sistema de transporte existente tiene la capacidad promedio de 20 bandejas por minuto trabajando alternativamente para alimentar las estaciones de celdas y transportar las bandejas clasificadas terminadas. El avance de las bandejas con plantas del mismo tamaño está condicionado por la retirada de las bandejas con plantas mixtas para clasificar, y viceversa. En la tercera y última etapa de la metodología, se rediseña el proceso que comprende más dos transportadoras por línea además de la existente. Por lo tanto, cada línea tiene tres transportadoras independientes (DP'1, DP'3 y DP'4) para satisfacer FR1, FR3 y FR4; una línea de transporte para alimentar las bandejas, una línea de transporte para transportar desechos y otra línea de transporte para enviar las bandejas clasificadas. La introducción de una línea de transporte para transportar residuos permite a los operadores dedicarse a tareas productivas. Al cambiar el DP1 anterior en dos nuevos DP (DP'1 y DP'4), FR1 y FR4 se independizaron evitando pérdidas de tiempo, es decir, en las bandejas en espera para ser procesadas y esperando la oportunidad de introducir bandejas clasificadas en la línea. Por lo tanto, la eficiencia global del sistema aumenta. La gestión de producción también se hizo más fácil y los errores en la identificación de la bandeja se eliminan porque las diferentes etapas de la bandeja no fluyen en el mismo transporte. Además, el rediseño diferencia los flujos de producción independientes mediante colores; plantas mixtas (violeta), plantas clasificadas A, B y C (azul, amarillo y verde) y desechos (gris). El progreso de las bandejas con plantas no clasificadas es independiente del progreso de las bandejas con plantas clasificadas, lo que siempre permite que la presencia de bandejas se procese cerca de cada estación de trabajo donde haya un tampón. Por otro lado, el transporte de bandejas clasificadas es independiente y el operador tiene la posibilidad de entregar y obtener bandejas en cualquier momento. Para este propósito, no se necesita buffer de datos. Al introducir una línea de transporte dedicada al transporte automático de desechos, se evita el

manejo manual de contenedores y los operadores utilizan el tiempo perdido en tareas productivas. Esto significa que el DP2 anterior se transformó en dos nuevos DP; DP'2 (operaciones de transferencia, limpieza y clasificación) y DP'3 (línea de transporte para reenviar bandejas). A pesar de estas ganancias de productividad, la empresa decidió crear una tercera línea de producción para una cuestión de producción total necesaria. Asimismo, se obtiene los siguientes resultados: (1) el aumento de producción diaria de 48 a 112 contenedores con 20 a 30 operarios respectivamente, equivalente de 103 680 a 241 920 plantas o al 113 %, (2) el aumento de la productividad en 55 %, y (3) la reducción del costo directo de producción en 25 % aproximadamente. Finalmente, se concluye que el rediseño de procesos fomenta la flexibilidad de la línea de producción, el incremento de la productividad en las firmas, la disminución de costos de producción y la simplificación de los procesos de las empresas.

Regis (2014) [7], en la investigación “Automatización de una sierra ingletadora para la fabricación de disipadores de calor modelo TUC37664-2”, propone la automatización del proceso de corte con la Sierra Ingletadora por el incremento de la demanda del mercado. La metodología utilizada consiste en determinar el parámetro de corte, el mecanismo biela-manivela, el diseño CAD y la selección de máquinas, equipos y componentes necesarios para el sistema automatizado, los cuales son: el motorreductor, variador de frecuencia, cilindros neumáticos, electroválvulas y el Controlador Lógico Programable (PLC). Posteriormente, se procede a la elaboración o fabricación de la máquina automatizada. Asimismo, se obtiene como resultado el aumento de la producción de 50 400 a 63 000 perfiles cortados mensuales, permitiendo cumplir con la demanda y obtener mayores utilidades. Finalmente, se concluye que la automatización permite aumentar la producción, productividad y las utilidades en las empresas.

Anudeep y Srinivasa (2014) [8], en la investigación “Automation of Bottle Manufacturing, Filling and Capping Process using Low Cost Industrial Automation” proponen la automatización de las operaciones de llenado y tapado de botellas de plástico por el incremento de la demanda del mercado en las industrias de agua embotellada e industrias de embotellado de cualquier otro líquido. La metodología utilizada se basa en tres etapas, las cuales son: la programación y simulación

neumática, la determinación de las entradas y salidas para la programación de lenguaje escalera y la simulación de la programación escalera del sistema automatizado. En la primera etapa de la metodología, se programa y simula neumáticamente en el programa o software Fluidsim Pneumatic para la interpretación de los movimientos de los vástagos de los cilindros neumáticos del sistema automatizado. En la segunda etapa de la metodología, se determina y registra las entradas y salidas en el Controlador Lógico Programable (PLC) de la programación de lenguaje escalera. En la tercera y última etapa de la metodología, se simula la programación de lenguaje escalera del sistema automatizado. Asimismo, se obtiene los siguientes resultados: (1) el aumento de la producción y productividad del proceso de botellas envasadas, (2) la reducción de tiempos de producción, (3) la importancia de la integración de las maquinas con el PLC permite el incremento de utilización de estas y (4) el aumento de la calidad del producto terminado para satisfacer la demanda del mercado. Finalmente, se concluye que la inversión de proyectos automatizados es rápidamente recuperable debido al incremento de ventas y de utilidades.

Moreno y Sánchez (2015) [9], en la investigación “Automatización en el ensamble buscando productividad en la industria automotriz”, proponen la automatización del proceso de ensamble autopartes por el incremento de la demanda del mercado en las industrias de automóviles. La metodología utilizada se basa en tres etapas, las cuales son: La especificación de conceptos relacionados con automatización en la industria manufacturera de vehículos, el diseño del proceso automatizado y la programación de brazos robóticos. En la primera etapa de la metodología, se especifica el concepto acerca de la automatización en el proceso de ensamble de vehículos, las razones principales de automatizar un proceso de ensamble, los procesos automáticos en el ensamble de vehículos, los procesos en el área de ensamble de carrocería o estructura y la automatización de los procesos de ensamble de carrocería o estructura. En la segunda etapa de la metodología, se diseña el sistema automatizado en 3D basado los requisitos de automatizar y la ubicación de las herramientas y material para la operación en los procesos de rematado piso trasero y delantero modelo Sail, rematado piso trasero modelo Spark GT y soldadura panel techo a traviesas modelo Spark GT. En la tercera y última etapa de la metodología, se programa los brazos robóticos mediante software para soldadura de punto, de tal forma que garanticen control sobre el número y la calidad de los puntos aplicados. Asimismo, se obtienen los siguientes

resultados: (1) el incremento de 105 a 140 puntos de soldadura en el proceso de rematado de panel de piso trasero del modelo de automóvil Sail, (2) el incremento de 52 a 74 puntos de soldadura en el proceso de rematado de panel de piso de delantero del modelo de automóvil Sail, (3) el incremento de 72 a 107 puntos de soldadura en el proceso de rematado de panel de piso trasero del modelo Spark GT, (4) los incrementos del 12 y 5 % de productividad en las células de los modelos de automóviles Sail y Spark GT respectivamente, (5) el incremento de producción de 78 a 88 unidades por turno en la célula del modelo Sail y (6) el incremento de producción de 34 a 36 unidades por turno en la célula del modelo Spark GT. Finalmente, se concluye que el desarrollo de conocimientos en proyectos de desarrollo tecnológico o innovación en industrias manufactureras del sector metalmecánico son fundamentales para el incremento de la productividad en las firmas debido a que permiten la mejora en la eficiencia de los procesos, que disminuyen los costos asociados a la calidad, permiten garantizar los elementos y prácticas de seguridad requeridos para una buena salud de los operarios y permiten incrementar la producción usando nuevas tecnologías.

Kayalvizhi y Ajay (2016) [10], en la investigación “Automatic Integrated Filling and Mixing of Different Heights to Bottles using PLC”, proponen la automatización del proceso de llenado de botellas con diferentes alturas por el incremento de la demanda del mercado en las industrias químicas, farmacéuticas y de agua embotellada. La metodología utilizada se basa en tres etapas, las cuales son: la selección de los automatismos eléctricos, la descripción de las dos clases de procesos según el tipo de modo seleccionado por el interruptor del proceso y la asignación de entradas y salidas en el Controlador Lógico Programable (PLC) del sistema. En la primera etapa de la metodología, se selecciona el PLC modelo Indralogic L 20 de la marca Rexroth Bosch y de 8 entradas y salidas digitales, dos pulsadores ON y OFF para la activación y desactivación del proceso, un interruptor selector de modo, dos válvulas de llenado, una faja transportadora y dos sensores óptimos de proximidad, cuya instalación es en el lado lateral de la faja transportadora, pero a diferentes alturas para la detección de botellas de mayor y menor tamaño. En la segunda etapa de la metodología, se describe las dos clases de procesos según el tipo de modo seleccionado por el interruptor del proceso, las cuales son: Proceso mediante el Modo 1 y 2, y el proceso mediante el Modo 3. La primera clase del proceso consiste en el envasado de botellas con una misma altura o tamaño, en el que las botellas se mueven sobre la cinta o faja

transportadora y son detectadas por el sensor óptico, el cual detiene a la transportadora. Además, que la válvula de llenado 1 se activa, por un tiempo respectivo, para el envasado del líquido en la botella. Luego del periodo de llenado, la válvula 1 se cierra y activa nuevamente a la faja transportadora. La segunda clase del proceso consiste en el envasado de botellas con diferentes alturas o tamaños, en el que las botellas se mueven sobre la cinta o faja transportadora y son detectadas por el sensor óptico 1 (para botellas de menor tamaño) o por el sensor óptico 2 (para botellas de mayor altura), el cual detiene a la transportadora. Además, que la válvula de llenado 1 y 2 se activan, por un tiempo respectivo, para el envasado del líquido en las botellas de diferentes tamaños. Luego del periodo de llenado, la válvula 2 se cierra y activa nuevamente a la faja transportadora. El envasado simultáneo se debe a la regulación de caudal de la válvula de llenado 1 y 2, ya que la capacidad de salida de la válvula 1, válvula destinada para botellas de menor tamaño, es menor a la capacidad de salida de la válvula 2, válvula destinada para botellas de mayor tamaño. Esto permite que el tiempo de envasado de la válvula 1 sea igual al tiempo de envasado de la válvula 2. En la tercera y última etapa de la metodología, se asigna como entradas digitales a los pulsadores ON y OFF, al interruptor selector de modo y a los dos sensores ópticos de proximidad. Además, se asigna como salidas digitales al motor de corriente discreta de la faja transportadora y a los solenoides de las dos válvulas de llenados. Asimismo, se obtienen los siguientes resultados: (1) la reducción del área de trabajo mediante la automatización de procesos de productos de diferentes tipos de tamaño, (2) la factibilidad de cambio de programación del proceso mediante el PLC y (3) el ahorro de costos de inversión de líneas de producción separadas. Finalmente, se concluye la automatización fomenta la flexibilidad en las líneas de producción.

Pandhare y Metkar (2017) [11], en la investigación “Design of Semi – Automatic Hydraulic Broaching Machine – A Review”, proponen la automatización de la máquina de brochado hidráulico por la presencia de fatiga de la manipulación manual de la máquina y el incremento de la demanda del mercado. La metodología utilizada se basa en tres etapas, las cuales son: la selección de los automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos, la programación y la simulación del sistema automatizado en el software Web-based. En la primera etapa de la metodología, se selecciona como automatismos eléctricos al Controlador Lógico Programable (PLC) y al sensor óptico de proximidad del sistema. Además, se selecciona como automatismos neumáticos a

los cilindros mono y bi estables y a la válvula de estrangulamiento o válvula de regulación de caudal del sistema. También, se selecciona como automatismos hidráulicos a la válvula de control de fluido, a los filtros y a los embalses hidráulicos del sistema. En la segunda y tercera etapa de la metodología, se programa y simula el sistema neumático automatizado de la máquina o prensa de brochado hidráulico. Asimismo, se obtienen los siguientes resultados: (1) el aumento de la productividad de la empresa, (2) el aumento de la utilización de la máquina, volviéndola más flexible y eficiente, (3) la reducción del esfuerzo o fatiga humana y (4) el aumento de la precisión del proceso de prensado de la máquina de brochado hidráulico. Finalmente, se concluye que la automatización permite la optimización de procesos y el aumento de la rentabilidad en las empresas.

Velásquez y Gonzales (2017) [12], en la investigación “Prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico”, proponen la automatización de las operaciones de llenado y tapado de botellas de plástico por el incremento de la demanda del mercado en las industrias de agua embotellada e industrias de embotellado de cualquier otro líquido. La metodología utilizada se basa en tres etapas, las cuales son: la selección de máquinas, equipos y componentes, el diseño en CAD del prototipo automatizado y la comparación del proceso actual y el mejorado. En la primera etapa de la metodología, se selecciona una faja transportadora de 60 cm de largo hecha de estructura de metal, conformada por una correa articulada de PVC y controlada por un motor de 0,75 HP, de 2 850 RPM en una tensión de corriente eléctrica de 220 VAC, una matriz de 10 cavidades de botellas vacías y llenas que es movida de maneras circular e intermitente, un dispensador de tapas, hecho en madera y cartón, que tiene la capacidad de 10 unidades, un sensor óptico que detecta la posición de las botellas, un sensor capacitivo que detecta el volumen del líquido de la botella, un motor de 24 VDC al que se le implementa un molde de roscador del tamaño de la tapa y cilindros neumáticos de doble efecto con electroválvulas monoestables de 5/2 vías y de 24 VDC para la activación y desactivación de las operaciones de llenado y tapado de botellas de plástico. En la segunda etapa de la metodología, se diseña el proceso automatizado en 3D en un software CAD para la demostración de cómo es la instalación de la selección de máquinas, equipos y componentes mencionados anteriormente. En la tercera y última etapa de la metodología, se compara el Diagrama de Análisis de Procesos actual y el mejorado mediante la automatización de las

operaciones de llenado y tapado de botellas de plástico. Asimismo, se obtienen los siguientes resultados: (1) la reducción del tiempo de embotellado en 36 %, (2) la satisfacción garantizada en el cliente por conceptos de calidad debido al envasado homogéneo del líquido contenido en las botellas, (3) la disminución en 90 % de las devoluciones de botellas por parte del consumidor final, la posibilidad de ingresos a nuevos mercados debido a las mejoras condiciones de embotellado, (4) la fomentación de producción continua mediante la ejecución automática de un Controlador Lógico Programable (PLC), (5) la inexistencia de reprocesos por un mal llenado o una inadecuada operación de roscado, (6) la reducción de tiempos y actividades improductivas para reducción de la fatiga del operario y el incremento de la productividad, (7) el incremento de la producción en 36 % y (8) la rápida recuperación de la inversión mediante el mayor número de producción y de ventas. Finalmente, se concluye que la automatización de procesos mejora la producción y productividad de las empresas.

Kaur y Pardeep (2017) [13], en la investigación “Paper Machine Automation using PLC, VFD’s and HMI”, proponen la automatización de la máquina de papel mediante la implementación de altas herramientas tecnológicas como el Controlador Lógico Programable (PLC), Variadores de Frecuencia (VFD) y la Interfaz Hombre - Máquina (HMI) por problemas de sincronización, inmunidad al ruido eléctrico, desgaste mecánico, velocidad fija de funcionamiento del motor, contaminación ambiental y elevados costes energéticos por corriente eléctrica. La metodología utilizada se basa en tres etapas, las cuales son: la descripción de la importancia del uso de PLC, VFD y HMI, la implementación de los dispositivos mencionados anteriormente y la determinación de la cantidad de energía eléctrica ahorrada en unidades kWh y en unidades monetarias. En la primera etapa de la metodología, se describe que el PLC, los VFD’s y la HMI son importantes, ya que fomentan la rentabilidad y eficiencia en las empresas cuando mitigan el consumo de energía eléctrica, los factores de riesgos ante accidentes eléctricos del motor. En la segunda etapa de la metodología, se implementa el PLC como el cerebro del sistema automatizado, los VFD’s como controladores de velocidad y fomentadores de sincronización continua en los motores y la HMI como mensajeros de los parámetros asignados externamente por el operario. La jerarquía del control de un sistema automatizado calibrado inicia con la asignación manual y numérica en el tablero digital de la HMI, la cual envía las señales analógicas

de entrada al PLC. Luego el PLC envía señal al variador de frecuencia, el cual modifica la velocidad y sincronía de los motores, permitiendo el consumo de energía eléctrica necesaria y evitando la baja rentabilidad que originan los altos costes de energía. En la tercera y última etapa de la metodología, se determina la cantidad de energía eléctrica ahorrada mediante la comparación del consumo de energía del motor de 300 kW del sistema antiguo y el consumo de energía eléctrica con la implementación del PLC, los VFD's y la HMI. Asimismo, se obtienen los siguientes resultados: (1) la disminución o el ahorro del consumo eléctrico es de 320 886 kWh, equivalente a 20 % o 1 841 885 unidades monetarias, (2) la disminución de impacto ambiental mediante el cuidado de la energía eléctrica, ya que esta energía es un recurso no renovable y debe ser cuidado para las futuras reuniones y (3) la fomentación de la rentabilidad en la empresa mediante la disminución de gastos económicos por el consumo eléctrico. Finalmente, se concluye que la automatización propicia a la jerarquía de control mediante la implementación de dispositivos como el PLC, los VFD's y la HMI, cuyas marcas de fabricación consideradas son Schneider, ABB, Siemens, entre otras. Además, se concluye que la HMI muestra el estado actual de la máquina y señala cuando requiere de mantenimiento para mejorar la efectividad del accionamiento de la máquina.

Molina (2018) [14], en la investigación “Automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de Blíster”, propone la automatización del proceso de empaquetado de Blíster por el incremento de la demanda. La metodología utilizada consiste en que el operador arranca la máquina y revisa el abastecimiento de blíster y cajas. El operario ingresa, manualmente en una pantalla HMI, el número de blísters que se requiere en cada caja e inicia el sistema. El motor en funcionamiento permite el arrojado de los blísters a la banda transportadora y al mismo tiempo se acciona una electroválvula de toma de estuche, que deposita en la banda de transferencia donde sincrónicamente el blíster ingresa para ser empaquetado en una caja. Al final se expulsa la caja para su distribución. Asimismo, se obtienen los siguientes resultados: (1) el incremento de la producción de 1 100 a 3 600 cajas de blísters en dos horas, (2) el incremento de 300 % del rendimiento del proceso de empaquetado y (3) la mejora de la calidad del producto, ya que antes de la automatización del proceso, el operario se encargaba en armar la caja, ingresar el blíster y sellarla manualmente, lo que ocasionaba tiempos muertos en el proceso debido a que el operario limpiaba con alcohol las huellas dactilares dejadas en cada caja. Finalmente, se concluye que la

implementación del sistema automatizado permite mejorar la calidad de los productos y el 300 % de rendimiento del proceso de empaquetado en la empresa.

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1 Rediseño de Procesos

B. Díaz [15] menciona que el rediseño de procesos es sinónimo a la mejora de procesos para la reducción de costos y tiempo de ciclos, y al incremento de la productividad y eficiencia de los procesos. El rediseño de los procesos se fundamenta en la reingeniería de los procesos o re jerarquización de los cargos de una organización y en la redistribución en planta, la cual permite alcanzar cambios, estrechamente relacionados, de métodos y mejoras en el proceso, maquinaria o equipo de la empresa.

Por otro lado, Díaz señala que las redistribuciones de planta se ejecutan cuando las condiciones de partida del proceso quedan ineficientes ante el crecimiento de la empresa u organización (posicionamiento en el mercado) o se adapta a los cambios internos y externos. Asimismo, el método rápido y claro para la ejecución del diseño de una correcta redistribución, consiste en dibujar las nuevas soluciones sobre una copia del plano de la distribución del proceso actual mediante el uso de un color diferente para la rápida identificación de los equipos trasladados e identificación del “antes y después” del proceso en estudio.

A continuación, Díaz menciona las ventajas de una buena disposición de planta enfocadas para la reducción de costos de fabricación y el aumento de la productividad, las cuales son:

- Disminución de la congestión y confusión, del riesgo para el material o su calidad, del material en proceso, del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general, del riesgo para la salud de los trabajadores, del manejo de los materiales, de la inversión en equipo, del tiempo total de producción y de costos de acarreo de material.
- Eliminación del desorden en la ubicación de los elementos de producción, de los recorridos excesivos y de las deficiencias en las condiciones ambientales de trabajo.

- Facilitar o mejorar el proceso de manufactura, la definición de la estructura organizacional y el ajuste a los cambios de condiciones.
- Uso más eficiente de la maquinaria, mano de obra, servicios del espacio existente.
- Mejora de las condiciones de trabajo para el empleado.
- Logro de una supervisión más fácil y mejor.
- Incremento de la producción.
- Mantener la flexibilidad de la operación o servicio.

Finalmente, se describe los principios básicos de la disposición de planta, los cuales son:

- Integración de conjunto: Es la interrelación de los operarios, materiales, maquinaria y actividades auxiliares.
- Mínima distancia recorrida: Es la imposición de distancias cortas entre operaciones e inspecciones sucesivas en lugares adyacentes para evitar el transporte innecesario entre ellas.
- Circulación o flujo de materiales: Es la movilización progresiva del material entre los puestos de trabajo en procesos de transformación o ensamble.
- Espacio cúbico: Es el uso del espacio de trabajo del proceso en tres dimensiones, ya que en él interactúan máquinas, equipos y operarios.
- Satisfacción y seguridad: Es el cuidado de la salud del operario ante peligros y riesgos repentinos durante el proceso y el velar una adecuada ergonomía de los trabajadores.
- Flexibilidad: Es la condición de estar apto a cambios frecuentes en los diseños, métodos, equipo y fechas de entrega. Si la empresa no tiene esta condición puede perder clientes.

2.2.2 Manufactura Industrial

G. Hernández [16] afirma que la manufactura es el medio para elaborar diversos productos, los cuales varían en su diseño, tamaño y composición, y que les da un valor agregado con el fin de crear mayor demanda en el mercado. Sin embargo, en ocasiones la manufactura no cumple con su función o lo hace con un mínimo de tecnología e innovación. Por lo tanto, para que la manufactura ofrezca valor agregado a sus productos requiere aplicar alta

tecnología e imaginación, que es uno de los rubros de mayor importancia en la industria. Asimismo, debe cumplir con altos estándares de seguridad, calidad y producción industrial, de modo que genere productos con valor en su diseño para mantener la máxima la confiabilidad de su función. En consecuencia, quien ofrezca estas condiciones y un buen producto, logrará tener mayor demanda en el mercado, generará una mejor imagen y será líder en su ramo.

2.2.3 Automatización Industrial

G. Hernández [16] declara que la automatización industrial es un conjunto de tecnologías que tienen objetivo optimizar las condiciones de seguridad, calidad y protección. Asimismo, está conformada por tres niveles superiores, de los cuales son: los SMF (Sistemas de Manufactura Flexibles), la fábrica automatizada (FA) y la manufactura integrada por computadora (CIM), en los cuales se agrupan todas las técnicas de automatización para el desarrollo productivo de cualquier sistema de producción.

S. Kalpakjian [17] afirma que la automatización es el proceso de hacer que las máquinas sigan una secuencia predeterminada de operaciones con poca o ninguna intervención humana con el uso de equipo y dispositivos especializados que realizan y controlan procesos y operaciones. La automatización completa se logra por medio de diferentes dispositivos, sensores, actuadores, técnicas y equipos capaces de: a) monitorear todos los aspectos de la operación; b) tomar decisiones sobre los cambios que deban hacerse y c) controlar todos los aspectos de la operación. Asimismo, la automatización se ha implementado en áreas básicas de las actividades de manufactura como los procesos de producción, manejo y movimiento de materiales, inspección, ensamble y empaque.

2.2.4 Sistema de Automatización Industrial

G. Hernández [16] explica que el sistema de automatización industrial es el conjunto de sistemas de comunicación donde se establece intercambiar informaciones mediante dispositivos automáticos, enviando órdenes al proceso de producción o a la etapa requerida.

La pirámide del aprendizaje del sistema de automatización contiene información científica y tecnológica, que difícilmente podría ser comprendida por una sola persona, de ahí que la automatización requiere la agrupación de individuos que contienen con los conocimientos necesarios. Asimismo, la pirámide comprende 15 niveles, de los cuales son:

- **Nivel 1:** En el primer escalón, base de la pirámide, se encuentran la ciencia del Álgebra, las Ideas conceptuales, la Electricidad y la Seguridad.
- **Nivel 2:** En el segundo escalón se encuentran la ciencia de la Geometría, el Dibujo 2D y 3D, el motor eléctrico y la Mecánica.
- **Nivel 3:** En el tercer escalón se encuentran las ciencias de la Física y de la Química, la Normatividad, las Comunicaciones y el Interruptor.
- **Nivel 4:** En el cuarto escalón se encuentran la Electrónica Asistida por Computadora, los dispositivos de estado sólido y los reveladores.
- **Nivel 5:** En el quinto escalón se encuentran los Sistemas digitales, la Programación, la Neumática y la Electroneumática.
- **Nivel 6:** En el sexto escalón se encuentran los Microprocesadores, la Hidráulica y la Electrohidráulica.
- **Nivel 7:** En el séptimo escalón se encuentran los Controladores, los Controladores Lógicos Programables o Program Logic Controls (PLCs) y los Servomotores.
- **Nivel 8:** En el octavo escalón se encuentran la Instrumentación, el Control y los Sistemas.
- **Nivel 9:** En el noveno escalón se encuentran los sistemas de visión y la Manufactura digital.
- **Nivel 10:** En el décimo escalón se encuentran los sistemas llamados: Control Numérico por Computadora o Numerical Control by Computer CNC y Planificación de Procesos Asistido por Ordenador o Computer Aided Process Planning (CAPP), y la Robótica.
- **Nivel 11:** En el onceavo escalón se encuentran los sistemas llamados: Diseño Asistido por Computadora o Computer Aided Design (CAD), Fabricación Asistida por Computadora o Computer Aided Manufacturing (CAM), Ingeniería Asistida por Computador o Computer Aided Engineering (CAE) y Sistemas de Coordenadas de Plano de Estado o State Plane Coordinate System (SPCS).

- **Nivel 12:** En el doceavo escalón se encuentran la Modelación y la Simulación.
- **Nivel 13:** En el treceavo escalón se encuentran los sistemas de Marcos de Momentos Especiales o Special Moments Frames (SMF).
- **Nivel 14:** En el catorceavo escalón se encuentran los sistemas conocidos como Diseño de páginas web profesionales, modernas, autoadministrables y adaptables a todos los dispositivos (FA).
- **Nivel 15:** En el quinceavo escalón se encuentran los sistemas conocidos como Manufactura Integrada por Computador o Computer Integrated Manufacturing (CIM).

2.2.5 Líneas de Producción Automatizada

M. Groover [18] recalca que la línea de producción automatizada consiste en estaciones de trabajo automatizadas y conectadas a un sistema de transferencia de piezas, cuya actuación está coordinada con la de las estaciones. En una situación ideal, no hay trabajadores en la línea, excepto para realizar funciones auxiliares como cambiar herramientas, cargar y descargar piezas al inicio y al final de la línea y actividades de reparación y mantenimiento. Las líneas automatizadas modernas son sistemas integrados que operan bajo el control de una computadora.

Las operaciones realizadas por estaciones automatizadas tienden a ser más simples que las que ejecutan personas en líneas manuales. La razón es que las tareas más sencillas son más fáciles de automatizar. Las operaciones que son difíciles de automatizar son las que requieren de varios pasos, así como la aplicación de juicio o capacidad sensorial humana. Las tareas fáciles de automatizar consisten en elementos de trabajo únicos, movimientos de funcionamiento rápido y movimientos de alimentación en línea recta, como en el maquinado.

La línea de producción se divide en dos categorías básicas las líneas de producción, que son:

- **Líneas de transferencia y sistemas de procesamiento similares:** Una línea de transferencia es una secuencia de estaciones de trabajo que realizan operaciones de procesamiento, con una transferencia automatizada de

unidades de trabajo en las estaciones. El maquinado es la operación de procesamiento más común. Además, se usa la transferencia síncrona en las líneas de maquinado automatizadas.

- **Sistemas de ensamble automatizados:** Los sistemas de ensamble automatizado consisten en una o más estaciones de trabajo que realizan operaciones de ensamble, como agregar componentes y/o fijarlos a la unidad de trabajo. Los sistemas de ensamble automatizado se dividen en celdas de estación única y sistemas de estaciones múltiples. Las celdas de ensamble de estación única se organizan con frecuencia alrededor de un robot industrial programado para realizar una secuencia de pasos de ensamble. Además, este tipo de celdas se usan para trabajo en el tango intermedio de producción.

Por otro lado, los sistemas de ensamble de estaciones múltiples son convenientes para producción alta. El número de componentes y pasos de ensamble está limitado porque la confiabilidad del sistema disminuye rápidamente cuando aumenta la complejidad. Asimismo, existen sistemas de ensamble de estaciones múltiples en varias configuraciones, las cuáles son:

- **En línea:** La configuración en línea es la línea de transferencia convencional adaptada para realizar trabajo de ensamble.
- **En forma rotatoria:** Los sistemas rotatorios se implementan usualmente como máquinas de carátula indizadora.
- **En forma de carrusel:** Los sistemas de ensamble de carrusel son ordenados como un ciclo. Pueden diseñarse con una cantidad mayor de estaciones de trabajo que un sistema rotatorio. Debido a la configuración del ciclo, el carrusel permite que los portadores de trabajo regresen automáticamente al punto inicial para su reutilización, una ventaja que comparten con los sistemas rotatorios, pero no con las líneas de transferencia.

2.2.6 Metas de la Automatización Industrial

S. Kalpakjian [17] detalla que la implementación de la automatización tiene las siguientes metas principales:

- Integrar varios aspectos de las operaciones de manufactura para mejorar la calidad y uniformidad del producto, minimizar los ciclos de tiempo y el esfuerzo y reducir los costos de la mano de obra.

- Mejorar la productividad por medio de la reducción de los costos de manufactura a través de un mejor control de la producción; las partes se cargan, avanzan y descargan en las máquinas con más eficiencia; las máquinas se usan con mayor eficacia y la producción se organiza con más eficiencia.
- Mejorar la calidad con el uso de procesos más repetibles.
- Reducir la injerencia humana, el aburrimiento y por tanto la posibilidad del error humano.
- Reducir el daño a las piezas de trabajo causado por el manejo manual de las partes.
- Elevar el nivel de seguridad de las personas, en especial en condiciones peligrosas de trabajo.
- Economizar el espacio de trabajo en la planta con el reacomodo de las máquinas, del manejo y movimiento de materiales y equipo auxiliar con mayor eficiencia.

2.2.7 Automatismos

V. Trigo [19] alude que los automatismos son aquellos dispositivos que permiten sustituir al operador humano en la realización de tareas de cálculo, trabajos rutinarios, y toma de decisiones reciben el nombre de automatismos. Los automatismos, dependiendo de la tecnología utilizada en su realización, pueden ser:

- **Eléctricos:** Están constituidos por elementos eléctricos (relés, contactos, pulsadores, entre otros). La gran mayoría de los automatismos tienen parte eléctrica.
- **Electrónicos:** Los dispositivos semiconductores (diodos, transistores, entre otros) son la base de estos automatismos. El avance en las técnicas de integración de estos componentes, permite realizar funciones de gran potencia y complejidad con uno solo.
- **Neumáticos:** Están constituidos por elementos que utilizan la fuerza de aire comprimido para su funcionamiento (válvulas neumáticas, cilindros neumáticos, entre otros).
- **Hidráulicos:** Sus elementos funcionan con la fuerza que le transmite un líquido sometido a presión.

- **Mecánicos:** Están compuestos por mecanismo de transmisión y transformación de movimientos, como poleas, engranajes, levas, bielas, etc.

Estos dispositivos tienen funciones en particular, de las cuales son:

- **Dispositivos de entrada:** Tienen como función dar información al circuito de mando. Los interruptores, pulsadores, termostatos, y detectores de posición, son algunos de estos dispositivos, también llamados captosres.
- **Circuito de mando:** Tienen como misión gobernar los dispositivos de potencia (relés, contactores, tiristores, transistores, entre otros); según ciertas condiciones establecidas y responden a las acciones de los dispositivos de entrada. Los circuitos de mando se pueden realizar con diferentes tecnologías, dependiendo de la aplicación o proceso industrial que se vaya a controlar.
- **Dispositivos de potencia:** Están constituidos por los dispositivos que controlan los circuitos de mando: bobinas de contactores, electroválvulas tiristores, entre otros. Su función es abrir o cerrar el paso de energía a la máquina que controlan (motores eléctricos, dispositivos neumáticos, lámparas, etc).
- **Dispositivos de señalización:** Se utilizan para conocer el estado de funcionamiento de la parte señalizada, permitiendo la detección de posibles anomalías en el funcionamiento del automatismo. Los dispositivos de señalización que se emplean normalmente son: los diodos LED y las lámparas luminiscentes.
- **Alimentación:** Su función es la de suministrar energía a los diferentes dispositivos y máquinas del automatismo.

2.2.8 Control ON/OFF

P. Bolzern [20] expresa que un sistema automatizado de control ON-OFF presenta dos posiciones o estados, es decir solo puede cambiar entre dos valores, los cuales son: conexión o activación y desconexión o desactivación.

M. Gutiérrez [21] menciona que el control ON-OFF es el más sencillo y económico de los sistemas de control. Asimismo, recalca que es común que los controladores de dos posiciones sean dispositivos eléctricos y neumáticos.

2.2.9 Diseño Asistido por la Computadora

R. Piedrafita [22] expone que el diseño asistido por computadora es también conocido como CAD y que este diseño garantiza el 90% de éxito y solo 10% en adecuaciones. Esa es la razón de que el concepto de realidad virtual se presente con tanta fuerza, pues el individuo puede interactuar con una computadora que le proporciona toda la información y detalles del diseño, como una alternativa en la toma de decisiones, sin que ello implique tener contacto físicamente el objeto. A partir del concepto tecnológico del CAD, el sector industrial depende de las aplicaciones 2D y 3D; de las primeras por el amplio uso de los planos de fabricación donde el diseñador especifica con detalle las instrucciones de manufactura, al considerar un sinfín de conceptos teóricos y normales internacionales. En cuanto a las aplicaciones 3D, el beneficio recae en la aproximación que se ofrece del producto final; es decir, se puede observar en todas sus características geométricas, físicas y mecánicas, y hacer modificaciones rápidamente, las cuales relacionan en forma paramétrica, lo que permite la actualización simultánea de los planos de fabricación.

2.2.10 Estudio de Tiempos

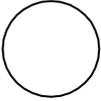
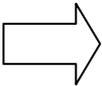
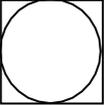
R. García [23] aclara que el estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor precisión posible, mediante una muestra de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea o actividad determinada con respecto a una norma de rendimiento preestablecido. Asimismo, el estudio de tiempo se ejecuta con un cronómetro y se emplea en las siguientes situaciones:

- Cuando se va a desarrollar una nueva operación, actividad o tarea.
- Cuando surgen demoras originadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- Cuando se pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos.
- Cuando se identifica bajos rendimiento o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas.

2.2.11 Diagrama de Análisis del Proceso

R. García [23] afirma que el Diagrama de Análisis del Proceso, con las siglas en español DAP, es la representación gráfica de los pasos consecutivos de actividades que constituyen un proceso o procedimiento, identificándolos mediante símbolos según el estándar ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Estos símbolos, como se muestran en la Tabla 1, se clasifican en Actividades Productivas e Improductivas. Las Actividades Productivas están conformadas por operaciones, inspecciones y combinadas. En cambio, las Actividades Improductivas están conformadas por transportes, retrasos o demoras y almacenajes. Asimismo, el diagrama incluye, también, toda información considerada importante y necesaria para el análisis, tal como tiempo requerido, cantidad necesaria y distancias recorridas.

Tabla 1. Símbolos estándar del Diagrama de Análisis del Proceso

Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Permite indicar los principales pasos, métodos o procedimiento del proceso. Asimismo, durante la operación la materia prima o pieza sufren cambios físicos, químicos, o ambos.	
Transporte	Permite indicar el desplazamiento de los operarios o de los materiales cuando se movilizan de un lugar a otro.	
Inspección	Permite indicar que se comprobando la cantidad, calidad, o ambas.	
Demora	Permite indicar la inactividad o estancamiento de un material en el proceso productivos	
Almacenamiento	Permite indicar el depósito de un producto en un almacén.	
Actividad combinada N°1	Permite indicar una inspección que se realiza simultáneamente a una operación.	
Actividad combinada N°2	Permite indicar una operación y transporte que se realizan conjuntamente.	

Fuente: [23]

2.2.12 Diagrama de Operaciones del Proceso

R. García [23] declara que el Diagrama de Operaciones del Proceso, con las siglas en español DOP, es la representación gráfica de los pasos consecutivos de actividades que constituyen un proceso o procedimiento, identificándolos mediante símbolos según el estándar ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Estos símbolos, como se muestra en la Tabla 2, se clasifican solamente en Actividades Productivas, las cuales están conformadas por operaciones, inspecciones y combinadas. Asimismo, el diagrama incluye, también, toda información considerada importante y necesaria para el análisis, tal como tiempo requerido, cantidad necesaria y distancias recorridas.

Tabla 2. Símbolos estándar del Diagrama de Operaciones del Proceso

Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Permite indicar los principales pasos, métodos o procedimiento del proceso. Asimismo, durante la operación la materia prima o pieza sufren cambios físicos, químicos, o ambos.	
Inspección	Permite indicar que se comprobando la cantidad, calidad, o ambas.	
Actividad combinada N°1	Permite indicar una inspección que se realiza simultáneamente a una operación.	

Fuente: [23]

2.2.13 Diagrama de Operaciones – Tiempo (O – T)

L. Cuatrecasas [24] afirma que el Diagrama Operaciones – Tiempo es la representación de los periodos de tiempo de las tareas u operaciones que conforman el proceso productivo analizado. Asimismo, este diagrama permite la determinación de tiempos muertos o de espera.

2.2.14 Diagrama de Recorrido del Proceso

B. Niebel [25] explica que el Diagrama de Flujo o Recorrido del Proceso es la representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades y el recorrido o flujo de estas mediante la colocación de flechas que sirven de señalización del recorrido del proceso.

2.2.15 Diagrama Hombre – Máquina

B. Niebel [25] recalca que el Diagrama de Procesos Hombre – Máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo. El diagrama muestra la relación exacta de tiempo entre el ciclo de trabajo del operario y el ciclo de operación de la máquina manipulada. Asimismo, el diagrama permite identificar la existencia de tiempos ociosos para la mitigación o mejora de este.

2.2.16 Productividad e Indicadores

D. Medianero [26] detalla que la productividad es una expresión matemática que refleja la relación entre la cantidad de recursos insumidos o utilizados en un proceso productivo y la cantidad de productos obtenidos. Asimismo, los indicadores de productividad son los siguientes:

- **Productividad con respecto a la Mano de Obra (ρ . M.O.)**

$$p. M. O. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Mano de Obra (M. O.)}}$$

- **Productividad con respecto a la Materia Prima (ρ . M.P.)**

$$p. M. P. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Materia Prima (M. P.)}}$$

- **Productividad con respecto al Capital de Trabajo (ρ . K.)**

$$p. K. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Capital de trabajo (K.)}}$$

- **Productividad con respecto a las Horas Hombre trabajadas (ρ . H.H.)**

$$p. H. H. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Horas Hombre (H. H.)}}$$

- **Productividad con respecto al Número de Máquinas (ρ . máquinas)**

$$p. Máquinas = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Nº de cilindros neumáticos}}$$

- **Productividad con respecto al Consumo de Energía (ρ . energética)**

$$p. Energética = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Consumo de energía eléctrica } \frac{\text{kW}}{\text{hora}}}$$

- **Productividad total del proceso en unidades monetarias**

p . total del proceso:

$$= \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Capital de Trabajo (K.) + Costo de energía eléctrica}}$$

2.2.17 Diagrama Ishikawa

O. Romero [27] alude que el Diagrama Ishikawa es también llamado como Diagrama de causa – efecto o Diagrama “espina de pescado”. El diagrama permite detallar el problema principal en la “cabeza del pescado” y las causas potenciales más importantes en las “espinas principales del pescado”. Las causas principales pueden ser de siete tipos, los cuales son: Según Medición, Máquina, Humano, Proceso, Material, Medio Ambiente y Equipamiento. Asimismo, estas causas pueden dividirse en sub causas permitiendo la creación de relaciones cualitativas o hipótesis sobre el efecto de una causa raíz o principal en el desempeño de un proceso.

2.2.18 Método Guerchet

L. Cuatrecasas [24] expresa que el Método Guerchet es la evaluación de la superficie necesaria para la ejecución de un proceso industrial. Asimismo, la evaluación de la superficie necesaria se realiza mediante la suma de tres tipos de superficies, las cuales son: la estática, de gravitación y de evolución. Por ende, se procede a la explicación de estos tipos de superficies a continuación.

▪ **Superficie estática (S_s):** Superficie o área que evalúa la posición de uso físico de las maquinarias, equipos, herramientas, mobiliario y las demás instalaciones de una planta industrial, y cuya fórmula de cálculo es la siguiente:

$$S_s = \text{Largo} \times \text{Ancho}$$

▪ **Superficie de gravitación (S_g):** Superficie o área que se obtiene mediante la multiplicación de la superficie estática por el número de lados que pueden ser utilizadas las maquinarias, equipos, herramienta, mobiliario y las demás instalaciones, y cuya fórmula de cálculo es la siguiente:

$$S_g = S_s \times \text{Número de lados}$$

▪ **Superficie de evolución:** Superficie o área necesaria que evalúa el movimiento o desplazamiento del personal y material y sus medios de transporte, y cuya fórmula de cálculo es la siguiente:

$$S_e = (S_s + S_g) * k$$

$$S_e = (S_s + S_g) * \left[\frac{h_{\text{Elementos móviles}}}{2 \times h_{\text{Elementos fijos o estáticos}}} \right]$$

$$S_e = (S_s + S_g) * \left[\frac{\frac{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n}}{2 \times \frac{\sum_{i=1}^t S_s \times n \times h}{\sum_{i=1}^t S_s \times n}} \right]$$

$$S_e = (S_s + S_g) * \left[\frac{\frac{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times \text{número de elementos} \times \text{altura}}{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times \text{número de elementos}}}{2 \times \frac{\sum_{i=1}^t S_s \times \text{número de elementos} \times \text{altura}}{\sum_{i=1}^t S_s \times \text{número de elementos}}} \right]$$

Por otro lado, se detalla los formatos de la información requerida del proceso analizado para el desarrollo del Método Guerchet, los cuales se reflejan en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3. Dimensiones de los elementos que interactúan en el proceso

Elemento(s)	Tipo de elementos	Cantidad (n)	Número de lados (N)	Largo (L, en metros)	Ancho (A, en metros)	Altura (H, en metros)
	Elementos estáticos o fijos (h_{EE})					
	Elementos móviles (h_{EM})					

Fuente: [24]

Tabla 4. Utilización del área laboral del proceso

Elemento(s)	Tipo de elementos	Cantidad (n)	Número de lados (N)	Superficie estática (SS)	Área total 1	Superficie de gravitación (S_g)	Área total 2	Superficie de evolución (S_e)	Superficie por estación	Superficie total (en m^2)
				L x A, en m^2	(SS x n), en m^2	(SS x N), en m^2	Área total 1 x H	k(SS + S_g), en m^2 y donde k =	(SS + S_e + S_g), en m^2	Superficie por estación * n
	Elementos estáticos o fijos (h_{EE})									
Área total de elementos estáticos					$\sum_{i=1}^t S_s \times n$		$\sum_{i=1}^t S_s \times n \times h$	-	-	-
	Elementos móviles (h_{EM})							-	-	-
									-	-
Área total de elementos móviles					$\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n$		$\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n \times h$	-	-	-
Utilización de área laboral del proceso bajo el enfoque del Método Guerche										

Fuente: [24]

2.2.19 Ergonomía

C. Ray [28] expone que la ergonomía es una ciencia multidisciplinaria que se enfoca en las capacidades y limitaciones físicas y psicológicas humanas. Asimismo, la ergonomía se puede utilizar para diseñar o modificar el lugar de trabajo, equipo, productos o procedimientos de trabajo con el fin de mejorar el desempeño humano y reducir la probabilidad de lesiones y enfermedades.

2.2.20 Riesgos Disergonómicos

C. Ray [28] aclara que los riesgos disergonómicos son factores inadecuados del sistema hombre – máquina desde el enfoque del diseño, construcción, ubicación de maquinaria, operación, conocimientos, habilidad, condiciones y las características de operarios y de las interrelaciones con el entorno y medio o ambiente de trabajo, tales como: monotonía, malas posturas, movimientos repetitivos, fatiga y sobrecarga física. Asimismo, los riesgos disergonómicos ocasionan consecuencias negativas para la salud de los operarios a corto o largo plazo.

2.2.21 Método Niosh

C. Ray [28] menciona que el Método Niosh permite calcular el Índice de Levantamiento de tareas que requieren la carga de materiales para determinar si existe o no riesgos disergonómicos en los operarios que las realizan. Asimismo, el Índice de Levantamiento debe ser menor o igual a 1 para que el operario no presente riesgos disergonómicos. En cambio, si el Índice de Levantamiento es mayor a 1, el operario presenta riesgos disergonómicos a corto o largo plazo. Cabe mencionar que el Índice de Levantamiento es el cociente de la división del peso de la carga levantada y la Ecuación de Niosh (RWL). Además, la Ecuación de Niosh es el producto de la multiplicación de la constante de 23 kg de carga recomendada (LC) y los siguientes factores: Factor de distancia Horizontal (HM), de altura (VM), de desplazamiento vertical (DM), de asimetría (AM), de frecuencia (FM), de agarre (CM), cuyas fórmulas son:

▪ **Factor de distancia horizontal (HM)**

$$HM = \frac{\text{Distancia horizontal menor}}{\text{Distancia horizontal mayor}}$$

▪ **Factor de altura (VM)**

$$VM = 1 - 0,003 * |D|$$

$$VM = 1 - 0,003 * |V - V_{\text{mínima}}|$$

$$VM = 1 - 0,003 * |\text{Altura de origen} - \text{Altura recomendada}|$$

▪ **Factor de desplazamiento vertical (DM)**

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{(V - V_{\text{mínima}})}$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{(\text{Altura de origen} - \text{Altura recomendada})}$$

▪ **Factor de asimetría (AM)**

$$AM = 1 - 0,0032A$$

$$AM = 1 - 0,0032 \times \text{Ángulo de asimetría}$$

▪ **Factor de frecuencia (FM)**

El Factor de frecuencia, como se muestra en la Tabla 5, es la relación del número de levantamientos por minuto para la ejecución de cada tarea de los puestos de trabajo con respecto a la altura de levantamiento en el tiempo o periodo de la jornada laboral.

Tabla 5. Factores de frecuencia

F (levantamiento por minuto)	≤ 1 hora		1 hora, pero ≤ 2 horas		2 horas, pero ≤ 8 horas	
	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30
< 0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13
11	0,41	0,41	0	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0	0,21	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
> 15	0	0	0	0	0	0

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

▪ **Factor de agarre (CM)**

El Factor de agarre, como se muestra en la Tabla 6, es la relación del tipo de acoplamiento con respecto a la altura de levantamiento.

Tabla 6. Factores de agarre

Tipo de acoplamiento	Multiplicador de acoplamiento CM	
	V < 30 pulg.	V ≥ 30 pulg.
Buena	1	1
Aceptable	0,95	1
Pobre	0,90	0,90

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

Por último, los factores de la Ecuación de Niosh, mencionados anteriormente, se detallan en la Figura 1.

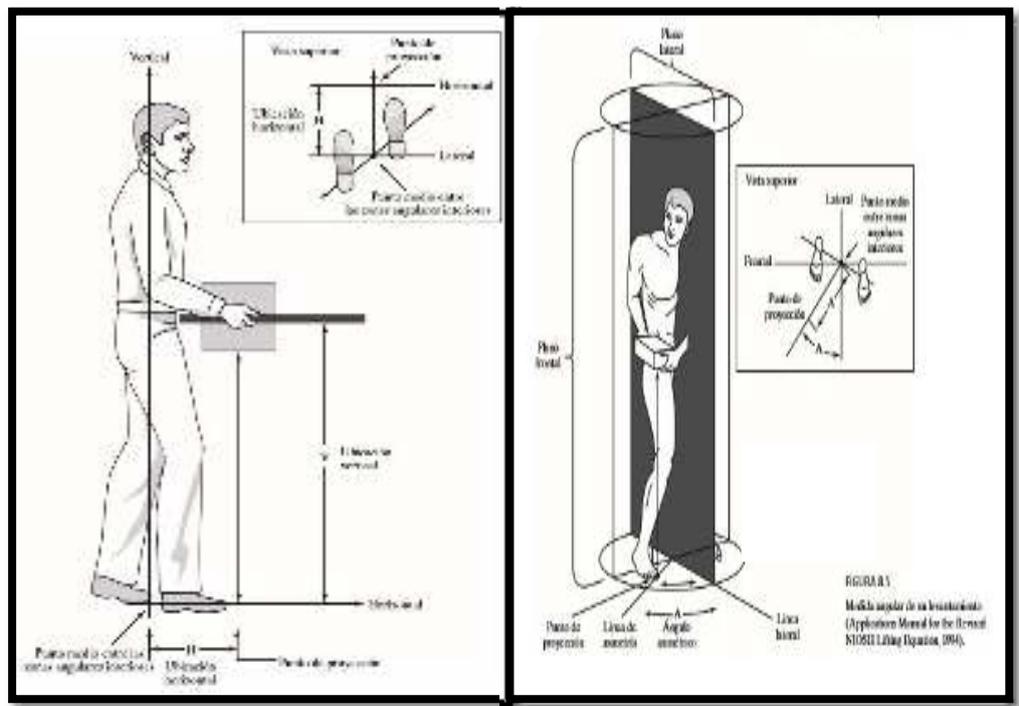


Figura 1. Factores de la Ecuación de Niosh

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

III. RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA

3.1.1 La Empresa

Sipán Gas E. I. R. L. es una empresa que pertenece en el rubro de Grifos y Estaciones de Servicio; es decir se encarga del envasado del Gas Licuado de Petróleo (GLP) en cilindros con capacidades de almacenamiento de 3 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg y 45 kg para la comercialización a nivel regional. Fue fundada el 07 de marzo de 1996 en la Zona Industrial del distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Su domicilio, como se muestran en las Figuras 2 y 3, es Mz. C Lote 27-28. Asimismo, el modo de ofrecimiento de su servicio es mediante los distribuidores de la empresa o en la misma planta de producción. Cabe mencionar que la empresa está dividida, como se muestran en las Figuras 4, 5, 6 y 7, por tres áreas laborales, las cuales son las siguientes: el área del proceso productivo, el área apoyo o también llamada área de mantenimiento, y el área administrativa o de oficinas.



Figura 2. Localización de la planta envasadora de Gas Licuado de Petróleo

Fuente: Google Map



Figura 3. Fachada de la planta envasadora de GLP
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 4. Área del proceso productivo de envasado de GLP
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 5. Área de apoyo o mantenimiento
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 6. Área administrativa o de oficinas
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El rediseño del proceso y la automatización de la operación de envasado, como se muestra en la Figura 7, están enfocados en el área del proceso productivo de cilindros envasados de GLP. Esta área está conformada por la Zona de almacén de GLP y la Plataforma de Producción o envasado de GLP en cilindros. Asimismo, la Zona de almacén de GLP es el área en donde el inspector de planta abastece la materia prima a envasar cuando ejecuta el trasiego del GLP desde el camión cisterna al tanque estacionario y del tanque estacionario a la Plataforma de Producción o de envasado mediante tuberías, un motor y una compresora de combustible. Además, la Plataforma de envasado es el área en donde nueve operarios realizan las actividades productivas e improductivas del proceso de envasado de GLP en cilindros durante la jornada laboral de ocho horas diarias.

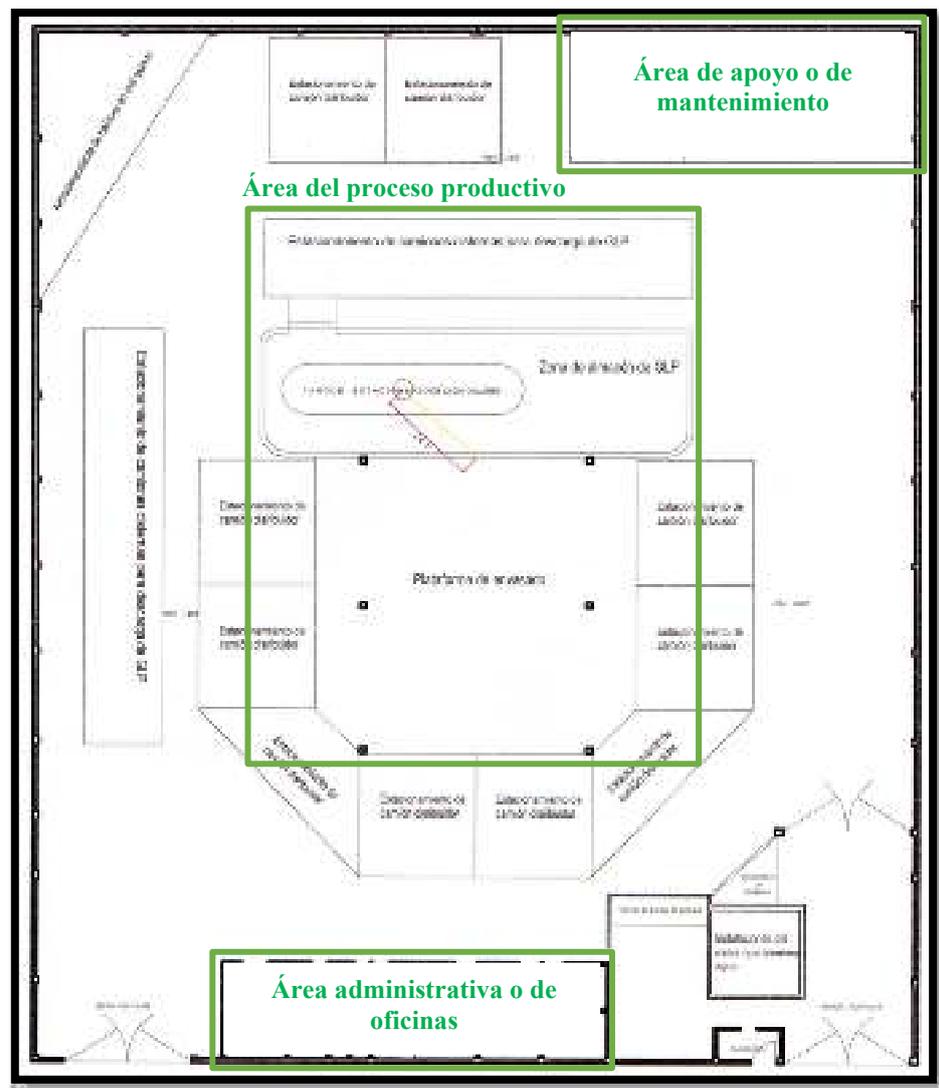


Figura 7. Áreas de la empresa

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

3.2.1 Productos

La empresa Sipán Gas E. I. R. L. ofrece un producto intangible o servicio que es el envasado del Gas Licuado de Petróleo (GLP) en recipientes de diversas capacidades de almacenamiento. Estos recipientes se clasifican según su contenido neto nominal de GLP; es decir, la cantidad de masa de GLP contenida. Este contenido corresponde a la diferencia de la masa bruta y tara del recipiente. Asimismo, los tipos de recipientes se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de los recipientes según el contenido neto nominal

Tipos de productos	Clasificación de productos	Contenido neto nominal de GLP
Cilindro de 3 kg de GLP	Único	3 kg
Cilindro de 5 kg de GLP	Único	5 kg
Cilindro de 10 kg de GLP (balón de cocina)	Fisher (Normal)	10 kg
	PK (Premium)	
Cilindro de 15 kg de GLP	Único	15 kg
Cilindro de 45 kg de GLP	Único	45 kg

Fuente: Normativa Técnica Peruana NTP 350.011-1

El producto más envasado de la empresa, como se muestra en la Tabla 8, es el cilindro de 10 kg de GLP o también llamado balón de gas de cocina, ya que es el producto estrella o el más vendido en el mercado lambayecano. Por ende, esta investigación se enfoca en el rediseño del proceso y la automatización de la operación de envasado de la línea de producción de los balones con GLP, pero se considera que ambas propuestas sean también multifuncionales e idóneas para las líneas de producción de los cilindros de 3, 5 y 15 kg debido que la empresa tiene posee seis balanzas envasadoras de dos tipos, las cuales cuatro abastecen a los cilindros de 3 kg, 5 kg, 10 kg y 15 kg de GLP, y las otras dos abastecen a los cilindros de 45 kg de GLP. Otras razones de considerar a las líneas de producción de los cilindros de 3 kg, 5 kg y 15 kg de GLP son porque se pretende la optimización del costo de la inversión y del aprovechamiento del área de la Plataforma de envasado. Cabe mencionar que el rediseño del proceso de envasado de GLP es idóneo para las líneas de producción de cilindros de 3 kg, 5 kg, 10 kg y 15 kg de GLP, pero la automatización de la operación de envasado es enfocada solamente para la línea de producción de cilindros con 10 kg de GLP o balones con GLP.

En la Tabla 8, se visualiza que la producción cilindros de 3 kg de GLP es nula durante el periodo marzo-2018/febrero-2019, pero en el año actual (2020) este producto si tiene demanda.

Tabla 8. Producción anual de cilindros envasados de GLP durante el periodo marzo 2018 – febrero 2019

Clases de productos	Nombres	Unidades Producidas		Kilogramos envasados
Cilindro de 10 kg	Cilindro Fisher (Normal)	430 610	484 753	4 847 530
	Cilindro PK (Premium)	54 143		
Cilindro de 45 kg	Cilindro de 45 kg	1 171	1 171	52 695
Cilindro de 15 kg	Cilindro de 15 kg	382	382	5 730
Cilindro de 05 kg	Cilindro de 05 kg	150	150	750
TOTAL			486 456	4 906 705

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El balón con GLP puede presentar dos tipos de válvulas, los cuales son: Fisher y Premium. La producción de balones envasados de GLP con válvulas Fisher y Premium, como se muestran en la Figuras 8 y 9, son de 430 610 y 54 143 unidades durante el periodo marzo 2018 – febrero 2019 respectivamente.

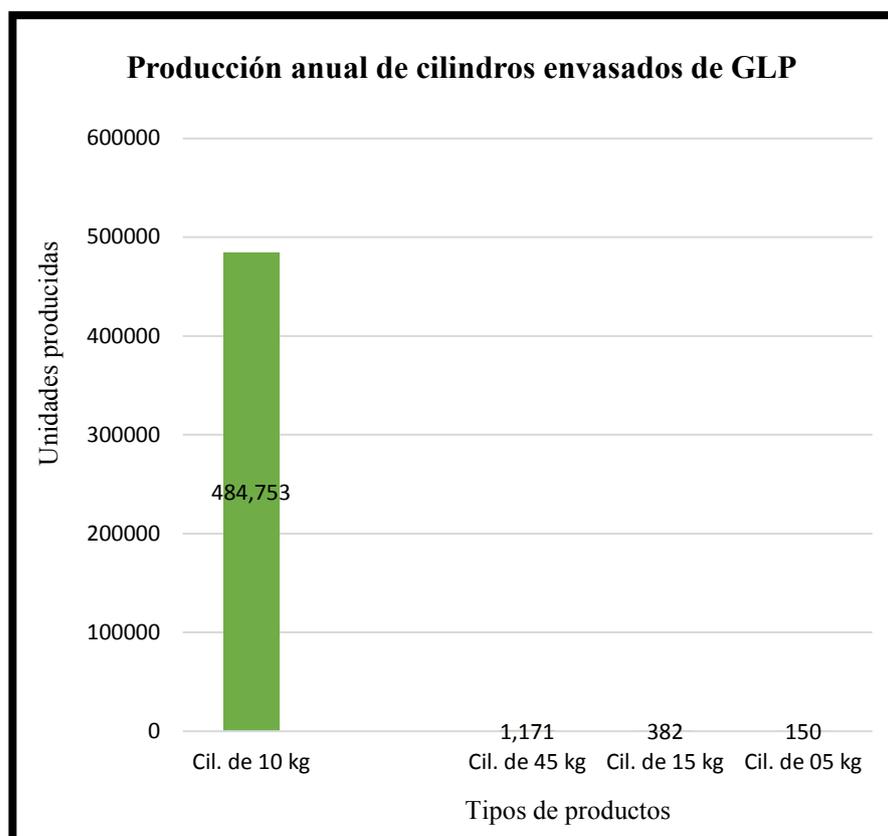


Figura 8. Producción anual de los tipos de cilindros envasados de GLP durante el periodo marzo 2018 – febrero 2019

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L

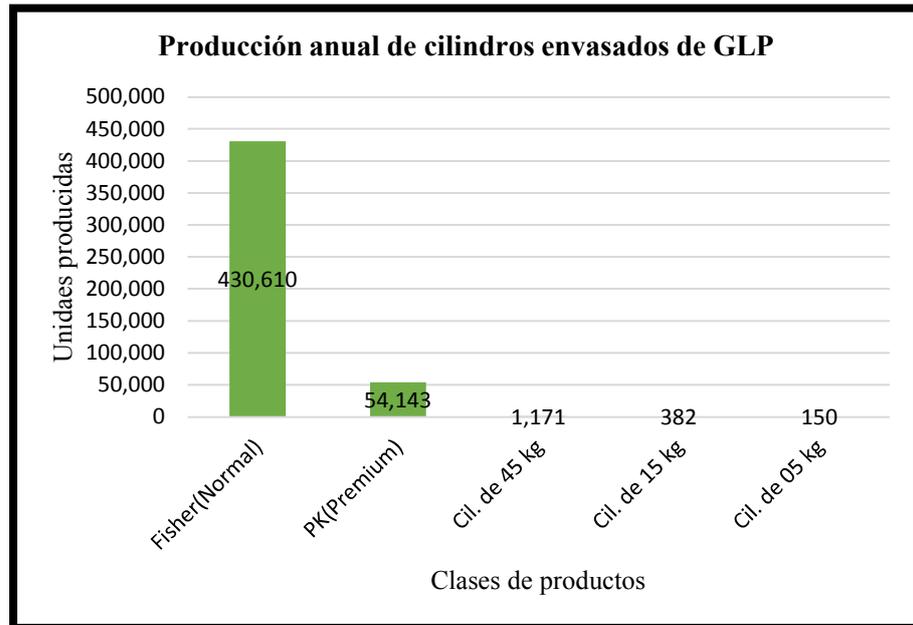


Figura 9. Producción anual de balones con GLP según los tipos de cilindros envasados de GLP durante el periodo marzo 2018 – febrero 2019

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería (OSINERGMIN) [29] determina que el balón con GLP tiene un peso máximo de 20,25 kg, ya que la tara del recipiente vacío es 10,25 kg y el contenido neto nominal es de 10 kg de GLP. Asimismo, la Normativa Técnica Peruana NTP 350.11-1, como se muestra en la Figura 10, indica las medidas principales del balón de cocina.

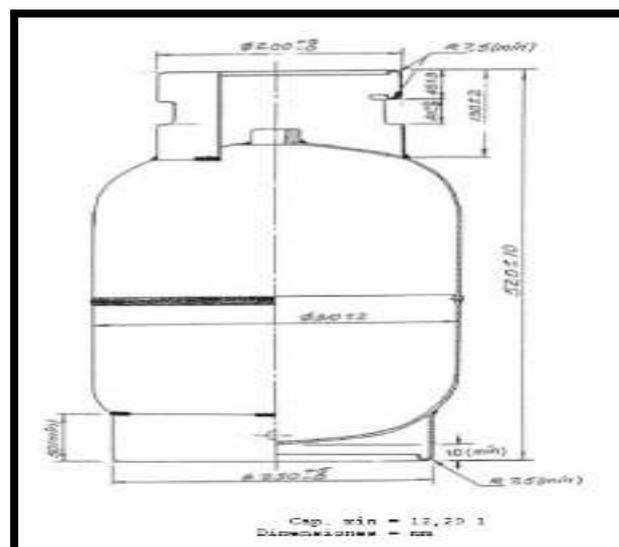


Figura 10. Medidas principales del cilindro de 10 kg (balón de cocina)

Fuente: Normativa Técnica Peruana NTP 350.011-1

3.2.2 Recursos del Proceso

3.2.2.1 Documentos Legales

La empresa necesita como primer y esencial recurso los documentos legales (base legal) que autorizan el funcionamiento anual de la línea de producción del proceso de envasado del Gas Licuado de Petróleo (GLP) en cilindros de distintas capacidades de almacenamiento para su comercialización en el mercado regional. La base legal está constituida por la siguiente ley y normativas de los Decretos Supremos:

- Ley N° 26221, Ley Orgánica de Hidrocarburos.
- D.S. N° 052-93-EM, Reglamento de Seguridad para el almacenamiento de Hidrocarburos.
- D.S. N° 043-2007-EM, Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.
- D.S. N° 027-1994-EM, Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transportes de Gas Licuado de Petróleo.
- D.S. N° 01-1994-EM, Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo.
- D.S. N° 122-94-EF, Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta.
- RCD OSINERGMIN N° 0019-2011-OS/CD.

3.2.2.2 Materia Prima

El gas licuado de petróleo (GLP) es una mezcla de hidrocarburos volátiles, conformado por propano, butano, iso-butano y butileno obtenidos de los líquidos del gas natural o de gases de refinería, los cuales pueden ser almacenados y manipulados como líquidos por aplicación de una presión moderada a temperatura ambiente y/o descenso de temperatura. El GLP proveniente de los gases de la refinería contiene cantidades variables de propilenos y butilenos. A continuación, se menciona las características principales, la composición y las propiedades del GLP, las cuales son:

- **Características.** -
 - Es más pesado que el aire.

- No es tóxico ni venoso.
- Es inodoro e incoloro; para su detección se le agrega un odorizante que puede ser el Etil Mercaptano.
- Es altamente inflamable en mezclas con aire de 2 - 10%.
- Es gaseoso en condiciones ambientales, pero se licua con facilidad al incrementarse la presión. Se licua a bajas presiones entre los 60 y 120 psi aproximadamente, dependiendo de la mezcla propano-butano.
- Su combustión es compleja y no deja residuos.
- Posee una gran capacidad de expansión, de estado líquido a gaseoso aumenta su volumen 270 veces aproximadamente.
- El GLP es un combustible que en determinados porcentajes con el aire forma una mezcla explosiva, presentando un Límite de Inflamabilidad para el propano entre 2,15 y 9,60% de gas en el aire, y para el butano entre 1,55 y 8,60% de gas en el aire.
- Posee una presión superior a la atmosférica, al momento del contacto con el medio ambiente se expande a gran velocidad y volumen.

▪ **Composición y propiedades. -**

La composición del GLP que maneja la planta envasadora está de acuerdo a la composición del hidrocarburo de acuerdo al proveedor Petroperú. En la Tabla 9 se detalla la composición y propiedades del Gas Licuado de Petróleo (GLP).

Tabla 9. Composición y propiedades del Gas Licuado de Petróleo

Composición y Propiedades del GLP		Propano	GLP	Butano
Composición (%Vol.)	Unidad			
Propanos	%	100,00	60,00	0,00
Butanos	%	0,00	40,00	100,00
Propiedades Físico/Químico				
Presión de Vapor a 37.8°C	psi	208	160	70,0
Presión de Vapor a 0.0°C	psi	70,00	48	15
Punto de Ebullición @ 1Atm.	°C	- 42,1	- 25,5	- 0,5
Líquidos				
Gravedad Específica @ 60/60°F (Agua = 1)	---	0,5083	0,5389	0,5847
Densidad @ 15 °C	kg/gal	1,922	2,038	2,211
Vapor				
Densidad Relativa (Aire = 1)	---	1,5225	1,7162	2,0068
Inflamabilidad				
Límite Inferior (LEL). %Vol. Aire	%	2,00	1,80	1,50
Límite Superior (LEL). %Vol. Aire	%	9,50	9,30	9,00
Combustión				
Volumen Ideal de Gas		23,86	26,72	31,02
Poder Calorífico	BTU/kg	47 375	47 063	46 596
Poder Calorífico (Vapor @ 15 °C)	BTU/m ³	88 353	98 940	114 544
Poder Calorífico (Líquido @ 60 °F)	BTU/gal	90 823	95 657	102 909

Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

3.2.2.3 Materiales

La empresa usa los siguientes materiales en su proceso productivo:

- **Recipientes con capacidad de almacenamiento diferentes.** - Materiales metálicos que se utilizan como envase de almacenamiento del combustible Gas Licuado de Petróleo (GLP). Estos pueden ser, como se muestra en la Figura 11, de capacidad de almacenamiento de 3 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg y de 45 kg de GLP. Cabe mencionar que el cilindro de 3 kg de GLP se envasa ocasionalmente.



Figura 11. Recipientes con diferentes capacidades de almacenamiento

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Válvulas de los cilindros.** - Materiales metálicos que se roscan en la parte superior o abertura del balón. Estos tienen la forma adecuada de las conexiones de las válvulas de las cocinas de los hogares. Las válvulas de cilindros, como se muestra en la Figura 12, se clasifican en válvulas Fisher y Premium.



Figura 12. Clasificación de las válvulas de cilindros

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Pinturas Esmalte Gris RAL.** - Materiales de color gris que sirve de protección de la estructura metálica del cilindro ante la oxidación y permite que el producto tenga una buena presentación para su comercialización. La pintura esmalte gris RAL, como se muestra en la Figura 13, se compra almacenada en barriles.



Figura 13. Pintura Esmalte Gris RAL

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Pinturas Esmalte Roja.** - Materiales de color rojo que permite que el producto tenga la marca de la empresa. La pintura esmalte roja, como se muestra en la Figura 14, se compra almacenada en barriles.



Figura 14. Pintura Esmalte Roja

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **O´ Rings.** - Materiales de plástico de color negro, como se muestra en la Figura 15, que se encuentra instalado dentro de la válvula del cilindro y permite que no haya fugas de la materia prima envasada en el cilindro. Sin embargo, cuando el O´ Ring se encuentra desgastado, la empresa está en la obligación de cambiarlo por uno nuevo, ya que podría ocasionar fugas o explosiones cuando se le instale el cilindro dentro de un hogar u otro tipo de edificación.



Figura 15. O´ Ring de la válvula del balón con GLP
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Precintos de seguridad.** - También llamado “tapa”, son aquellos materiales de plástico de color rojo, como se muestra en la Figura 16, que se instala sobre la “boca” o parte superior de la válvula del cilindro para evitar la caída del O´ Ring o posibles fugas de GLP.



Figura 16. Precinto de seguridad del balón con GLP
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Etiquetas.** - Materiales de papel impreso, como se muestra en la Figura 17, que detalla las características generales del producto y de la empresa.



Figura 17. Etiqueta del balón con GLP
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.2.2.4 Maquinaria

La empresa cuenta con las siguientes máquinas:

- **Una compresora marca “Romer” de 5 HP**, la cual abastece el sistema neumático de la empresa. Asimismo, se muestra el modelo de la compresora en la Figura 18.



Figura 18. Compresora marca “Romer” de 5 HP que abastece el sistema neumático de la empresa
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Seis balanzas envasadoras de tipo mecánico**, las cuales son mostradas en la Figura 19. La empresa posee cuatro balanzas, como se muestran en las Figuras 20 y 22, aptas para el envasado de cilindros con capacidad de almacenamiento de 3 kg, 5 kg, 10 kg (balón de cocina) y de 15 kg de GLP, y dos balanzas aptas, como se muestra en la Figura 21, para el envasado de cilindros con capacidad de almacenamiento de 45 kg de GLP.



Figura 19. Seis balanzas de tipo mecánico para envasar cilindros de 3 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg y 45 kg de GLP en el lado izquierdo de la Estación de trabajo N°3 de la empresa
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 20. Dos balanzas de tipo mecánico para envasar cilindros de 3 kg, 5 kg, 10 kg y 15 kg de GLP en el lado izquierdo de la Estación de trabajo N°3 de la empresa
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 21. Dos balanzas de tipo mecánico para envasar cilindros de 45 kg de GLP en el centro de la Estación de trabajo N°3 de la empresa
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 22. Dos balanzas de tipo mecánico para envasar cilindros de 3 kg, 5 kg, 10 kg y 15 kg en el lado derecho de la Estación de trabajo N°3 de la empresa
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Una compresora marca “Marathon Electric” de 10 HP**, la cual es utilizada para las operaciones de recepción y/o despacho del líquido de GLP entre el camión cisterna y el tanque estacionario. Asimismo, el modelo de la compresora se muestra en la Figura 23.



Figura 23. Compresora de las presiones del líquido y vapor del GLP en el momento del trasiego desde el camión cisterna al tanque estacionario

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Una bomba de 5 HP**, la cual es accionada por un motor a prueba de explosión e impulsa el líquido de GLP hacia el múltiple de llenadores o también llamado sistema manifold. Esta bomba, como se muestra en la Figura 24, está ubicada en la parte externa inferior del tanque estacionario.



Figura 24. Bomba de 5 HP

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Dos camiones cisternas de Gas Licuado de Petróleo (GLP)**, con capacidad de almacenamiento de 12 000 y 14 000 galones, y tienen la función abastecer de GLP, proveniente de la Refinería de Talara-

Piura, al tanque estacionario de la empresa. Asimismo, los modelos de los camiones cisternas se muestran en la Figura 25.



Figura 25. Camiones cisternas de GLP
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.2.2.5 Equipos

La empresa cuenta con los siguientes equipos:

- **Un sistema Bulkhead**, el cual evita el desperfecto de las instalaciones por tirón de camiones cisternas durante las transferencias del líquido o vapor de GLP. Asimismo, el sistema Bulkhead se muestra en la Figura 26.



Figura 26. Sistema Bulkhead
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Dos válvulas de desconexión rápida, llamada Pull Away**, las cuales evitan roturas en las mangueras de trasiego. Asimismo, las dos válvulas Pull Away se muestran en la Figura 27.



Figura 27. Válvulas Pull Away
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Un tanque estacionario de tipo aéreo**, con serie 077-96 y capacidad de almacenamiento o abastecimiento para 12 000 galones de GLP. Asimismo, el tanque estacionario de tipo aéreo se muestra en la Figura 28.



Figura 28. Tanque estacionario con capacidad de almacenamiento para 12 000 galones de GLP
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Un sistema de tuberías de la línea de descarga del líquido y vapor de GLP del camión cisterna al tanque estacionario.** Cabe mencionar que las tuberías de la línea de descarga de líquido del GLP son de 2 pulgadas, están pintadas de color amarillo y se conectan mediante una manguera hacia el camión cisterna. Asimismo, las tuberías de la línea de descarga de vapor del GLP son de 1 ¼ pulgadas, están pintadas de color celeste y se conectan, igualmente, mediante una manguera hacia el camión cisterna. Además, los dos tipos de tuberías se muestran en la Figura 29.



Figura 29. Sistema de tuberías de la línea de descarga del líquido y del vapor de GLP desde el camión cisterna al tanque estacionario
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Un sistema de tuberías con aspersores para el enfriamiento del tanque estacionario**, el cual sirve para el enfriamiento del tanque estacionario en días calurosos, ya que el GLP aumenta su presión cuando permanece a temperaturas altas. Asimismo, el sistema de tuberías de enfriamiento del tanque estacionario se muestra en la Figura 30.



Figura 30. Sistema de tuberías con aspersores para el control, reducción y apagado de inesperados escenarios de fuego o explosiones del tanque estacionario

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Una línea de succión del líquido de GLP de 2 pulgadas mediante un motor**, la cual está conformada por una válvula interna de 2 pulgadas, una válvula globo, un visor de 2 pulgadas, un filtro tipo “y” de dos pulgadas y una unión flexible para evitar esfuerzos por desalineamiento de la instalación y amortiguar las vibraciones. Cabe mencionar que la línea de succión del líquido de GLP, como se muestra en la Figura 31, está pintada de color amarillo.



Figura 31. Línea de succión del líquido de GLP

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Cuatro válvulas de cierre de emergencia**, las cuales están ubicadas en la línea de líquido de GLP y en la de vapor de GLP. Su función es bloquear el retorno tanto líquido y/o vapor de GLP hacia el exterior por las líneas de transferencia en caso de ruptura de las mangueras de conexión al camión cisterna. Asimismo, las cuatro válvulas de cierre de emergencia se muestran en la Figura 32.



Figura 32. Válvulas de cierre de emergencia
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Un cuadro de By Pass** o también llamado sistema de regulación de presión de envasado y la línea de retorno de excedente hacia el tanque estacionario.
- **Un sistema manifold de tuberías de 2 pulgadas de cédula 40**, el cual abastece a seis balanzas envasadoras de GLP de tipo mecánico. En cada línea, cuenta con una válvula automática de llenado y tiene una manguera de ½ pulgadas que termina en la válvula de corte y adaptador llenador. Asimismo, el sistema manifold de tuberías de 2 pulgadas de cédula 40 se muestra en la Figura 33.



Figura 33. Sistema manifold de tuberías de 2 pulgadas de cédula 40 que abastece a seis balanzas envasadoras de GLP

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Tres manómetros rotatorios**, los cuales sirven para medir el volumen de GLP del tanque estacionario y de los dos camiones cisternas durante la realización de purgas de GLP al ambiente y para obtener una lectura a través de un tubo interno que hace contacto con el líquido dentro del contenedor del tanque, y cambia de estado a vapor al estar en contacto con la atmósfera; midiendo en porcentaje de volumen del GLP almacenado. Asimismo, el modelo de los manómetros rotatorios se muestra en la Figura 34.



Figura 34. Manómetro rotatorio para la medición en porcentaje de volumen del GLP almacenado en el tanque estacionario y en los dos camiones cisternas
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Tres medidores de presión**, los cuales sirven para la medición de la presión del GLP en el tanque estacionario y en los dos camiones cisternas. Asimismo, el modelo de los medidores de presión se muestra en la Figura 35.



Figura 35. Medidor de presión del GLP en el tanque estacionario y en los dos camiones cisternas
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Tres medidores de temperatura**, los cuales sirven para la medición de la temperatura del GLP en el tanque estacionario y en los dos camiones cisternas. Asimismo, el modelo de los medidores de temperatura se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Medidor de la temperatura del GLP en el tanque estacionario y en los dos camiones cisternas
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Dos sopletes de pinturas**, los cuales sirven para el pintado del cuerpo y de la marca “SIPÁN GAS” del balón vacío. Asimismo, los dos sopletes de pinturas se muestran en la Figura 37.



Figura 37. Sopletes de pinturas
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Dos balanzas o básculas digitales e industriales de peso**, los cuales sirven para la medición del peso del balón vacío en la actividad llamada “Tara”, y del balón envasado de GLP en la actividad llamada “Inspección del peso del balón”. Asimismo, las dos balanzas o básculas digitales e industriales de peso se muestran en la Figura 38.



Figura 38. Balanzas o básculas digitales e industriales de peso

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Una silla giratoria metálica**, la cual permite el pintado del balón vacío a un ángulo de 360°. Asimismo, la silla giratoria metálica se muestra en la Figura 39.



Figura 39. Silla giratoria metálica

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Un molde metálico de la marca “SIPÁN GAS”**, el cual permite la impresión de la marca en el balón vacío. Asimismo, el molde metálico de la marca “SIPÁN GAS” se muestra en la Figura 40.



Figura 40. Molde metálico de la marca “SIPÁN GAS”

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Tres mangueras contra incendios**, las cuales sirven para el control y reducción o apagado de inesperados escenarios de fuego o explosiones en la planta de envasado. Asimismo, la ubicación de una de las tres mangueras contra incendios se muestra en la Figura 41.



Figura 41. Manguera contra incendios
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Dos extintores de 125 libras de polvo químico seco ABC rodantes** y **ocho extintores de 10 kilogramos de polvo químico seco ABC portátiles**, los cuales sirven para el control y reducción o apagado de inesperados escenarios de fuego o explosiones en la planta de envasado de GLP. Asimismo, los dos extintores de 125 libras de polvo químico seco ABC rodantes y el modelo de uno de los ocho extintores de 10 kg de polvo químico seco ABC se muestran en la Figura 42.



Figura 42. Extintor de 125 libras de polvo químico seco ABC rodante en el lado izquierdo y extintor de 10 kilogramos de polvo químico seco ABC portátil en el lado derecho

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Una varilla de metal en forma de “T”**, la cual permite la inspección del estado del O’ Ring y evitar futuras fugas de GLP mediante la inserción de agua con detergente en la superficie del O’ Ring. Asimismo, la varilla de metal en forma de “T” se muestra en la Figura 43.



Figura 43. Varilla de metal en forma de “T”
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.2.2.6 Suministros

La empresa cuenta con los siguientes suministros:

- **Un bidón diario de agua de 20 litros**, el cual permite la hidratación de los operarios en la jornada laboral. Asimismo, el bidón de agua de 20 litros se muestra en la Figura 44.



Figura 44. Bidón de agua de 20 litros
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Un saco de detergente**, el cual sirve para la mezcla con agua en la inspección del estado del O’ Ring y la detección de fugas por la presencia de espumas de burbujas de aire y agua sobre el O’ Ring;

lo cual significa que el O' Ring está desgastado y se le debe cambiar por uno nuevo. Asimismo, el saco de detergente se muestra en la Figura 45.



Figura 45. Saco de detergente
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Un tanque de agua potable no potable**, el cual sirve para el abastecimiento de agua a los servicios higiénicos de la empresa, a la operación de lavado de los cilindros vacíos y para abastecer a las conexiones contra incendios de la planta de producción. Asimismo, el tanque de agua no potable se muestra en la Figura 46.



Figura 46. Tanque de agua no purificada
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Cuatro contenedores llenos de pintura color Gris RAL Esmalte y dos contenedores llenos de pintura color Rojo Esmalte**, los cuales permiten el almacenamiento temporal de ambos tipos de pintura para ser usadas, posteriormente, mediante las pistolas de pintado. Asimismo, los contenedores de pintura color Gris RAL

Esmalte y de pintura color Rojo Esmalte se muestran en la Figura 47.



Figura 47. Contenedores de pintura color Gris RAL Esmalte y pintura color Rojo Esmalte
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Dos calibradores de válvulas de cilindros;** los cuales sirven para extraer las válvulas en mal estado e instalar las nuevas. Asimismo, los dos calibradores de válvulas de cilindros se muestran en la Figura 48.



Figura 48. Calibradores de válvulas de cilindros
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.2.3 Descripción del Proceso

El área del proceso productivo está conformada por: a) el área de abastecimiento del combustible Gas Licuado de Petróleo (GLP) y b) el área de producción o también llamada Plataforma de envasado

a) El área de abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo

En ella se empieza el sistema productivo con la recepción del Gas Licuado de Petróleo (GLP) a granel almacenados en un camión cisterna o también llamado camión tanque con capacidad de almacenamiento de 12 000 galones de GLP. Cabe decir que el GLP que se recepciona y almacena en la planta ya viene odorizado de la Refinería Petroperú de Talara y la del Callao.

Por otro lado, el trasiego del líquido del GLP desde el camión cisterna hacia el tanque estacionario se realiza teniendo en cuenta la diferencia de presión, igualando posteriormente las presiones y arrancando el compresor para completar la transferencia del líquido GLP hacia el tanque estacionario. Asimismo, la transferencia de GLP desde el camión cisterna al tanque estacionario se muestra en la Figura 49.



Figura 49. Área de abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Durante el trasvase se realizan permanentes mediciones del volumen del tanque estacionario y del camión cisterna. Este procedimiento se realiza a través de un manómetro rotatorio, el cual, debido a su propio mecanismo, requiere la realización de purgas de GLP al ambiente para obtener una lectura a través de un tubo interno que hace contacto con el líquido dentro del contenedor tanque de almacenamiento, que al contacto cambia de estado a vapor al estar en contacto con la atmósfera, midiendo en porcentaje de volumen del GLP almacenado. Las Figuras 50 y 51 muestran el manómetro rotatorio y la medición de volumen de GLP del tanque estacionario respectivamente. Cabe mencionar que la operación de trasiego o abastecimiento del GLP almacenado en los camiones cisternas al tanque estacionario y la inspección o medición de la presión del combustible almacenado en el tanque estacionario son ejecutadas una o dos veces por el inspector de planta durante la jornada laboral de 8 horas diarias.

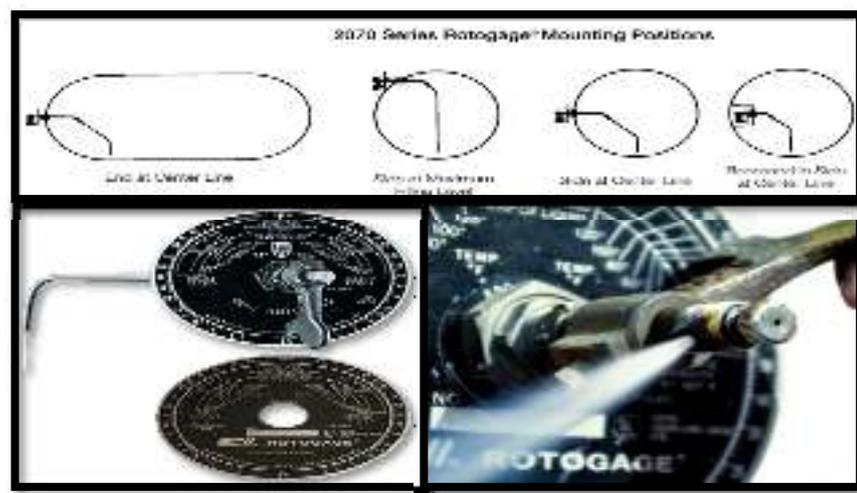


Figura 50. Medidor manómetro rotatorio marca Rotogage para medir el volumen de GLP del tanque estacionario
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 51. Medición de volumen de GLP
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

b) El área de producción o también llamada Plataforma de envasado

En ella se realiza el proceso de envasado de GLP en cilindros. El proceso comienza cuando el motor de la compresora, ubicado en la parte externa inferior del tanque estacionario, bombea el GLP desde el tanque hacia la línea de envasado por medio de un sistema manifold de distribución que abastecerá a seis balanzas envasadoras de tipo mecánico. Para poder realizar el envasado de GLP, el cilindro pasa previamente por una serie de actividades; de las cuáles se pueden clasificar en actividades productivas (Inspección, Operación y Combinada) e improductivas como (Transporte o Desplazamiento y Espera). A continuación, se detalla secuencialmente las actividades realizadas en cada una de las estaciones de trabajo de la Plataforma de envasado de la empresa; las cuáles son:

▪ Estación de trabajo N° 1: Descarga, control de calidad y lavado del cilindro vacío.

En esta estación de trabajo, dos operarios tienen la responsabilidad de realizar las siguientes actividades:

1. Descarga del cilindro vacío de los camiones de los distribuidores: Es la primera operación del proceso de envasado de GLP.
2. Inspección del cilindro descargado: Es la primera inspección del proceso de envasado de GLP. Esta permite verificar si el cilindro está apto físicamente a ser envasado, ya que puede tener la válvula dañada o su estructura desgastada (rota). Cabe mencionar que se toma en cuenta el control de calidad como parte del proceso, ya que esta inspección se desarrolla en todas las unidades descargadas en la Plataforma de envasado por razón de discriminar o separar las unidades que se encuentran en mal estado, ya sea porque la válvula del cilindro esté dañada o el metal del cuerpo de recipiente esté hundido, roto o presente picaduras.
3. Lavado del cilindro vacío: Es la segunda operación del proceso de envasado de GLP. Esta permite la limpieza de impurezas (restos de comida, polvo, telas de araña, entre otras). posicionadas en el armazón del cilindro mediante el uso de agua y trapos.

▪ **Estación de trabajo N° 2: Pintado del cuerpo, espera, tara, y pintado de la marca del cilindro.**

En esta estación de trabajo, como se muestran en las Figuras 52, 53 y 54, tres operarios realizan las siguientes actividades:

4. Pintado del cuerpo del cilindro vacío: Es la tercera operación del proceso de envasado de GLP. Esta permite dar la protección anticorrosiva de la estructura metálica del cilindro.
5. Tara del cilindro vacío: Es la primera actividad combinada del proceso de envasado de GLP. Esta permite la verificación de que la estructura metálica del balón vacío cumpla con el peso mínimo de 9,75 kg y peso máximo de 10,25 kg según OSINERGMIN.
6. Pintado de la marca “SIPÁN GAS” en el cilindro vacío: Es la cuarta operación del proceso de envasado de GLP.



Figura 52. Pintado del balón vacío

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 53. Tara del balón vacío

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 54. Pintado de la marca “SIPÁN GAS”

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Estación de trabajo N° 3: Espera, envasado, inspección de peso, retroalimentación, desplazamientos y trasiego del GLP del cilindro.**

En esta estación de trabajo, como se muestra en las Figuras 55, 56 y 57, dos operarios realizan las siguientes actividades:

7. Espera para ser envasado el cilindro vacío: Es la primera espera del proceso de envasado de GLP.
8. Envasado de GLP en el cilindro vacío: Es la quinta operación del proceso de envasado de GLP. En esta etapa la empresa cuenta con seis balanzas envasadoras de tipo mecánico; de las cuales cuatro de ellas son aptas para el envasado de cilindros con capacidad de almacenamiento de 5 kg, 10 kg (balón de cocina) y de 15 kg de GLP, y las otras dos permiten el envasado de cilindros con capacidad de almacenamiento de 45 kg de GLP.
9. Inspección del peso del cilindro con GLP: Es la segunda inspección del proceso de envasado de GLP. Esta permite verificar el peso exacto de kilogramos de GLP envasados en los cilindros. Cuando el peso es exacto o bueno el cilindro con GLP pasa a la posterior estación de trabajo, pero si el peso es inexacto o malo el cilindro puede ser denominado de dos formas: cilindro para retroalimentación o cilindro para trasiego. La primera denominación se otorga a los cilindros que les faltan kilogramos de GLP a envasar, y la segunda denominación se asigna a los cilindros que excede de kilogramos de GLP envasados. Cabe mencionar que el “cilindro para retroalimentación” se envasa en el mismo lugar donde se realiza la inspección del peso del cilindro con GLP lleno de peso inexacto. En cambio, “el cilindro por trasegar” es desplazado a un área de trasiego ubicada a 10 metros de distancia.
10. Retroalimentación del cilindro con GLP de peso inexacto: Es la sexta operación del proceso de envasado de GLP. En esta etapa la empresa cuenta con una manguera conectada al sistema manifold de distribución y mediante la manipulación permite la retroalimentación de los kilogramos faltantes.
11. Desplazamiento al área de trasiego del cilindro con GLP de peso inexacto: Es el primer desplazamiento de diez metros de distancia del proceso de envasado de GLP.

12. Trasiego de cilindros con GLP de peso inexacto: Es la séptima operación del proceso de envasado de GLP. En esta etapa la empresa cuenta con una manguera de dos válvulas, una en cada extremo de esta, que van conectados en dos balones y sirve como medio de trasiego de GLP de un cilindro con menor peso volumétrico o vacío a un cilindro con mayor peso volumétrico.
13. Desplazamiento al área de inspección de peso del cilindro con GLP trasegado: Es el segundo desplazamiento de diez metros de distancia del proceso de envasado de GLP.



Figura 55. Envasado del GLP en el balón vacío
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 56. Inspección del peso y retroalimentación de GLP en el balón envasado
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 57. Trasiego del GLP entre balones
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Estación de trabajo N° 4: Desplazamiento, inspección del estado del O´ Ring, extracción e instalación del O´ Ring, instalación del precinto de seguridad y etiquetado del cilindro con GLP.**

En esta estación de trabajo, como se muestra en las Figuras 58 y 59, dos operarios tienen la responsabilidad de realizar las siguientes actividades:

14. Desplazamiento al área de inspección del O´ Ring del cilindro con GLP con peso exacto para evitar fugas: Es el tercer desplazamiento de diez metros de distancia del proceso de envasado de GLP.
15. Inspección del estado del O´ Ring del cilindro con GLP con peso exacto para evitar fugas: Es la tercera inspección del proceso de envasado de GLP. Cuando el O´ Ring está en buen estado, el cilindro con GLP prosigue a la instalación del precinto de seguridad, pero si el O´ Ring está en mal estado se realiza su extracción e instalación de un nuevo O´ Ring en la válvula del cilindro con GLP.
16. Extracción del O´ Ring en mal estado del cilindro con GLP con peso exacto para evitar fugas: Es la octava operación del proceso de envasado de GLP.
17. Instalación de un nuevo O´ Ring en la válvula del cilindro con GLP con peso exacto para evitar fugas: Es novena operación del proceso de envasado de GLP. Esta permite evitar fugas en las futuras conexiones del cilindro con las cocinas de los hogares.
18. Instalación del precinto de seguridad del cilindro con GLP: Es la décima operación del proceso de envasado de GLP. Esta permite la protección o seguridad de la “boca” o parte superior de la válvula del cilindro para evitar la caída del O´ Ring o la presencia de fugas.
19. Etiquetado del cilindro con GLP: Es la onceava operación del proceso de envasado de GLP. Esta permite la colocación de una etiqueta donde señala las características generales del producto y de la empresa.



Figura 58. Inspección del estado del O' Ring, extracción e instalación de un nuevo O' Ring en la válvula del balón
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 59. Instalación del precinto de seguridad y etiquetado del balón con GLP
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El proceso productivo culmina con el producto terminado; es decir con el recipiente envasado de buena calidad y con peso exacto. Asimismo, el cilindro con GLP, como se muestra en las Figuras 60 y 61, se almacena temporalmente en la Plataforma de envasado hasta su despacho en los camiones distribuidores de la empresa.



Figura 60. Almacenamiento temporal del producto terminado hasta su despacho en los camiones distribuidores
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 61. Despacho del producto terminado en los camiones distribuidores
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.2.4 Análisis del Proceso

En este apartado se detalla el estudio de tiempos del proceso de envasado de cilindros de 10 kg o también conocidos como “balones de cocina”, ya que es el tipo de producto más demandado en el mercado regional. Este estudio de tiempo tiene como fin la obtención de los tiempos promedios de cada una de las estaciones de trabajo de la plataforma del proceso de envasado de GLP, del tiempo promedio total del ciclo y del desarrollo de diagramas del proceso, como, por ejemplo: el Diagrama de Operaciones del proceso de envasado de GLP en balones, el Diagrama de Análisis del proceso de envasado de GLP en balones y el Diagrama de Recorrido del proceso de envasado de GLP en balones; los cuales permiten calcular el número y porcentaje de actividades productivas e improductivas en el proceso de envasado GLP en balones. Asimismo, se requiere calcular la producción máxima mediante el desarrollo del Diagrama Hombre Máquina de la actividad, la capacidad teórica y efectiva de la empresa, la utilización y eficiencia de las balanzas envasadoras, la eficiencia de la línea de producción, las eficiencias físicas y económica, los diferentes tipos de indicadores de productividad e indicadores de tiempos muertos del proceso de envasado de GLP en balones.

3.2.4.1 Estudio de Tiempos del Proceso de Envasado de GLP en Balones

a) Cálculo del tiempo de ciclo del proceso de envasado

La producción promedio diaria, en el periodo marzo-2018/febrero-2019, es 1 328 balones. Asimismo, la jornada laboral diaria es de un turno de ocho horas. Por ende, aplicando la siguiente fórmula podremos calcular el tiempo del ciclo del proceso de envasado de GLP en la empresa Sipán Gas E. I. R. L.

$$\text{Fórmula: Tiempo de ciclo (c)} = \frac{\text{Tiempo base (Tb)}}{\text{Producción (P)}}$$

$$\text{Tiempo de ciclo (c)} = \frac{480 \text{ minutos/día}}{1\,328 \text{ balones con GLP envasado/día}}$$

$$\text{Tiempo de ciclo (c)} = 0,36 \frac{\text{minutos}}{\text{balones con GLP envasado}}$$

Interpretación: El tiempo de ciclo del proceso de envasado de GLP en balones es de $0,36 \frac{\text{minutos}}{\text{balones con GLP envasado}}$.

b) Muestreo del número de observaciones necesarias con respecto al tiempo del ciclo del proceso de envasado de GLP en balones

En la Tabla 10 se determina la muestra o el número recomendado de ciclos de observación con respecto al tiempo de ciclo del proceso en análisis.

Tabla 10. Número recomendado de ciclos de observación
NÚMERO RECOMENDADO DE CICLOS DE OBSERVACIÓN

Tiempo de Ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos de observación
0,10	200
0,25	100
0,50	60
1,00	30
2,00	20
4,00 - 5,00	15
5,00 - 10,00	10
10,00 - 20,00	8
20,00 - 40,00	5
40,00 o más	3

Fuente: Información tomada de Time Study Manual de los Eric Works de General Electric Company, desarrollados bajo la guía de Albert E- Shaw, gerente de administración del salario.

Ante ello, se interpola los tiempos de ciclos y número de observaciones recomendadas respectivamente con el tiempo de ciclo calculado del proceso de envasado de GLP de la empresa.

0,25 minutos 100 ciclos recomendados para observación
 0,36 minutos X ciclos recomendados para observación
 0,50 minutos 60 ciclos recomendados para observación

$$X = \frac{\left(\frac{0,25}{0,14}\right) (60) + 40}{\left(\frac{0,25}{0,14}\right)} = 82.4 = 82 \text{ ciclos recomendados}$$

Interpretación: El número recomendado de ciclos de observación es 82 ciclos.

c) Registro de tiempos del número de observaciones necesarias en el proceso de envasado de GLP en balones

El registro de tiempos se ejecuta según el número de observaciones o ciclos recomendados a evaluar, el cual es 82 ciclos para cada actividad de las cuatro estaciones de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones. Asimismo, el registro de medición de tiempos de las observaciones de 82 ciclos del proceso de envasado se realizó mediante cronómetro durante las primeras dos horas de la jornada laboral de siete días hábiles en enero del 2019.

La Estación de trabajo N° 1, como se muestra en la Tabla 11, está conformada por dos puestos de trabajo. El primer puesto de trabajo ejecuta la descarga y la inspección del estado físico del balón vacío. Asimismo, el segundo puesto de trabajo ejecuta la operación de lavado del balón vacío. Cabe recalcar que se toma en cuenta el control del estado físico del balón vacío como parte del proceso, ya que esta inspección se desarrolla en todas las unidades descargadas en la Plataforma de envasado por razón de discriminar o separar las que se encuentran en mal estado, debido que la válvula del cilindro esté dañada o el metal del cuerpo de recipiente esté hundido, roto o presente picaduras.

Tabla 11. Registro de tiempos en la Estación de trabajo N° 1: Descarga, inspección del estado físico y lavado del balón vacío

REGISTRO DE TIEMPOS EN LA ESTACIÓN DE TRABAJO N°1			
NÚMERO DE OBSERVACIÓN	TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES (SEGUNDOS)		
	Operario N°1		Operario N°2
	Descarga del balón vacío	Inspección del estado físico del balón vacío	Lavado del balón vacío
1	4,16	2,26	6,75
2	4,22	2,19	6,86
3	4,19	2,15	7,02
4	4,17	2,24	7,14
5	4,21	2,16	6,89
6	4,25	2,17	6,93
7	4,19	2,22	7,00
8	4,16	2,19	7,58
9	4,15	2,13	7,45
10	4,23	2,14	7,36

11	4,24	2,25	6,80
12	4,18	2,33	7,54
13	4,16	2,21	7,51
14	4,22	2,36	7,23
15	4,25	2,22	7,11
16	4,19	2,27	6,97
17	4,17	2,32	7,65
18	4,26	2,34	7,50
19	4,28	2,24	7,51
20	4,30	2,22	6,37
21	4,23	2,33	7,34
22	4,24	2,28	7,10
23	4,16	2,31	6,86
24	4,21	2,36	6,86
25	4,18	2,33	6,98
26	4,15	2,29	6,93
27	4,23	2,22	6,91
28	4,24	2,33	7,34
29	4,17	2,29	7,49
30	4,28	2,22	6,94
31	4,13	2,19	7,22
32	4,24	2,13	6,95
33	4,18	2,14	7,10
34	4,16	2,18	7,60
35	4,22	2,26	7,54
36	4,25	2,29	7,10
37	4,19	2,18	7,13
38	4,17	2,33	7,49
39	4,26	2,35	7,47
40	4,28	2,26	7,24
41	4,30	2,19	7,00
42	4,23	2,15	7,33
43	4,24	2,24	6,94
44	4,16	2,16	7,57
45	4,21	2,17	7,10
46	4,18	2,22	8,00
47	4,23	2,19	7,41
48	4,24	2,13	6,95
49	4,16	2,14	7,06
50	4,21	2,25	7,19
51	4,18	2,33	7,54
52	4,15	2,21	7,08
53	4,23	2,36	7,30
54	4,22	2,22	7,48
55	4,16	2,23	7,02
56	4,22	2,34	7,11
57	4,19	2,31	6,97
58	4,17	2,32	7,65
59	4,21	2,26	7,50
60	4,25	2,29	7,51

61	4,19	2,24	6,53
62	4,16	2,22	7,33
63	4,15	2,33	6,78
64	4,23	2,28	7,19
65	4,24	2,31	7,51
66	4,18	2,36	7,28
67	4,25	2,33	7,30
68	4,16	2,29	7,05
69	4,19	2,22	7,43
70	4,16	2,19	7,54
71	4,15	2,13	7,56
72	4,23	2,14	6,55
73	4,24	2,18	7,50
74	4,16	2,26	7,00
75	4,21	2,24	6,92
76	4,18	2,27	6,89
77	4,15	2,29	7,03
78	4,23	2,35	7,11
79	4,24	2,37	6,69
80	4,17	2,40	7,19
81	4,28	2,42	7,01
82	4,13	2,23	7,96
Tiempo promedio total observado	4,21	2,25	7,20

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La Estación de trabajo N° 1, como se muestra en la Tabla 12, tiene tiempos promedios de 4,21, 2,25 y 7,20 segundos para las actividades descarga, inspección del estado físico y lavado del balón vacío respectivamente. Asimismo, esta estación de trabajo tiene 13,66 segundos de tiempo promedio total observado por balón procesado.

Tabla 12. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N° 1: Descarga, inspección del estado físico y lavado del balón vacío

ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD	OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)
Descarga del balón	Actividad productiva	Operario N°1	4,21
Inspección del estado físico del balón vacío	Actividad productiva		2,25
Lavado del balón vacío	Actividad productiva	Operario N°2	7,20
Tiempo promedio total observado de la Estación de trabajo N°1			13,66

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L

La Estación de trabajo N° 2, como se muestra en la Tabla 13, está conformada por tres puestos de trabajo encargados de las operaciones de pintado del cuerpo del balón, tara del balón y pintado de la marca “SIPÁN GAS” en el balón vacío.

Tabla 13. Registro de tiempos en la Estación de trabajo N° 2: Pintado del cuerpo, tara y pintado de la marca del balón vacío

REGISTRO DE TIEMPOS EN LA ESTACIÓN DE TRABAJO N°2			
NÚMERO DE OBSERVACIÓN	TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES (SEGUNDOS)		
	Operario N°3	Operario N°4	Operario N°5
	Pintado del cuerpo del balón vacío	Tara del balón vacío	Pintado de la marca “SIPÁN GAS” en el balón vacío
1	5,25	4,83	2,44
2	5,27	4,44	2,39
3	5,24	4,66	2,43
4	5,28	4,72	2,41
5	5,66	4,85	2,47
6	5,72	4,93	2,43
7	5,41	4,44	2,38
8	5,72	4,65	2,41
9	5,22	4,72	2,37
10	5,95	4,34	2,39
11	5,24	4,82	2,34
12	5,21	4,99	2,37
13	5,88	4,38	2,43
14	5,77	4,72	2,47
15	5,23	4,22	2,57
16	5,41	4,43	2,41
17	5,71	4,27	2,36
18	5,33	4,77	2,41
19	5,11	4,62	2,43
20	5,14	4,63	2,38
21	5,19	4,83	2,46
22	5,78	4,72	2,38
23	5,82	4,64	2,41
24	5,64	4,55	2,43
25	5,18	4,43	2,47
26	5,22	4,42	2,36
27	5,31	4,53	2,39
28	5,52	4,67	2,35
29	5,66	4,47	2,42
30	5,73	4,58	2,44
31	5,66	4,62	2,37
32	5,47	4,33	2,44
33	5,53	4,47	2,48
34	5,67	4,55	2,36
35	5,61	4,59	2,39
36	5,88	4,57	2,38

37	5,47	4,44	2,44
38	5,19	4,59	2,42
39	5,33	4,65	2,41
40	5,27	4,48	2,38
41	5,21	4,52	2,38
42	5,88	4,55	2,41
43	5,77	4,51	2,45
44	5,25	4,62	2,43
45	5,27	4,64	2,40
46	5,62	4,66	2,74
47	5,44	4,68	2,51
48	5,35	4,48	2,21
49	5,41	4,52	2,32
50	5,22	4,57	2,51
51	5,47	4,59	2,47
52	5,53	4,53	2,43
53	5,67	4,44	2,38
54	5,61	4,62	2,41
55	5,88	4,65	2,37
56	5,47	4,48	2,39
57	5,19	4,52	2,34
58	5,33	4,55	2,37
59	5,27	4,62	2,43
60	5,21	4,68	2,47
61	5,88	4,83	2,57
62	5,77	4,72	2,41
63	5,41	4,64	2,36
64	5,71	4,55	2,41
65	5,33	4,58	2,43
66	5,11	4,42	2,38
67	5,14	4,93	2,42
68	5,19	4,44	2,44
69	5,78	4,65	2,37
70	5,82	4,72	2,44
71	5,64	4,34	2,48
72	5,16	4,82	2,36
73	5,22	4,99	2,39
74	5,31	4,38	2,38
75	5,52	4,72	2,44
76	5,66	4,22	2,42
77	5,88	4,52	2,41
78	5,47	4,62	2,46
79	5,19	4,55	2,38
80	5,33	4,82	2,41
81	5,27	4,72	2,41
82	5,26	4,55	2,36
Tiempo promedio total observado	5,46	4,66	2,41

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La Estación de trabajo N° 2, como se muestra en la Tabla 14, tiene tiempos promedios de 5,46, 4,66 y 2,41 segundos para las operaciones de pintado del balón, tara del balón y el pintado de la marca “SIPÁN GAS” en el balón vacío respectivamente. Asimismo, esta estación de trabajo tiene 12,53 segundos de tiempo promedio total observado por balón procesado.

Tabla 14. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N° 2: Pintado del cuerpo, tara y pintado de la marca del balón vacío

ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD	OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)
Pintado del balón vacío	Actividad productiva	Operario N°3	5,46
Tara del balón vacío	Actividad productiva	Operario N°4	4,66
Pintado de la marca “SIPÁN GAS” en el balón vacío	Actividad productiva	Operario N°5	2,41
Tiempo promedio total observado de la Estación de trabajo N°2			12,53

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La Estación de trabajo N° 3, como se muestra en la Tabla 15, está conformada por dos puestos de trabajo encargados de las actividades de espera, envasado, inspección del peso, retroalimentación del peso, desplazamiento al área de trasiego, trasiego y el desplazamiento al área de inspección del peso del balón con GLP. Cabe mencionar que las actividades de desplazamiento al área de trasiego, el trasiego y el desplazamiento al área de inspección son consideradas parte del proceso de envasado para algunos cilindros procesados, ya que no todas las unidades requieren ser trasegadas. El número máximo de unidades trasegadas es de seis balones con GLP en una jornada laboral de ocho horas diarias.

Tabla 15. Registro de tiempos en la Estación N° 3: Espera, envasado, inspección de peso, retroalimentación, desplazamientos y trasiego del balón

REGISTRO DE TIEMPOS EN LA ESTACIÓN DE TRABAJO N°3							
NÚMERO DE OBSERVACIÓN	TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES (SEGUNDOS)						
	Operario N°6		Operario N°7				
	Espera para ser envasado el balón vacío	Envasado de GLP en el balón vacío	Inspección del peso del balón con GLP	Retroalimentación del peso del balón con GLP de peso inexacto	Desplazamiento al área de trasiego del balón con GLP de peso inexacto	Trasiego del balón con GLP	Desplazamiento al área de inspección de peso del balón con GLP
1	6,00	34,11	2,14	2,12	5,18	600	5,38
2	6,00	34,11	2,16	2,14	5,33	600	5,28
3	6,00	34,11	2,12	2,18	5,26	600	5,31
4	6,00	34,11	2,11	2,13	5,29	600	5,29
5	6,00	34,11	2,17	2,16	5,32	600	5,27
6	6,00	34,11	2,12	2,13	5,35	600	5,13
7	6,00	34,11	2,14	2,12	5,16	600	5,16
8	6,00	34,11	2,18	2,16	5,27	600	5,27
9	6,00	34,11	2,13	2,17	5,29	600	5,29
10	6,00	34,11	2,16	2,19	5,28	600	5,28
11	6,00	34,11	2,12	2,22	5,18	600	5,18
12	6,00	34,11	2,11	2,10	5,16	600	5,16
13	6,00	34,11	2,17	2,16	5,22	600	5,22
14	6,00	34,11	2,14	2,13	5,25	600	5,25
15	6,00	34,11	2,16	2,11	5,19	600	5,19
16	6,00	34,11	2,13	2,17	5,09	600	5,09
17	6,00	34,11	2,12	2,12	5,25	600	5,25
18	6,00	34,11	2,16	2,14	5,22	600	5,22
19	6,00	34,11	2,17	2,18	5,27	600	5,27
20	6,00	34,11	2,19	2,13	5,14	600	5,14
21	6,00	34,11	2,20	2,16	5,11	600	5,11
22	6,00	34,11	2,16	2,12	5,07	600	5,07
23	6,00	34,11	2,14	2,11	5,18	600	5,18
24	6,00	34,11	2,11	2,17	5,22	600	5,22
25	6,00	34,11	2,13	2,14	5,31	600	5,31
26	6,00	34,11	2,10	2,18	5,29	600	5,29
27	6,00	34,11	2,11	2,13	5,27	600	5,27
28	6,00	34,11	2,17	2,10	5,13	600	5,13
29	6,00	34,11	2,14	2,11	5,16	600	5,16
30	6,00	34,11	2,19	2,17	5,27	600	5,27
31	6,00	34,11	2,17	2,14	5,29	600	5,29
32	6,00	34,11	2,18	2,16	5,21	600	5,21
33	6,00	34,11	2,16	2,13	5,26	600	5,26
34	6,00	34,11	2,12	2,12	5,29	600	5,29
35	6,00	34,11	2,11	2,16	5,17	600	5,17
36	6,00	34,11	2,14	2,17	5,19	600	5,19
37	6,00	34,11	2,19	2,19	5,24	600	5,24
38	6,00	34,11	2,17	2,20	5,16	600	5,16
39	6,00	34,11	2,18	2,16	5,19	600	5,19
40	6,00	34,11	2,16	2,14	5,32	600	5,32
41	6,00	34,11	2,12	2,11	5,27	600	5,27
42	6,00	34,11	2,11	2,13	5,16	600	5,16
43	6,00	34,11	2,14	2,16	5,13	600	5,13
44	6,00	34,11	2,11	2,12	5,14	600	5,14
45	6,00	34,11	2,13	2,11	5,18	600	5,18
46	6,00	34,11	2,10	2,14	5,17	600	5,17
47	6,00	34,11	2,11	2,19	5,06	600	5,06
48	6,00	34,11	2,17	2,17	5,19	600	5,19
49	6,00	34,11	2,14	2,18	5,09	600	5,09
50	6,00	34,11	2,16	2,15	5,25	600	5,25
51	6,00	34,11	2,11	2,16	5,22	600	5,22
52	6,00	34,11	2,14	2,17	5,27	600	5,27
53	6,00	34,11	2,19	2,19	5,14	600	5,14
54	6,00	34,11	2,17	2,20	5,11	600	5,11
55	6,00	34,11	2,18	2,16	5,07	600	5,07
56	6,00	34,11	2,16	2,14	5,18	600	5,18
57	6,00	34,11	2,12	2,11	5,22	600	5,22

58	6,00	34,11	2,11	2,13	5,31	600	5,31
59	6,00	34,11	2,14	2,16	5,29	600	5,29
60	6,00	34,11	2,11	2,12	5,27	600	5,27
61	6,00	34,11	2,13	2,11	5,13	600	5,13
62	6,00	34,11	2,10	2,14	5,16	600	5,16
63	6,00	34,11	2,16	2,11	5,27	600	5,27
64	6,00	34,11	2,13	2,17	5,29	600	5,29
65	6,00	34,11	2,12	2,12	5,31	600	5,31
66	6,00	34,11	2,16	2,14	5,33	600	5,33
67	6,00	34,11	2,17	2,18	5,17	600	5,17
68	6,00	34,11	2,19	2,13	5,19	600	5,19
69	6,00	34,11	2,20	2,16	5,24	600	5,24
70	6,00	34,11	2,16	2,12	5,19	600	5,19
71	6,00	34,11	2,14	2,11	5,23	600	5,23
72	6,00	34,11	2,11	2,17	5,31	600	5,31
73	6,00	34,11	2,16	2,13	5,34	600	5,34
74	6,00	34,11	2,12	2,12	5,35	600	5,35
75	6,00	34,11	2,11	2,16	5,22	600	5,22
76	6,00	34,11	2,14	2,17	5,27	600	5,27
77	6,00	34,11	2,19	2,19	5,38	600	5,18
78	6,00	34,11	2,17	2,2	5,28	600	5,33
79	6,00	34,11	2,18	2,16	5,31	600	5,26
80	6,00	34,11	2,16	2,14	5,29	600	5,29
81	6,00	34,11	2,13	2,14	5,27	600	5,32
82	6,00	34,11	2,12	2,16	5,13	600	5,35
TIEMPO PROMEDIO TOTAL OBSERVADO	6,00	34,11	2,15	2,15	5,22	600,00	5,22

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La Estación de trabajo N° 3, como se muestra en la Tabla 16, tiene tiempos promedios de 6,00, 34,11, 2,15, 2,15, 5,22, 600 y 5,22 segundos para las actividades de espera, envasado, inspección del peso, retroalimentación del peso, desplazamiento al área de trasiego, trasiego y el desplazamiento al área de inspección del peso del balón con GLP respectivamente. Asimismo, esta estación de trabajo tiene 44,41 segundos de tiempo promedio total observado por balón procesado, ya que solo se considera los tiempos promedios de las actividades de la espera, envasado, inspección del peso y la retroalimentación del peso del balón con GLP porque la cantidad máxima de unidades trasegadas es seis balones con GLP en una jornada laboral de ocho horas diarias.

Tabla 16. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N°3: Espera, envasado, inspección de peso, retroalimentación, desplazamientos y trasiego del balón

ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD	OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)
Espera para ser envasado el balón vacío	Actividad improductiva	Operario N°6	6,00
Envasado de GLP en el balón vacío	Actividad productiva		34,11
Inspección del peso del balón con GLP	Actividad productiva	Operario N°7	2,15
Retroalimentación del peso del balón del GLP de peso inexacto	Actividad productiva		2,15
Desplazamiento al área de trasiego del balón con GLP de peso inexacto	Actividad improductiva		5,22
Trasiego del balón con GLP	Actividad productiva		600,00
Desplazamiento al área de inspección de peso del balón con GLP	Actividad improductiva		5,22
Tiempo promedio total observado de la Estación de trabajo N°3			44,41

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La Estación de trabajo N° 4, como se muestra en la Tabla 17, está conformada por dos puestos de trabajo encargados de las actividades de desplazamiento al área de inspección del O' Ring, inspección del O' Ring, extracción del O' Ring en mal estado, instalación de un nuevo O' Ring, instalación del precinto de seguridad y etiquetado del balón con GLP.

Tabla 17. Registro de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N°4: Desplazamiento, inspección del estado del O' Ring, extracción e instalación del O' Ring, instalación del precinto de seguridad y el etiquetado

NÚMERO DE OBSERVACIÓN	REGISTRO DE TIEMPOS EN LA ESTACIÓN DE TRABAJO N°4 (SEGUNDOS)					
	Operario N°8				Operario N°9	
	Desplazamiento al área de inspección del O' Ring del balón	Inspección del estado del O' Ring del cilindro con GLP de peso exacto	Extracción del O' Ring en mal estado del balón	Instalación de un nuevo O' Ring en la válvula del balón con GLP con peso exacto	Instalación del precinto de seguridad	Etiquetado del balón con GLP
1	5,16	2,12	3,14	3,31	1,77	1,65
2	5,13	2,18	3,34	3,32	1,62	1,49
3	5,14	2,14	3,27	3,41	1,47	1,63
4	5,18	2,16	3,33	3,35	1,34	1,57
5	5,17	2,12	3,27	3,37	1,49	1,52
6	5,06	2,11	3,27	3,33	1,51	1,51
7	5,19	2,17	3,19	3,28	1,41	1,62
8	5,09	2,12	3,22	3,27	1,15	1,64

9	5,25	2,14	3,31	3,25	1,66	1,65
10	5,22	2,18	3,25	3,24	1,51	1,53
11	5,27	2,13	3,28	3,31	1,22	1,54
12	5,14	2,16	3,29	3,29	1,71	1,55
13	5,11	2,12	3,32	3,25	1,33	1,56
14	5,07	2,11	3,29	3,28	1,66	1,48
15	5,18	2,17	3,27	3,27	1,51	1,49
16	5,22	2,12	3,26	3,29	1,22	1,52
17	5,31	2,14	3,32	3,33	1,71	1,51
18	5,29	2,18	3,28	3,41	1,33	1,62
19	5,27	2,13	3,34	3,37	1,51	1,64
20	5,13	2,10	3,30	3,26	1,66	1,65
21	5,16	2,11	3,26	3,38	1,47	1,53
22	5,27	2,17	3,25	3,29	1,35	1,54
23	5,29	2,14	3,37	3,27	1,63	1,55
24	5,31	2,16	3,31	3,26	1,49	1,56
25	5,33	2,13	3,29	3,32	1,41	1,48
26	5,17	2,12	3,25	3,28	1,25	1,49
27	5,19	2,16	3,28	3,34	1,53	1,52
28	5,24	2,17	3,27	3,30	1,44	1,51
29	5,19	2,19	3,29	3,26	1,47	1,48
30	5,23	2,20	3,33	3,33	1,68	1,45
31	5,31	2,16	3,41	3,27	1,44	1,56
32	5,34	2,14	3,37	3,27	1,77	1,48
33	5,35	2,11	3,26	3,19	1,51	1,49
34	5,22	2,13	3,38	3,22	1,42	1,52
35	5,27	2,10	3,29	3,31	1,44	1,51
36	5,18	2,11	3,37	3,25	1,45	1,53
37	5,33	2,17	3,35	3,28	1,52	1,54
38	5,26	2,14	3,42	3,27	1,48	1,55
39	5,29	2,19	3,41	3,29	1,53	1,56
40	5,32	2,17	3,37	3,33	1,39	1,48
41	5,35	2,18	3,31	3,41	1,31	1,49
42	5,38	2,16	3,32	3,37	1,36	1,49
43	5,28	2,12	3,41	3,14	1,45	1,63
44	5,31	2,11	3,35	3,34	1,51	1,57
45	5,29	2,14	3,37	3,27	1,48	1,52
46	5,27	2,19	3,33	3,33	1,47	1,51
47	5,13	2,17	3,28	3,27	1,68	1,62
48	5,16	2,18	3,27	3,27	1,44	1,64
49	5,27	2,16	3,25	3,19	1,77	1,65
50	5,29	2,12	3,24	3,22	1,51	1,53
51	5,28	2,17	3,31	3,31	1,34	1,62
52	5,18	2,14	3,29	3,25	1,49	1,64
53	5,16	2,19	3,25	3,28	1,51	1,65
54	5,22	2,17	3,28	3,29	1,41	1,53
55	5,25	2,11	3,27	3,32	1,15	1,54
56	5,19	2,14	3,29	3,29	1,66	1,55
57	5,09	2,19	3,33	3,27	1,42	1,56
58	5,25	2,12	3,41	3,26	1,44	1,48
59	5,22	2,16	3,37	3,32	1,45	1,49
60	5,27	2,17	3,26	3,28	1,52	1,52
61	5,14	2,19	3,38	3,34	1,48	1,51
62	5,11	2,12	3,29	3,30	1,53	1,62
63	5,07	2,11	3,27	3,26	1,39	1,52
64	5,18	2,17	3,26	3,25	1,31	1,51
65	5,22	2,12	3,32	3,37	1,25	1,62
66	5,31	2,14	3,28	3,31	1,53	1,55
67	5,29	2,18	3,34	3,29	1,44	1,56
68	5,27	2,13	3,30	3,25	1,47	1,48
69	5,13	2,16	3,26	3,28	1,68	1,49
70	5,16	2,13	3,33	3,27	1,25	1,52
71	5,27	2,10	3,27	3,29	1,53	1,51
72	5,29	2,11	3,27	3,33	1,44	1,48
73	5,21	2,17	3,19	3,41	1,47	1,45
74	5,26	2,14	3,22	3,37	1,68	1,56
75	5,29	2,16	3,31	3,26	1,44	1,62
76	5,17	2,13	3,25	3,38	1,77	1,64
77	5,19	2,12	3,28	3,29	1,51	1,65
78	5,24	2,14	3,27	3,37	1,42	1,53
79	5,16	2,18	3,29	3,35	1,44	1,54
80	5,19	2,13	3,33	3,42	1,45	1,55
81	5,32	2,11	3,41	3,41	1,42	1,56
82	5,27	2,14	3,37	3,37	1,44	1,48
Tiempo promedio total	5,22	2,15	3,30	3,30	1,48	1,55

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La Estación de trabajo N°4, como se muestra en la Tabla 18, tiene tiempos promedios de 5,22, 2,15, 3,30, 3,30, 1,48 y 1,55 segundos para las actividades de desplazamiento al área de inspección del O' Ring, inspección del O' Ring, extracción del O' Ring en mal estado, instalación de un nuevo O' Ring, instalación del precinto de seguridad y etiquetado del balón con GLP respectivamente. Asimismo, esta estación de trabajo tiene 17 segundos de tiempo promedio total observado por balón procesado.

Tabla 18. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades de la Estación de trabajo N°4: Desplazamiento, inspección del estado del O' Ring, extracción e instalación del O' Ring, instalación del precinto de seguridad y el etiquetado del balón con GLP

ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD	OPERARIOS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)
Desplazamiento al área de inspección del O' Ring del cilindro con GLP	Actividad improductiva	Operario N°8	5,22
Inspección del estado del O' Ring del cilindro con GLP de peso exacto para evitar fugas	Actividad productiva		2,15
Extracción del O' Ring en mal estado del balón con GLP	Actividad productiva		3,30
Instalación de un nuevo O' Ring en la válvula del balón con GLP con peso exacto para evitar fugas	Actividad productiva		3,30
Instalación del precinto de seguridad del balón con GLP	Actividad productiva	Operario N°9	1,48
Etiquetado del balón con GLP	Actividad productiva		1,55
Tiempo promedio total observado de la Estación de trabajo N°4			17,00

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

d) Resumen del registro de tiempos promedios de las actividades del proceso de envasado de GLP en balones

Los tiempos promedios totales resultantes de las estaciones de trabajo N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4, como se muestra en la Tabla 19, son 13,66, 12,53, 44,41 y 17,00 segundos respectivamente. Asimismo, el tiempo de ciclo del proceso de envasado de GLP en el balón es 87,60 segundos.

Tabla 19. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades del proceso de envasado de GLP en balones

REGISTRO DE TIEMPOS PROMEDIOS DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE ENVASADO DE GLP EN BALONES						
ESTACIONES DE TRABAJO	ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD	OPERARIOS	MÁQUINAS/EQUIPOS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)	TIEMPO PROMEDIO TOTAL POR ESTACIÓN (SEGUNDOS)
ESTACIÓN DE TRABAJO N°1	Descarga del balón vacío	Actividad productiva	Operario N°1	0 equipos y máquinas	4,21	13,66
	Inspección del estado físico del balón vacío	Actividad productiva		0 equipos y máquinas	2,25	
	Lavado del balón vacío	Actividad productiva	Operario N°2	1 equipo (spray)	7,20	
ESTACIÓN DE TRABAJO N°2	Pintado del cuerpo del balón vacío	Actividad productiva	Operario N°3	1 equipo (spray)	5,46	12,53
	Tara del balón con GLP	Actividad productiva	Operario N°4	1 equipo (balanza digital)	4,66	
	Pintado de la marca "SIPÁN GAS" en el balón	Actividad productiva	Operario N°5	1 equipo (spray)	2,41	
ESTACIÓN DE TRABAJO N°3	Espera para ser envasado el balón vacío	Actividad improductiva	Operario N°6	0 equipos y máquinas	6,00	44,41
	Envasado de GLP en el balón vacío	Actividad productiva		4 máquinas (balanzas envasadoras de GLP en balones)	34,11	
	Inspección del peso del balón con GLP	Actividad productiva	Operario N°7	1 equipo (balanza digital)	2,15	
	Retroalimentación del peso del balón con GLP de peso inexacto	Actividad productiva		1 equipo (manguera envasadora de capuchón de manejo manual)	2,15	
ESTACIÓN DE TRABAJO N°4	Desplazamiento al área de inspección del O' Ring del balón con GLP	Actividad improductiva	Operario N°8	0 equipos y máquinas	5,22	17,00
	Inspección del estado del O' Ring del balón con GLP de peso exacto para evitar fugas	Actividad productiva		1 equipo (varilla de metal en forma de "T")	2,15	
	Extracción del O' Ring en mal estado del balón	Actividad productiva		1 (varilla metálica en forma de "L")	3,30	
	Instalación de un nuevo O' Ring en la válvula del balón con GLP con peso exacto para evitar fugas	Actividad productiva		3,30		
	Instalación del precinto de seguridad del balón	Actividad productiva	Operario N°9	0 equipos y máquinas	1,48	
	Etiquetado del balón	Actividad productiva		0 equipos y máquinas	1,55	
Tiempo promedio total observado del ciclo del balón con GLP					87,60	87,60

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.2.4.2 Diagramas y Porcentajes del Proceso en Estudio

a) Diagrama de Operaciones del Proceso de envasado de GLP en balones

Luego de la explicación de proceso de envasado de GLP en balones y del desarrollo del estudio de tiempos promedios totales de cada actividad productiva e improductiva del proceso en estudio, como se muestra en la Figura 62, se diseña el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) donde especifica las simbologías, cantidades y los tiempos promedios de las actividades productivas del proceso de envasado de GLP en balones. Asimismo, en el DOP se especifica, con un cuadro de línea rojas, que la Estación N°3 es cuello de botella.

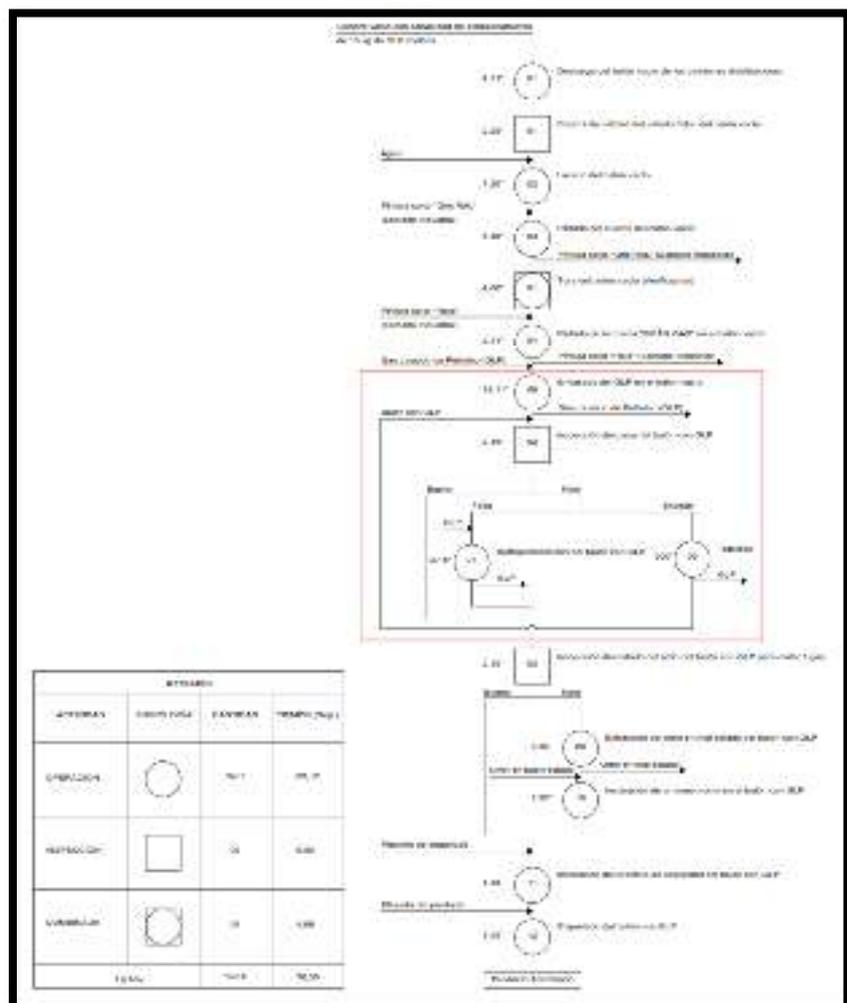


Figura 62. Diagrama de Operaciones del Proceso de envasado de GLP en balones

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

b) Diagrama de Análisis del Proceso de envasado de GLP en balones

Luego de la explicación de proceso de envasado de GLP en balones y del desarrollo del estudio de tiempos promedios totales de cada actividad productiva e improductiva del proceso en estudio, como se muestra en la Figura 63, se diseña el Diagrama de Análisis del Proceso (DAP) donde especifica las simbologías, cantidades y los tiempos promedios de las actividades productivas e improductivas del proceso de envasado de GLP en balones. Asimismo, en el DAP se especifica, con un cuadro de línea rojas, que la Estación N°3 es cuello de botella.

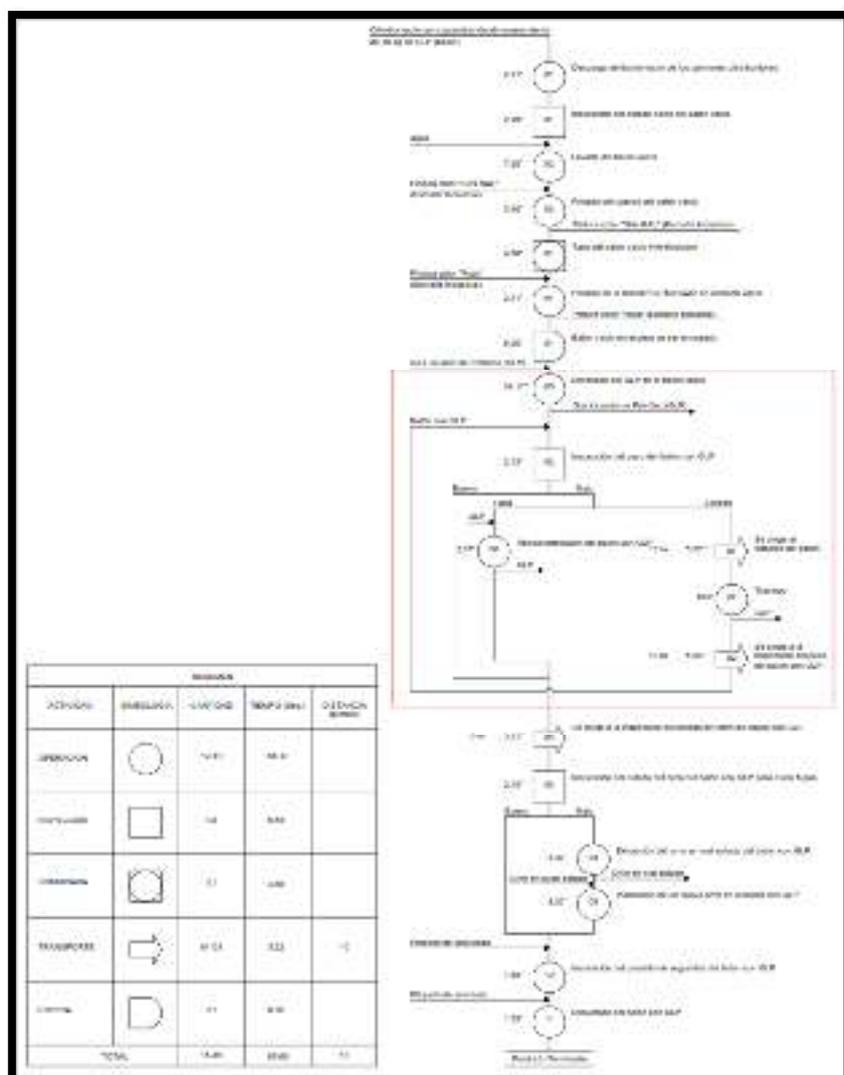


Figura 63. Diagrama de Análisis del Proceso de envasado de GLP en balones

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

c) Diagrama de Operaciones – Tiempo (O – T) del Proceso de envasado de GLP en balones

El Diagrama de Operaciones – Tiempo (O - T) del Proceso de envasado de GLP en balones es la representación gráfica de la relación del desarrollo de las actividades productivas (operaciones e inspecciones) de los diferentes puestos de trabajo a través del tiempo y permite fijar los tiempos de espera de las actividades productivas antes del cuello de botella (operación de envasado) del proceso de envasado de GLP en balones.

El Diagrama de Operaciones – Tiempo (O - T) del Proceso de envasado de GLP en balones, como se muestra en la Figura 64, identifica que la sumatoria de tiempos de espera desde la operación de lavado hasta la operación de envasado o cuello de botella es 9 segundos. Asimismo, la sumatoria de tiempos de espera, a partir del proceso del quinto producto, es 15 segundos. Esto significa que a partir del quinto producto existe periodo o tiempo de espera de 6 segundos en el puesto de trabajo encargado de la operación de envasado, ya que las balanzas envasadoras semi automáticas de GLP en balones se encuentran ocupadas temporalmente.

d) Diagrama de Recorrido del proceso de envasado GLP en balones

El Diagrama de Recorrido, como se muestra en la Figura 65, se detallan las cuatro estaciones de trabajo del actual proceso de envasado de GLP en la empresa.

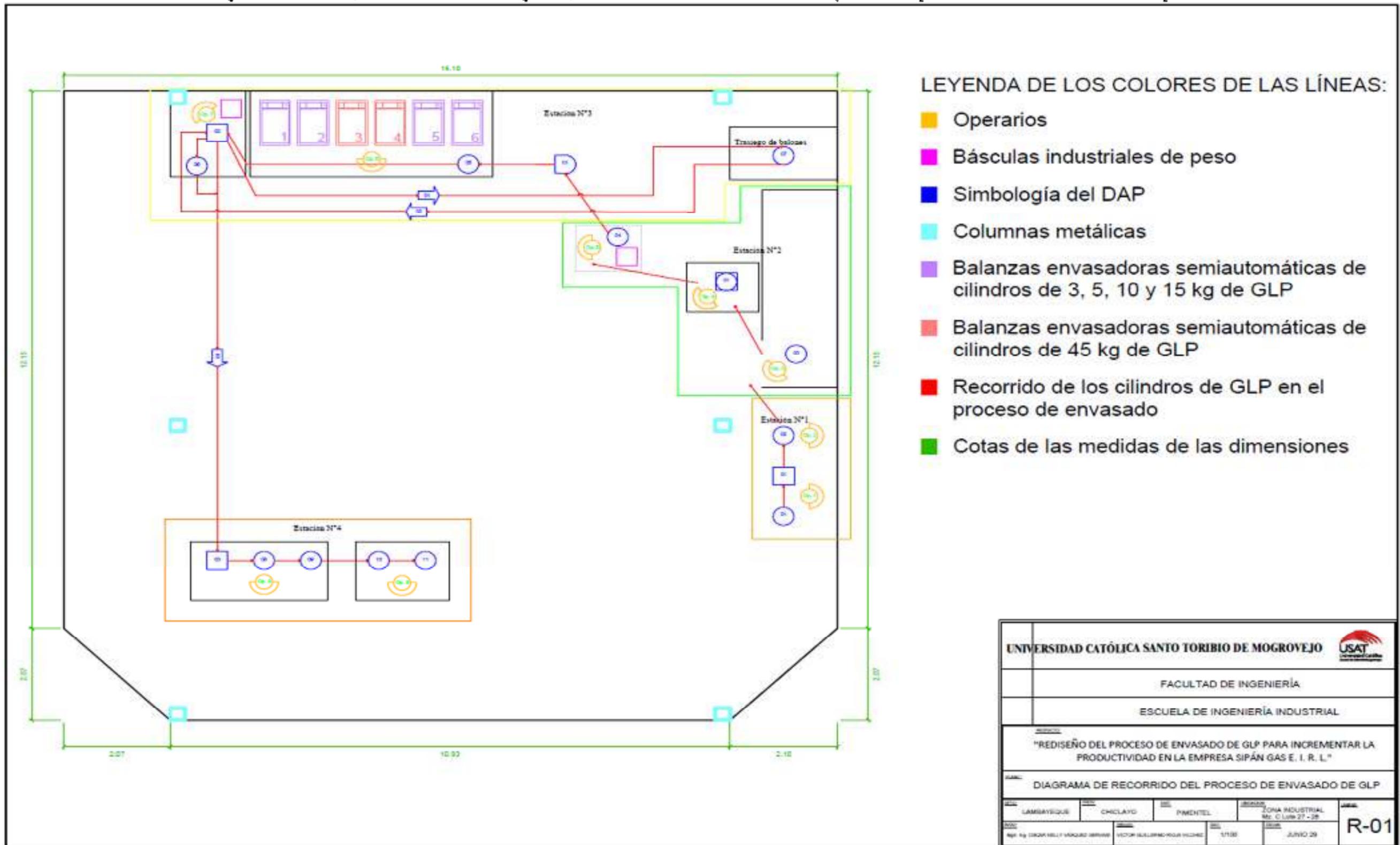


Figura 65. Plano del Diagrama de Recorrido del proceso de envasado de GLP en cilindros

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

e) Diagrama de los tiempos promedios de cada estación de trabajo en el proceso de envasado de GLP en balones

La velocidad del proceso o cuello de botella, como se muestra en la Figura 66, es la Estación de trabajo N° 3 con una duración promedio de 44,41 segundos. Ante ello, el rediseño del proceso permite la eliminación de los 6,00 segundos de espera de cada balón a ser envasado y la automatización de la operación de envasado de cuatro unidades en forma paralela fomenta la rapidez de envasar.

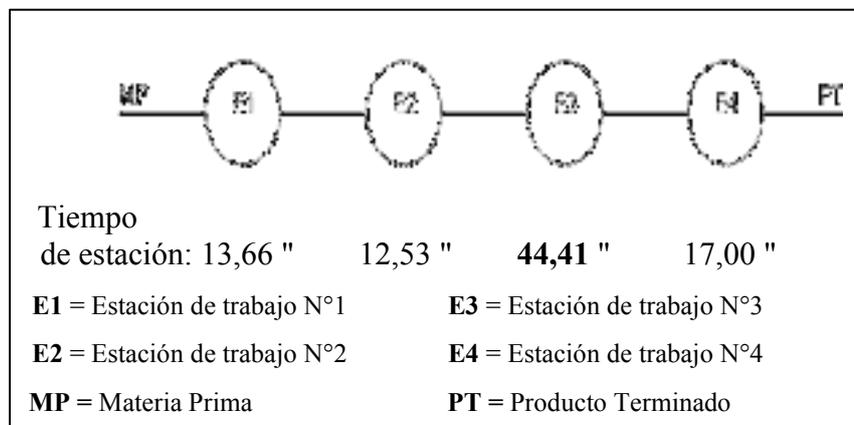


Figura 66. Tiempos promedios de cada una de las estaciones de trabajo

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

f) Porcentaje de las actividades productivas e improductivas del proceso de envasado de GLP en balones

El proceso de envasado de GLP en balones es 87,60 segundos, de los cuales, como se muestran en las Tablas 20 y 21, 76,38 segundos son de actividades productivas y 11,22 segundos son de actividades improductivas. Cabe recalcar que las actividades productivas son las operaciones, inspecciones y combinadas, y las actividades improductivas son las demoras (esperas) y los traslados de los operarios en la Plataforma de envasado.

Los porcentajes de las actividades productivas e improductivas en el proceso de envasado de GLP en balones son 87,19 % y 12,81 % respectivamente.

Tabla 20. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades productivas del ciclo del balón

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)
Descarga del balón vacío	4,21
Inspección del estado físico del balón vacío	2,25
Lavado del balón vacío	7,20
Pintado del cuerpo del balón vacío	5,46
Tara del balón vacío	4,66
Pintado de la marca "SIPÁN GAS" en el balón	2,41
Envasado de GLP en el balón vacío	34,11
Inspección del peso del balón con GLP	2,15
Retroalimentación del peso del balón con GLP de peso inexacto	2,15
Inspección del estado del O' Ring del balón con GLP de peso exacto para evitar fugas	2,15
Extracción del O' Ring en mal estado del balón	3,30
Instalación de un nuevo O' Ring en la válvula del balón con GLP con peso exacto para evitar fugas	3,30
Instalación del precinto de seguridad del balón	1,48
Etiquetado del balón con GLP	1,55
TOTAL	76,38

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Tabla 21. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades improductivas del ciclo del balón

ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)
Espera para ser envasado el balón vacío	6,00
Desplazamiento del balón con GLP al área de inspección del O' Ring	5,22
TOTAL	11,22

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

$$\% \text{ actv. productivas} = \frac{76,38 \text{ segundos}}{87,60 \text{ segundos}} \times 100\% = 87,19 \%$$

$$\% \text{ actv. improductivas} = \frac{11,20 \text{ segundos}}{87,60 \text{ segundos}} \times 100\% = 12,81 \%$$

g) Porcentaje de actividades productivas e improductivas de las estaciones de trabajo del proceso de envasado de balones

▪ Estación de trabajo N° 1: Descarga, inspección del estado físico, espera, recepción y lavado del balón

Los porcentajes de las actividades productivas e improductivas del proceso de envasado de GLP en balones de la Estación de trabajo N° 1 son 100 % y 0 % respectivamente.

$$\% \text{ de actv. prod.} = \frac{(4,21 + 2,25 + 7,20) \text{ s}}{(4,21 + 2,25 + 7,20) \text{ s}} \times 100 \% = 100 \%$$

$$\% \text{ de actv. impd.} = \frac{(0) \text{ s}}{(4,21 + 2,25 + 7,20) \text{ s}} \times 100 \% = 0 \%$$

▪ **Estación de trabajo N° 2: Pintado del cuerpo, espera, tara y pintado de la marca del balón**

Los porcentajes de las actividades productivas e improductivas del proceso de envasado de GLP en balones de la Estación de trabajo N° 2 son 100 % y 0 % respectivamente.

$$\% \text{ actv. productiv.} = \frac{(5,46 + 4,66 + 2,41) \text{ s}}{(5,46 + 4,66 + 2,41) \text{ s}} \times 100\% = 100 \%$$

$$\% \text{ actv. improductiv.} = \frac{(0) \text{ s}}{(5,46 + 4,66 + 2,41) \text{ s}} \times 100\% = 0 \%$$

▪ **Estación de trabajo N° 3: Espera, envasado, inspección de peso, retroalimentación, desplazamientos y trasiego del balón**

Los porcentajes de las actividades productivas e improductivas del proceso de envasado de GLP en balones de la Estación de trabajo N° 3 son 86,49 % y 13,51 % respectivamente.

$$\% \text{ actv. productiv.} = \frac{(34,11 + 2,15 + 2,15) \text{ s}}{(6,00 + 34,11 + 2,15 + 2,15) \text{ s}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ de actividades productivas} = 86,49 \%$$

$$\% \text{ actv. improduct.} = \frac{(6,00) \text{ s}}{(6,00 + 34,11 + 2,15 + 2,15) \text{ s}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ de actividades improductivas} = 13,51 \%$$

▪ **Estación de trabajo N° 4: Desplazamiento, inspección del estado del O´ Ring, extracción e instalación del O´ Ring, instalación del precinto de seguridad y el etiquetado del balón**

Los porcentajes de las actividades productivas e improductivas del proceso de envasado de GLP en balones de la Estación de trabajo N° 4 son 69,29 % y 30,71 % respectivamente.

% de actividades productivas:

$$= \frac{(2,15 + 3,30 + 3,30 + 1,48 + 1,55) \text{ s}}{(5,22 + 2,15 + 3,30 + 3,30 + 1,48 + 1,55) \text{ s}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de actividades productivas} = 69,29\%$$

% de actividades improductivas:

$$= \frac{(5,22) \text{ s}}{(5,22 + 2,15 + 3,30 + 3,30 + 1,48 + 1,55) \text{ s}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de actividades improductivas} = 30,71\%$$

h) Diagrama Hombre – Máquina de la operación de envasado

La Estación de trabajo N°3 está conformada por la operación de envasado con un tiempo promedio de 34,11 segundos. Este periodo de tiempo, como se muestra en la Figura 67, contiene sub actividades que se clasifican en actividades realizadas por el operario y por cuatro balanzas envasadoras de tipo mecánico de GLP en balones, las cuales son las siguientes:

- Sub actividades realizadas por el operario:
 - Descarga y Carga de Maquinaria (M) 4 segundos
 - Camina o desplazamiento de M1 a M2,
M2 a M3 y M3 a M4 2 segundos
 - Camina o desplazamiento de M4 a M1 6 segundos
- Sub actividades realizadas por las cuatro balanzas envasadoras de tipo mecánico de GLP en balones:
 - Envasado de GLP en balones 30 segundos

MÁQUINA: ENVASADORA DE GLP TIPO MECÁNICO		NOMBRE DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO: ESTACIÓN DE TRABAJO N°3 - OPERACIÓN DE ENVASADO DE GLP EN BALONES			
Operario	Tiempo	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4
Descarga y Carga M1		Descarga y Carga			
Camina a máquina 2					
Descarga y Carga M2			Descarga y Carga		
Camina a máquina 3					
Descarga y Carga M3				Descarga y Carga	
Camina a máquina 4					
Descarga y Carga M4		Envasado (Envasadora 1)	Envasado (Envasadora 2)	Envasado (Envasadora 3)	Descarga y Carga
Camina a máquina 1					
Tiempo ocioso					
Descarga y Carga M1		Descarga y Carga			
Camina a máquina 2					
Descarga y Carga M2			Descarga y Carga		
Camina a máquina 3					
Descarga y Carga M3				Descarga y Carga	
Camina a máquina 4					
Descarga y Carga M4		Envasado (Envasadora 1)	Envasado (Envasadora 2)	Envasado (Envasadora 3)	Descarga y Carga

Figura 67. Diagrama Hombre – Máquina de la operación de envasado de GLP en balones de la Estación de trabajo N°3

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por otro lado, se procede a realizar el cálculo de la producción demandada de balones envasados de GLP mediante el Diagrama

Hombre máquina, ya que esta herramienta permite obtener la producción máxima y demandada al día. Cabe mencionar que cada cuadrícula o cuadro del Diagrama Hombre – Máquina equivale a 2 segundos. Por ende, aplicando la siguiente fórmula se prosigue a calcular la óptima producción de balones envasados de GLP en la empresa Sipán Gas E. I. R. L.

Fórmula de la producción:

$$\text{Producción (P)} = \frac{\text{Tiempo base (Tb)}}{\text{Tiempo de ciclo analizado (Tc)}}$$

- Se produce 4 balones por ciclo analizado.
- El tiempo del ciclo analizado es 56 segundos.
- El tiempo base (Tb) es de 8 horas; equivalente a 28 800 segundos.

Entonces:

$$\text{Producción (P)} = \frac{4 \text{ balones (28 800 s)}}{56 \text{ s}} = 2 057,14 \text{ balones}$$

La óptima producción diaria de balones con GLP envasados, obtenida mediante el análisis del Diagrama Hombre – Máquina, es de 2 057 unidades en una jornada laboral de 8 horas diarias. Esto quiere decir que la operación de envasado manual demanda 2 057 balones con GLP al día, pero el proceso actual, con una producción promedio actual es 1 328 unidades al día, no satisface la demanda diaria de 729 balones con GLP en el mercado lambayecano. En unidades porcentuales las 729 unidades no envasadas equivalen al 35,44 % de demanda insatisfecha diaria de la empresa.

Por otro lado, el tiempo ocioso, demostrado en la Figura 67, es de 8 segundos por cada cuatro balones envasados de GLP, lo que significa que a las 2 057 unidades envasadas el operario encargado tiene 4 114 segundos de tiempo ocioso, equivalente a 1,14 horas durante la jornada.

3.2.4.3 Capacidades del Proceso de Envasado de GLP en Balones

a) Capacidad Teórica o Diseñada de la empresa (C.T.)

La empresa posee cuatro balanzas envasadoras de GLP idóneas para el llenado del combustible en los cilindros de 10 kg de GLP o balones de cocina. Estas balanzas envasan los 10 kg de GLP dentro de los balones en 34,11 segundos. Asimismo, la jornada laboral anual de la empresa es de 2 728 horas. Por ende, se prosigue al cálculo de la capacidad teórica o diseñada de la empresa mediante el reemplazo de los datos mencionados anteriormente en la siguiente fórmula.

$$C. T. = N^{\circ} \text{ de máquinas} \times \text{Producción} \times \text{Horas anuales laboral}$$

$$C. T. = 4 \text{ máq.} \times \frac{10 \text{ kg de GLP}}{34,11 \text{ s}} \times \frac{3 600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{2 728 \text{ h laborales}}{1 \text{ año}}$$

$$C. T. = 11 516 622,69 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}$$

La capacidad teórica o diseñada de la empresa es $11 516 622,69 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}$; equivalente a $1 151 662 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{año}}$.

b) Capacidad Efectiva de la empresa (C.E.)

La empresa, en una jornada de ocho horas al día, merma 10 kg de GLP para envasar y retroalimentar 1 328 balones con GLP al día; equivalente a 0,00753 kg de GLP por balón. Por ende, se prosigue al cálculo de eficiencia física de la planta y la capacidad efectiva de la empresa mediante el reemplazo de los datos mencionados anteriormente en la siguiente fórmula.

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Cant. total de kg que envasa}}{\text{Cant. total de kg P que necesita}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia física} = \frac{10 \text{ kg}}{(10 + 0,00753) \text{ kg}} \times 100\% = 99,93\%$$

Capacidad Efectiva (C. E.):

$$C. E. = \text{Capacidad teórica} \times \text{Eficiencia de la planta}$$

$$C. E. = 11 516 622,69 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 99,93 \% = 11 508 561,05 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

La capacidad efectiva de la empresa es 11 508 561,05 $\frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}$; equivalente a 1 150 856 balones con GLP al año. Esto quiere decir, que la producción anual idónea es 1 150 856 balones con GLP, ya que las balanzas envasadoras con cabezal de llenado por defecto merman y la cantidad anual de merma equivale a 8 061,64 kg de GLP u 806 balones con GLP.

c) Capacidad Real o Utilizada de la empresa

La Capacidad Real o Utilizada de la empresa es sinónimo a la producción anual, mensual, semanal, diaria y por hora. Asimismo, la producción anual, mensual, semanal, diaria y por hora, como se muestra en la Tabla 22, es 484 753, 40 396, 9 322, 1 328 y 166 balones con GLP envasados respectivamente, pero la demanda de la empresa es de 701 096 unidades al año, 58 425 unidades al mes, 13 483 unidades a la semana, 2 057 unidades al día y 257 unidades por hora. Por ende, la demanda insatisfecha anual, mensual, semanal, diaria y por hora es 216 733 unidades o 30,86 %, 18 029 unidades o 30,86 %, 4 161 unidades o 30,86 %, 729 unidades o 35,44 % y 91 unidades o 35,41 % respectivamente.

Tabla 22. Capacidad Real, Producción demandada y demanda insatisfecha

Periodo de tiempo	Producción actual	Demanda	Demanda insatisfecha	
			Unidades (balones)	%
Anual	484 753	701 096	216 343	30,86
Mensual	40 396	58 425	18 029	30,86
Semanal	9 322	13 483	4 161	30,86
Diario	1 328	2 057	729	35,44
Hora	166	257	91	35,41

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.2.4.4 Utilización de las Balanzas Envasadoras de GLP en Balones

La utilización anual y actual de las balanzas envasadoras de balones con GLP es 42,09 %, pero la demanda requiere que la utilización anual sea de 60,88 %.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad Teórica}} \times 100 \%$$

$$\text{Utilización actual} = \frac{4\,847\,530 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}}{11\,516\,622,69 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}} \times 100 \%$$

$$\text{Utilización actual} = 42,09 \%$$

$$\text{Utilización demandada} = \frac{7\,010\,960 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}}{11\,516\,622,69 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}} \times 100 \%$$

$$\text{Utilización demandada} = 60,88 \%$$

3.2.4.5 Eficiencias del Proceso de Envasado de GLP en Balones

a) Eficiencia de las balanzas envasadoras de GLP en balones

La eficiencia anual y actual de las balanzas envasadoras de GLP en balones es 42,12 %, pero la demanda requiere que la eficiencia anual sea de 60,92 %.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad Efectiva}} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia actual} = \frac{4\,847\,530 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}}{11\,508\,561,05 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia actual} = 42,12 \%$$

$$\text{Eficiencia demandada} = \frac{7\,010\,960 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}}{11\,508\,561,05 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia demandada} = 60,92 \%$$

b) Eficiencia de la línea de producción

La línea de producción de balones con GLP de la empresa presenta cuatro estaciones de trabajo con 64,20 % de eficiencia.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Promedio Observado (T\bar{X}O.)}}{(\text{N}^\circ \text{ de estaciones}) * (\text{Tiempo de ciclo})} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{87,60 \text{ segundos}}{(4) * (34,11 \text{ segundos})} \times 100 \% = 64,20 \%$$

El número mínimo de estaciones de trabajo requeridas para la línea de producción de balones con GLP debe ser tres unidades, las cuales son resultado de la división de la sumatoria de tiempos cada tarea del proceso y el tiempo de ciclo. Cabe recalcar que la sumatoria de tiempos de cada tarea y el tiempo de ciclo han sido determinados en el Estudio de Tiempos especificado anteriormente, cuyos valores son de 87,60 y 34,11 segundos respectivamente. Asimismo, el tiempo de ciclo o también denominado “cuello de botella” es la operación de envasado debido que es la actividad productiva más duradera.

Fórmula del número mínimo de estaciones:

$$\text{Número mínimo de estaciones} = \frac{\sum \text{tiempos de cada tarea}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$\text{Número mínimo de estaciones} = \frac{87,60 \text{ s}}{34,11 \text{ s}} = 2,57 \text{ estaciones}$$

A continuación, se prosigue al cálculo de la eficiencia requerida de la línea de producción por la demanda.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Promedio Observado (T\bar{X}O.)}}{(\text{N}^\circ \text{ de estaciones}) \times (\text{Tiempo de ciclo})} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{87,60 \text{ segundos}}{(3) \times (34,11 \text{ segundos})} \times 100 \% = 85,61 \%$$

Entonces, la demanda requiere que la eficiencia de la línea de producción sea de 85,61 %.

c) Eficiencia física del proceso

La eficiencia física de la empresa es 99,93 %, ya que las balanzas envasadoras con cabezal de llenado por defecto merman y la cantidad anual de merma equivale a 8 061,64 kg de GLP u 806 balones con GLP.

$$\text{Ef. física} = \frac{\text{Cant. total de kg de GLP que envasa}}{\text{Cant. total de kg de GLP que necesita}} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia física} = \frac{10 \text{ kg de GLP}}{(10 + 0.00753) \text{ kg de GLP}} \times 100 \%$$

$$\text{Eficiencia física} = 99,93 \%$$

d) Eficiencia o Productividad económica del proceso propuesto de envasado automatizado de cuatro balones con GLP en forma paralela

Fórmula de la Eficiencia Económica (E_e):

$$E_e = \frac{\text{Ventas Totales}}{\text{Capital (K)}} = \frac{\text{Ud. producidas} \times \text{Precio de venta}}{\text{Capital de Trabajo (K)}}$$

▪ **Primer paso: Determinar las unidades producidas diarias:**

Las unidades producidas diarias son 1 328 balones con GLP, pero la demanda diaria es de 2 057 unidades.

▪ **Segundo paso: Cálculo del Costo Unitario de Fabricación**

El Costo Unitario de Fabricación es la sumatoria del Costo Unitario de Mano de Obra Directa, del Costo Unitario de Materia Prima y del Costo Unitario de Materiales Indirectos.

❖ **Costo Unitario de Mano de Obra Directa**

Primero se determina el costo de mano de obra directa en una jornada al día, teniendo en cuenta que el mes tiene 30 días de paga por ley peruana.

$$\text{Costo por jornada} = \frac{\text{S/. } 930,00}{30 \text{ días de paga}} = 31 \frac{\text{S/.}}{\text{día}}$$

Continuamente se determina el costo de mano de obra directa en jornadas de 8 y 4 horas laborales el día. Cabe decir que de lunes a sábados se trabajan 8 horas, y que los domingos se trabajan 4 horas y son remuneradas como horas extras.

$$\text{Costo de una jornada de 8 horas} = 31 \frac{\text{S/.}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}}$$

$$\text{Costo de una jornada de 8 horas} = 3,87 \frac{\text{S/.}}{\text{hora}}$$

$$\text{Costo de una jornada de 4 horas} = 31 \frac{\text{S/.}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{4 \text{ horas}}$$

$$\text{Costo de una jornada de 4 horas} = 7,75 \frac{\text{S/.}}{\text{hora}}$$

A continuación, en la Tabla 23, se detalla que el costo anual de Mano de Obra directa es S/. 174 542,40, cuya producción anual es 484 753 balones con GLP. Por ende, el costo unitario de mano de obra directa es S/. 0,36 (por balón).

Por otro lado, si el proceso satisface la demanda anual de 701 096 balones con GLP, el costo unitario de mano de obra directa es S/. 0,25 (por balón). Esto significa que, al aumentar las unidades producidas, se disminuye significativamente el costo de mano de obra directa.

Tabla 23. Costo anual de Mano de Obra Directa

COSTO ANUAL DE MANO DE OBRA DIRECTA						
Colaborador	Cantidad de operarios (unidades)	Salario (S/.)	Beneficios (51%)	Salarios por horas extras (S/.)	Sub total Mensual/operario	Costo anual total de Mano de Obra Directa (S/.)
Operarios	9	930	474.3	124	1 528,30	165 056,40
Operarios sustitutos	9	930	-	124	1 054,00	9 486
Total						174 542,40

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

❖ Costo Unitario de Materia Prima

El costo unitario de Materia Prima, como se muestra en la Tabla 24, es S/. 22,70.

Tabla 24. Costo anual de Materia Prima

Características del transporte de GLP		
Unidad	kg	
Descripción	GLP-E	
Cantidad máxima permitida	20 680	
Costo Unitario de Materia Prima		
(+) Básico	S/. 1,69	
(+) Otros	S/. 0,12	
(+) Descuento	S/. 0,00	
(+) Riesgo de cargo	S/. 0,00	
(+) Costo unitario total	S/. 1,81	
(+) Impuesto Selectivo al consumo (I.S.C.)	S/. 0,00	
(+) Rodaje	S/. 0,00	
(+) IGV (18%)	S/. 0,3258	
(+) FISE/OTRO	S/. 0,0387	
Precio unitario	S/. 2,1745	
Importe	S/. 44 969,65	
(+) Percepción (5%)	S/. 224,85	
Costo Total de la compra de Materia Prima en la Refinería por 20 680 kg de GLP	S/. 45 194,50	
Costo unitario total por kg de GLP	S/. 2,19	
FLETE		
Concepto	Callao	Talara
(+) Gasto de combustible (Petróleo)	S/. 2 162,98	S/. 1 156,23
(+) Gasto de peajes	S/. 725,5	S/. 282,7
(+) Gasto de viáticos	S/. 300	S/. 120
(+) Gasto de chofer auxiliar	S/. 300	---
(+) Gasto de chofer principal	S/. 250	S/. 166,67
(+) Gasto de tanque de petróleo	S/. 730,95	
(+) Gasto de balanza	S/. 20	S/. 20
(+) Gasto de movilidad	S/. 15	
(+) Gasto de seguros (Soat, DGH)	---	---
Total inc. IGV	S/. 4 504,43	S/. 1 745,60
Capacidad de carga (ton)	21 Ton	21 Ton
Soles por ton inc. IGV	S/. 214,497	S/. 83,124
Soles por kg inc. IGV	S/. 0,214	S/. 0,083
Costo total unitario de Materia Prima por kg de GLP	S/. 2,27	
Costo total unitario de Materia Prima por balón	S/. 22,70	

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

❖ **Costo Unitario de Materiales Indirectos**

El costo unitario de Materias Indirectos, como se muestra en la Tabla 25, es S/. 0,44.

Tabla 25. Costo Unitario de Materiales Indirectos

Insumos	Unidad de compra	Índice de consumo	Valor por unidad de compra	Monto por unidad
Pintura color "Gris RAL"	gal	0,0133	S/. 20,00	S/. 0,27
Pintura color "Roja"	gal	0,001	S/. 20,00	S/. 0,02
O' Ring	unidad	1	S/. 0,05	S/. 0,05
Precinto de seguridad	unidad	1	S/. 0,05	S/. 0,05
Etiquetas	unidad	1	S/. 0,05	S/. 0,05
Costo total unitario de Materiales Indirectos				S/. 0,44

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Entonces el Costo Unitario de Producción (C.U.P.) es igual a la sumatoria del Costo Unitario de Mano de Obra Directa, del Costo Unitario de Materia Prima y del Costo Unitario de Materiales Indirectos; cuyo valor obtenido es S/. 23,50 para el proceso actual (C.U.P.₁) y S/. 23,39 para el demandado (C.U.P.₂).

$$C.U.P._1 = (0,36 + 22,70 + 0,44) = 23,50 \frac{S/}{\text{balones con GLP}}$$

$$C.U.P._2 = (0,25 + 22,70 + 0,44) = 23,39 \frac{S/}{\text{balones con GLP}}$$

Por otro lado, como recurso complementario para el proceso de envasado de GLP en balones, la empresa requiere de energía eléctrica para la maniobrabilidad de los cilindros neumáticos mediante el abastecimiento de una compresora. Asimismo, en la página 212, se detalla que el consumo eléctrico actual de un cilindro neumático es 598,5 Wh por cada maniobrabilidad. Por ende, la empresa utiliza 2 394 W para el funcionamiento de los 4 cilindros neumáticos y 19 152 Wh o 19,15 kWh en una jornada laboral de 8 horas.

El consumo eléctrico de la producción demandada es 13 167 Wh para el funcionamiento de los 22 cilindros neumáticos, de los cuales 10 cilindros neumáticos conforman la primera propuesta del diseño del sistema automatizado y los otros 12 cilindros neumáticos conforman la segunda propuesta del rediseño del proceso de envasado de GLP en balones, ya que sus accionamientos son manuales. Asimismo, los 22 cilindros neumáticos consumen 105 336 W o 105,34 kWh en una jornada laboral de 8 horas.

Los diez cilindros neumáticos del sistema automatizado interactúan en la operación de envasado de GLP, de los cuales 4 cilindros neumáticos están instalados con cabezales de llenado de GLP que permiten la operación de envasado y los

otros 6 cilindros neumáticos sirven para velar por la seguridad y evitar accidentes en la operación de envasado

El precio unitario de la Energía Activa Fuera Punta al mes, según recibo de luz de Electronorte a la empresa, es S/. 0,2503 por kW/hora en diciembre 2018. Entonces la empresa está condicionada a pagar S/ 4,79 por 19,15 kWh en una jornada laboral de 8 horas, pero la demanda requiere que la empresa esté condicionada a pagar S/. 26,34 por 105,34 kWh en una jornada laboral de 8 horas.

▪ **Tercer paso: Cálculo del Capital de Trabajo (K)**

El Capital de Trabajo diario y actual es S/. 31 208,00, pero la demanda diaria requiere que sea S/. S/. 48 113,23.

Fórmula del Capital de Trabajo (K) = Costo Unitario de Fabricación x número de balones envasados en una jornada.

$$K \text{ actual} = \frac{S/.23,50}{\text{balón}} \times 1\,328 \text{ balones} = S/. 31\,208,00$$

$$K \text{ demandado} = \frac{S/.23,39}{\text{balón}} \times 2\,057 \text{ balones} = S/. 48\,113,23$$

▪ **Cuarto paso: Determinación del precio de venta del balón con GLP**

El precio de venta del balón con GLP, como se muestra en la Tabla 26, es S/. 31,27, pero la empresa lo vende a S/. 30 a los distribuidores.

Tabla 26. Determinación del precio de venta del balón

PRECIO DE VENTA	
Costo de producción por kg de GLP envasado sin utilidad	S/. 2,39
Utilidad (11%)	S/. 0,26
SUB TOTAL	S/. 2,65
Costo de producción por Balón	S/. 26,50
IGV (18%)	S/. 4,77
TOTAL	S/. 31,27

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Quinto y último paso: Cálculo de la eficiencia económica (E_e)**

Las eficiencias económicas del proceso diario actual y el demandado son 1,2766 y 1,2826 respectivamente. Esto significa que la empresa gana S/. 0,2766 y la demanda fomenta ganancia de S/. 0,2826 por cada Nuevo Sol invertido.

$$E_e = \frac{\text{Ventas Totales}}{\text{Capital (K)}} = \frac{\text{Ud. producidas} \times \text{Precio de venta}}{\text{Capital de Trabajo (K)}}$$

$$E_e \text{ actual} = \frac{1\,328 \text{ balones} \times \text{S/. } 30}{\text{S/. } 31\,208,00} = 1,2766$$

$$E_e \text{ demandada} = \frac{2\,057 \text{ balones} \times \text{S/. } 30}{\text{S/. } 48\,113,23} = 1,2826$$

3.2.4.6 Indicadores de Productividad del Proceso en Estudio

La producción diaria promedio es de 1 328 balones con GLP, pero la demanda diaria es de 2 057 balones con GLP. Asimismo, los recursos requeridos para el proceso diario de envasado de GLP son:

- Mano de obra (M.O.) = 9 operarios
- Horas Hombre (H.H.) = 8 horas x 9 operarios = 72 H.H.
- Materia prima utilizada o envasada:
 - 13 280 kg de GLP para la producción actual
 - 20 570 kg de GLP para una producción demandada
- Mermas:
 - 10 kg de GLP para la producción actual de 1 328 unidades (halladas por data histórica de la empresa)
 - 15,49 kg de GLP para la producción demandada de 2 057 unidades (hallada proporcionalmente)
- Capital de trabajo (K):
 - S/. 31 208,00 para la producción actual
 - S/. 48 113,23 para la producción demandada
- Número de máquinas: 4 cilindros neumáticos con cabezal de llenado
- Energía eléctrica consumida por cilindros neumáticos con cabezal de llenado de GLP:

19,15 kWh (cantidad de energía eléctrica para el funcionamiento de los cuatro cilindros neumáticos de llenado de GLP durante la jornada laboral de ocho horas al día).

▪ Costo de energía eléctrica:

S/. 4,79 para la producción actual y demandada (costo energético por la operación de envasado de los cuatro Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de envasado de GLP).

A continuación, se prosigue al cálculo de los tipos de productividades relevantes para el proceso, los cuales son:

a) Productividad con respecto a la Mano de Obra (ρ . M.O.)

La productividad con respecto a la Mano de Obra de la empresa es de 147,56 balones con GLP por operario al día, pero la demanda requiere que la productividad sea 228,56 balones con GLP por operario al día.

$$\text{Fórmula: } p. \text{ M. O. actual} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Mano de Obra (M.O.)}}$$

$$p. \text{ M. O. actual} = \frac{1\,328 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{9 \text{ operarios}} = 147,56 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{operario x día}}$$

$$p. \text{ M. O. demanda} = \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{9 \text{ operarios}} = 228,56 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{operario x día}}$$

b) Productividad con respecto a la Materia Prima (ρ . M.P.)

La productividad actual y la demandada con respecto a la Materia Prima de la empresa es de 0,10 balones con GLP por kilogramo al día.

$$\text{Fórmula: } p. \text{ M. P. actual} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Materia Prima (M.P.)}}$$

$$p. \text{ M. P. actual} = \frac{1\,328 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{(13\,280 + 10)\text{kg}} = 0,10 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{kg de GLP x día}}$$

$$p. \text{ M. P. demnd.} = \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{(20\,570 + 15,49)\text{kg}} = 0,10 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{kg de GLP x día}}$$

c) Productividad con respecto al Capital de Trabajo (ρ . K.)

La productividad actual con respecto al Capital de Trabajo de la empresa es 0,0426 balones con GLP envasados por Nuevo Sol invertido al día, pero la demanda requiere que la productividad sea 0,0428 balones con GLP envasados por Nuevo Sol invertido al día.

$$\text{Fórmula: } p. K. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Capital de trabajo (K.)}}$$

$$p. K. \text{ actual} = \frac{1\ 328 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{\text{S/. } 31\ 208,00} = 0,04255 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol x día}}$$

$$p. K. \text{ demanda} = \frac{2\ 057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{\text{S/. } 48\ 113,23} = 0,04275 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol x día}}$$

d) Productividad con respecto a las Horas Hombre trabajadas (ρ . H.H.)

La productividad actual con respecto a las Horas Hombre trabajadas de la empresa es de 18,44 balones con GLP por operario al día, pero la demanda requiere que la productividad sea 28,57 unidades.

$$\text{Fórmula: } p. H. H. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Horas Hombre (H.H.)}}$$

$$p. H. H. \text{ actual} = \frac{1\ 328 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{72 \text{ H. H.}} = 18,44 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{H. H. x día}}$$

$$p. H. H. \text{ demandada} = \frac{2\ 057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{72 \text{ H. H.}} = 28,57 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{H. H. x día}}$$

e) Productividad con respecto al Número de Máquinas (ρ . Máquinas)

La productividad actual con respecto al Número de Máquinas de la empresa es de 332 balones con GLP por máquina (cilindro neumático) al día, pero la demanda requiere que la productividad sea 514,25 balones con GLP por máquina al día.

$$\text{Fórmula: } p. \text{ Máquinas} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Nº de cilindros neumáticos}}$$

$$p. \text{ Máquinas actual} = \frac{1\,328 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{día}}}{4 \text{ cilindros neumáticos}}$$

$$p. \text{ Máquinas actual} = 332 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{cilindro neumático x día}}$$

$$p. \text{ Máquinas demandada} = \frac{2\,057 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{día}}}{4 \text{ cilindros neumáticos}}$$

$$p. \text{ Máquinas demandada} = 514,25 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{cilindro neumático x día}}$$

f) Productividad con respecto al Consumo de Energía (ρ. Energética)

La productividad con respecto al Consumo de Energía Eléctrica es de 69,35 balones con GLP por kilovatio - hora al día, pero la demanda requiere que la productividad sea 107,42 balones con GLP por kilovatio – hora al día.

$$\text{Fórmula: } p. \text{ Energética} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Consumo} \frac{\text{kW}}{\text{hora}}}$$

$$p. \text{ Energética actual} = \frac{1\,328 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{19,15 \text{ kWh}} = 69,35 \frac{\text{balones}}{\text{kWh x día}}$$

$$p. \text{ Energética demandada} = \frac{2\,057 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{día}}}{19,15 \text{ kWh}}$$

$$p. \text{ Energética demandada} = 107,42 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{kWh x día}}$$

g) Productividad total del proceso en unidades monetarias

La productividad total actual del proceso en unidades monetarias es 0,0426 por Nuevo Sol al día, pero la demanda requiere que la productividad sea 0,0428 balones con GLP por Nuevo Sol al día.

Fórmula: $p. \text{ total del proceso}$

$$= \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Capital de Trabajo (K.) + Costo de energía eléctrica}}$$

$p. \text{ total del proceso actual}$

$$= \frac{1\,328 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{\text{S/.}31\,208,00 + \text{S/.}4,79} = 0,0426 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol x día}}$$

p. total del proceso demandada

$$= \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{\text{S/.}48\,113,23 + \text{S/.}4,79} = 0,0428 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol x día}}$$

3.2.4.7 Tiempo Muerto u Ocioso del Proceso en Estudio

a) Tiempo muerto u ocioso de la línea de producción

El proceso de envasado de GLP en el balón se ejecuta en 87,60 segundos (T_i) tras el recorrido en las 4 estaciones de trabajo actuales (k_1). Asimismo, el cuello de botella es la operación de envasado, la cual es ejecuta en 34,11 segundos (C). Por ende, se prosigue al cálculo del número mínimo de estaciones de trabajo mediante la siguiente fórmula y desarrollo.

$$\text{Fórmula: } k \text{ (n}^\circ \text{ mínimo de estaciones)} = \frac{\sum \text{tiempos de cada tarea}}{\text{Tiempo de ciclo (C)}}$$

$$k_2 = \frac{87,60 \text{ s}}{34,11 \text{ s}} = 2,57 = 3 \text{ estaciones de trabajo como mín.}$$

Por consiguiente, se reemplaza los datos mencionados anteriormente en la siguiente fórmula para la determinación del tiempo muerto u ocioso (H) de la línea de producción o envasado de GLP en balones.

$$\text{Fórmula: } H = kC - \sum T_i$$

$$H_1 = (4) \times (34,11) - 87,60 = 48,84 \text{ segundos}$$

$$H_2 = (3) \times (34,11) - 87,60 = 14,73 \text{ segundos}$$

El tiempo muerto u ocioso de la línea de producción actual del balón envasado de GLP (H_1) es 48,84 segundos. En cambio, el tiempo de la línea de producción demandada de un proceso con tres estaciones de trabajo (H_2) es 14,73 segundos.

b) Tiempo muerto u ocioso del operario encargado de la operación de envasado de GLP en balones

El tiempo muerto u ocioso del trabajador encargado de la operación de envasado, como se muestra en la Figura 67 (página 110), es de 8 segundos para producir 4 balones, entonces en una jornada diaria de ocho horas con una producción máxima de 2 057 balones, se obtiene 4 114 segundos o 1,14 horas de tiempo muerto. Cabe mencionar, que se ha considerado la producción diaria de 2 057, ya que valga la redundancia, es la producción y demanda máxima diaria y se procura reflejar que la operación de envasado presenta 1,14 horas de tiempo ocioso en su estado óptimo.

3.2.4.8 Indicadores de Ergonomía del Proceso de Envasado de GLP en Balones Bajo el Enfoque del Método Niosh

El método Niosh permite ejecutar el análisis de dos situaciones de descarga y carga de balones durante el proceso de envasado de GLP, las cuales son: el apilado manual entre los puestos de trabajo y durante el periodo laboral de cada puesto de trabajo.

Análisis 1. Análisis de la primera situación de descarga y carga de balones en el apilado manual entre los nueve puestos de trabajo

Los productos en estudio son los cilindros de 10 kg de GLP, los cuales son conocidos como balón de cocina o balón con GLP. Este tipo de producto son de buen agarre y tiene una masa de 10, 25 kg cuando está vacío y 20,25 kg cuando está envasado de GLP. Cabe especificar que la constante de carga recomendada en condiciones óptimas (LC), según el Método Niosh, es 23 kg.

Los balones son desplazados y apilados manualmente entre los puestos de trabajo. La altura mínima del apilado es 53 cm (V), ya que es la altura de un balón posicionado o apilado sobre el piso o suelo de la Plataforma de Producción. Además, la altura máxima del apilado es 106 cm o 1,06 m, ya que es la altura de dos balones posicionados o

apilados sobre el piso de la Plataforma de Producción. Ante ello, se selecciona la altura mínima, ya que es la más propensa a riesgos disergonómicos. Cabe mencionar que la altura recomendada laboral, por el método Niosh, es 75 cm.

Los operarios de los puestos de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones poseen 15 cm de distancias horizontal de agarre mayor y menor (H) para los nueve puestos de trabajo encargados de la ejecución de las tareas de descarga, inspección del estado físico del balón, lavado, pintado del cuerpo, pintado de la marca, la inspección, extracción e instalación de un nuevo O' Ring, la inspección de peso, precintado y etiquetado.

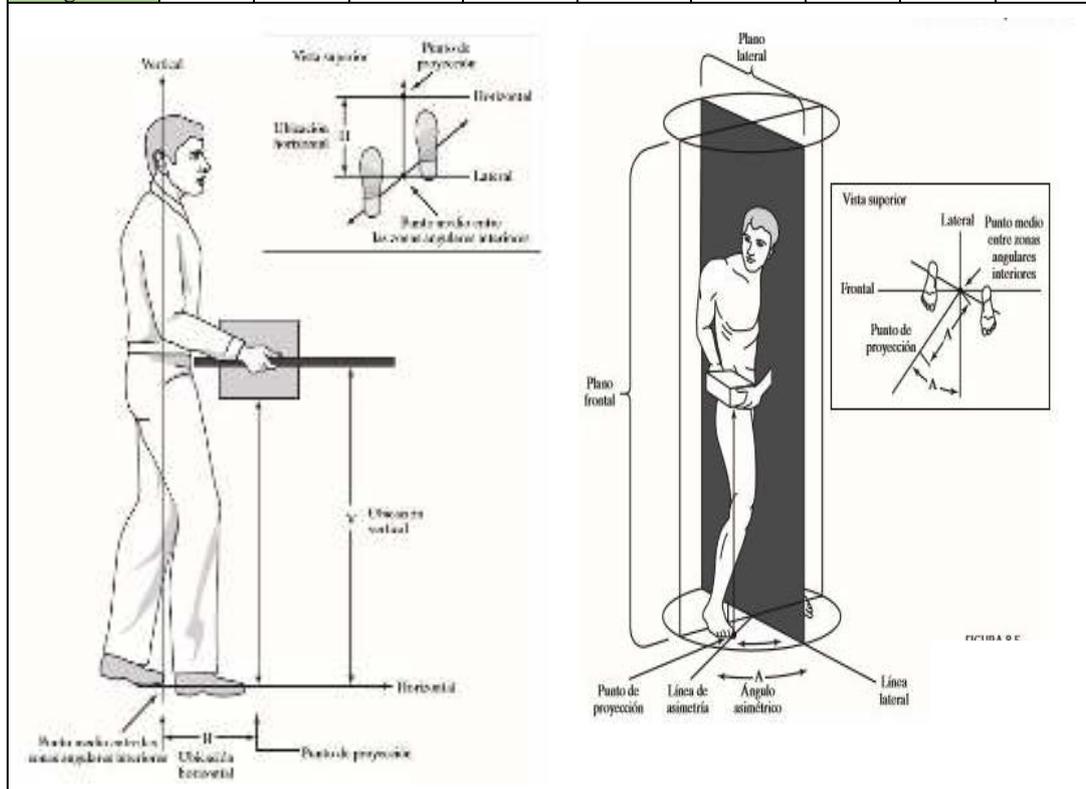
El ritmo de producción presenta frecuencias de 10 levantamientos por minuto (F) en el primer puesto de trabajo, 8 levantamientos por minuto en el segundo, tercero, cuarto y quinto, 5 levantamientos por minuto en el sexto puesto de trabajo y 4 levantamientos por minuto en el séptimo, octavo y noveno puesto de trabajo.

La distancia de torsión (A) es 0° en el primer, segundo, tercer, cuarto, quinto, séptimo, octavo y noveno. En cambio, la distancia de torsión es 90° en el sexto puesto de trabajo. Cabe especificar que la tarea de apilado del producto terminado en el almacén temporal no es considerada en el proceso de envasado de GLP.

Por consiguiente, las variables descritas anteriormente se detallan en la Tabla 27.

Tabla 27. Variables en los ejes horizontal y vertical de levantamiento para los balones situados en el apilado manual entre los nueve puestos de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones

VARIABLES	Tareas de los puestos de trabajo								
	1° Puesto de trabajo (Descarga e Inspección de la calidad del estado físico del balón)	2° Puesto de trabajo (Lavado del balón)	3° Puesto de trabajo (Pintado del cuerpo del balón)	4° Puesto de trabajo (Tara del balón)	5° Puesto de trabajo (Pintado de la marca "Sipán Gas" en el balón)	6° Puesto de trabajo (Envasado del balón)	7° Puesto de trabajo (Inspección del peso y retroalimentación del peso del balón)	8° Puesto de trabajo (Inspección, extracción e instalación de un nuevo O' Ring)	9° Puesto de trabajo (Precintado y Etiquetado del balón)
Carga (kg)	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	20,25	20,25	20,25	20,25
Carga recomendada en kg (LC)	23	23	23	23	23	23	23	23	23
H (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
V (cm)	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Altura recomendada (V mín.)	75	75	75	75	75	75	75	75	75
D (cm)	-22	-22	-22	-22	-22	-22	-22	-22	-22
A (grados)	0°	0°	0°	0°	0°	90°	0°	0°	0°
F (levant./min)	10	8	8	8	8	5	4	4	4
Agarre	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno



Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por otro lado, se determina los factores de las variables del Índice de Levantamiento (LI) de la ecuación del método Niosh:

▪ **Factor de distancia horizontal (HM)**

El Factor de distancia horizontal (HM) es 1 para los nueve puestos de trabajo.

$$HM = \frac{\text{Distancia horizontal menor}}{\text{Distancia horizontal mayor}} = \frac{15 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 1$$

▪ **Factor de altura (VM)**

El Factor de altura (VM) es 0,93 para los nueve puestos de trabajo.

$$VM = 1 - 0,003 \times |D|$$

$$VM = 1 - 0,003 \times |V - V_{\text{mínima}}|$$

$$VM = 1 - 0,003 \times |\text{Altura de origen} - \text{Altura recomendada}|$$

$$VM = 1 - 0,003 \times |53 \text{ cm} - 75 \text{ cm}| = 0,934 = 0,93$$

▪ **Factor de desplazamiento vertical (DM)**

El Factor de desplazamiento vertical (DM) es 0,62 para los nueve puestos de trabajo.

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D}$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{(V - V_{\text{mínima}})}$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{(\text{Altura de origen} - \text{Altura recomendada})}$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{(53 - 75) \text{ cm}} = 0,615 = 0,62$$

▪ **Factor de asimetría (AM)**

El Factor de asimetría (AM) es 1 para el primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, sétimo, octavo y noveno puesto de trabajo (AM_1) y 0,71 para el sexto puesto de trabajo (AM_2).

$$AM_1 = 1 - 0,0032A = 1 - 0,0032(0^\circ) = 1$$

$$AM_2 = 1 - 0,0032A = 1 - 0,0032(90^\circ) = 0,712 = 0,71$$

▪ **Factor de frecuencia (FM)**

El Factor de frecuencia (FM), como se muestra en la Tabla 28, es 0,13 para el primer puesto de trabajo, 0,18 para el segundo, tercero, cuarto y quinto puesto de trabajo, 0,35 para el sexto puesto de trabajo y 0,45 para el séptimo, octavo y noveno puesto de trabajo.

Tabla 28. Factor de frecuencia de los nueve puestos de trabajo para la primera situación ergonómica del proceso de envasado de GLP en balones

F (levantamiento por minuto)	≤ 1 hora		1 hora, pero ≤ 2 horas		2 horas, pero ≤ 8 horas	
	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30
< 0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13
11	0,41	0,41	0	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0	0,21	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
> 15	0	0	0	0	0	0

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

▪ **Factor de agarre (CM)**

El Factor de agarre (CM), como se muestra en la Tabla 29, es 1 (bueno o de buen agarre) para los nueve puestos de trabajo, ya que la altura (V) del balón apilado es menor a 30 pulgadas, cuyo valor es 53 cm o 20,87 pulgadas.

Tabla 29. Factor de agarre de los nueve puestos de trabajo para la primera situación ergonómica del proceso de envasado de GLP en balones

Multiplicador de acoplamiento		
Tipo de acoplamiento	CM	
	V < 30 pulg.	V ≥ 30 pulg.
Bueno	1	1
Aceptable	0,95	1
Pobre	0,90	0,90

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

A continuación, en la Tabla 30, se detalla el cuadro resumen de los factores del índice de la ecuación del método Niosh calculados anteriormente.

Tabla 30. Cuadro resumen de los factores del índice de la Ecuación del Método Niosh de cargas y descargas de los balones en el apilado manual entre los nueve puestos de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones

V A R I A B L E S	Factores de las tareas de los nueve puestos de trabajo								
	1° Puesto de traba- jo (Des- carga e Inspe- ción del estado físico del balón)	2° Puesto de traba- jo (Lava- do del balón)	3° Puesto de trabajo (Pinta- do del cuerpo del balón)	4° Puesto de trabajo (Tara del balón)	5° Puesto de trabajo (Pintado de la marca “Sipán Gas” en el balón)	6° Puesto de trabajo (Envasa- do del balón)	7° Puesto de traba- jo (Inspe- cción del peso y retro- alimen- ta- ción)	8° Puesto de traba- jo (Inspe- cción, extrac- ción e insta- lación de un nuevo O’ Ring)	9° Puesto de traba- jo (Pre- cinta- do y Etique- tado del balón)
Factor de distancia horizontal	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de altura	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
Factor de desplazamiento vertical	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Factor de asimetría	1	1	1	1	1	0,71	1	1	1
Factor de frecuencia	0,13	0,18	0,18	0,18	0,18	0,35	0,45	0,45	0,45
Factor de agarre	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L

Por consiguiente, se calcula la Ecuación de Niosh (RWL) para la descarga y carga de los balones desplazados en el apilado manual entre los nueve puestos de trabajo.

$$\blacksquare \text{ RWL} = \text{LC} \times \text{HM} \times \text{VM} \times \text{DM} \times \text{AM} \times \text{FM} \times \text{CM}$$

La Ecuación de Niosh es 1,72 para el primer puesto de trabajo (RWL₁).

$$\text{RWL}_1 = (23) \times (1) \times (0,93) \times (0,62) \times (1) \times (0,13) \times (1) = 1,72$$

La Ecuación de Niosh es 2,39 para el segundo, tercero, cuarto y quinto puesto de trabajo (RWL₂).

$$\text{RWL}_2 = (23) \times (1) \times (0,93) \times (0,62) \times (1) \times (0,18) \times (1) = 2,39$$

La Ecuación de Niosh es 3,30 para el sexto puesto de trabajo (RWL₃).

$$RWL_3 = (23) \times (1) \times (0,93) \times (0,62) \times (0,71) \times (0,35) \times (1) = 3,30$$

La Ecuación de Niosh es 5,97 para el séptimo, octavo y noveno puesto de trabajo (RWL₄).

$$RWL_4 = (23) \times (1) \times (0,93) \times (0,62) \times (1) \times (0,45) \times (1) = 5,97$$

Finalmente, se calcula el Índice de Levantamiento (LI) para determinar si las tareas de los nueve puestos de trabajos causan problemas disergonómicos en la salud de los operarios. Asimismo, el Índice de Levantamiento es 5,96 para el primer puesto de trabajo (LI₁), 4,29 para el segundo, tercero, cuarto y quinto puesto de trabajo (LI₂), 6,14 para sexto puesto de trabajo (LI₃) y 3,39 para el séptimo, octavo y noveno puesto de trabajo (LI₄). Esto significa que los Índices de Levantamiento de los nueve puestos de trabajo no son idóneos para la labor de las tareas o actividades productivas sin riesgos disergonómicos en la salud de los operarios, ya que no están en el rango “menor o igual a 1”. Ante ello, se recomienda automatizar y rediseñar el proceso de envasado de GLP en balones para mitigar los riesgos disergonómicos y cuidar la salud de los operarios.

$$LI_1 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_1} = \frac{10,25 \text{ kg}}{1,72} = 5,959 = 5,96$$

$$LI_2 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_2} = \frac{10,25 \text{ kg}}{2,39} = 4,293 = 4,29$$

$$LI_3 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_3} = \frac{20,25 \text{ kg}}{3,30} = 6,136 = 6,14$$

$$LI_4 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_4} = \frac{20,25 \text{ kg}}{5,97} = 3,392 = 3,39$$

Análisis 2. Análisis de la segunda situación de descarga y carga de balones, durante el periodo laboral, en los nueve puestos de trabajo

Los productos en estudio son los cilindros de 10 kg de GLP, los cuales son conocidos como balón de cocina o balón con GLP. Este tipo de producto son de buen agarre y tiene una masa de 10, 25 kg cuando está vacío y 20,25 kg cuando está envasado de GLP. Cabe especificar que la constante de carga recomendada en condiciones óptimas (LC), según el Método Niosh, es 23 kg.

El Análisis 2 consiste en la descarga y carga de los balones en los nueve puestos de trabajo, los cuales presentan diferentes alturas de levantamiento. Las alturas (V) de levantamiento de los puestos de trabajo son las siguientes:

- La altura de levantamiento en el primer, segundo y quinto puesto de trabajo es 1,06 m o 106 cm, ya que es el valor obtenido de la suma de alturas de dos balones apilados y cuyas con alturas homogéneas son de 53 cm.
- La altura de levantamiento en el tercer puesto de trabajo es 1,03 m o 103 cm, ya que es el valor obtenido de la suma de los 50 cm de altura de la silla giratoria y los 53 cm de la altura de un balón procesado.
- La altura de levantamiento en el cuarto y séptimo puesto de trabajo es 68 cm, ya que es el valor obtenido de la suma de los 15 cm de altura de la plataforma de la báscula de peso hacia el piso y los 53 cm de altura del balón procesado.
- La altura de levantamiento en el sexto puesto de trabajo es 78 cm, ya que es valor obtenido de los 25 cm de altura de la plataforma de la báscula semi automática de envasado de GLP y los 53 cm de altura del balón procesado.
- La altura de levantamiento en el octavo y noveno puesto de trabajo es 53 cm, ya que es el valor obtenido de los 53 cm de altura del balón sobre el piso o suelo de la Plataforma de Producción

Los operarios de los puestos de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones poseen 15 cm de distancias horizontal de agarre mayor y menor (H) para la ejecución de las tareas de los nueve puestos de trabajo.

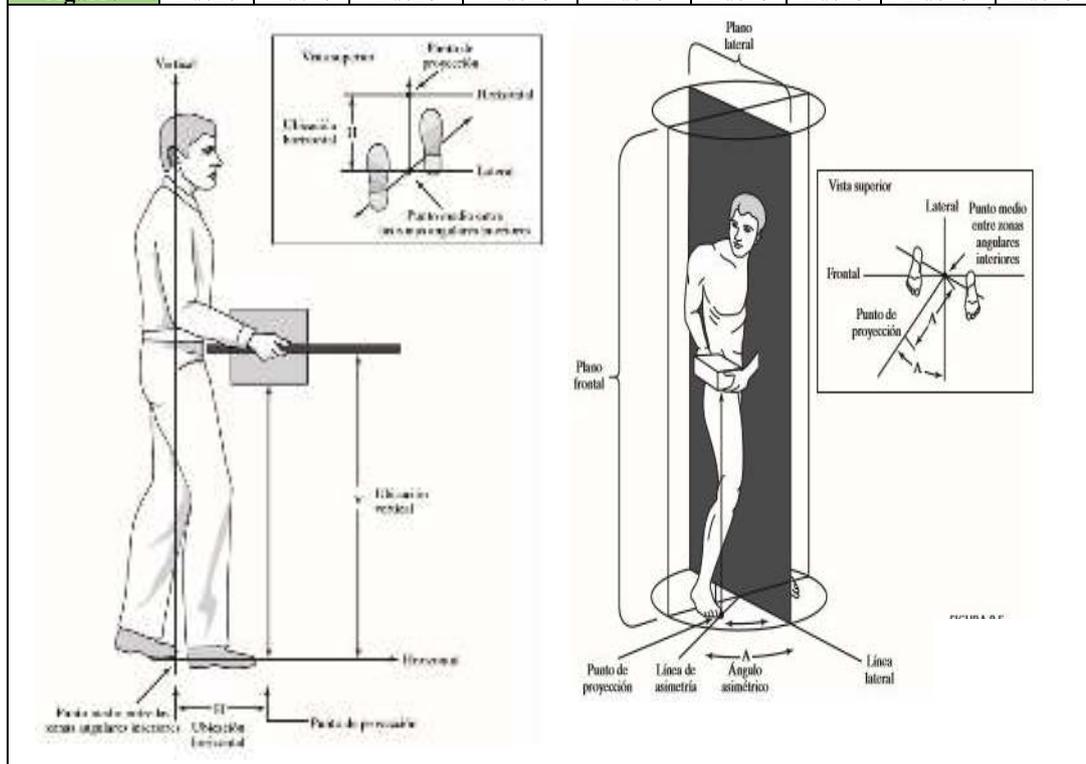
El ritmo de producción presenta frecuencias de 10 levantamientos por minuto (F) en el primer puesto de trabajo, 8 levantamientos por minuto en el segundo, tercero, cuarto y quinto, 5 levantamientos por minuto en el sexto puesto de trabajo y 4 levantamientos por minuto en el séptimo, octavo y noveno puesto de trabajo.

La distancia de torsión (A) es 0° en el primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, séptimo, octavo y noveno. En cambio, la distancia de torsión es 90° en el sexto puesto de trabajo. Cabe especificar que la tarea de apilado del producto terminado en el almacén temporal no es considerada en el proceso de envasado de GLP.

Por consiguiente, se detalla las variables descritas anteriormente en la Tabla 31.

Tabla 31. Variables en los ejes horizontal y vertical de levantamiento para los balones, durante el periodo laboral, en los nueve puestos de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones

VARIABLES	Tareas de los puestos de trabajo								
	1° Puesto de trabajo (Descarga e Inspección de la calidad del estado físico del balón)	2° Puesto de trabajo (Lavado del balón)	3° Puesto de trabajo (Pintado del cuerpo del balón)	4° Puesto de trabajo (Tara del balón)	5° Puesto de trabajo (Pintado de la marca "Sipán Gas" en el balón)	6° Puesto de trabajo (Envasado del balón)	7° Puesto de trabajo (Inspección del peso y retroalimentación del peso del balón)	8° Puesto de trabajo (Inspección del estado del O' Ring, extracción e instalación de un nuevo O' Ring)	9° Puesto de trabajo (Precintado y Etiquetado del balón)
Carga (kg)	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	20,25	20,25	20,25	20,25
Carga recomendada en kg (LC)	23	23	23	23	23	23	23	23	23
H (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
V (cm)	106	106	103	68	106	78	68	53	53
Altura recomendada (V mín.)	75	75	75	75	75	75	75	75	75
D (cm)	31	31	28	-7	31	3	-7	-22	-22
A (grados)	0°	0°	0°	0°	0°	90°	0°	0°	0°
F (levant./min)	10	8	8	8	8	5	4	4	4
Agarre	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno



Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por otro lado, se determina los factores de las variables del Índice de Levantamiento (LI) de la ecuación del método Niosh:

▪ **Factor de distancia horizontal (HM)**

El Factor de distancia horizontal (HM) es 1 para los nueve puestos de trabajo.

$$HM = \frac{\text{Distancia horizontal menor}}{\text{Distancia horizontal mayor}} = \frac{25 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 1$$

▪ **Factor de altura (VM)**

El Factor de altura (VM) es 0,91 para el primero, segundo y quinto puesto de trabajo (VM₁), 0,92 para el tercer puesto de trabajo (VM₂), 0,98 para el cuarto y sétimo puesto de trabajo (VM₃), 0,99 para el sexto puesto de trabajo (VM₄) y 0,93 para el octavo y noveno puesto de trabajo (VM₅).

$$VM = 1 - 0,003 * |D| = VM = 1 - 0,003 * |V - V_{\text{mínima}}|$$

$$VM = 1 - 0,003 * |\text{Altura de origen} - \text{Altura recomendada}|$$

$$VM_1 = 1 - 0,003 * |106 - 75 \text{ cm}| = 0,907 = 0,91$$

$$VM_2 = 1 - 0,003 * |103 - 75 \text{ cm}| = 0,916 = 0,92$$

$$VM_3 = 1 - 0,003 * |68 - 75 \text{ cm}| = 0,979 = 0,98$$

$$VM_4 = 1 - 0,003 * |78 - 75 \text{ cm}| = 0,991 = 0,99$$

$$VM_5 = 1 - 0,003 * |53 - 75 \text{ cm}| = 0,934 = 0,93$$

▪ **Factor de desplazamiento vertical (DM)**

El Factor de desplazamiento vertical (DM) es 0,97 para el primero, segundo y quinto puesto de trabajo (DM₁), 0,98 para el tercer puesto de trabajo (DM₂), 0,18 para el cuarto y sétimo puesto de trabajo (DM₃), 2,32 para el sexto puesto de trabajo (DM₄) y 0,62 para el octavo y noveno puesto de trabajo (DM₅).

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{(V - V_{\text{mínima}})}$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{(\text{Altura de origen} - \text{Altura recomendada})}$$

$$DM_1 = 0,82 + \frac{4,5}{(106 - 75) \text{ cm}} = 0,965 = 0,97$$

$$DM_2 = 0,82 + \frac{4,5}{(103 - 75) \text{ cm}} = 0,981 = 0,98$$

$$DM_3 = 0,82 + \frac{4,5}{(68 - 75) \text{ cm}} = 0,177 = 0,18$$

$$DM_4 = 0,82 + \frac{4,5}{(78 - 75) \text{ cm}} = 2,32$$

$$DM_5 = 0,82 + \frac{4,5}{(53 - 75) \text{ cm}} = 0,615 = 0,62$$

▪ **Factor de asimetría (AM)**

El Factor de asimetría (AM) es 1 para el primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, séptimo, octavo y noveno (AM₁) y 0,71 para el sexto puesto de trabajo (AM₂).

$$AM_1 = 1 - 0,0032A = 1 - 0,0032(0^\circ) = 1$$

$$AM_2 = 1 - 0,0032A = 1 - 0,0032(90^\circ) = 0,712 = 0,71$$

▪ **Factor de frecuencia (FM)**

El Factor de frecuencia (FM), como se muestra en la Tabla 32, es 0,13 para el primer puesto de trabajo, 0,18 para el segundo, tercero, cuarto y quinto puesto de trabajo, 0,35 en el sexto puesto de trabajo y 0,45 el séptimo, octavo y noveno puesto de trabajo.

Tabla 32. Factor de frecuencia de los nueve puestos de trabajo para la segunda situación ergonómica del proceso de envasado de GLP en balones

F (levantamiento por minuto)	≤ 1 hora		1 hora, pero ≤ 2 horas		2 horas, pero ≤ 8 horas	
	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30
< 0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13
11	0,41	0,41	0	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0	0,21	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
> 15	0	0	0	0	0	0

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

▪ **Factor de agarre (CM)**

El Factor de agarre (CM), como se muestra en la Tabla 33, es 1 (bueno o de buen agarre) para los nueve puestos de trabajo, ya que la altura de los diferentes puestos de trabajo tiene valores menores, mayores e iguales a 30 pulgadas.

Tabla 33. Factor de agarre de los nueve puestos de trabajo para la segunda situación ergonómica del proceso en estudio

Multiplicador de acoplamiento		
Tipo de acoplamiento	CM	
	V < 30 pulg.	V ≥ 30 pulg.
Bueno	1	1
Aceptable	0,95	1
Pobre	0,90	0,90

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

A continuación, en la Tabla 34, se detalla el cuadro resumen de los factores de las variables del índice de la ecuación del método Niosh calculados anteriormente.

Tabla 34. Cuadro resumen de los factores del índice de la ecuación del método Niosh de cargas y descargas de los balones, durante el periodo laboral, en los nueve puestos de trabajo

VARIABLES	Factores de las tareas								
	1° Puesto de trabajo (Descarga e Inspección de del estado físico del balón)	2° Puesto de trabajo (Lavado del balón)	3° Puesto de trabajo (Pintado del cuerpo del balón)	4° Puesto de trabajo (Tara del balón)	5° Puesto de trabajo (Pintado de la marca "Sipán Gas" en el balón)	6° Puesto de trabajo (Envasado del balón)	7° Puesto de trabajo (Inspección del peso y retroalimentación del peso)	8° Puesto de trabajo (Inspección, extracción e instalación de un nuevo O' Ring)	9° Puesto de trabajo (Precintado y Etiquetado del balón)
Factor de distancia horizontal	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de altura	0,91	0,91	0,92	0,98	0,91	0,99	0,98	0,93	0,93
Factor de desplazamiento vertical	0,97	0,97	0,98	0,18	0,97	2,32	0,18	0,62	0,62
Factor de asimetría	1	1	1	1	1	0,71	1	1	1
Factor de frecuencia	0,13	0,18	0,18	0,18	0,18	0,35	0,45	0,45	0,45
Factor de agarre	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L

Por consiguiente, se calcula la Ecuación de Niosh (RWL) para la descarga y carga de los balones, durante el periodo laboral, en los nueve puestos de trabajo.

▪ **RWL = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM**

La Ecuación de Niosh es 2,64 para el primer puesto de trabajo (RWL₁).

$$RWL_1 = (23) \times (1) \times (0,91) \times (0,97) \times (1) \times (0,13) \times (1) = 2,64$$

La Ecuación de Niosh es 3,65 para el segundo y quinto puesto de trabajo (RWL₂).

$$RWL_2 = (23) \times (1) \times (0,91) \times (0,97) \times (1) \times (0,18) \times (1) = 3,65$$

La Ecuación de Niosh es 3,73 para el tercer puesto de trabajo (RWL₃).

$$RWL_3 = (23) \times (1) \times (0,92) \times (0,98) \times (1) \times (0,18) \times (1) = 3,73$$

La Ecuación de Niosh es 0,73 para el cuarto puesto de trabajo (RWL₄).

$$RWL_4 = (23) \times (1) \times (0,98) \times (0,18) \times (1) \times (0,18) \times (1) = 0,73$$

La Ecuación de Niosh es 13,13 para el sexto puesto de trabajo (RWL₅).

$$RWL_5 = (23) \times (1) \times (0,99) \times (2,32) \times (0,71) \times (0,35) \times (1) = 13,13$$

La Ecuación de Niosh es 1,83 para el séptimo puesto de trabajo (RWL₆).

$$RWL_6 = (23) \times (1) \times (0,98) \times (0,18) \times (1) \times (0,45) \times (1) = 1,83$$

La Ecuación de Niosh es 6,87 para el octavo y noveno puesto de trabajo (RWL₇).

$$RWL_7 = (23) \times (1) \times (0,93) \times (0,62) \times (1) \times (0,45) \times (1) = 5,97$$

Finalmente, se calcula el Índice de Levantamiento (LI) para determinar si las tareas de los nueve puestos de trabajo causan problemas disergonómicos en la salud de los operarios. Asimismo, el Índice de Levantamiento es 3,88 para el primer puesto de trabajo (LI₁), 2,81 para el segundo y quinto puesto de trabajo (LI₂), 2,75 para el tercer puesto de trabajo (LI₃), 14,04 para el cuarto puesto de trabajo (LI₄), 1,54 para el sexto puesto de trabajo (LI₅), 11,07 para el séptimo

puesto de trabajo (LI₆) y 3,39 para el octavo y noveno puesto de trabajo (LI₇). Esto significa que los Índices de Levantamiento de los nueve puestos de trabajo no son idóneos para la labor de las tareas o actividades productivas sin riesgos disergonómicos en la salud de los operarios, ya que no están en el rango “menor o igual a 1”. Ante ello, se recomienda automatizar y rediseñar el proceso de envasado de GLP en balones para mitigar los riesgos disergonómicos y cuidar la salud de los operarios.

$$LI_1 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_1} = \frac{10,25 \text{ kg}}{2,64} = 3,883 = 3,88$$

$$LI_2 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_2} = \frac{10,25 \text{ kg}}{3,65} = 2,808 = 2,81$$

$$LI_3 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_3} = \frac{10,25 \text{ kg}}{3,73} = 2,748 = 2,75$$

$$LI_4 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_4} = \frac{10,25 \text{ kg}}{0,73} = 14,041 = 14,04$$

$$LI_5 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_5} = \frac{20,25 \text{ kg}}{13,13} = 1,542 = 1,54$$

$$LI_6 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_6} = \frac{20,25 \text{ kg}}{1,83} = 11,066 = 11,07$$

$$LI_7 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{RWL_7} = \frac{20,25 \text{ kg}}{5,97} = 3,392 = 3,39$$

Por otro lado, en la Tabla 35, se especifican los nuevos indicadores de ergonomía bajo el Método Niosh en las dos situaciones de análisis desarrolladas anteriormente.

Tabla 35. Cuadro Resumen de los indicadores ergonómicos actuales de descarga y carga de los balones en las dos situaciones analizadas bajo el enfoque del Método Niosh

Puestos de Trabajo	Situaciones analizadas			
	Situación 1		Situación 2	
	Descarga y carga de balones en la máquina transportadora por cadenas de arrastre		Descarga y carga de balones, durante el periodo laboral de los nueve puestos de trabajo	
	Índices de Levantamiento (IL)			
	Indicador	Significado	Indicador	Significado
1° Puesto de trabajo (Descarga e Inspección del estado físico del balón vacío)	5,96	El primer puesto de trabajo no es idóneo para la labor de las tareas de descarga e inspección del estado físico del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	3,88	El primer puesto de trabajo no es idóneo para la labor de las tareas de descarga e inspección del estado físico del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.
2° Puesto de trabajo (Lavado del balón vacío)	4,29	El segundo puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de lavado del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	2,81	El segundo puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de lavado del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.
3° Puesto de trabajo (Pintado del cuerpo del balón vacío)	4,29	El tercer puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de pintado del cuerpo del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	2,75	El tercer puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de pintado del cuerpo del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.
4° Puesto de trabajo (Tara del balón vacío)	4,29	El cuarto puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de tara del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	14,04	El cuarto puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de tara del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.

5° Puesto de trabajo (Pintado de la marca "Sipán Gas" en el balón vacío)	4,29	El quinto puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de pintado de la marca "Sipán Gas" en el balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	2,81	El quinto puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de pintado de la marca "Sipán Gas" en el balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.
6° Puesto de trabajo (Envasado del GLP en el balón)	6,14	El sexto puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de envasado del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	1,54	El sexto puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de envasado del balón, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.
7° Puesto de trabajo (Inspección del peso y retroalimentación del peso del balón con GLP)	3,39	El séptimo puesto de trabajo no es idóneo para la labor de las tareas de inspección de peso y retroalimentación del peso del balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	11,07	El séptimo puesto de trabajo no es idóneo para la labor de las tareas de inspección de peso y retroalimentación del peso del balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.
8° Puesto de trabajo (Inspección del estado del O' Ring, extracción e instalación de un nuevo O' Ring en el balón con GLP)	3,39	El octavo puesto de trabajo no es idóneo para la labor de las tareas de inspección del estado del O' Ring, extracción e instalación de un nuevo O' Ring en el balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	3,39	El octavo puesto de trabajo no es idóneo para la labor de las tareas de inspección del estado del O' Ring, extracción e instalación de un nuevo O' Ring en el balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.

9° Puesto de trabajo (Precintado y Etiquetado del balón con GLP)	3,39	El noveno puesto de trabajo no es idóneo para la labor de las tareas de precintado y etiquetado del balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	3,39	El noveno puesto de trabajo no es idóneo para la labor de las tareas de precintado y etiquetado del balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.
--	------	--	------	--

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Finalmente, como se evidencia en la Tabla 35, los nueve puestos de trabajo no son idóneos para la labor de las diferentes tareas, ya que presentan riesgos disergonómicos para la salud de los operarios.

3.2.4.9 Utilización de Área Laboral del Proceso de Envasado de GLP en la Plataforma de Producción Bajo el Enfoque del Método Guerchet

El proceso de envasado de GLP, como se muestra en la Tabla 36, presenta elementos significativos, los cuales pueden ser estáticos o móviles.

Tabla 36. Dimensiones de los elementos significativos que interactúan en el proceso de envasado de GLP

Elementos	Tipo de elementos	Cantidad (n)	Número de lados (N)	Largo (L, en metros)	Ancho (A, en metros)	Altura (H, en metros)
Cabina de pintado del cuerpo del balón	Elementos estáticos o fijos (h _{EE})	1	1	3	1,5	2,20
Balanzas envasadoras semi automáticas de cilindros de 3, 5, 10 y 15 kg de GLP		4	3	0,40	0,30	1,50
Básculas de peso para la tara e inspección de peso		2	3	0,50	0,50	1,60
Balón vacío de soporte para el lavado		1	4	0,30	0,30	0,53
Balón vacío de soporte para el pintado de la marca "Sipán Gas E. I. R. L."		1	4	0,30	0,30	0,53
Operarios	Elementos móviles (h _{EM})	9	-	-	-	1,65

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La utilización de área laboral actual del proceso de envasado de GLP en la Plataforma de Producción, bajo el enfoque del Método Guerchet y como se muestra en la Tabla 37, es 19,21 m².

Tabla 37. Utilización de área laboral del proceso de envasado de GLP en la Plataforma de Producción

Elementos	Tipo de elementos	Cantidad (n)	Número de lados (N)	Superficie estática (SS)	Área total 1	Superficie de gravitación (S _g)	Área total 2	Superficie de evolución (S _e)	Superficie por estación	Superficie total (en m ²)
				L x A, en m ²	(SS x n), en m ²	(SS x N), en m ²	Área total 1 x H	k (SS + S _g), en m ² y donde k = 0,41	(SS + S _e + S _g) en m ²	Superficie por estación * n
Cabina de pintado del cuerpo de balón	Elementos estáticos o fijos (h _{EE})	1	1	4,5	4,5	4,5	9,90	3,39	12,39	12,39
Balanzas envasadoras semi automáticas de cilindros de 3, 5, 10 y 15 kg de GLP		4	3	0,12	0,48	0,36	0,72	0,20	0,68	2,72
Básculas de peso para la tara e inspección de peso		2	3	0,25	0,50	0,75	0,80	0,41	1,41	2,82
Balón vacío de soporte el lavado		1	4	0,09	0,09	0,36	0,05	0,19	0,64	0,64
Balón vacío de soporte para el pintado de la marca "Sipán Gas E. I. R. L."		1	4	0,09	0,09	0,36	0,05	0,19	0,64	0,64
Total de área de elementos estáticos				5,66	-	11,52	-	-	-	-
Operarios	Elementos móviles (h _{EM})	9	-	0,50	4,50	0	7,43	-	-	-
Total de área de elementos móviles				4,50	-	7,43	-	-	-	-
Utilización de área laboral del proceso de envasado de GLP en la Plataforma de Producción bajo el enfoque del Método Guerchet										19,21

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

$$k = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EE}} = \frac{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n} = \frac{7,43}{4,50} = 0,4056 = 0,41$$

3.2.5 Cuadro Resumen de Indicadores Actuales del Proceso

Tabla 38. Resumen de Indicadores Actuales del Proceso

INDICADORES ACTUALES DEL PROCESO DE ENVASADO DE GLP EN BALONES DE LA EMPRESA SIPÁN GAS E. I. R. L.					
Tipo de indicador	Clasificador de Indicador		Proceso actual	Proceso demandado	Deficiencia
Porcentaje de las actividades productivas e improductivas del proceso	% de Actividades productivas		87,19 %	---	---
	% de Actividades improductivas		12,81 %	---	---
Porcentajes de las actividades productivas e improductivas de las estaciones de trabajo	Estación de Trabajo N°1	% de Actividades productivas	100 %	---	---
		% de Actividades improductivas	0 %	---	---
	Estación de Trabajo N°2	% de Actividades productivas	100 %	---	---
		% de Actividades improductivas	0 %	---	---
	Estación de Trabajo N°3	% de Actividades productivas	86,49 %	---	---
		% de Actividades improductivas	13,51 %	---	---
	Estación de Trabajo N°4	% de Actividades productivas	69,29 %	---	---
		% de Actividades improductivas	30,71 %	---	---
Estaciones de trabajo	Estaciones de trabajo		4 unidades	3 unidades	1 unidad
Producción de balones envasados de GLP con jornada laboral anual de 2 728 horas	Producción anual		484 753 $\frac{\text{ud.}}{\text{año}}$	701 096 $\frac{\text{ud.}}{\text{año}}$	216 343 ud. (30,86 %)
	Producción mensual		40 396 $\frac{\text{ud.}}{\text{mes}}$	58 425 $\frac{\text{ud.}}{\text{mes}}$	18 029 ud. (30,86 %)
	Producción semanal		9 322 $\frac{\text{ud.}}{\text{semana}}$	13 483 $\frac{\text{ud.}}{\text{semana}}$	4 161 ud. (30,86 %)
	Producción diaria		1 328 $\frac{\text{ud.}}{\text{día}}$	2 057 $\frac{\text{ud.}}{\text{día}}$	729 ud. (35,44 %)
	Producción por hora		166 $\frac{\text{ud.}}{\text{hora}}$	257 $\frac{\text{ud.}}{\text{hora}}$	91 ud. (35,41 %)
Capacidades del proceso de envasado de GLP en balones al año	Capacidad Teórica o Diseñada de la empresa		11 516 622,69 $\frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}$		
			1 151 662 $\frac{\text{balones con GLP}}{\text{año}}$		
	Capacidad Efectiva de la empresa		11 508 561,05 $\frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}$		
			1 150 856 $\frac{\text{balones con GLP}}{\text{año}}$		
	Capacidad Real o Utilizada de la empresa		4 847 530 kg de GLP / año	7 010 960 kg de GLP / año	2 163 430 kg de GLP
			484 753 ud. /año	701 096 ud. /año	216 343 ud. (30,86 %)
Utilización de las balanzas envasadoras de balones	Utilización de las balanzas envasadoras		42,09 %	60,88 %	44,64 %
Eficiencias del proceso de	Eficiencia de las balanzas envasadoras		42,12 %	60,92 %	44,63 %

envasado de GLP en balones	Eficiencia de la línea de producción	64,20 %	85,61 %	33,35 %			
	Eficiencia física	99,93 %					
	Eficiencia económica	1,2766	1,2826	0,469998 % o 0,47 %			
Indicadores de productividad del proceso de envasado de GLP en balones	Productividad de Mano de Obra	$\frac{147,56}{\text{balones con GLP operario x día}}$	$\frac{228,56}{\text{balones con GLP operario x día}}$	54,89 %			
	Productividad de Materia Prima	0,10 $\frac{\text{balones con GLP}}{\text{kg de GLP x día}}$					
	Productividad de Capital de Trabajo	$\frac{0,04255}{\text{balones con GLP Nuevo Sol x día}}$	$\frac{0,04275}{\text{balones con GLP Nuevo Sol x día}}$	0,470035 % o 0,47 %			
	Productividad de Horas Hombre	$\frac{18,44}{\text{H.H. x día}}$	$\frac{28,57}{\text{H.H. x día}}$	54,94 %			
	Productividad de Número de Máquinas	$\frac{332}{\text{balones con GLP cilindro neumático x día}}$	$\frac{514,25}{\text{balones con GLP cilindro neumático x día}}$	54,90 %			
	Productividad de Consumo de Energía	$\frac{69,35}{\text{balones con GLP kW hora x día}}$	$\frac{107,42}{\text{balones con GLP kW hora x día}}$	54,90 %			
	Productividad total del proceso en unidades monetarias	$\frac{0,0426}{\text{balones con GLP Nuevos Soles x día}}$	$\frac{0,0428}{\text{balones con GLP Nuevos Soles x día}}$	0,469484 % o 0,47 %			
Tiempo muerto u ocioso del proceso de envasado de GLP en balones	Tiempo muerto u ocioso de la línea de producción	48,84 segundos / balón	14,73 segundos / balón	34,11 segundos / balón			
	Tiempo muerto u ocioso del operario encargado de la operación de envasado de GLP en balones	1,14 horas en una jornada de 8 horas diarias					
Tiempo de envasado	Tiempo de envasado de cuatro balones	56 segundos					
Indicadores de ergonomía bajo el enfoque del Método Niosh	Índices de Levantamiento de cargas de los nueve puestos de trabajo	Indicador del proceso actual		Indicador del proceso demandado		Deficiencias	
		Situación N°1	Situación N°2	Situación N°1	Situación N°2	Situación N°1	Situación N°2
	Índice de Levantamiento de cargas del 1° Puesto de trabajo	5,96	3,88	≤ 1	≤ 1	83,22%	74,23%
	Índice de Levantamiento de cargas del 2° Puesto de trabajo	4,29	2,81	≤ 1	≤ 1	76,69%	64,41%
	Índice de Levantamiento del 3° Puesto de trabajo	4,29	2,75	≤ 1	≤ 1	76,69%	63,64%
	Índice de Levantamiento de cargas del 4° Puesto de trabajo	4,29	14,04	≤ 1	≤ 1	76,69%	92,88%
	Índice de Levantamiento de cargas del 5° Puesto de trabajo	4,29	2,81	≤ 1	≤ 1	76,69%	64,41%
	Índice de Levantamiento de cargas del 6° Puesto de trabajo	6,14	1,54	≤ 1	≤ 1	83,71%	35,07%
	Índice de Levantamiento de cargas del 7° Puesto de trabajo	3,39	11,07	≤ 1	≤ 1	70,50%	90,97%
	Índice de Levantamiento de cargas del 8° Puesto de trabajo	3,39	3,39	≤ 1	≤ 1	70,50%	70,50%
Índice de Levantamiento de cargas del 9° Puesto de trabajo	3,39	3,39	≤ 1	≤ 1	70,50%	70,50%	

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L

3.3 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS

3.3.1 Análisis y Evaluación de la Información del Proceso

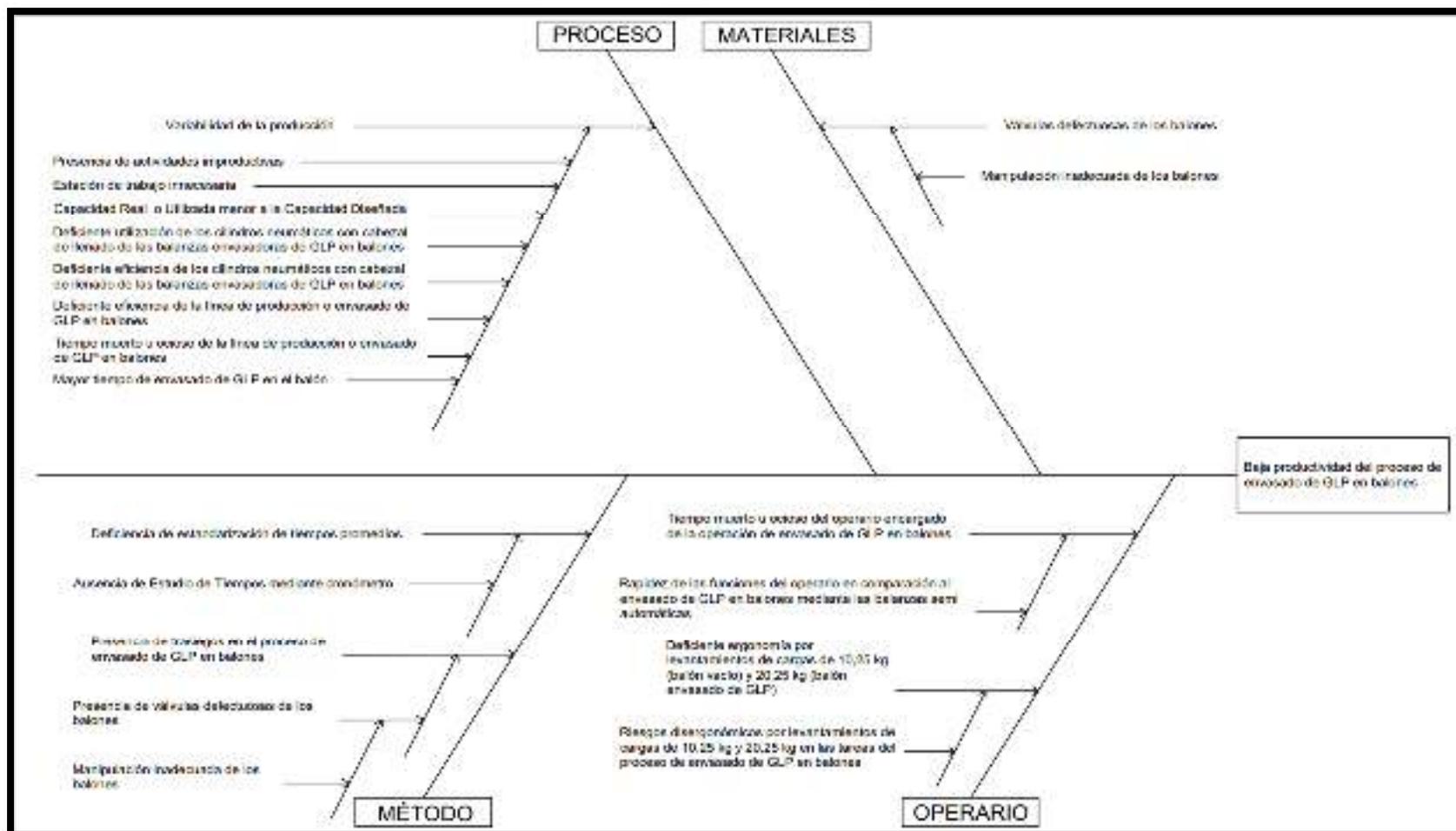


Figura 68. Diagrama de Ishikawa del proceso de envasado GLP en balones

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.3.2 Cuadro de Problemas, Causas y Obtención de Utilidades

Tabla 39. Problemas, Causas y Obtención de utilidades de la empresa

PROBLEMA	CAUSAS			IMPACTO ECONÓMICO (S/.)
	TIPO	CAUSAS PRINCIPALES	CAUSAS SECUNDARIAS	
Baja productividad del proceso de envasado de GLP en balones	Proceso	Variabilidad de la producción	Presencia de actividades improductivas	Ingresos no percibidos de S/. 6 490 290,00
			Estación de trabajo innecesaria	
			Capacidad Real o Utilizada menor a la Capacidad Diseñada	
			Deficiente utilización de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de balanzas envasadoras de GLP en balones	
			Deficiente eficiencia de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de las balanzas envasadoras de GLP en balones	
			Deficiente eficiencia de la línea de producción o envasado de balones	
			Tiempo muerto u ocioso de la línea de producción o envasado de balones	
			Mayor tiempo de envasado de balones	
	Método	Deficiencia de estandarización de tiempos promedios	Ausencia de Estudio de Tiempos mediante cronómetro	
			Presencia de trasiegos en el proceso de envasado GLP en balones	
Materiales	Válvulas defectuosas de los balones	Manipulación inadecuada de balones		
Operario	Tiempo muerto u ocioso del operario encargado de la operación de envasado de GLP en balones	Funciones del operario son más rápidas que el envasado de GLP en balones mediante las balanzas semi automáticas		
	Deficiente ergonomía por levantamientos de cargas de 10,25 kg (balón vacío) y 20,25 kg (balón envasado de GLP)	Riesgos disergonómicos por levantamientos de cargas de 10,25 kg y 20,25 kg en las tareas del proceso de envasado de GLP en balones		

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.3.3 Instrumento de Orientación del Enfoque de Investigación

Tabla 40. Instrumento de Orientación del Enfoque de Investigación

PROBLEMA	CAUSAS			METODOLOGÍA	TÉCNICAS / HERRAMIENTAS	LOGRO	INDICADOR
	TIPO	CAUSAS PRINCIPALES	CAUSAS SECUNDARIAS				
Baja productividad del proceso de envasado de GLP en balones	Proceso	Variabilidad de la producción	Presencia de actividades improductivas	Rediseño de Procesos e Ingeniería de Métodos	▪ Diagrama de Análisis de Procesos (DAP)	Disminuir el porcentaje de actividades improductivas	$\% \text{ de actv. improductivas} = \frac{\text{Tiempo de actividades improductivas}}{\text{Tiempo total de las actividades del proceso}} \times 100 \%$
			Estación de trabajo innecesaria		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) ▪ Diagrama de Recorrido ▪ Fórmula para la determinación del número mínimo de estaciones ▪ Diseño CAD en 2D ▪ Método Guerchet 		Disminuir el número de estaciones de trabajo
		Capacidad Real o Utilizada menor a la Capacidad Diseñada o Teórica	Automatización Industrial e Ingeniería de Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diagrama Hombre - Máquina ▪ Conocimientos de mecánicas de materiales ▪ Conocimiento de máquinas eléctricas ▪ Conocimientos de electromecánica ▪ Conocimientos de electroneumática ▪ Conocimientos de Programación de 	Aumentar la Capacidad Real o Utilizada	$\text{C. T.} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de máquinas} \times \text{Producción de unidad}}{\text{N}^\circ \text{ de horas anuales laborales}}$	
		Deficiente utilización de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de balanzas envasadoras de GLP en balones			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conocimiento de máquinas eléctricas ▪ Conocimientos de electromecánica ▪ Conocimientos de electroneumática ▪ Conocimientos de Programación de 	Aumentar el porcentaje de utilización de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado	$\text{Utilización} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad Teórica}} \times 100 \%$

			Deficiente eficiencia de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de las balanzas envasadoras de GLP en balones		SoMachine V4.1 y CitectSCADA	Aumentar la eficiencia de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad Efectiva}} \times 100 \%$
			Deficiente eficiencia de la línea de producción o envasado de GLP en balones		<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento de Programación y Diseño CAD mediante AUTOCAD para planos en 2D 	Aumentar la eficiencia de la línea	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Promedio Observado (T\bar{X}O.)}}{(\text{Número de estaciones}) * (\text{Tiempo de ciclo})} \times 100$
			Tiempo muerto u ocioso de la línea de producción o envasado de GLP			Disminuir el tiempo muerto u ocioso de la línea	<ul style="list-style-type: none"> Fórmula del Tiempo Ocioso (H) / N° de Estaciones (K) Tiempo de Ciclo = C / Tiempo Medio Observado = T_i $H = kC - \sum T_i$
			Mayor tiempo de envasado de GLP en balones			Disminuir el tiempo de envasado de balones	<p>Mediante la mejora del lote de transferencia de cada puesto de trabajo. El lote de transferencia actual es de un balón y se propone que el lote de transferencia sea de 4 unidades; permitiendo el envasado en forma paralela o simultánea, ya que el Takt Time lo requiere.</p> $\text{Takt Time} = \frac{\text{Demanda anual}}{\text{Horas laborales anuales}}$
Método	Deficiencia de estandarización de tiempos promedios	Ausencia de Estudio de Tiempos mediante cronómetro	Ingeniería de Métodos	<ul style="list-style-type: none"> Registro de los tiempos de la muestra de las observaciones necesarias para el proceso 		Estandarizar tiempos de las actividades del proceso de envasado	Tiempos promedios de las actividades productivas e improductivas del proceso de envasado de GLP en balones
	Presencia de trasiegos en el proceso de envasado de GLP en balones	Presencia de válvulas defectuosas de los balones	Observación mediante fotografías	<ul style="list-style-type: none"> Toma y almacenamiento de fotografías del proceso actual Selección del diseño de la máquina 	Disminuir el número de trasiegos en el proceso de envasado de balones	Prevención de la inadecuada manipulación (arroyo) de los balones mediante el diseño de la máquina transportadora automatizada por cadena de arrastre.	

	Materiales	Válvulas defectuosas de los balones	Manipulación inadecuada de balones		transportadora automatizada por cadenas de arrastre para el traslado seguro de los balones	Disminuir el número de válvulas defectuosas de balones	Prevención de la inadecuada manipulación (arroyo) de los balones mediante el diseño de la máquina transportadora automatizada por cadena de arrastre.
	Operario	Tiempo muerto u ocioso del operario encargado de la operación de envasado de GLP en balones	Funciones del operario son más rápidas que el envasado de GLP en balones mediante las balanzas semi automáticas	Ingeniería de Métodos	<ul style="list-style-type: none"> Automatización de la operación de envasado de GLP en balones 	Disminuir el tiempo muerto u ocioso del operario encargado de la operación de envasado de balones	Separación del operario encargado de la actividad de envasado de GLP en balones, ya que se rediseña y acondiciona el envasado de GLP de modo automático.
		Deficiente ergonomía por levantamientos de cargas de 10,25 kg (balón vacío) y 20,25 kg (balón envasado de GLP)	Riesgos disergonómicos por levantamientos de cargas de 10,25 kg y 20,25 kg en las tareas del proceso de envasado de GLP en balones	Rediseño de Procesos, Ingeniería de Métodos y Automatización Industrial	<ul style="list-style-type: none"> Método Niosh 	Eliminar y disminuir riesgos disergonómicos en los nueve puestos de trabajo.	<p>Factor de distancia horizontal (HM)</p> $HM = \frac{\text{Distancia horizontal menor}}{\text{Distancia horizontal mayor}}$ <p>Factor de altura (VM)</p> $VM = 1 - 0,003 D $ $VM = 1 - 0,003 V - V_{\text{mínima}} $ <p>Factor de desplazamiento vertical (DM)</p> $DM = 0,82 + \frac{4,5}{(V - V_{\text{mínima}})}$ <p>Factor de asimetría (AM)</p> $AM = 1 - 0,0032 A$ $AM = 1 - 0,0032 (\text{Grado de asimetría})$ <p>Factor de frecuencia (FM)</p> <p>FM = Selección en la Tabla de Factores de frecuencia según "Applications Manual for Revised Niosh Lifting Equation, 1994"</p> <p>Factor de agarre (CM)</p> <p>CM = Selección en la Tabla de Factores de agarre según "Applications Manual for Revised Niosh Lifting Equation, 1994"</p> <p>Ecuación Niosh (RWL)</p> $RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$ <p>Índice de Levantamiento (IL)</p> $IL = \text{Peso de carga levantada} / RWL$

Tipos de Indicadores de Productividad	Productividad con respecto a la Mano de Obra (ρ . M.O.)	Rediseño de Procesos y Automatización Industrial	Técnicas y Herramientas utilizadas anteriormente	Aumentar el porcentaje de productividad de M.O.	$p. M. O. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Mano de Obra (M. O.)}}$
	Productividad con respecto a la Materia Prima (ρ . M.P.)			Aumentar el porcentaje de productividad de M.P.	$p. M. P. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Materia Prima (M. P.)}}$
	Productividad con respecto al Capital de Trabajo (ρ . K.)			Aumentar el porcentaje de productividad de Capital de Trabajo	$p. K. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Capital de trabajo (K.)}}$
	Productividad con respecto a las Horas Hombre trabajadas (ρ . H.H.)			Aumentar el porcentaje de productividad de H.H.	$p. H. H. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Horas Hombre (H. H.)}}$
	Productividad con respecto al Número de Máquinas (ρ . máquinas)			Aumentar el porcentaje de productividad con respecto al Número de Máquinas	$p. \text{ Máquinas} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Nº de cilindros neumáticos}}$
	Productividad con respecto al Consumo de Energía (ρ . energética)			Aumentar el porcentaje de productividad con respecto al Consumo de Energía Eléctrica	$p. \text{ Energética} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Consumo } \frac{\text{kW}}{\text{hora}}}$
	Productividad total del proceso en unidades monetarias			Aumentar el porcentaje de productividad total del proceso en unidades monetarias	$p. \text{ total del proceso} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Capital de Trabajo (K.) + Costo de energía eléctrica}}$

Fuente: Sipán Gas E. I. R.

3.3.4 Problema Principal, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción

▪ Problema Principal

El problema principal es la baja productividad del proceso de envasado de GLP en balones, el cual ha sido determinado mediante los cálculos de la Capacidad Real o Utilizada y la Efectiva, cuyos resultados evidencian que la producción o capacidad utilizada es menor a la demanda del mercado. Asimismo, la baja productividad no permite mayor percepción de utilidades o rentabilidad a la empresa.

▪ Causas

Las causas del problema principal, como se muestra en la Figura 7, son de cuatro tipos según el proceso, método, materiales y operario. A continuación, se detalla las causas según su tipo, las cuales son:

- **Según el proceso:** En este tipo de causa se encuentra la variabilidad de la producción, la cual es ocasionada por las siguientes sub causas: Presencia de actividades improductivas, estación de trabajo innecesaria, capacidad real o utilizada menor a la capacidad diseñada, deficiente utilización y eficiencia de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de las balanzas envasadoras de GLP en balones, deficiente eficiencia de la línea de producción o envasado de GLP en balones, tiempo muerto u ocioso de la línea de producción o envasado de GLP en balones y mayor tiempo de envasado de GLP en balones.
- **Según el método:** En este tipo de causa se encuentran la Deficiencia de estandarización de tiempos promedios, la cual tiene como sub causa la ausencia de Estudio de Tiempos mediante cronómetro; y la presencia de trasiegos en el proceso de envasado de GLP en balones, la cual tiene como sub causa la presencia de válvulas defectuosas de los balones.
- **Según los materiales:** En este tipo de causa se encuentra las válvulas defectuosas de los balones que tiene como sub causa la manipulación inadecuada de balones.

- **Según el operario:** En este tipo de causa se encuentra el tiempo muerto u ocioso del operario encargado de la operación de envasado de GLP en balones, la cual tiene como sub causa la rapidez de las funciones del operario en comparación al envasado de balones GLP mediante las balanzas semi automáticas. Asimismo, en este tipo de causa se encuentra la deficiente ergonomía por levantamiento de cargas de 10,25 kg (balón vacío) y 20,25 kg (balón envasado de GLP), la cual tiene como sub causa los riesgos disergonómicos por levantamientos de cargas de 10,25 kg y 20,25 kg en las tareas del proceso de envasado de GLP en balones.

Por otro lado, se especifica que la causa raíz del problema principal, como se muestra en el Diagrama de Ishikawa, es el proceso, ya que mayor número de sub causas y las más importantes para el incremento de la productividad en la empresa.

▪ **Propuestas de Mejora**

Las soluciones de las causas del problema principal se logran mediante el desarrollo de dos propuestas de mejora, las cuales son: Diseño del Sistema Automatizado del envasado de GLP y el Rediseño del Proceso en Estudio. Cabe mencionar que el enfoque del sistema automatizado es en la automatización de la operación de envasado GLP en balones mediante dispositivos y accionamientos eléctricos y neumáticos. Asimismo, el sistema automatizado se enfoca en la automatización del transporte o desplazamiento de los balones por cada una de las estaciones y puestos de trabajo del proceso de envasado mediante una máquina transportadora por cadenas de arrastre.

A continuación, se detalla el proceso idóneo para el correcto desarrollo de la primera propuesta, el cual está conformado por los siguientes pasos o apartados:

- Selección de los componentes generales del sistema automatizado.
- Descripción del proceso a automatizar.
- Determinación de las entradas y salidas del sistema automatizado del proceso. de envasado de GLP en balones.

- Diagrama de Movimientos del sistema automatizado del proceso de envasado GLP en balones.
- Planos del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones.
- Programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones.
- Asignación de entradas y salidas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones.
- Asignación de las nuevas direcciones de las variables necesarias, en el programa SoMachine V4.1, para la operacionalización simultánea con el programa CitecSCADA.
- Simulación de la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones.
- Diseño de la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones mediante el programa CitecSCADA.

Por otro lado, se precisa el proceso idóneo para el correcto desarrollo de la segunda propuesta, el cual está conformado por los siguientes pasos o apartados:

- Cálculo del número mínimo de estaciones del proceso de envasado de GLP en balones.
- Balance de la línea de producción de balones envasados.
- Beneficios de envasar cuatro unidades en forma paralela.
- Rediseño de las estaciones de trabajo balanceadas.
- Diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones metálicas de los cuatro cilindros neumáticos.

3.4 DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

3.4.1. Desarrollo de Mejoras

Las propuestas de mejoras en el proceso de producción de balones envasados de GLP son: El Diseño del Sistema Automatizado del envasado de GLP y el Rediseño del Proceso en Estudio. Ambas propuestas de mejoras son el segundo y tercer objetivo específico de la presente investigación.

3.4.1.1 Propuesta de Mejora 1. Diseño del Sistema Automatizado

El diseño del sistema automatizado está enfocado a la automatización de la operación de envasado de GLP en balones mediante dispositivos y accionamientos eléctricos y neumáticos. Asimismo, el sistema automatizado se enfoca en la automatización del transporte o desplazamiento de los balones por cada una de las estaciones y puestos de trabajo del proceso de envasado mediante una máquina transportadora por cadenas de arrastre.

El sistema automatizado es un sistema de control ON-OFF, ya que los actuadores (el motorreductor de la máquina transportadora por cadena de arrastre y los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de GLP) tienen solo dos posiciones posibles, las cuales son: en marcha o parado. Asimismo, no existen posiciones intermedias como parcialmente abierto o parcialmente cerrado. El control ON-OFF ha sido seleccionado debido que es el más sencillo y económico de los sistemas de control.

La presente propuesta está conformada por los siguientes pasos o apartados:

- Selección de los componentes generales del sistema automatizado.
- Descripción del proceso a automatizar.
- Determinación de las entradas y salidas del sistema automatizado del proceso. de envasado de GLP en balones.

- Diagrama de Movimientos del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones.
- Planos del sistema automatizado del proceso de envasado GLP en balones.
- Programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones.
- Asignación de entradas y salidas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones.
- Asignación de las nuevas direcciones de las variables necesarias, en el programa SoMachine V4.1, para la operacionalización simultánea con el programa CitecSCADA.
- Simulación de la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones.
- Diseño de la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones mediante el programa CitecSCADA.

A continuación, se prosigue a detallar los pasos de la metodología para la automatización del sistema automatizado.

A. Selección de los Componentes Generales del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones

Los componentes del sistema automatizado se clasifican en: Componentes Eléctricos y Componentes Neumáticos. Asimismo, se detalla la conformación de ambas clases de componentes.

La conformación de Componentes Eléctricos es la siguiente:

a) Fuente de Alimentación de Energía Eléctrica Trifásica

La Fuente de Alimentación de Energía Eléctrica Trifásica permite el abasto de corriente eléctrica al sistema automatizado y está compuesta, valga la redundancia, por tres cables de fase; los cuales son: de carga eléctrica positiva, negativa y neutra. Asimismo, la tensión de alimentación de energía eléctrica de la empresa es de 220 V.

b) Cable de Alimentación Trifásica

El Cable de Alimentación Trifásica es el medio de conducción de la corriente eléctrica a todos los automatismos eléctricos. Además, las características del cable de Alimentación Trifásica se muestran en la Tabla 41.

Tabla 41. Características del Cable de Alimentación Trifásico

 <p>Vista del producto</p>	
CARACTERÍSTICAS	
Nombre del producto	Cordón Flexanel
Marca	Condumex
Tipo de material	Conductores flexibles de cobre suave Aislamiento flexible a base de policloruro de vinilo (PVC) en colores: Rojo (de carga eléctrica positiva), Azul (de carga eléctrica negativa) y Negro (de carga neutra). Cubierta a base de policloruro de vinilo (PVC) estriada de color negro.
Tensión máxima de operación	300 V; valor mayor a los 220 V de la empresa
Temperaturas máximas de conductor	60 °C
Propiedades	Gran flexibilidad Gran resistencia mecánica Resistente a la abrasión, a la humedad, ácidos y aceites Este producto cuida y protege al medio ambiente y los seres vivos, ya que en la formulación del aislamiento, su cubierta y en el proceso de manufactura se cumple con la directriz RoHS (restricción del uso de sustancias peligrosas) establecida por la Comunidad Europea y el Estado de California.
Aplicación	Alimentación de aparatos estacionarios o portátiles para uso industrial.
Tipo de empaque	Rollo
Longitud de empaque	100 m
Número de conductores	3 unidades
Calibre AWG	10
Conductor	Área 5,26 mm ² Diámetro 5 mm
Espesor nominal de aislamiento	1,14
Diámetro nominal de aislamiento	15,3

Masa del rollo	363 kg/km
Masa métrica	0,363 kg/m
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	40 m; 30 metros son destinados para la instalación aérea desde la Fuente de Alimentación de Energía Eléctrica hasta la Plataforma de Envasado de GLP en balones, y 10 m son destinados para la instalación eléctrica al motor y al Tablero Eléctrico del sistema automatizado.

Fuente: Conдумex S.A.

c) Llaves Termomagnéticas o Disyuntores Termomagnéticos

La llave Termomagnética, Disyuntor Termomagnético o Cuchilla Termomagnética General es el dispositivo que tiene función principal de la conexión y desconexión manual de la corriente eléctrica en toda la empresa. Cabe mencionar que la ubicación de la instalación de la Llave Termomagnética es en la entrada de la empresa y en la parte lateral de la instalación de la Bomba Eléctrica de agua.

d) Motor de la máquina transportadora por cadenas de arrastre

El sistema automatizado del proceso de envasado de GLP requiere que el motor de la máquina transportadora por cadenas de arrastre esté apto para desplazar cilindros de 3, 5, 10 y 15 kg de GLP desde que el balón entra al proceso, como se muestra en la Figura 69, hacia cada una de las estaciones y puestos de trabajo en la Plataforma de Producción.

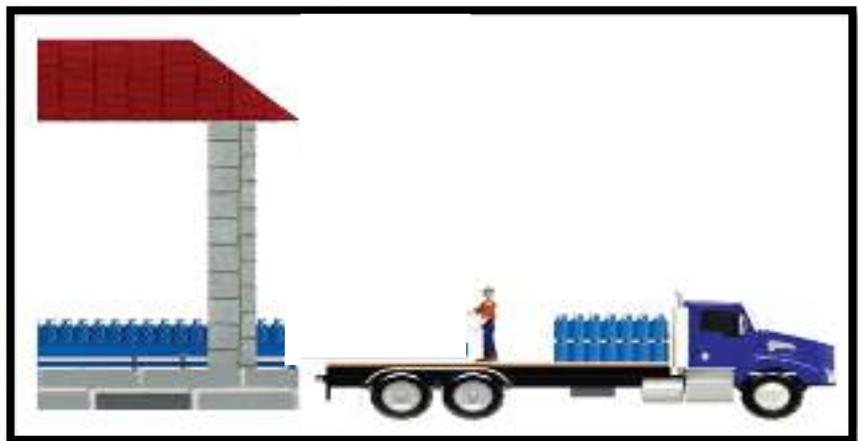


Figura 69. Entrada del balón al proceso de envasado
Fuente: ATILIM MAKİNE İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti

El envasado automático ya no necesita la función manual de carga y descarga de las balanzas envasadoras mediante un operario, sino que permite envasar los cuatro tipos de cilindros sobre las cadenas de arrastre de la máquina transportadora en forma de L, la cual se muestra en la Figura 70. Por ende, se propone la desinstalación de los cabezales de llenado de los cilindros neumáticos de las balanzas envasadoras actualmente utilizadas, ya que se estos se encuentran en buen estado; el retiro de estas balanzas envasadoras con sus cilindros neumáticos y la instalación de los cabezales de llenado en los nuevos cilindros neumáticos seleccionados para el sistema automatizado en estudio.

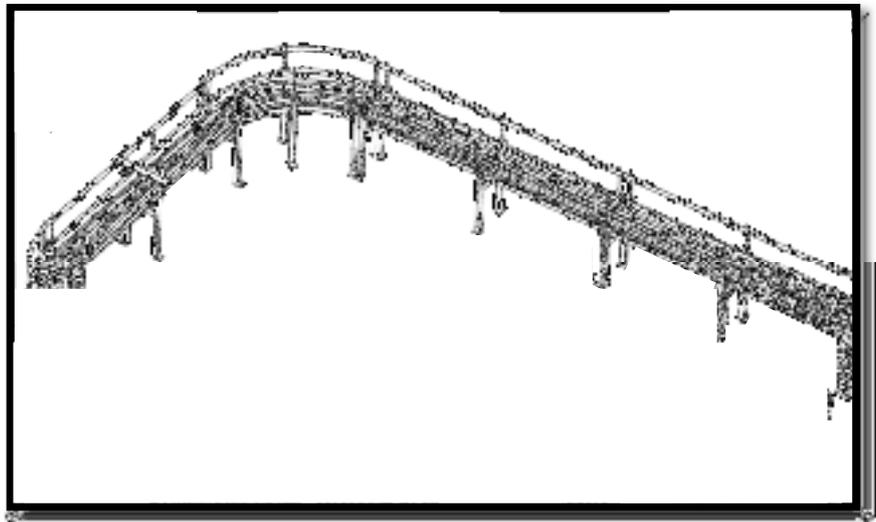


Figura 70. Transportadora por cadenas de arrastre en forma de L

Fuente: ATILIM MAKİNE İmalat San. ve Tic. Ltd. Şti

El sistema automatizado en estudio está diseñado para el proceso de envasado de cilindros de 10 kg de GLP (balones de cocina), ya que es el producto estrella de la empresa. Sin embargo, se considera que la selección del motor y diseño de la máquina transportadora por cadenas de arrastre sean también idóneos para el desplazamiento de los cilindros de 3, 5 y 15 kg de GLP por razones de optimización de espacios en la Plataforma de Producción, porque las balanzas envasadoras manuales son sustituidas por nuevos cilindros neumáticos con cabezales de llenado automático y porque el costo - beneficio del proyecto de

inversión no esté dirigido para la mejora de envasado de un producto (balón de cocina), sino para los cuatro productos mencionados. Es por ello que, mediante la Norma Técnica Peruana 350.011-1 titulada como “Recipientes portátiles de 3, 5, 10, 15 y 45 kg de capacidad para Gas Licuado de Petróleo. Parte 1: Requisitos de fabricación”, se prosigue a detallar las características generales de los cuatro tipos de productos en la Tabla 42.

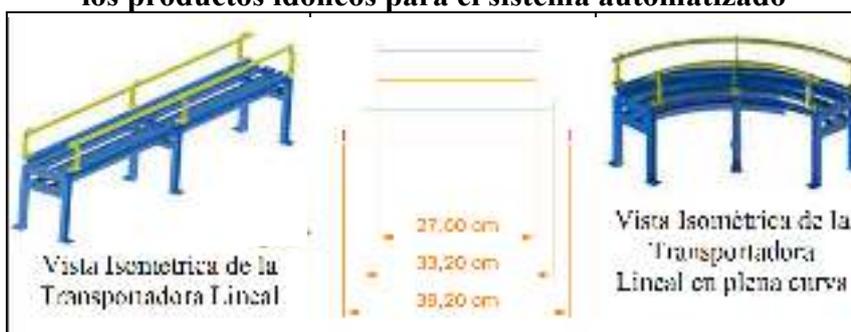
Tabla 42. Características de los cuatro productos idóneos para el envasado automatizado

CARACTERÍSTICAS DE LOS CUATRO PRODUCTOS IDÓNEOS PARA EL ENVASADO AUTOMATIZADO			
Tipos de productos	Diámetro (ancho)	Altura	Ancho total = Diámetro + Margen de espacio (2 cm)
Cilindro envasado de 3 kg de GLP	250 ± 2 mm Se considera el mayor: 252 mm o 0,252 m	325 ± 10 mm Se considera el mayor: 335 mm o 0,335 m	(252 + 20) mm = 275 mm o 0,275 m
Cilindro envasado de 5 kg de GLP	250 ± 2 mm Se considera el mayor: 252 mm o 0,252 m	425 ± 10 mm Se considera el mayor: 435 mm o 0,435 m	(252 + 20) mm = 275 mm o 0,275 m
Cilindro envasado de 10 kg de GLP	310 ± 2 mm Se considera el mayor: 312 mm o 0,312 m	520 ± 10 mm Se considera el mayor: 530 mm o 0,530 m	(312 + 20) mm = 332 mm o 0,332 m
Cilindro envasado de 15 kg de GLP	370 ± 2 mm Se considera el mayor: 372 mm o 0,372 m	560 ± 10 mm Se considera el mayor: 570 mm o 0,570 m	(372 + 20) mm = 392 mm o 0,392 m

Fuente: Norma Técnica Peruana 350.011-1

El ancho del diseño la máquina transportadora es 0,392 m y se fundamenta en el ancho del cilindro de 15 kg, ya que es el cilindro con mayor diámetro. Por ende, en la Tabla 43, se especifican los anchos de los cuatro cilindros con GLP y el significado de los colores de líneas acotadas.

Tabla 43. Ancho de la máquina transportadora con respecto a los productos idóneos para el sistema automatizado



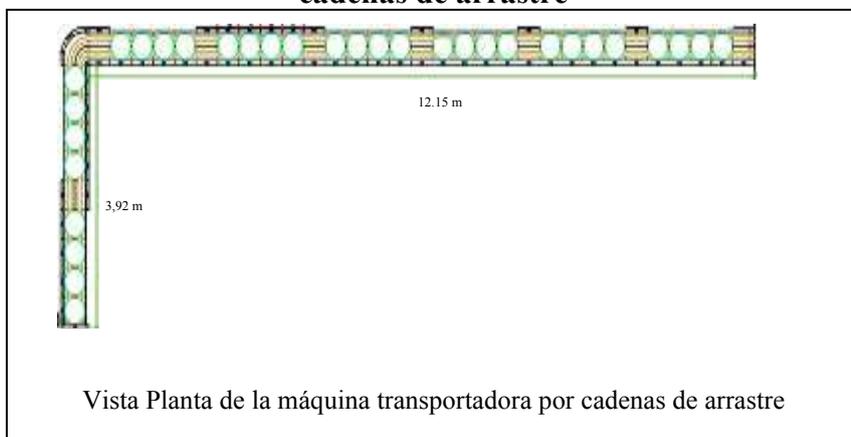
SIGNIFICADO DE CADA LÍNEA	MEDIDA
La línea azul es el ancho del cilindro de 3 kg de GLP	27,50 cm
La línea amarilla es el ancho del cilindro de 5 kg de GLP	27,50 cm
La línea verde es el ancho del cilindro de 10 kg de GLP	33,20 cm
La línea roja es el ancho del cilindro de 15 kg de GLP o el ancho del diseño de la máquina transportadora	39,20 cm

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La longitud de la máquina transportadora es apta para desplazar 41 cilindros de 15 kg de GLP, cuyo valor resultante es 16,07 m. Se considera al cilindro de 15 kg de GLP en el análisis de la longitud de la transportadora, ya que, valga la redundancia, es el cilindro con mayor diámetro o ancho en comparación de los cilindros de 3, 5 y 10 kg de GLP.

Por otro lado, la determinación y selección del modelo del motor de la máquina transportadora por cadenas de arrastre se realiza aplicando las características de la Tabla 44 en los siguientes pasos:

Tabla 44. Características de la máquina transportadora por cadenas de arrastre



Longitud de la transportadora	$L_T = (12,15 + 3,92) \text{ m} = 16,07 \text{ m}$
Factor de seguridad de la cadena	$F_C = 0,2$
Masa métrica de la cadena seleccionada	$W_C = 2,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ (cadena de arrastre modelo C55)
Peso total de la cadena seleccionada	$W_{\text{Total}_C} = W_{TC} * L_T = \left(2,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) * (16,07 \text{ m}) = 47,41 \text{ kg}$
Velocidad del transportador	$V_T = 0,33 \frac{\text{m}}{\text{seg.}}$ o $19,8 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ o $1188 \frac{\text{m}}{\text{h}}$ o $64,94 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$
Capacidad del sistema	$C_T =$ El sistema automatizado envasa GLP en 4 balones durante 47 segundos, entonces la capacidad del sistema es de 306,38 o 306 balones envasados de GLP por hora.
Número de hileras	Presenta 2 hileras
Altura total	Altura total = Altura desde la base de la transportadora hasta el suelo + Altura de barandas de seguridad instaladas en la transportadora. Altura total = 80 cm + 35 cm = 115 cm o 1,15 m
Peso del material transportado	Según la NTP 350.011-1 del año 2004, detalla que el diámetro del cilindro de 10 kg de GLP (balón de cocina) es igual a 312 mm o 0,312 m. Sin embargo, se le da un margen de espacio de 20 mm o 0,02 m. Entonces el peso del material transportado se calcula de la siguiente manera: $M_T = \frac{\text{Peso máximo de balón lleno}}{\text{Diámetro del balón} + \text{margen de espacio}}$ $M_T = \frac{\text{Peso máximo de balón vacío} + \text{Contenino nominal}}{\text{Diámetro del balón} + \text{margen de espacio}}$ $M_T = \frac{10,25 \text{ kg} + 10 \text{ kg}}{0,312 \text{ m} + 0,02 \text{ m}} = 60,99 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ Según la NTP 350.011-1 del año 2004, detalla que el diámetro del cilindro de 15 kg de GLP es igual a 372 mm o 0,372 m. Sin embargo, se le da un margen de espacio de 20 mm o 0,02 m. Entonces el peso del material transportado se calcula de la siguiente manera: $M_T = \frac{\text{Peso máximo del cilindro de 15 kg}}{\text{Diámetro del balón} + \text{margen de espacio}}$ $M_T = \frac{\text{Peso máximo del cilindro de 15 kg vacío} + \text{Contenino nominal}}{\text{Diámetro del balón} + \text{margen de espacio}}$ $M_T = \frac{15,25 \text{ kg} + 15 \text{ kg}}{0,372 \text{ m} + 0,02 \text{ m}} = 77,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Primer paso. Definir la Fuerza de Giro o Carga de Trabajo de la cadena de arrastre

La Fuerza de Giro (P_d) se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$P_d = P \times F_n \times F_p \times F_s$$

A continuación, se realizan los siguientes cálculos:

▪ Tiro de la cadena (P)

Fórmula: $P_T = L_T F_C (2,2 W_C + M_T)$

Para el envasado del cilindro de 10 kg de GLP

$$P_{T1} = (16,07 \text{ m})(0,2) \left(2,2 \times 2,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 60,99 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right)$$

$$P_{T1} = 216,88 \text{ kg}$$

Para el envasado de cilindros de 15 kg de GLP. -

$$P_{T2} = (16,07 \text{ m})(0,2) \left(2,2 \times 2,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 77,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right)$$

$$P_{T2} = 268,88 \text{ kg}$$

▪ Factor de corrección por múltiples hileras (F_n), en este caso la máquina transportadora tiene dos hileras (n).-

$$F_n = \frac{1,2}{\text{número de hileras (n)}} = \frac{1,2}{2} = 0,6$$

▪ Factor de servicio (F_p).-

F_p = Frecuencia de choque x Característica de la cadena de carga x Condiciones atmosféricas x Rango de funcionamiento diario

El Factor de servicio, según la Tabla 45, es:

$$F_p = 1,2 \times 1,5 \times 1 \times 1 = 1,80$$

Tabla 45. Factor de Servicio de las cadenas de metal

Condiciones que afectan la esperanza de vida de la cadena de arrastre		Factor de servicio (F_p)
Frecuencia de choque	Choque poco frecuente	1
	Choque frecuente	1,2
Característica de la carga de la cadena	Carga uniforme o constante	1
	Carga moderada	1,2
	Carga pesada	1,5
Condiciones atmosféricas	Condiciones limpias y temperatura	1
	Condiciones sucias y temperatura	1,2
	Expuesto a la intemperie, muy sucio, abrasivo, ligeramente corrosivo y temperaturas razonablemente altas	1,4
Rango diario de funcionamiento	8 - 10 horas	1
	10 - 24 horas	1,2

Fuente: Webster Industries, Inc.

▪ Factor de velocidad (F_s).

El Factor de velocidad, según la Tabla 46, de las ruedas dentadas del piñón con 24 dientes a una velocidad de $50 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$ es 0,787, pero la máquina transportadora del sistema automatizado en estudio tiene una velocidad de $64 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$. Por ende, el factor de velocidad se calcula mediante la siguiente interpolación:

Velocidad	Factor de velocidad
$50 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$ 0,769
$64,94 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$ F_s
$75 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$ 0,800

$$F_s = 0,7875 = 0,79$$

Tabla 46. Factor de velocidad de las cadenas de metal

Nº de dientes del piñón	Pies por minuto																			
	10	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	400	500	600	700	800	900	1000
6	,917	1,09	1,37	1,68	2,00	2,40	2,91	3,57	4,41	5,65	7,35	10,6	16,7	---	---	---	---	---	---	---
7	,855	,971	1,13	1,27	1,44	1,61	1,81	2,04	2,29	2,60	2,96	3,42	3,95	8,62	---	---	---	---	---	---
8	,813	,909	1,04	1,16	1,26	1,37	1,49	1,63	1,76	1,93	2,10	2,29	2,48	3,62	6,21	---	---	---	---	---
9	,794	,870	,980	1,07	1,17	1,26	1,36	1,45	1,55	1,65	1,76	1,88	2,00	2,56	2,94	4,29	6,09	9,90	---	---
10	,775	,840	,943	1,02	1,09	1,16	1,24	1,31	1,37	1,45	1,53	1,61	1,68	2,03	2,41	2,81	3,31	3,82	4,48	5,37
11	,758	,820	,901	,971	1,03	1,09	1,15	1,22	1,28	1,34	1,40	1,46	1,52	1,78	2,05	2,33	2,63	2,96	3,37	3,82
12	,741	,787	,862	,926	,990	1,05	1,10	1,16	1,21	1,26	1,32	1,37	1,42	1,63	1,84	2,05	2,26	2,51	2,77	3,05
14	,735	,769	,833	,885	,935	,980	1,02	1,07	1,11	1,15	1,19	1,24	1,28	1,47	1,61	1,78	1,94	2,10	2,29	2,48
16	,725	,763	,813	,855	,893	,935	,971	1,01	1,05	1,08	1,12	1,16	1,19	1,34	1,48	1,63	1,77	1,93	2,09	2,28
18	,719	,752	,800	,833	,877	,909	,943	,980	1,01	1,04	1,08	1,11	1,14	1,27	1,40	1,53	1,67	1,80	1,95	2,11
20	,717	,746	,787	,826	,855	,893	,917	,952	,980	1,01	1,04	1,07	1,10	1,22	1,34	1,45	1,57	1,69	1,82	1,96
24	,714	,735	,769	,800	,820	,847	,877	,901	,935	,962	,980	1,01	1,04	1,15	1,26	1,37	1,48	1,56	1,71	1,84

Fuente: Webster Industries, Inc.

▪ Finalmente se reemplaza los valores calculados:

Para el envasado del cilindro de 10 kg de GLP. -

$$P_d = P \times F_n \times F_p \times F_s = (216,88 \text{ kg} \times 0,6 \times 1,80 \times 0,79)$$

$$P_d = 185,04 \text{ kg} \times \frac{2,2046 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 407,94 \text{ lb}$$

Para el envasado de cilindros de 15 kg de GLP. -

$$P_d = P \times F_n \times F_p \times F_s = (268,88 \text{ kg} \times 0,6 \times 1,80 \times 0,79)$$

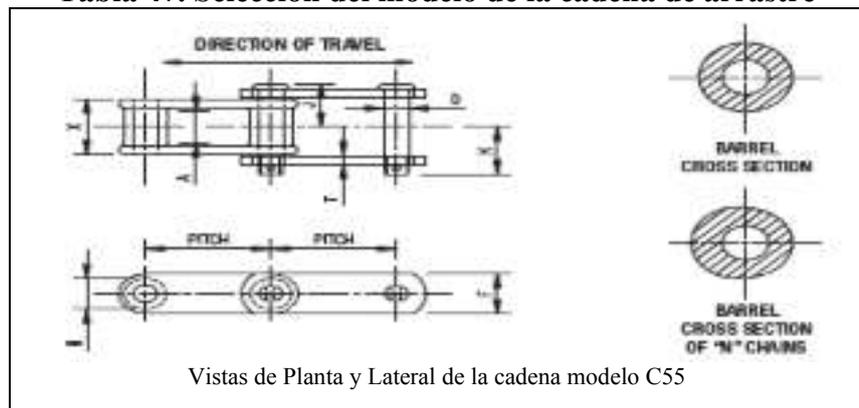
$$P_d = 229,41 \text{ kg} \times \frac{2,2046 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 505,76 \text{ lb}$$

Entonces la fuerza de giro o carga de trabajo del diseño de la máquina transportadora por cadenas de arrastre es 407,94 y 505,76 lb para el análisis de los cilindros de 10 y 45 kg respectivamente. Estos valores corresponden a una hilera de cadena de arrastre de la máquina transportadora, pero como la máquina tiene dos unidades, la carga de trabajo se divide equitativamente.

Segundo paso. Selección de la cadena

Se selecciona la cadena de arrastre y de carga pesadas modelo C55, cuya carga máxima de trabajo, como se muestra en la Tabla 47, es 1 370 lb y mayor a 503,84 lb de carga máxima de giro o de trabajo demandada de la máquina transportadora del sistema automatizado.

Tabla 47. Selección del modelo de la cadena de arrastre



Vistas de Planta y Lateral de la cadena modelo C55

CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES

Números de la cadena	Pulgadas de paso promedio	Resistencia media al paso final (lb)	Carga de trabajo nominal (lb)	Dimensiones en pulgadas							Números de archivos adjuntos comunes		
				Longitud del barril o cañon	Altura de la barra lateral	Ancho máximo del piñon permitido	Diámetro del pin	Diámetro nominal del barril o cañon	Extremo del pasador a la línea central desmontable de la chaveta	Cabeza o remache del pin a la línea central	Espeor de la barra lateral	Enlace bloqueado	Barra lateral
				X	F	A	D	H	K	J	T		
C55	1.631	11 250	1 370	1.14	3/4	1.332	3/8	23/32	1.132	31/32	3/16		
N77	2.308	13 750	1 640	1.14	7/8	1.116	4/9	23/22	1.532	1	3/16	F2	K1
N102B	4.000	30 000	5 000	2.78	1 1/2	1.1516	5/8	1	2.316	2.1/16	3/8	K2	K2, S1
N102 1/2	4.040	45 000	6 600	2.1516	1.34	1	3/4	1.3/8	2.3/8	2.1/8	3/8	A42, P2, G6, K2, K3, K22	A42, F2, K2, K3, K22, S1
N110	6.000	30 000	5 000	2.78	1 1/2	1.1516	5/8	1.14	2.8/16	2.1/16	3/8	A53, F22-10, K2	A42, F1, F2, F4, F24, K2
N111#	4.760	45 000	7 500	3.38	1.34	2.3/8	3/4	1.7/16	2.12/32	2.11/32	3/8	F2, K2, K22	F2, K1, K2, K22, S1
N111SPC#	4.760 7.240	45 000	7 500	3.38	1.34	2.3/8	3/4	1.7/16	2.19/32	2.11/32	3/7	F2, K2	K2
N131	3.075	30 000	3 750	2	1 1/2	1.1/8	5/8	1.14	1.12/16	1.5/8	3/8	F2, G6, K1, K2	A42, G19, K1, K2, S1
N132#	6.050	62 500	10 400	4.2/8	2	3.1/8	1	1.34	3.7/32	3.1/32	1/2	K2, RF14	F2, K1, S1
C188	2.609	17 500	2 340	1.9/16	1.1/8	1.5/16	1/2	7/8	1.11/32	1.7/32	1/4	F2, G6, G19, G19SPC, K1, K2, K22	A22, A42, G27, K1, K2, K1K2, K22S1

*Se ha seleccionado la cadena C55, ya que presenta una Carga de Trabajo de 1 750 lb.

Fuente: Webster Industries, Inc.

La cadena de arrastre modelo C55 pertenece a la clase de cadenas de carga o también llamadas de bancos de fuerza y al tipo de cadenas de bloques, cuya función es transmitir elevados niveles de esfuerzos mediante su selección mayor y resistente en comparación a las cadenas de transmisión convencionales. Asimismo, en la Tabla 47, se detalla las medidas de las dimensiones de la cadena modelo C55, las cuales son:

- El largo del paso de la cadena es 1,63 pulg. o 41,40 mm.
- El ancho del paso de la cadena o ancho máximo del piñón permitido (A) es 1,09 pulg o 27,69 mm.
- La longitud del barril o cañón (X) es 1,25 pulg o 31,75 mm.
- La altura de la barra lateral (F) es 0,75 pulg o 19,05 mm.
- El ancho de la barra lateral (T) es 0,19 pulg o 4,83 mm.
- El diámetro del pin (D) es 0,38 pulg o 9,65 mm.
- El ancho de la cadena (J + K) = (0,97 + 1,03) pulg = 2 pulgadas o 50,80 mm.

Por otro lado, se muestran las características de las cadenas de arrastre modelo C55 en la Tabla 48.

Tabla 48. Características de la cadena de arrastre modelo C55



CARACTERÍSTICAS DE LA CADENA DE ARRASTRE MODELO C55	
Modelo	C55
Marca	Webster
Tipo de material	Hierro fundido
Moldeado / Estilo	Forja
Certificación	CE
Tratamiento de superficies	Recubrimiento de Zinc
Masa métrica	2,95 $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ (Se asume la cadena de arrastre modelo C55)
Carga máxima de trabajo y peso	Carga máxima de trabajo = 1 370 lb o 621,43 kg; se le considera carga, pero su correcta denominación es masa. Peso = 6 090,01 N
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	<p>Se requieren dos hileras de cadena.</p> <p>Longitud total de una hilera de cadena = La longitud de los dos pisos de la máquina transportadora + Longitud media de la circunferencia del piñón + Longitud media de la circunferencia de las tres poleas + Longitud de la distancia entre el piñón y la primera polea + Longitud de la distancia entre la primera y la segunda polea + Longitud de la distancia entre la segunda polea hacia la transportadora + 1 m de margen.</p> <p>$L_{\text{pisos}} = (2 \text{ pisos}) \left(\frac{(12,15 + 3,92) \text{ m}}{1 \text{ piso}} \right) = 32,14 \text{ m}$</p> <p>$L_{\text{media circunferencia de piñón}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{2} = \pi \times 0,421 \text{ m}$ $L_{\text{media circunferencia de piñón}} = 1,32 \text{ m}$</p> <p>$L_{\text{media circunferencia de las poleas}} = (4 \text{ pol.}) \left(\frac{2 \cdot \pi (0,127 \text{ m})}{2 (1 \text{ pol.})} \right) =$ $L_{\text{media circunferencia de las poleas}} = 1,60 \text{ m}$</p> <p>$L_{\text{distancia entre piñón a la primera polea}} = 0,20 \text{ m}$</p> <p>$L_{\text{distancia entre la primera polea a la segunda}} = 0,30 \text{ m}$</p> <p>$L_{\text{distancia entre el segundo rodamiento hacia transportadora}} = 0,30 \text{ m}$</p> <p>Entonces: Longitud total de la hilera = 35,86 m + 1 m de margen</p> <p>Cantidad requerida = (2 hileras) $\left(\frac{36,86 \text{ m}}{1 \text{ hilera}} \right) = 74 \text{ m}$</p>

Fuente: Webster Industries, Inc.

Tercer paso. Selección del eje

El eje seleccionado es barra redonda de acero de tipo SAE 1045, cuyas características y dimensiones, como se muestra en la Tabla 49, son las siguientes:

Tabla 49. Características y dimensiones de la barra redonda y sólida de acero

		
Vista del producto		
CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES		
Nombre de modelo	Barra redonda, sólida, lisa y pulida	
Marca	Aceros Arequipa	
Tipo del material	Acero SAE 1045	
Usos	Pernos y tuercas por recalado en caliente o mecanizado, ejes, pines, pasadores, etc.	
Características de compra	Longitud de compra de la barra: 6 m Kilogramos de compra de la barra: 149,162 kg Diámetro seleccionado: 2,50 pulg. o 63,50 mm Masa métrica: 24,86 kg/m	
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 barra redonda sólida, cuya longitud es 0,592 m de longitud y tiene una masa de 14,72 kg	
Peso requerido	144,26 N	
Propiedades Físicas	Dureza	163 HB (HRb)
	Esfuerzo de Fluencia	310 MPa (45 000 PSI)
	Esfuerzo Máximo	565 MPa (81 900 PSI)
	Elongación	16% en 50 mm
	Reducción de Área	40%
	Módulo de Elasticidad	200 GPa (29 000 KSI)
	Maquinabilidad	57%
	Calor Específico	460 J/ (kg * °K)
	Densidad	7,87 g/cm ³
	Conductividad Térmica	52 W/ (m * °C)
Coeficiente de Poisson	0,3	

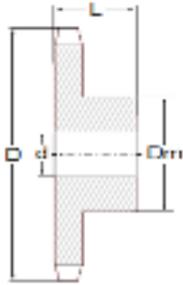
Fuente: Corporación Aceros Arequipa

Cuarto paso. Selección del piñón

La selección del piñón está relacionada con la medida del largo del paso de las cadenas y con el diámetro del eje o barra redonda sólida, ya que la medida del paso del piñón debe ser igual o un poco menor a la medida del largo del paso de las cadenas (1,63 pulg o

41, 40 mm) y el diámetro del eje del piñón debe ser mayor o igual al diámetro de la barra redonda sólida (63,50 mm). Por ende, en la Tabla 35, se ha seleccionado el piñón con medida de paso de 1,75 pulg o 44,45 mm y con 3,05 mm mayor de la medida del largo del paso de las cadenas, ya el valor es el más próximo al requerido. Asimismo, como se muestra en la Tabla 50, el diámetro del eje del piñón es 63,50 mm, cuya medida es igual al diámetro de la barra redonda de acero y permite la instalación exacta entre ambos componentes.

Tabla 50. Características y dimensiones del piñón de acero

					
Vista del producto		Vista Transversal			
CARACTERÍSTICAS					
Nombre del modelo	Piñón de 44,45 mm de paso				
Marca	TransLink				
Tipo de material	Acero negro convencional con tratamiento térmico				
Nº de dientes requerido	28 dientes				
Masa	28,21 kg				
Peso	276,46 N				
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	2 unidades; una para cada hilera de la cadena				
DIMENSIONES					
Medida de la longitud del paso del piñón	Diámetro de piñón (D)	Diámetro del cubo o buje del piñón (Dm)	Longitud del lado transversal del pinón (L)	Diámetro del eje del piñón (d)	Ancho del diente
41,40 mm	421,13 mm	158,75 mm	76,20 mm	63,50 mm	50,80 mm

Fuente: TransLink Power Transmission

Por último, el número de dientes del piñón está relacionado con el factor del mismo y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Factor del piñón} = \frac{\text{Diámetro del piñón}}{\text{Paso de la cadena}} = \frac{421,13 \text{ mm}}{44,45 \text{ mm}} = 9,54$$

Entonces, como se muestra en la Tabla 51, el piñón requiere entre 28 y 29 dientes; cuyo factor correspondiente es el más próximo al obtenido.

Tabla 51. Factor del piñón con respecto al número de dientes

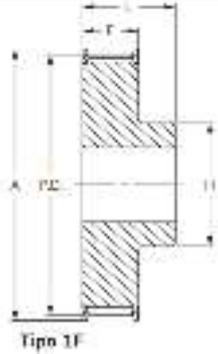
Número de dientes	Factor del piñón	Número de dientes	Factor del piñón	Número de dientes	Factor del piñón	Número de dientes	Factor del piñón
6	2,000	14	4,494	22	7,027	30	9,557
7	2,305	15	4,810	23	7,344	31	9,884
8	2,613	16	5,126	24	7,661	32	10,202
9	2,924	17	5,442	25	7,979	33	10,520
10	3,236	18	5,759	26	8,296	34	10,838
11	3,550	19	6,076	27	8,614	35	11,156
12	3,864	20	6,392	28	8,931	36	11,474
13	4,179	21	6,710	29	9,249	---	---

Fuente: Webster Chain

Quinto paso. Selección de poleas

La polea es el elemento estático instalado en la parte inferior del sistema de transmisión de la máquina transportadora, cuya función es guiar y soportar a las cadenas para permitir su desplazamiento. Asimismo, el diámetro del eje de la polea, como se muestra en la Tabla 52, es 60 mm, cuya medida es 3,50 mm menor al diámetro de la barra redonda de acero. Ante ello, se requiere la disminución de 3,50 mm de diámetro del eje de la barra para la precisa instalación entre ambos componentes. Cabe detallar que la barra redonda y sólida de acero de 6 m de longitud también puede ser cortada y utilizada para la instalación estática de las poleas con la estructura de la máquina transportadora.

Tabla 52. Características y dimensiones de la polea

										
Vista del producto		Vista Transversal								
CARACTERÍSTICAS										
Nombre del modelo		Polea sincrónica HiTD de 50 mm de ancho de correa y 60 mm de diámetro interior								
Marca		SKF								
Tipo de material		Acero Inoxidable								
Nº de dientes requerido		52 dientes								
Masa		4,65 kg								
Peso		45,57 N								
Código de fabricación		PHP 52-8M-50RSB								
Cantidad necesaria para el sistema automatizado		8 unidades								
DIMENSIONES (mm)										
Ancho de correa (mm)	Diámetro			Tipo	Orificios		Otras dimensiones (mm)			
	P.D. (mm)	O.D. (mm)	A (mm)		Min. (mm)	Máx. (mm)	F	K y M	L	H
50	127,32	125,95	140	1F	18	60	60	-	70	90

Fuente: SKF, Svenska Kullagerfabriken AB

Sexto paso. Selección de la chumacera

La chumacera u horquilla es la pieza de metal con una muesca en que descansa y gira el eje o barra redonda y sólida de metal. Asimismo, las partes de la chumacera seleccionada se detallan en la Figura 71.

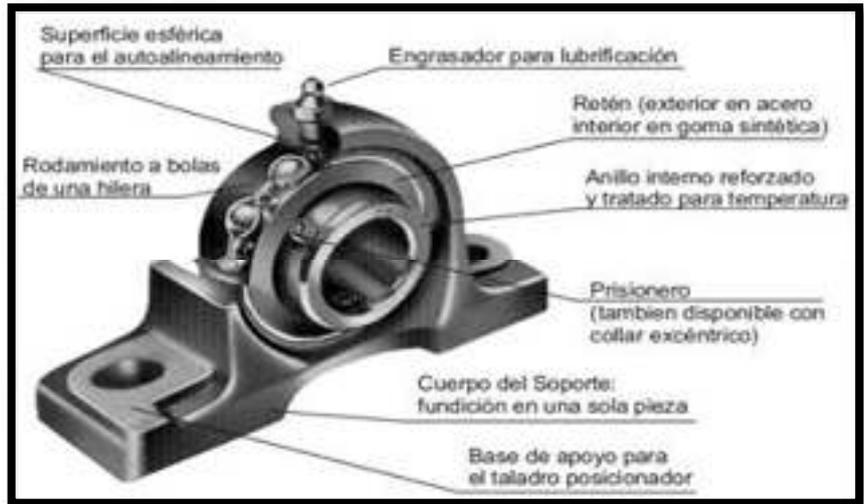


Figura 71. Partes de la chumacera seleccionada
Fuente: SKF, Svenska Kullagerfabriken AB

A continuación, el diámetro del eje de la chumacera, como se muestra en la Tabla 53, es 63,50 mm, cuya medida es igual al diámetro de la barra redonda de acero.

Tabla 53. Características y dimensiones de la chumacera

Vista Frontal		Vista de Transversal									
CARACTERÍSTICAS											
Nombre del modelo	Chumacera de tipo puente, 63,50 mm de diámetro de eje, manguito con fijación y con alojamiento de acero fundido										
Marca	SKF										
Tipo de material	Acero Inoxidable										
Código de fabricación	UKP315D1; H2315 D										
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	2 unidades										
DIMENSIONES											
Eje	Dimensiones del soporte (mm)										Tamaño del perno
	H	L	J	A	N	N ₁	H ₁	N ₂	B ₁	L ₁	
2 ½ pulg. o 63,50 mm	100	3	2	1	2	40	35	198	73	110	M22

Fuente: SKF, Svenska Kullagerfabriken AB

Sétimo paso. Carga máxima desplazada por el rotor y el eje hueco del motor

El funcionamiento integrado del rotor y el eje hueco del motor de la máquina transportadora por cadenas de arrastre tiene que estar apto para mover la fuerza total acumulada de la carga de trabajo de la cadena C55, la fuerza de la barra sólida y redonda de acero, y las fuerzas de los dos piñones, cuyos valores son los siguientes:

- Carga de trabajo total de la cadena de ambas hileras en el análisis del cilindro de 15 kg: $\left(\frac{228,54 \text{ kg}}{2 \text{ hileras}}\right) \times \left(9,80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 1\,119,85 \text{ N}$
- Peso unitario del eje redondo y sólido de acero = 144,26 N
- Peso unitario del piñón = 276,46 N

El peso máximo, carga máxima o fuerza total acumulada y soportada por el rotor y el eje hueco del motor de la máquina transportadora por cadena de arrastre es también llamado como Esfuerzo Cortante máximo (E.C. máx.), cuyo valor, como se muestra en la Tabla 54, es 1 817,03 N.

Tabla 54. Carga máxima soportada por el rotor y el eje del motorreductor

Componentes rotados por el rotor y el eje del motor de la máquina transportadora	Peso o Carga unitaria (N)	Cantidad requerida para el sistema automatizado	Peso o Carga máxima (N)
Cadena C55	1 119,85	2 hileras	1 119,85
Barra redonda de acero	144,26	1 barra	144,26
Pinón	276,46	2 piñones	552,92
PESO TOTAL			1 817,03

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Entonces, la fuerza total acumulada soportada por el rotor y el eje hueco del motor de la máquina transportadora por cadena de arrastre es 408,76 lb o 185,41 kg. Esto significa que el motor requiere estar apto para ejecutar un esfuerzo torsor o torque de 185,41 kg a $19,80 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ de velocidad de desplazamiento de la máquina transportadora.

$$E.C. \text{ máx.} = \frac{1\,817,03 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2}}{9,80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \times \frac{2,2046 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 408,76 \text{ lb}$$

Octavo paso. Comprobación si el eje o barra sólida y redonda de acero SAE 1045, seleccionado anteriormente, es apto para soportar las fuerzas producidas por las cadenas y por los dos piñones

El motorreductor eléctrico de 29,50 HP (22 kW), funcionando a 99,25 RPM y 3,41 Hz, ejerce un par de torsión o una fuerza torsional sobre un eje de acero ABCD de $2\ 115,82\ \text{N} \times \text{m}$ ($215,90\ \text{kg} \times \text{m}$); valor calculado en la página 182. Sin embargo, en la página anterior se especifica que la sumatoria de las fuerzas torzales de las cadenas, el eje y los dos piñones (T), como se muestra en la Figura 72, es $1\ 817,03\ \text{N} \times \text{m}$ ($185,41\ \text{kg} \times \text{m}$); valor considerado para el siguiente análisis. Asimismo, las especificaciones del diseño requieren que el diámetro del eje o barra redonda de Acero SAE 1045 sea uniforme desde del extremo A hasta el extremo D y que el ángulo de giro entre no exceda $1,5^\circ$. Cabe mencionar que, según la ficha técnica del eje mostrada anteriormente, el esfuerzo cortante máximo del tipo de acero seleccionado debe ser menor o igual a 565 MPa y que el Módulo de Elasticidad (G) es 200 GPa.

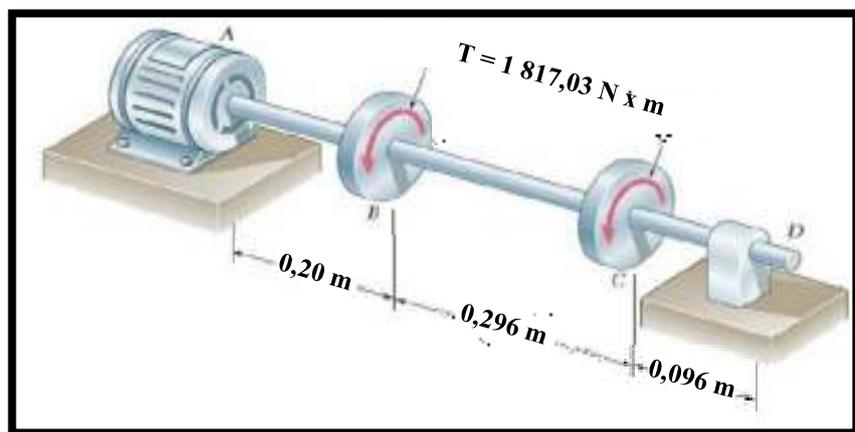


Figura 72. Fuerzas en el eje o barra sólida de acero
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

A continuación, se especifica el procedimiento de comprobación si el eje o barra sólida y redonda de acero SAE es apto para soportar las fuerzas producidas por las cadenas y los dos piñones, el cual ha sido determinado en los capítulos 3 y 5 de los

libros titulados Mecánica de Materiales [30] y [31] respectivamente.

Primero, se prosigue con el cálculo del esfuerzo de corte por torsión mediante la siguiente fórmula:

$$\tau_{\text{permisible}} = \frac{T \times c}{J} = \frac{T \times c}{\frac{\pi}{2} \times c^4} = \frac{2 \times T}{\pi c^3} \text{ o } c^3 = \frac{2 \times T}{\pi \times \tau_{\text{permisible}}}$$

Reemplazando tenemos que:

$$c^3 = \frac{2 \times (1\,817,03 \text{ N x m})}{\pi \times (565 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}, \text{ entonces: } c = 0,0127 \text{ m}$$

Asimismo, el diámetro (dado en mm) se calcula de la siguiente manera:

$$d = 2c = 2 \times 0,0127 \text{ m} \times \frac{1\,000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = 25,40 \text{ mm}$$

Por otro lado, se prosigue con el cálculo de la deformación angular mediante la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{T \times L}{G \times J}$$

El ángulo de giro entre el extremo A y el extremo D del eje (ϕ_{AD}) es $3,6^\circ$ (valor recomendado por expertos en empresas metalmecánicas).

$$\phi_{AD} = 3,60^\circ \times \frac{\pi \times \text{rad}}{180^\circ} = 0,0628 \text{ rad}$$

Por consiguiente, el ángulo de giro entre el extremo A y el extremo D se iguala a la sumatoria de las deformaciones parciales entre los puntos AB, BC y CD ($\phi_{AD} = \phi_{AB} + \phi_{BC} + \phi_{CD}$).

Donde:

$$\phi_{AB} = \frac{T_{AB} \times L_{AB}}{G \times J} = \frac{(1\,817,03 \text{ N x m}) \times (0,296 \text{ m})}{(200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}) \times (\frac{\pi}{32} \times d^4)}$$

$$\phi_{AB} = \frac{2,7392 \times 10^{-8}}{d^4}$$

$$\phi_{BC} = \frac{T_{BC} \times L_{BC}}{G \times J} = \frac{(1\,817,03 \text{ N x m}) \times (0,20 \text{ m})}{\left(200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) \times \left(\frac{\pi}{32} \times d^4\right)}$$

$$\phi_{BC} = \frac{1,8508 \times 10^{-8}}{d^4}$$

$$\phi_{CD} = \frac{T_{CD} \times L_{CD}}{G \times J} = \frac{(1\,817,03 \text{ N x m}) \times (0,096 \text{ m})}{\left(200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) \times \left(\frac{\pi}{32} \times d^4\right)}$$

$$\phi_{CD} = \frac{88,84 \times 10^{-8}}{d^4}$$

Entonces:

$$0,0628 \text{ rad} = \frac{2,7392 \times 10^{-8}}{d^4} + \frac{1,8508 \times 10^{-8}}{d^4} + \frac{88,84 \times 10^{-8}}{d^4}$$

$$0,0628 \text{ rad} = \frac{93,43 \times 10^{-8}}{d^4} \quad \text{o} \quad d = 0,06211 \text{ m} = 62,11 \text{ mm}$$

El diámetro recomendado para el eje es 62,11 mm. Sin embargo, el eje seleccionado es de 63,50 mm, valor más que suficiente para soportar las fuerzas producidas por las cadenas y por los dos piñones. Por último, se comprueba si el eje con este diámetro no es apto a fallas por corte.

$$\tau_{\text{permisible}} = \frac{T \times c}{J} = \frac{T \times \left(\frac{d}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \times d^4} = \frac{16 \times T}{\pi \times d^3}$$

$$\tau_{\text{permisible}} = \frac{16 \times (1\,817,03 \text{ N x m})}{\pi \times (63,50 \text{ mm})^3} \times \frac{(1000 \text{ mm})^3}{(1 \text{ m})^3}$$

$$\tau_{\text{permisible}} = 36,14 \text{ MPa}$$

El eje o barra redonda, sólida, lisa y pulida de Acero SAE 1045 es de 63,50 mm de diámetro y tiene un esfuerzo máximo cortante de 36,14 MPa, valor menor a los 565 MPa del material. De esta manera se comprueba, que el eje seleccionado de 63,50 mm de diámetro y de 0,592 m o 59,20 cm de longitud es idóneo para soportar esfuerzos dinámicos cortantes durante el funcionamiento de la máquina transportadora por cadenas de arrastre.

Décimo y último paso. Selección del motorreductor

El Gas Licuado de Petróleo es un producto inflamable y, para evitar futuros escenarios de explosiones e incendios, se opta en seleccionar un motorreductor para el funcionamiento de las cadenas de arrastre C55 de las máquinas transportadoras, el cumplimiento de la Norma Internacional CEI IEC 60079-14; titulada “Aparatos eléctricos para atmósfera potencialmente explosivas”, y el cuidado de los operarios que laboran en la Plataforma de envasado de la empresa.

Por consiguiente, como se muestra en la Tabla 55, se ha seleccionado el motorreductor de categoría 2GD, ya que en esta categoría la conforman las máquinas y equipos antiexplosivos en zonas o procesos intermitentes con peligro de explosión en presencia de mezclas de aire-gas o aire-polvo. Cabe mencionar que este tipo de zonas son denominadas como zonas 1/21.

Tabla 55. Zonas de protección de máquinas y equipos

ZONAS DE PROTECCIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS					
Gas (G)			Polvo (Dust-D)		
EPL	Categoría	Uso en zona	EPL	Categoría	Uso en zona
Ga	1G	0 (Continuo, frecuente o por largos periodos)	Da	1D	20
Gb	2G	1 (Intermitente en operaciones normales)	Db	2D	21
Gc	3G	2 (Ocasional o por periodos largos)	Dc	3D	22

Fuente: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG

El motorreductor seleccionado pertenece al tipo de motorreductores de tornillo sin fin antiexplosivos, ya que, valga la redundancia, es un conjunto integrado por el reductor de tornillo sin fin y el motor de corriente alterna. Este modelo de motorreductor es de marca SEW-EURODRIVE y es asíncrono trifásico de 29,50 HP (22 kW) con frecuencia de 60 Hz (frecuencia peruana) en tensiones eléctricas nominales de 220, 380 y 440 V, cuya velocidad de sincronismo es de 1 800 RPM, ya que presenta 4 polos.

La velocidad en RPM está ligada a la frecuencia de alimentación y al número de polos de la relación, cuya fórmula y ejecución son las siguientes:

$$n = \frac{120 \times f \times (1 - s)}{p}$$

Donde:

- n = Velocidad de sincronismo en revoluciones por minuto (RPM)
- f = Frecuencia de la red de alimentación = 60 Hz (Frecuencia peruana)
- p = Número de polos
- s = Factor de desplazamiento para motores asíncronos, como se muestra en la Tabla 56, tiene un rango entre 3 a 7 %. Cabe decir que el motor es de 29,50 HP o 22 kW y que el factor de desplazamiento está relacionado con la potencia del motor, ya que a mayor potencia el valor del factor es menor y viceversa.

Tabla 56. Relación potencia del motor – Factor de desplazamiento

Potencias del motor (HP)	Factor de desplazamiento (%)
0 < X < 1	7
1 ≤ X < 2	
2 ≤ X < 3	6
3 ≤ X < 4	5
4 ≤ X < 5	4
5 ≤ X	3

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Entonces:

$$n = \frac{120 \times (60 \text{ Hz}) \times (1 - 0,03)}{4 \text{ polos}} = 1\,746 \text{ RPM}$$

El factor de desplazamiento considerado es de 3 %, ya que la potencia del motorreductor es de 29,50 HP (22 kW). Por ende, el motorreductor de 4 polos tiene una velocidad de diseño de 1 800 RPM, pero este valor es de la velocidad de sincronismo. En el funcionamiento normal, el rotor y el eje del motor en giro solidario presentan velocidad nominal inferior de 1 746 RPM. Es por ello, que a este tipo de motores se les denominan asíncronos debido a que la velocidad de giro (1 746 RPM) es inferior a la

velocidad de sincronismo respectiva (1 800 RPM). Además, se procede al cálculo de la velocidad nominal, de salida o de giro del reductor; el cual es el cociente de la relación entre velocidad nominal del motor (1 746 RPM) y el índice de reducción (19,23; valor obtenido de la ficha técnica del motorreductor de 29,50 HP de la marca SEW-EURODRIVE).

$$\text{Velocidad de salida}_{\text{reductor}} = \frac{\text{Velocidad nominal}_{\text{motor}}}{\text{Índice de reducción}}$$

$$\text{Velocidad de salida}_{\text{reductor}} = \frac{1\,746 \text{ RPM}}{19,23} = 90,80 \text{ RPM}$$

No obstante, el valor obtenido de la velocidad nominal o de giro del motor de la ficha técnica del motorreductor de 5,36 HP de la marca SEW-EURODRIVE es 1 767 RPM.

$$\text{Velocidad de salida}_{\text{reductor}} = \frac{1\,767 \text{ RPM}}{19,23} = 91,89 \text{ RPM}$$

Posteriormente, se ejecuta el cálculo del par o fuerza torsional del motorreductor seleccionado para comprobar si este dispositivo es idóneo en dar vuelta a una masa de 209,30 kg colgada a un eje o barra redonda y sólida de acero de 0,432 m y atornillada a la flecha de salida; como se muestra en la Figura 73.

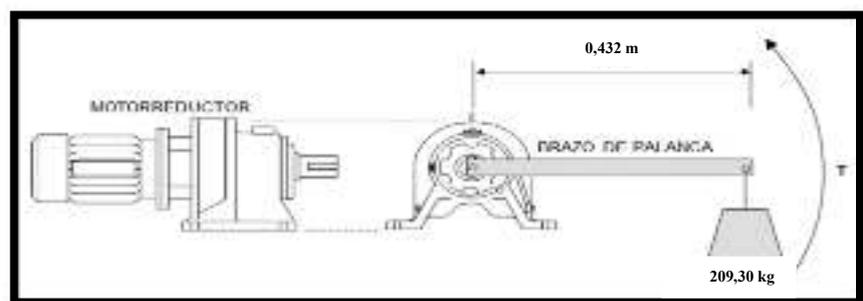


Figura 73. Fuerza torsional para dar vuelta a una masa de 209,30 kg colgada a un eje o barra redonda y sólida de acero de 0,432 m y atornillada a la flecha de la salida

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

$$\text{Fuerza}_{\text{torsial}}(T) = \frac{\text{Potencia del motor} \times 716}{\text{Velocidad de salida}_{\text{reductor}}}$$

$$\text{Fuerza}_{\text{torsial}}(T) = \frac{29,50 \text{ HP} \times 716}{91,89 \text{ RPM}} = 229,86 \text{ kg} \times \text{m}$$

El motorreductor de 29,50 HP (22 kW) y con velocidad de salida de 91,89 RPM tiene fuerza torsional o par capaz de dar vuelta a una masa de 229,86 kg colgada a un eje o barra redonda y sólida de acero de 0,432 m y atornillada a la flecha de salida. Sin embargo, se requiere que el motorreductor de vuelta a una masa de 209,30 kg a $19,80 \frac{\text{m}}{\text{min}}$, ya que es la velocidad idónea para el proceso de envasado automatizado de GLP en balones. Es por ello que se prosigue al cálculo de las RPM necesarias para el proceso de envasado de GLP en balones debido que ellas determinan la velocidad de desplazamiento de la máquina transportadora por cadenas de arrastre. Cabe mencionar que el motorreductor rota al eje o barra redonda y sólida de acero; el cual mueve a los dos piñones para el desplazamiento de las hileras de las cadenas de arrastre C55 de la máquina transportadora. El diámetro de la barra redonda y sólida de acero es 0,0635 m. Por ende, la fórmula y obtención de la velocidad necesaria de sincronismo (RPM) son las siguientes:

$$\text{RPM} = \frac{\text{Velocidad}_{\text{transportadora}}}{\pi \times \text{Diámetro del eje}} = \frac{19,80 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{\pi \times (0,0635\text{m})} = 99,25 \text{ RPM}$$

El motorreductor seleccionado entrega una velocidad de sincronismo de 1 800 RPM, pero se requiere 99,25 RPM para mover las dos hileras de las cadenas de arrastre C55 de la máquina transportadora. Ante ello, se opta disminuir la velocidad mediante un convertidor de frecuencia o variador de frecuencia, cuyas ventajas de uso son: Incrementa la vida útil del motor, reduce el consumo de energía eléctrica, fomenta el ahorro en mantenimiento y brinda la posibilidad de configurarla con cualquier PLC o manualmente.

La determinación de la frecuencia necesaria para mover las cadenas C55 de la máquina transportadora se obtiene mediante la siguiente fórmula y ejecución:

$$f = \frac{n \times p}{120 \times (1 - s)} = \frac{99,25 \text{ RPM} \times 4 \text{ polos}}{120 \times (1 - 0,03)} = 3,41 \text{ Hz}$$

La frecuencia necesaria es 3,41 Hz y la frecuencia de la red de alimentación es de 60 Hz (Frecuencia peruana). Ante ello, la frecuencia tiene que disminuir 56,59 Hz mediante la configuración del variador de frecuencia con un PLC o manualmente.

A continuación, se determina la fuerza torsional o par idónea del motorreductor de 29,50 HP con respecto a los 99,25 RPM y 3,41 Hz requeridos para una velocidad de desplazamiento de la máquina transportadora por cadenas de arrastre de $19,80 \frac{\text{m}}{\text{min}}$. Para ello, se ejecuta los siguientes cálculos:

- Primero, se convierte la potencia del motorreductor en unidades HP a $\frac{\text{pies} \times \text{lb}}{\text{s}}$:

$$\text{Potencia} = 29,50 \text{ HP} \times \frac{550 \frac{\text{pies} \times \text{lb}}{\text{s}}}{1 \text{ HP}} = 16\,225 \frac{\text{pies} \times \text{lb}}{\text{s}}$$

- Segundo, se obtiene la velocidad angular del motorreductor seleccionado:

$$V. \text{ angular} = 99,25 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \times \text{rad}}{\text{rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 10,39 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

- Finalmente, se obtiene la fuerza torsional o par suficiente del motorreductor:

$$\text{Torque} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Velocidad angular}} = \frac{16\,225 \frac{\text{pies} \times \text{lb}}{\text{s}}}{10,39 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$\text{Torque} = 1\,561,60 \text{ pies} \times \text{lb} \times \frac{0,3048 \text{ m}}{\text{pie}} \times \frac{1 \text{ kg}}{2,2046 \text{ lb}}$$

$$\text{Torque} = 215,90 \text{ kg} \times \text{m}$$

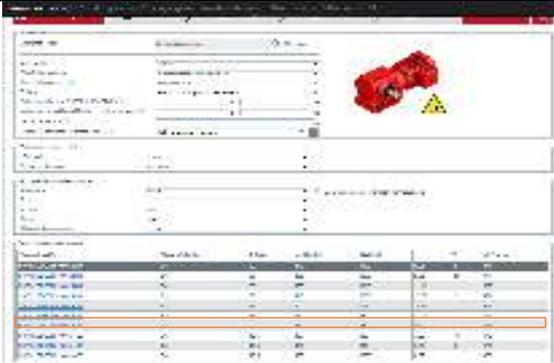
La fuerza torsional o torque del motorreductor de 29,50 HP a 99,25 RPM (velocidad necesaria para el proceso de envasado de GLP en balones) es 215,90 kg x m. De esta manera se comprueba que el motorreductor seleccionado es apto para mover la masa de 185,41 kg (masa obtenida de los 1 817,03 N de fuerza total

acumulada entre el eje, las dos hileras de cadenas y los dos piñones). Cabe decir que ubicación de la instalación del motorreductor es en el lado extremo terminal inferior y a distancia lateral de 0,20 metros de la máquina transportadora por cadenas de arrastre.

Por último, las características y dimensiones del motorreductor seleccionado se especifican en la Tabla 57.

Tabla 57. Características y dimensiones del motorreductor seleccionado

Nombre del modelo	Motorreductor asíncrono de tornillo sin fin antiexplosivo	
Simbología eléctrica		
Marca	SEW-EURODRIVE	
Denominación	S97/II2GDEDRN180L4/3D	
	Tipo o diseño de reductor	Reductor S (dos etapas)
	Tamaño de reductor	97
	Categoría	II2GD (Zona de uso 1/21)
	Tipo o diseño de motor	EDR
	Tamaño de motor	N180L4
Aprobación	ATEX	
Tipo de motorreductor	Asíncrono trifásico (corriente alterna)	
Ventajas	Integración de la seguridad	Cumplen con la certificación ATEX para las categorías de aparatos II2GD y II3GD.
	Suavidad de marcha	Por su diseño de dos etapas, ofrece una marcha suave y amortiguada con bajo nivel de ruidos y alto grado de rendimiento.
	Construcción compacta	De ejes perpendiculares y al poco espacio requerido.
Potencia del motor	29,50 HP (22 kW)	
Tensión eléctrica	60 Hz (tensión peruana)	
Voltaje	220/ 380/ 440 V AC	
Número de polos	4 polos	
Factor de desplazamiento	3%	
Velocidad de sincronismo	1 800 RPM	

Velocidad nominal, de salida o giro del motor	1 767 RPM	
Índice de reducción	19,23	
Velocidad de salida del reductor	91,89 RPM	
Fuerza torsional o par máximo	229,86 kg * m	
Velocidad necesaria de sincronismo	99,25 RPM	
Frecuencia necesaria	3,41 Hz	
Frecuencia que se tiene que disminuir	56,59 Hz	
Factor de potencia	0,84	
Factor de servicio	1	
Factor de duración	S1 - 100%	
Eficiencia	95%	
Clase con eficiencia internacional (IE)	IE3 - Eficiencia Premium	
Clase de temperatura	T120C	
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad	
Ficha Técnica	 <p>Modelo de motorreductor seleccionado</p>	
Diseño	Posición de montaje	M4 
	Tipo integrado	SA = Eje hueco 
	Eje hueco	2,75 pulg o 69,85 mm de diámetro. Cabe mencionar que el diámetro de la barra sólida y redonda de acero es 63,50 mm de diámetro. Por ende se deja 6,35 mm para la instalación, ajuste y aseguramiento de la barra o eje con la chaveta del rotor del motor. 

	Posición del eje	A 
	Brazo de par	Ninguno 
	Posición de conexión /caja de bornas	180° 
	Entrada de cable / Posición de conector	3 
Vista del producto		 Vista Isométrica
Cantidad necesaria para el sistema automatizado		1 unidad, ya que tiene la capacidad de desplazar la barra sólida de acero o eje, los dos piñones y las dos hileras de cadenas de arrastre de la máquina transportadora

Fuente: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG

Por último, se procede al cálculo de la intensidad de corriente eléctrica nominal del motorreductor trifásico de 59,50 HP (22 kW) con tensión nominal de 220 V (tensión de la empresa Sipán Gas E. I. R. L.), factor de potencia de 0,84 y 1,10 de factor de servicio, cuya fórmula y ejecución es la siguiente:

$$\text{Intensidad}_{\text{nominal}} = \frac{\text{Potencia del motor}}{\sqrt{3} \times \text{Tensión} \times \text{Factor}_{\text{potencia}}} \times \text{Factor}_{\text{servicio}}$$

$$\text{Intensidad}_{\text{nominal}} = \frac{22 \times 10^3 \text{ W}}{\sqrt{3} \times (220 \text{ V}) \times (0,84)} \times 1 = 68,73 \text{ A}$$

Entonces la intensidad de corriente eléctrica nominal del motorreductor es 68,73 A.

e) Tablero Eléctrico de Mando

El Tablero Eléctrico de Mando es el componente en el que se instalan dispositivos eléctricos del sistema automatizado en su interior, de los cuales son: Variador de Frecuencia, Guardamotor, Interruptor Diferencial, Fuente de Alimentación Conmutada o Rectificador, Controlador Lógico Programable, Módulos de Ampliación (de señal digital y analógica), Pulsadores y Pilotos Luminosos.

A continuación, las características y dimensiones del Tablero Eléctrico de Mando seleccionado se plasman en la Tabla 58.

Tabla 58. Características y dimensiones del Tablero Eléctrico de Mando

 <p>Vista del producto</p>	
Nombre del modelo	Tablero Eléctrico de Mando NSYPLM75G
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	Thalassa PLM
Aplicación del componente	Multiuso
Tipo de producto o componente	Armario compacto
Altura / Ancho / Largo	747 mm / 300 mm / 536 mm
Montaje de armario	Montaje en pared
Composición del componente	1 cuerpo, 1 puerta y 2 cierres
Tipo de cuerpo	Moldeado de una pieza con muescas traseras Tejido integrado
Tipo de puerta	Ciego
Tipo de cierres	Cierre de doble barra de 3 mm
Número de cierres	2
Accesibilidad para funcionamiento	Parte frontal
Piezas extraíbles	Puerta mediante bisagras
Material	Poliéster reforzado con fibra de vidrio
Color	Gris – tipo de cable: RAL 7035
Resistencia al fuego	960 °C
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad, ya que almacena y protege todos los dispositivos eléctricos mencionados posteriormente

Fuente: Schneider Electric Company

f) Variador de Frecuencia

Anteriormente, se determinó que la frecuencia necesaria del motorreductor para mover las cadenas C55 de la máquina transportadora es 3,41 Hz y la frecuencia de la red de alimentación es de 60 Hz (Frecuencia peruana). Ante ello, la frecuencia tiene que disminuir 56,59 Hz mediante la configuración del variador de frecuencia con un PLC o manualmente.

El Variador de Frecuencia seleccionado es idóneo para motores con potencia de 29,50 HP o 22 kW, máxima corriente de 96,80 A y tensión eléctrica de 220 V (tensión de la empresa). Cabe mencionar que la ubicación de la instalación del Variador de Frecuencia es en el Tablero Eléctrico de Mando.

A continuación, las características y dimensiones del Variador de Frecuencia o de velocidad seleccionado se plasman en la Tabla 59.

Tabla 59. Características y dimensiones del Variador de Frecuencia seleccionado

Nombre del modelo	Variador de velocidad o de frecuencia trifásico modelo ATV212HD22M3X
Simbología eléctrica	
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	Altivar 212
Destino del producto	Motores asíncronos trifásicos
Aplicación específica de producto	Máquina simple
Estilo de conjunto	Con disipador de calor
Tensión de alimentación asignada	200 a 240 V AC
Máxima corriente permanente	96,80 A
Potencia del motor en HP	29,50 HP (22 kW)
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz
Nivel de ruido	59,90 dB
Altura / Ancho / Largo	420 mm / 214 mm / 240 mm
Masa	27,40 kg
Temperatura de funcionamiento	-10 a 40 °C
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad, ya que se utiliza un motorreductor en el sistema automatizado



Fuente: Schneider Electric Company

Por otro lado, se realiza la configuración del variador mediante los siguientes pasos:

- Iniciar el variador y esperar que en la pantalla aparezca la simbología rdY.
- Volver al variador a datos de fábrica con la ayuda del potenciómetro. En el potenciómetro se presiona en rdY, drC y FCS. Luego buscar InI y pulsar durante el periodo de tiempo de dos segundos. Al instante aparece un mensaje en la pantalla con la simbología en n0. De esta forma, se adecua el variador con datos o parámetros de fábrica.
- Presionar la tecla ESC hasta que aparezca en la pantalla de nuevo la simbología rdY.
- Introducir los valores de la configuración del motorreductor, presionar con el potenciómetro rdY, drC y **bFr**; que es la frecuencia estándar del motor. Luego introducimos el valor de 60 Hz (frecuencia peruana) con ayuda de la perilla del potenciómetro.
- Volver con la tecla ESC a la pantalla de drC, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **UnS**; que es la tensión nominal del motor. Luego introducir el valor de 220 V (tensión nominal de la empresa) con ayuda de la perilla del potenciómetro.
- Volver con la tecla ESC a la pantalla de drC, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **FrS**; que es la frecuencia

nominal del motor. Luego introducir el valor de 60 Hz (tensión peruana) con ayuda de la perilla del potenciómetro.

- Volver con la tecla ESC a la pantalla de drC, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **Ncr**; que es la intensidad de corriente eléctrica nominal del motor. Luego introducir el valor de 68,73 A con ayuda de la perilla del potenciómetro.
- Volver con la tecla ESC a la pantalla de drC, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **nSp**; que es la velocidad nominal del motor a plena carga en RPM. Luego introducir el valor de 1 767 RPM con ayuda de la perilla del potenciómetro.
- Volver con la tecla ESC a la pantalla de drC, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **COS**; que es el factor de potencia. Luego introducir el valor de 0,84 con ayuda de la perilla del potenciómetro.
- Volver con la tecla ESC a la pantalla de drC, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **tUN**; que es el autoajuste que realiza el variador. A priori de ejecutar el autoajuste, revisar el ingreso correcto de todos los parámetros de control de variador (**UnS**, **FrS**, **nCr**, **nSp** y **COS**). Luego presionar en tUN, buscar YES y volver a presionar hasta que aparezca DONE en la pantalla.
- Presionar la tecla ESC hasta que aparezca la pantalla rdY. De esta manera se ha configurado el variador para el motor en estudio.
- A continuación, se controla las velocidades con la ayuda del potenciómetro. En el potenciómetro se presiona en rdY, SEt y **ACC**; que es el tiempo de aceleración. Luego introducir el valor de 0,5 con ayuda de la perilla del potenciómetro; cuyo fin es el arranque rápido del motor.

- Volver con la tecla ESC a la pantalla de SEt, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **DCC**; que es el tiempo de desaceleración. Luego introducir el valor de 0,5 con ayuda de la perilla del potenciómetro; cuyo fin es el paro rápido del motor.

- Volver con la tecla ESC a la pantalla de SEt, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **LSP**; que es la velocidad mínima. Luego introducir el valor más cercano a 0 con ayuda de la perilla del potenciómetro. Lo primordial es la velocidad inicial, ya que es la velocidad que girará el eje o barra redonda y sólida de acero, moviendo los piñones y las hileras de las cadenas simultáneamente.

- Volver con la tecla ESC a la pantalla de SEt, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **HSP**; que es la velocidad máxima. Luego introducir el valor de 99,25 RPM con ayuda de la perilla del potenciómetro. Este valor significa las revoluciones por minuto de la relación de la velocidad de las cadenas de la transportadora entre el producto del diámetro del eje o barra redonda de acero y la pi (3,14).

- Volver con la tecla ESC a la pantalla de Set, presionar con el potenciómetro y buscar la simbología **itH**; que es la intensidad nominal del motor. Luego introducir el valor de 68,73 A con ayuda de la perilla del potenciómetro.

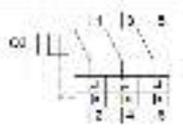
- Presionar la tecla ESC hasta que aparezca en la pantalla de nuevo la simbología rdY y el sistema está apto para accionarse. De esta manera, el motor está en condiciones de girar con una frecuencia de 3,41 Hz, entregando las RPM necesarias para asegurar la velocidad adecuada de las cadenas de arrastre C55 de la máquina transportadora y el llenado en el lugar seguro de los balones.

g) Guardamotor

El Guardamotor es el dispositivo que tiene la función de ser operado manualmente para proteger al motor en escenarios de sobrecarga y cortocircuito. Asimismo, el Guardamotor seleccionado es idóneo para motores con potencia de 29,50 HP (22 kW), tensión eléctrica de 220 V (tensión de la empresa) e intensidad de corriente eléctrica nominal de 68,73 A. Cabe mencionar que la ubicación de la instalación del Guardamotor es en el Tablero Eléctrico de Mando.

A continuación, las características y dimensiones del Guardamotor seleccionado se exhiben en la Tabla 60.

Tabla 60. Características y dimensiones del Guardamotor seleccionado

 <p>Vista del producto</p>	
Nombre del modelo	Guardamotor termomagnético trifásico GV3965
Simbología eléctrica	
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	TeSys GV3
Destino del producto	Motores asíncronos trifásicos
Tecnología de unidad de disparo	Térmico - magnético
Número de polos	3P
Tensión de alimentación asignada	220 a 690V AC
Alcance de ajuste de protección térmica	48 a 70 A, se ajusta a los 68,73 A
Potencia del motor en HP	29,50 HP (22 kW)
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz
Tipo de control	Mando giratorio
Altura / Ancho / Largo	132 mm / 55 mm / 136 mm
Masa	0,96 kg
Temperatura ambiente de funcionamiento	-20 a 60 °C
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad, ya que se utiliza un motorreductor en el sistema automatizado

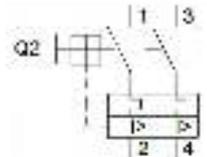
Fuente: Schneider Electric Company

h) Interruptor Diferencial

El Interruptor Diferencial es el dispositivo que tiene la función de ser operado automáticamente a distancia para proteger a las instalaciones en escenarios de sobrecarga y cortocircuito. Asimismo, el Interruptor Diferencial seleccionado es idóneo en tensión eléctrica de 220 V (tensión de la empresa) e intensidad de corriente eléctrica nominal de 25 A. Cabe mencionar que la ubicación de la instalación del Interruptor Diferencial es en el Tablero Eléctrico de Mando.

A continuación, las características y dimensiones del Interruptor Diferencial seleccionado se exponen en la Tabla 61.

Tabla 61. Características y dimensiones del Interruptor Diferencial

 Vista del producto	
Nombre del modelo	Interruptor Diferencial iID Monofásico A9R91225
Simbología eléctrica	
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	Acti 9 iID – RCCB – 2P – type A-SI
Tensión de alimentación asignada	220 a 240 V AC
Corriente nominal	25 A
Corriente de sobretensión	250 A
Intensidad de cortocircuito condicional	10 kA
Retardo de la protección contra fugas	Instantáneo
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz
Altura / Ancho / Largo	91 mm / 36 mm / 73,50 mm
Masa	0,21 kg
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25 a 60 °C
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad, ya que es el dispositivo encargado en abastecer la Fuente de Alimentación Conmutada

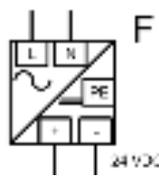
Fuente: Schneider Electric Company

i) Fuente de Alimentación Conmutada o Rectificador

La Fuente de Alimentación Conmutada o Rectificador es el dispositivo que tiene la función de abastecer a los otros dispositivos del sistema automatizado, los cuales son: Pulsadores, Sensores, Controlador Lógico Programable y los Módulos de Ampliación. Cabe mencionar que la ubicación de la instalación de la Fuente de Alimentación Conmutada es en el Tablero Eléctrico de Mando.

A continuación, las características y dimensiones de la Fuente de Alimentación Conmutada seleccionada se muestran en la Tabla 62.

Tabla 62. Características y dimensiones de la Fuente de Alimentación Conmutada o rectificador seleccionado

 Vista del producto	
Nombre del modelo	Fuente de Alimentación Conmutada ABL8REM24030
Simbología eléctrica	
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	Phaseo
Tensión de alimentación asignada	24 V CC
Corriente de salida de alimentación	3 A
Consumo de corriente	0,83 A
Intensidad de cortocircuito condicional	10 kV en 220 V CC
Altura / Ancho / Largo	120 mm / 27 mm / 120 mm
Masa	0,52 kg
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5 a 50 °C
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad, ya que está encargado en abastecer a los otros dispositivos, los cuales son: tres pulsadores, un sensor, un Controlador Lógico Programable (PLC) y dos Módulos de Ampliación

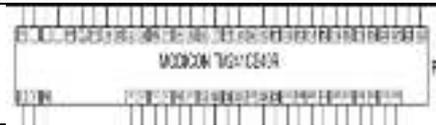
Fuente: Schneider Electric Company

j) Controlador Lógico Programable

El Controlador Lógico Programable (PLC) es la computadora o cerebro del sistema que lee, bajo una secuencia, instrucciones lógicas programadas almacenadas en la memoria interna que posee. Estas instrucciones son recibidas de una persona capacitada acerca el proceso de que se quiere automatizar. Asimismo, el modelo del PLC seleccionado es Modicon TM241CE40R, de marca Schneider Electric, con 24 entradas y 16 salidas digitales, puerto Ethernet, conexión USB y alimentación de corriente eléctrica de 100 a 240 V. El modelo de PLC seleccionado permite la conexión de entradas digitales como 15 pulsadores y 5 sensores, y la conexión de salidas digitales como 5 contadores digitales y 1 motor. Cabe mencionar que la ubicación de la instalación del PLC es en el Tablero Eléctrico de Mando.

A continuación, las características y dimensiones del PLC seleccionado se plasman en la Tabla 63.

Tabla 63. Características y dimensiones del PLC

Nombre del modelo	PLC TM241CE40R
Simbología eléctrica	
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	Modicon M241
Tensión de alimentación	100 a 240 V AC
Tipo de salida digital	Relé y Transistor
Número de salidas discretas	12 de relé y 4 de transistor
Tensión de salida digital	5 a 125 V CC para la salida del relé 24 V CC para la salida del transistor
Número de E/S digitales	40; 24 entradas y 16 salidas digitales
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz
Tensión de entrada digital	24 V
Tipo de protección	Protección contra cortocircuito y sobrecarga con rearme automático para salida transistor
Capacidad de memoria (RAM)	8 MB para programa 64 MB para sistema de memoria
Puerto Ethernet	10 BASE-T / 100 BASE-TX – 1 cable de material de cobre
Altura / Ancho / Largo /Masa	90 mm / 95 mm / 190 mm / 0,62 kg
Temperatura ambiente de funcionamiento	-10 a 55 °C - tipo de cable: instalación horizontal
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad, ya que es el cerebro del sistema automatizado y del rediseño en estudio



Fuente: Schneider Electric Company

k) Módulos de Ampliación

El Módulo de Ampliación es el dispositivo que tiene la función de incrementar las entradas y salidas del Controlador Lógico Programable. Este dispositivo se clasifica según el tipo de señal utilizada, la cual puede ser digital o analógica. Asimismo, se requiere tres módulos de ampliación; dos de señal digital y uno de señal analógica.

El primer módulo de ampliación de señal digital, como se muestra en la Tabla 64, es modelo TM3DQ32UK y permite la instalación de 20 solenoides de las electroválvulas de los diez Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto pertenecientes al sistema automatizado (Y1, Y2, Y3, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9, Y10, Y11, Y12, Y13, Y14, Y15, Y16, Y17, Y18, Y19 y Y20), 4 solenoides de las electroválvulas de llenado de GLP pertenecientes al sistema automatizado (Y21, Y22, Y23 y Y24) y 8 solenoides de las electroválvulas de cuatro Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto pertenecientes al rediseño del proceso de envasado (Y25, Y26, Y27, Y28, Y29, Y30, Y31, Y32).

El segundo módulo de ampliación de señal digital, como se muestra en la Tabla 65, es modelo TM3EQ8U / TM3DQ8UG y permite la instalación de 4 solenoides de las electroválvulas de los dos Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto pertenecientes al rediseño del proceso de envasado (Y33, Y34, Y35, Y36).

El módulo de ampliación de señal analógica, como se muestra en la Tabla 66, es modelo TM3AM6 y permite la instalación del variador de frecuencia (G1) en una de las dos salidas analógicas que posee.

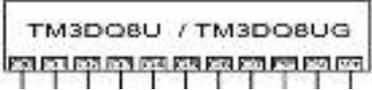
A continuación, las características y dimensiones de los Módulos de Ampliación de señal digital y analógica se muestran en las Tablas 64, 65 y 66.

Tabla 64. Características y dimensiones del Módulo de Ampliación de salidas digitales seleccionado

	
Vista del producto	
Nombre del modelo	Módulo de Ampliación Digital TM3DQ32UK
Simbología eléctrica	
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	Modicon TM3
Compatibilidad de gama	Modicon M241 (modelo del PLC)
Tipo de salida digital	Transistor
Número de salidas digitales	32
Tensión de salida digital	24 V CC para la salida transistor
Consumo de corriente	40 mA en 24 V DC
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz
Altura / Ancho / Largo	90 mm / 33,50 mm / 81,30 mm
Masa	0,11 kg
Temperatura ambiente de funcionamiento	-10 a 55 °C - tipo de cable: instalación horizontal
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad, ya que permite la instalación de 28 solenoides (del Y1 al Y20 y Y25 al Y32) de las electroválvulas de 14 Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto y de 4 solenoides (del Y21 al Y24) de las electroválvulas de llenado de GLP

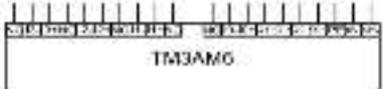
Fuente: Schneider Electric Company

Tabla 65. Características y dimensiones del Módulo de Ampliación de salidas digitales seleccionado

 <p>Vista del producto</p>	
Nombre del modelo	Módulo de Ampliación Digital TM3DQ8UG
Simbología eléctrica	
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	Modicon TM3
Compatibilidad de gama	Modicon M241 (modelo del PLC)
Tipo de salida digital	Transistor
Número de salidas digitales	8
Tensión de salida digital	24 V CC para la salida transistor
Consumo de corriente	20 mA en 24 V DC
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz
Altura / Ancho / Largo	90 mm / 27,40 mm / 84,60 mm
Masa	0,76 kg
Temperatura ambiente de funcionamiento	-10 a 55 °C - tipo de cable: instalación horizontal
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad, ya que permite la instalación de 4 solenoides (Y33 -Y36) de las electroválvulas de 2 Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de Brazos de paro

Fuente: Schneider Electric Company

Tabla 66. Características y dimensiones del Módulo de Ampliación Mixto Analógico seleccionado

	Vista del producto
Nombre del modelo	Módulo de Ampliación Analógico y Mixto TM3AM6 (entradas y salidas analógicas)
Simbología eléctrica	
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	Modicon TM3
Compatibilidad de gama	Modicon M241 (modelo del PLC)
Número de entradas y salidas analógicas	4 entradas y 2 salidas analógicas
Tipo de entrada analógica	Corriente de 4 a 20 mA con tensión de 0 a 10 V
Número de salidas analógicas	2
Tipo de entrada analógica	Corriente de 4 a 20 mA con tensión de 0 a 10 V
Sobrecarga continua admitida	Corriente 40 mA con tensión de 13 V
Tensión de alimentación	24 v CC
Límites de tensión de alimentación	20,4 a 28,8 V
Consumo de corriente	100 mA en 24 V CC con alimentación externa de carga completa
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz
Altura / Ancho / Largo	90 mm / 23,60 mm / 70 mm
Masa	0,11 kg
Temperatura ambiente de funcionamiento	-10 a 55 °C - tipo de cable: instalación horizontal
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	1 unidad, ya que permite la instalación del variador de frecuencia

Fuente: Schneider Electric Company

1) Pulsadores

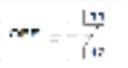
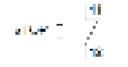
Las unidades de mando seleccionadas o también llamadas “Pulsadores” permiten funciones de activación, desactivación y de parada de emergencia de la marca Schneider Electric de la serie Harmony. Asimismo, el pulsador de función de activación es el Pulsador Verde (ON) de contacto abierto y con código de serie de fabricante XB4B431, el pulsador de función de desactivación es el Pulsador Rojo (OFF) de contacto cerrado y con código de serie de fabricante XB4BA42, y el pulsador de función de parada de

emergencia es el Pulsador de Emergencia con código de serie de fabricante XB4BA5.

La importancia de los pulsadores en un sistema automatizado es el tener el control manual de las funciones como activación, desactivación y de parada de emergencia de las máquinas y componentes que interactúan en el proceso, y evitar futuros escenarios de riesgos y peligros en la plataforma de envasado de GLP en balones. Cabe decir que ubicación de instalación de los pulsadores es en el Tablero Eléctrico de Mando.

A continuación, las características y dimensiones de los pulsadores seleccionados se detallan en la Tabla 67.

Tabla 67. Características y dimensiones de los pulsadores seleccionados

 <p>Vistas de los productos</p>		
Nombres del modelo según el color del lente	Pulsador Rojo	XB4BA42
	Pulsador Verde	XB4B431
	Pulsador Amarillo	XB4BA51
Simbología eléctrica	Pulsador rojo (OFF)	
	Pulsador verde (ON)	
	Pulsador amarillo (STOP)	
Marca	Schneider Electric	
Gama de producto	Harmony XB4	
Material de bisel	Metal cromado plateado	
Material del anillo de fijación	Zamak	
Material de los contactos	Aleación de plata con Níquel	
Altura/ Ancho/ Largo	47 mm / 30 mm / 52 mm	
Masa	0,08 kg	
Corriente nominal de empleo	6 A en 120 V, AC	
Temperatura de funcionamiento	-40 a 70 °C	
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	7 pulsadores rojos y verdes, y 1 pulsador amarillo unidades	

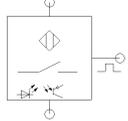
Fuente: Schneider Electric Company

m) Sensores

El Sensor Óptico de Proximidad seleccionado es idóneo para el funcionamiento en una tensión de 24 V. Asimismo, la ubicación de instalación de este sensor es en la zona de llenado y a distancia lateral de 0,3 metros de la máquina transportadora por cadenas de arrastre; valor apto para la detección de proximidad del lote de cuatro balones.

A continuación, las características y dimensiones del Sensor Óptico de Proximidad seleccionado se exhiben en la Tabla 68.

Tabla 68. Características y dimensiones del Sensor Óptico de Proximidad seleccionado

 <p>Vista del producto</p>	
Nombre del modelo	Sensor Óptico de Proximidad Fotoeléctrico XUN5ANANM12
Simbología Eléctrica	
Marca	Schneider Electric
Gama de producto	OsiSense XU
Nombre de serie	Multimodal de propósito general
Tipo de sensores electrónicos	Sensores fotoeléctricos
Material	Plástico
Tipo de señal de salida	Discreta
Distancia de detección	0,60 – 0,80 m
Material de envoltorio	PBT
Material de la lente	PMMA
Tensión de alimentación	12 a 24 V CC con capacidad de sujeción: protección de polaridad inversa. Límite: 10 a 36 V CC
Consumo de corriente	35 mA sin carga
Diámetro	18 mm
Largo	66 mm
Altura	45 mm
Ancho	18 mm
Masa	0,09 kg
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25 a 55 °C
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	5 unidades

Fuente: Schneider Electric Company

n) Señalizaciones luminosas

Se han seleccionado unidades de señalizaciones luminosas o también llamadas “Pilotos luminosos” con funciones de verificación que el sistema automatizado en general esté energizado y activado, y que el primer Sensor Óptico de Proximidad esté activado.

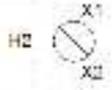
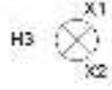
El piloto luminoso de función de verificación que el sistema esté energizado es Piloto Luminoso de foco LED, con lente de color Rojo (H1), contacto abierto y código de serie de fabricante XB7EVM4LC.

El piloto luminoso de función de verificación que el sistema esté activado es el Piloto Luminoso de foco LED, con lente de color Verde (H2), contacto abierto y código de serie de fabricante XB7EVM3LC.

Por último, el piloto luminoso de función de verificación que el Sensor Óptico de Proximidad esté activado es el Piloto Luminoso de foco LED, con lente de color Amarillo (H3), contacto abierto y código de serie de fabricante XB7EVM5LC. Cabe decir que ubicación de instalación de los pilotos luminosos es en el Tablero Eléctrico de Mando.

A continuación, las características y dimensiones de los pilotos luminosos seleccionados se exponen en la Tabla 69.

Tabla 69. Características y dimensiones de los pilotos luminosos seleccionados

 <p>Vistas de los productos</p>		
Nombre del modelo	Piloto luminoso rojo	XB7EVM4LC
	Piloto luminoso verde	XB7EVM3LC
	Piloto luminoso amarillo	XB7EVM5LC
Simbología eléctrica	Señalización luminosa roja (H1)	
	Señalización luminosa verde (H2)	
	Señalización luminosa amarilla (H3)	
Marca	Schneider Electric	
Gama de producto	Harmony XB7	
Nombre del dispositivo	Metal cromado plateado	
Diámetro de montaje	22 mm	
Altura / Ancho / Largo	29 mm / 29 mm / 53 mm	
Peso del producto	0,017 kg	
Corriente nominal	220 V AC a 50/60 Hz	
Temperatura de funcionamiento	-25 a 70 °C	
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	3 unidades; una para su respectiva aplicación	

Fuente: Schneider Electric Company

La conformación de Componentes Neumáticos es la siguiente:

a) Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto

La determinación del modelo del Cilindro de Doble Efecto se realiza mediante los siguientes pasos:

Paso 1. Definir la Carga Real.

La Carga Real es la relación o el producto entre la masa del cabezal de llenado de GLP y la aceleración de este, cuya fórmula y ejecución de la misma son las siguientes:

$$\text{Carga Real} = \text{Masa (kg)} \times \text{Aceleración} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$\text{Carga Real} = 8.5 \text{ kg} \times 9,80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 83,30 \text{ N}$$

Interpretación: La Carga Real es 83,30 N.

Paso 2. Determinar la Tasa de Carga.

La Tasa de Carga, expresada en porcentaje, es la relación entre la carga real a desplazar por el cilindro y el esfuerzo dinámico disponible en el extremo de vástago, cuya fórmula es la siguiente:

$$\text{Tasa de carga (\%)} = \frac{\text{Carga Real (Newton)}}{\text{Esfuerzo Dinámico}}$$

La corporación Emerson Electric recomienda que la tasa de carga o el rendimiento del cilindro sea inferior o igual al 75% para una utilización óptima del dispositivo.

Paso 3. Calcular el Esfuerzo Dinámico desarrollado por el cilindro.

El Esfuerzo Dinámico es aquel que es realizado por fuerzas (Carga Real), cuya fórmula y ejecución de la misma son las siguientes:

$$\text{Esfuerzo dinámico} = \frac{\text{Carga Real (Newton)}}{\text{Tasa de carga (\%)}} = \frac{83,30 \text{ N}}{0,75}$$

$$\text{Esfuerzo dinámico} = 110,67 \text{ daN}$$

Interpretación: El esfuerzo dinámico es 110,67 daN.

Paso 4. Fijar la Presión Relativa y el Diámetro del cilindro.

La Presión Relativa (ρ) es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie y permite caracterizar el cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea. Asimismo, en la Figura 74, se detalla que la Presión Relativa del cilindro, con relación a la ejecución de Esfuerzos Dinámicos en la salida del vástago, es 6 bar y con diámetro (\emptyset) de 160 mm o 16 cm.

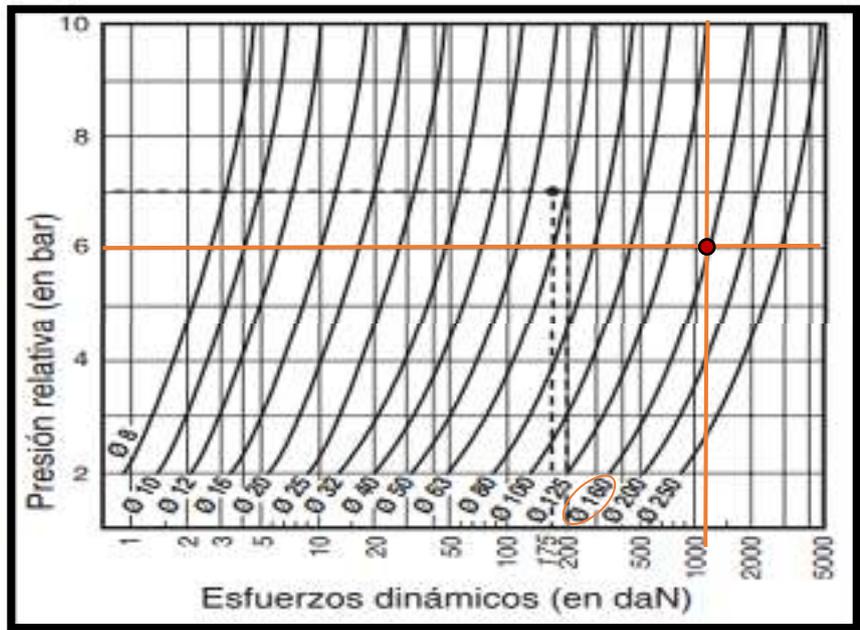


Figura 74. Presión Relativa con relación a la ejecución de Esfuerzos Dinámicos en la salida del vástago del cilindro neumático

Fuente: Emerson Electric Corporation

Por otro lado, en la Figura 75, se detalla que la Presión Relativa del cilindro, con relación a la ejecución de Esfuerzos Dinámicos en la entrada del vástago, es 6 bar y con diámetro de 160 mm o 16 cm.

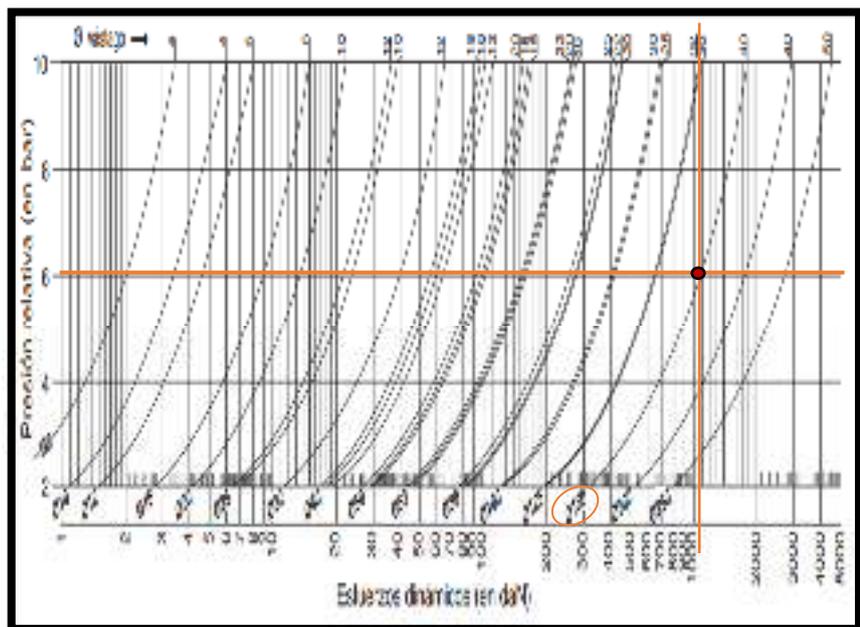


Figura 75. Presión Relativa con relación a la ejecución de Esfuerzos Dinámicos en la entrada del vástago del cilindro neumático

Fuente: Emerson Electric Corporation

Paso 5. Establecer las características y dimensiones correspondientes del cilindro seleccionado.

Las características del cilindro neumático seleccionado se detallan en las Tablas 70 y 71.

Tabla 70. Característica y Esfuerzo dinámico por el cilindro neumático seleccionado

Cilindro (mm)	Cilindro (mm)	Tipo de cilindro							Esfuerzos dinámicos de tracción en kN (valor de la fuerza de atracción en lb)													
		S	D	E	F	G	H	I	2		4		6		8		10					
									●	○	●	○	●	○	●	○	●	○				
8	4	X						0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
10	5	X						0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
12	6	X						0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
16	8	X						1.0	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
20	10	X						1.3	1.1	0.9	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
25	12.5	X						1.7	1.4	1.1	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
32	16	X						2.2	1.8	1.4	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
40	20	X						2.8	2.2	1.7	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
50	25	X						3.5	2.8	2.1	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
63	32	X						4.4	3.5	2.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
80	40	X						5.6	4.4	3.3	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
100	50	X						7.1	5.6	4.2	2.5	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
125	63	X						8.8	7.0	5.2	3.0	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
160	80	X						11.0	8.8	6.6	3.7	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
200	100	X						13.6	11.0	8.3	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
250	125	X						16.7	13.6	10.3	5.5	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9

Fuente: Emerson Electric Corporation

Tabla 71. Características del cilindro neumático seleccionado

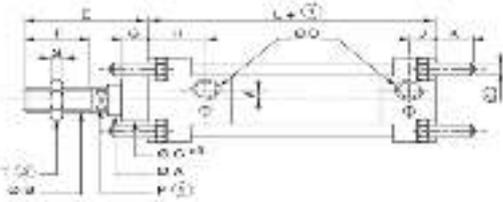
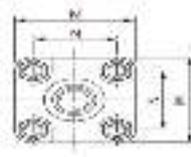
 Vista Isométrica		
Información general	Nombre del modelo: Cilindro de Doble Efecto con amortiguación neumática regulable de Tirantes	
	Simbología Neumática	
	Cantidad necesaria para el sistema automatizado	22 unidades
	Marca	JOUCOMATIC
	Serie	437
	Tipo	PCN
	Detección	Previsto para detectores magnéticos de posición
	Fluido	Aire o gas neutro filtrado, lubricado o no lubricado
	Presión Relativa de alimentación o de utilización	10 bar como máximo, pero solo se requiere 6 bar
	Temperatura admisible	-10°C a +70°C
Normas	CNMO 06-07-02 a 06-07-15 AFNOR NF E 49001 – NF E 49002 NF E 49011 a NF E 49015	

Construcción	Tubo magnético	Aleación de aluminio anodizado duro
	Tirantes	Acero inoxidable (Ø 32 a 100 mm, pero se requiere de 100 mm), acero pintado (Ø 25 mm a 200 mm, pero se requiere de 200 mm)
	Vástago	Acero cromado duro
	Pistón	POM (poliacetal) y acero cincado o aleación ligera equipado de un imán permanente anular
	Juntas de pistón	PUR (poliuretano) o NBR (nitrilo)
	Juntas de amortiguación	NBR (nitrilo)
	Fondos delantero y trasero	Zamak (Ø 25 mm) – aleación (Ø32 a 200 mm, pero se requiere de 160 mm)
	Casquillo metálico	Autolubricante
	Tuerca de vástago	Acero cincado
	Amortiguación	Neumática, regulable por 2 lados Longitud: 30 mm
Selección del material	Diámetro del cilindro	160 mm
	Diámetro del vástago	40 mm
	Longitud de la Carrera	600 mm
	Código	43701389
	Referencia	PCN 160 A 600-DM
	Diámetro racordaje	G 3/4 o 26,44 mm
Fijaciones, pero la que se requiere es la Fijación por placa delantera (Código de fabricación: 43900109)	Placa delantera o trasera CNOMO 06-07-04	
	Escuadra alta normal CNOMO 06-07-05	
	Escuadra alta ancha CNOMO 06-07-06	
	Escuadra baja de acero embutido (lote de 2 piezas)	
	Articulación hembra delantera o trasera CNOMO 06-07-09	
	Horquilla hembra vástago CNOMO 06-07-14	
	Horquilla macho vástago CNOMO 06-07-15	
	Articulación completa normal CNOMO 06-07-10	
	Articulación completa de escuadra CNOMO 06-07-11	
Charnela macho CNOMO 06-07-12		

Fuente: Asco Numatics S.A.

Las dimensiones y peso del cilindro seleccionado se detallan en la Tabla 72.

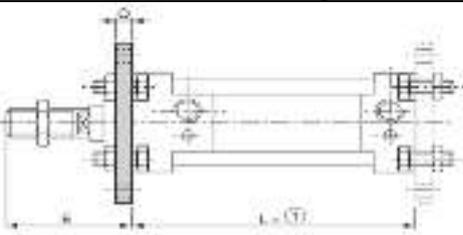
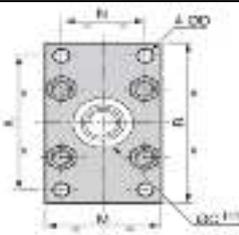
Tabla 72. Dimensiones y peso del cilindro neumático seleccionado

Dimensiones (mm) y peso (kg) del cilindro de 160 mm de diámetro y 600 mm de carrera											
											
Vista Superior o Planta						Vista Lateral					
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	U	M
40	M36 x 2	65	M16	135	85	25	39	20	42	2000	180
N	O	P	S	T	L+ Carrera	V	Peso				
140	G3/4 o 26,44 mm	32	18	54	(180+ 600) = 780	-	Peso a añadir por cada 100 mm de carrera suplementaria			(3,25 * 6) = 19,50	

Fuente: Asco Numatics S.A.

Asimismo, las dimensiones y peso de la fijación seleccionada del modelo de cilindro en estudio se muestran en la Tabla 73.

Tabla 73. Dimensiones y peso de la fijación del cilindro neumático seleccionado por placa delantera

Dimensiones (mm) y peso (kg) de la fijación requerida (por placa delantera) del cilindro neumático de 160 mm de diámetro y 600 mm de carrera							
							
Vista Superior o Planta				Vista Lateral			
				Vista Isométrica			
A	B	ØC	ØD	E	F	G	L + Carrera
228	260	65	22	135	115	45	(180+ 600) = 780
H	K	M	N	O	P	Q	Peso
80	130	180	140	62	205	20	Peso de la fijación por placa trasera
							6,38

Fuente: Asco Numatics S.A.

A continuación, como características importantes del cilindro a saber, se prosigue a calcular: a. La fuerza ejercida en las carreras de avance y retroceso, b. El consumo de aire en condiciones normales durante la maniobra y, c. La Potencia producida durante una maniobra. Ante ello, entre las características obtenidas, se conoce que el modelo de cilindro de doble efecto seleccionado trabaja con aire a una presión de 6 bar, la longitud de la carrera es de 600 mm, el diámetro del vástago es 40 mm, realiza una maniobra de 0,83 ciclo de operatividad por minuto y en movimientos de avance (salida) y retroceso (entrada) del vástago presenta un rendimiento de 75 %.

a. Fuerza ejercida en las carreras de avance y retroceso

- **En la carrera de avance:** La Presión Relativa actúa sobre la superficie total de émbolo, cuya fórmulas y ejecuciones de las mismas en los casos ideal y real son las siguientes:

- **En el caso ideal:**

Fórmula: $Fuerza_{ideal} = Presión\ Relativa\ (\rho_{relativa}) \times Superficie_{embolo}\ \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)$

$$Fuerza_{ideal} = 6\ bar \times \frac{\pi(0,124\ m)^2}{4} = 6 \times 10^5 \frac{N}{m^2} \times \frac{\pi(0,124\ m)^2}{4}$$

$$Fuerza_{ideal} = 7\ 245,77\ N$$

- **En el caso real:**

Fórmula: $Fuerza_{real} = Fuerza_{ideal} \times Rendimiento\ (R)$

$$Fuerza_{real} = (7\ 245,77\ N \times 0,75) = 5\ 434,33\ N$$

- **En la carrera de retroceso:** Se tiene que restar la superficie del vástago de la del émbolo. Asimismo, se determina la carrera de retroceso en los casos ideal y real.

- **En el caso ideal:**

Fórmula: $Fuerza_{ideal}:$

$$Presión\ Relativa\ (\rho_{relativa}) \times \left(Superficie_{vástago}\ \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) - Superficie_{embolo}\ \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) \right)$$

$$Fuerza_{ideal} = 6 \times 10^5 \frac{N}{m^2} \times \left(\frac{\pi \times ((0,124m)^2 - ((0,04m)^2)}{4} \right)$$

$$Fuerza_{ideal} = 6\ 491,79\ N$$

- **En el caso real:**

Fórmula: $Fuerza_{real} = Fuerza_{ideal} \times Rendimiento (R)$

$$Fuerza_{real} = (6491,79 \times 0,75)$$

$$Fuerza_{real} = 4\,868,84 \text{ N}$$

Interpretación: Se comprueba que se necesita mayor fuerza en la carrea de avance que en la de retroceso.

b. Consumo de aire en condiciones normales durante maniobra

Primer paso: Se calcula el volumen del consumo de aire del cilindro por ciclo, teniendo en cuenta las dos cámaras del dispositivo, tanto la de avance como la de retroceso. La fórmula y ejecución de la misma son las siguientes:

Volumen de aire_{ciclo} = Volumen_{avance} + Volumen_{retroceso}

$$V_{ciclo} = \frac{\pi(2 \times (\text{Diámetro}_{\text{émbolo}})^2 - (\text{Diámetro}_{\text{vástago}})^2)}{4} \times \text{Longitud de la carrera}$$

Entonces:

$$\text{Volumen de aire}_{ciclo} = \frac{\pi(2 \times (0,124 \text{ m})^2 - (0,04 \text{ m})^2)}{4} \times 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de aire}_{ciclo} = 0,01374 = 13,74 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}}$$

$$\text{Volumen de aire}_{ciclo} = 13,74 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}}$$

Segundo paso: Se halla el consumo de aire en cada maniobra, cuya fórmula y ejecución de la misma son las siguientes:

$$\text{Consumo de aire}_{\text{maniobra}} (Q_{\text{maniobra}}) = \frac{\text{Número de ciclos}}{\text{minuto (min)}} \times \text{Volumen de aire}_{ciclo}$$

El cilindro, como se muestra en la Tabla 74, tiene 1 ciclo de operatividad en 50 segundos. Por ende, en 60 segundos o 1 minuto, el cilindro tiene 0,83 ciclos de operatividad o de maniobra.

Tabla 74. Tiempo de Ciclo de operatividad automatizada

Activación y Desactivación de dispositivos y Tiempos de espera	Tiempo (s)
Desplazamiento de los balones en la máquina transportadora y activación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de Brazos de izquierdo y derecho de paro	5
Activación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos de sostén	1
Primer tiempo de espera por seguridad	2
Activación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de llenado	1
Segundo tiempo de espera por seguridad	2
Activación de las Electroválvulas de llenado de GLP	1
Tercer tiempo de espera para el envasado de GLP en balones con flujo continuo del combustible	30
Desactivación de las Electroválvulas de llenado de GLP	1
Cuarto tiempo de espera por seguridad	2
Desactivación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de llenado	1
Quinto tiempo de espera por seguridad	2
Desactivación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos de sostén	1
Desactivación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de Brazos de izquierdo y derecho de paro	1
Ciclo de operatividad automatizada	50

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Entonces:

$$Q_{\text{maniobra}} = 0,83 \frac{\text{ciclo op.}}{\text{min}} \times 13,74 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo op.}}$$

$$Q_{\text{maniobra}} = 11,40 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Tercer y último paso, mediante la Ley de Boyle – Mariotte, se obtiene el consumo de aire atmosférico en condiciones normales durante la maniobra, cuya fórmula y ejecución de la misma son las siguientes:

$$\rho_{\text{atmosférica}} \times V_{\text{atmosférico}} = \rho_{\text{maniobra}} \times V_{\text{maniobra}}$$

$$\rho_{\text{atmosférica}} \times Q_{\text{aire atmosférico}} = \rho_{\text{maniobra}} \times Q_{\text{maniobra}}$$

Entonces:

$$Q_{\text{aire atmosférico}} = \frac{\rho_{\text{maniobra}} \times Q_{\text{maniobra}}}{\rho_{\text{atmosférica}}}$$

$$Q_{\text{aire atmosférico}} = \frac{[\text{Presión atmosférica}(\rho_{\text{atmosférica}}) + \rho_{\text{relativa}}] \times Q_{\text{maniobra}}}{\rho_{\text{atmosférica}}}$$

$$Q_{\text{aire atmosférico}} = \frac{(10^5 \text{ Pa} + 6 \times 10^5 \text{ Pa})}{10^5 \text{ Pa}} \times 11,40 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$Q_{\text{aire atmosférico}} = 79,80 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ litro}}{10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$Q_{\text{aire atmosférico}} = 79,80 \frac{\text{l}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ galón}}{3,785 \text{ l}} \times \frac{1 \text{ pie}^3}{7,48 \text{ galones}}$$

$$Q_{\text{aire atmosférico}} = 79,80 \frac{\text{l}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ galón}}{3,785 \text{ l}} \times \frac{1 \text{ pie}^3}{7,48 \text{ galones}}$$

$$Q_{\text{aire atmosférico}} = 2,82 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Interpretación: El consumo de aire atmosférico o caudal de aire atmosférico del modelo de cilindro seleccionado es $79,80 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ o $2,82 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$. Ante ello, se especifica que el volumen de aire comprimido la compresora de la empresa abastece es $20 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$, el cual es idóneo para el abastecimiento de 7 cilindros neumáticos. Por ende, se recomienda la adquisición de una compresora de volumen de aire comprimido de $1755,60 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ o $62,04 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$ para el abastecimiento de 22 cilindros neumáticos, de los cuales 10 cilindros neumáticos conforman el sistema automatizado y los otros 12 cilindros conforman el rediseño del proceso de envasado de GLP.

c. Potencia producida por el cilindro durante una maniobra

Por último, se determina la potencia producida por el cilindro neumático durante la maniobra, cuya fórmula es la siguiente:

$$\text{Potencia (P)} = \frac{\text{Watt(W)}}{\text{Tiempo(t)}} = \frac{\text{Fuerza} \times \text{Longitud de la carrera}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{Potencia (P)} = \frac{(\rho_{\text{relativa}} \times \text{Superficie}) \times \text{Longitud de la carrera}}{\text{Tiempo (t)}}$$

$$\text{Potencia (P)} = \rho_{\text{relativa}} \times \frac{\text{Volumen (V)}}{\text{Tiempo (t)}} = \rho_{\text{relativa}} \times Q_{\text{aire atmosférico}}$$

▪ En el caso teórico:

$$\text{Potencia (P)}_{\text{ideal}} = 6 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 79,80 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg.}}$$

$$\text{Potencia (P)}_{\text{ideal}} = 798 \frac{\text{Nm}}{\text{seg.}} = 798 \frac{\text{J}}{\text{seg.}} = 798 \text{ W}$$

▪ **En el caso real:**

$$\text{Potencia (P)}_{\text{real}} = \text{Potencia (P)}_{\text{ideal}} \times \text{Rendimiento (R)}$$

$$\text{Potencia (P)}_{\text{real}} = 798 \text{ W} \times (0,75) = 598,50 \text{ W}$$

Interpretación: La potencia producida por el modelo de cilindro de doble efecto seleccionado en una maniobra es 598,5 W. Asimismo, el rediseño y sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones requieren la maniobrabilidad de 12 y 10 cilindros neumáticos respectivamente, cuya potencia demandada total es 13 167 W. Por ende, se recomienda la adquisición de una compresora de 20 HP o 14 914 W y de tipo de corriente de operación de 46,59 A.

$$\text{Intensidad}_{\text{nominal}} = \frac{14\,914 \text{ W}}{\sqrt{3} \times (220 \text{ V}) \times (0,84)} = 46,59 \text{ A}$$

Finalmente, la potencia demandada total se multiplica por el periodo de tiempo de la jornada laboral para determinar el total de kWh utilizados.

Consumo_{eléctrico} en una jornada de 8 horas:

$$13\,167 \text{ Wh} \times \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ jornada}} = 105\,336 \text{ Wh} \text{ o } 105,34 \text{ kWh}$$

b) Fuente de Alimentación de Energía Neumática

La Fuente de Alimentación de Energía Neumática, como se muestra en la Figura 76, es la compresora marca “Romer” de motor de 5 HP y con una presión máxima de 120 PSI u 8,27 bar que abastece a los cilindros neumáticos de llenado del actual y manual proceso de envasado de GLP en balones de la empresa.



Figura 76. Compresora marca “Romer” de 5 HP que abastece el sistema neumático de la empresa

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El estado actual de la compresora es eficaz y operativo; y es apta para abastecer a los cuatro cilindros neumáticos con cabezal de llenado de GLP del sistema automatizado, pero no es capaz de abastecer a los otros 6 y 12 cilindros neumáticos que conforman el sistema automatizado y el rediseño del proceso de envasado respectivamente. Ante ello, se recomienda la adquisición de una compresora de 25 HP para el abastecimiento total de los 22 cilindros neumáticos que conforman el sistema automatizado y el rediseño del proceso de envasado de GLP.

c) Red de Conexión Neumática

La Red de Conexión Neumática, como se muestra en la Figura 77, es el conjunto de tuberías o mangueras neumáticas de material de Policloruro de Vinilo (PVC) e interconectadas que permiten la conducción del aire comprimido originado de la compresora de la empresa.



Figura 77. Red de Conexión Neumática
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El caudal del aire comprimido que fluye por las mangueras neumáticas para el consumo atmosférico de la maniobra de un Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto seleccionado es $123,13 \frac{1}{\text{min}}$ o $2,05 \frac{1}{\text{seg.}}$. Por ende, el caudal del aire comprimido, para la maniobrabilidad automatizada de cuatro cilindros biestable de doble efecto a la vez, es $8,20 \frac{1}{\text{seg.}}$, pero se requiere que el caudal sea de $11,67 \frac{1}{\text{seg.}}$ para el abastecimiento de otros automatismos neumáticos de la empresa.

Por otro lado, el sistema automatizado necesita que la longitud de la Red de Conexión Neumática por tuberías o mangueras sea de 10 metros, ya que debe adecuarse a las dimensiones o medidas del espacio de la instalación de los dispositivos neumáticos (estación de trabajo automatizada de llenado de GLP en balones), las cuales se muestran en la Tabla 75.

Tabla 75. Longitud total de las tuberías o mangueras neumáticas

Dimensión del espacio de la instalación de los dispositivos neumáticos	Longitud de las tuberías o mangueras neumáticas (m)			
	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto 1	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto 2	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto 3	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto 4
Altura de la instalación	1,43	1,43	1,43	1,43
	5,72			
Largo de la instalación	2			
Ancho de la instalación	1,33			
Longitud total de tuberías o mangueras neumáticas	9,05 m, pero se demanda que la longitud total de la manguera neumática tenga un margen excedente de 10 m en las instalaciones de los dispositivos neumáticos del sistema automatizado. Por otro lado, la longitud total de la manguera neumática es 50 m en las instalaciones de los dispositivos neumáticos del rediseño de los puestos de trabajo del proceso de envasado.			

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por último, el diámetro interior de las tuberías o mangueras neumáticas en relación a la presión y al caudal del aire comprimido, como se muestra en la Tabla 76, es de 9,91 mm. Cabe mencionar que los dispositivos neumáticos trabajan con aire comprimido a 6 bar de presión y $11,67 \frac{1}{\text{seg}}$ de caudal o $700 \frac{1}{\text{min}}$.

Tabla 76. Diámetro interior de las mangueras neumáticas

Presión (bar)	Diámetro interior de las tuberías o mangueras neumáticas		
	8 mm	9,91 mm	10 mm
Caudal de aire comprimido recomendado ($\frac{1}{\text{seg}}$)			
4,0	3,70	8,08	8,30
6,0	4,17	11,67	12,04
6,3	5,70	12,28	12,60

Fuente: PUSKA Aire Comprimido S.A.

d) Válvulas de Control de Fluido o Válvulas de Estrangulamiento de los Cilindros Biestables de llenado

El modelo de la Válvula de Control de Fluido seleccionada, como se especifica en la Tabla 77, es capaz para la función de antirretorno del aire de alimentación. Asimismo, como se muestra en la Tabla 77, esta válvula presenta cabeza ranurada de tornillo y

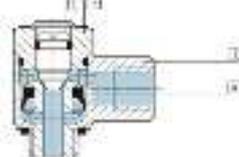
diámetro G 3/4 de rosca para atornillar en el cilindro de llenado. Cabe decir que el diámetro de la rosca es la misma medida que el diámetro del racordaje del cilindro de llenado, ya que permite el atornillar o juntar en el cilindro para la regulación del caudal del aire de llegada al cilindro.

Por otro lado, la Válvula de Control de Fluido seleccionada es apta para estrangular o regular el caudal aire comprimido entre 450 a 820 l/min; rango apto para los 700 l/min requeridos en el sistema automático.

A continuación, las características de la Válvula de Control de Fluido seleccionada se muestran en la Tabla 77.

Tabla 77. Características de la Válvula de Control de Fluido seleccionada

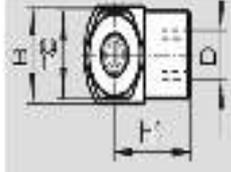
CARACTERÍSTICAS de		
Información general	Nombre del modelo	Válvula reguladora de caudal con antirretorno del aire de alimentación de tornillo de cabeza ranurada y con G 3/4 de rosca para atornillar en el cilindro de llenado
	Simbología Neumática	
	Otras denominaciones	Válvula de Control de Fluido
		Válvula de Estrangulamiento
		Válvula Reguladora de Caudal
		Válvula de caudal mediano con ajuste preciso para velocidades medianas
	Racordaje de Control de Fluido	
	Función de la válvula	Válvula reguladora de caudal con antirretorno del aire de alimentación (GRLZ)
	Elemento de ajuste	Tornillo con ranura o moleteado
	Tipo de fijación	Atornillable
	Posición de montaje	Indistinta
	Par de apriete máx.	60 Nm
Diámetro de roscar para atornillar	G 3/4 o 26,44 mm	
Masa	377 g	

Condiciones de funcionamiento y del entorno	Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación, grado de filtración 40 µm
	Presión de funcionamiento	0,3 a 10 bar
	Temperatura ambiente	-10 a +60 °C
	Temperatura del fluido	-10 a +60 °C
	Caudal nominal normal (l/min) a 6 bar	Caudal en el sentido de estrangulación: 0 a 610 l/min Caudal en el sentido de bloqueo: 450 a 820 l/min
Materiales	[1] Tornillo de regulación	Latón Ejecuciones sin cobre, politetrafluoroetileno y silicona Aleación de aluminio
	[2] Parte roscada	Rosca de aleación de aluminio Ejecuciones sin cobre, politetrafluoroetileno y silicona
	[3] Conexión orientable	Fundición inyectada de zinc
	[4] Juntas	Caucho nitrílico
Cantidad necesaria para el sistema automatizado	44 unidades; dos para cada Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto	
Vista Isométrica		Vista Transversal
		

Fuente: Corporación Festo AG & Co. KG

Por último, las dimensiones de la Válvula de Control de Fluido seleccionada se detallan en la Tabla 78.

Tabla 78. Dimensiones de la Válvula de Control de Fluido seleccionada

Dimensiones (mm) de la Válvula de Control de Fluido								
								
Vista Lateral			Vista de Planta					
Rosca para atornillar D	Rosca de conexión D	B	H	H1	L máx.	L1	L2	β
G 3/4 o 26,44	G 3/4 o 26,44	41 - 0,3	64	43,5	60,2	13,5 ± 0,5	24,5	36

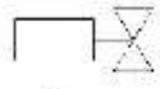
Fuente: Corporación Festo AG & Co. KG.

e) Electroválvulas Biestables de los cilindros de llenado

La Electroválvula Biestable seleccionada, como se muestra en la Tabla 79, es utilizable para la función neumática de 5/2 de vías y función eléctrica a 24 V de corriente continua. Asimismo, esta válvula es biestable, ya que presenta dos solenoides que captan la instrucción o señal del PLC y permiten la activación o desactivación del cilindro.

Por otro lado, las características de la Electroválvula Biestable seleccionada se fijan en la Tabla 79.

Tabla 79. Características de la Electroválvula Biestable seleccionada para el cilindro neumático de llenado

Nombre del modelo	Electroválvula solenoide de aire JMEH - 5 / 2 - 5 , 0 - B	
Simbología neumática	<p>En el plano neumático</p>  <p>Representación de una Eléctroválvula Biestable (con dos solenoides)</p>	<p>En el plano eléctrico</p>  <p>Representación de un solenoide</p>
Función de la válvula	5/2, biestable	
Posición	Sobre posición	
Tipo de actuación	Eléctrica	
Ancho	17,8 mm	
Caudal nominal estándar	700 l/min o 11,67 l/seg.	
Puerto de trabajo neumático	Sub - base	
Tensión de funcionamiento	24 V DC, 110 – 130 VAC (50 o 60 Hz)	
Presión operacional	1,5 bar a 8 bar	
Diseño	Válvula de compuerta de pistón	
Método de reinicio	Resorte neumático	
Características de los solenoides	24 V – 1,5 W	
Ciclo de trabajo	100 %	
Temperatura de almacenamiento	-20 °C – 40 °C	
Información sobre operación y medios piloto	Posibilidad de lubricación con aceite (requerido para uso posterior)	
Nivel de ruido	75 Db (A)	
Masa del producto	146 g	
Material de la carcasa	Aluminio fundido	
Cantidad requerida para el sistema automatizado	10 unidades; una para cada Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto	



Vista del isométrica

Fuente: Corporación Festo AG. & Co. KG.

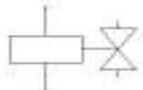
f) Electroválvulas de llenado

La electroválvula de llenado seleccionada es apta para el control o aplicación en el paso y detención de caudales de combustibles en el rango de 2 070 a 4 830 litros por hora. Asimismo, esta electroválvula tiene un diámetro de rosca de conexión de igual medida al diámetro de la rosca del cabezal de llenado, permitiendo la unión de ambas piezas

El tiempo de operatividad del sistema automatizado es de 50 segundos para envasar GLP en cuatro balones. Por ende, este sistema permite envasar GLP en 2 057 balones a 180 psi mediante cuatro cabezales de llenado en una jornada de 8 horas; equivalente a 39 083 litros de GLP o 9 770,75 litros de GLP/cabezal. Esto quiere decir, que cada cabezal de llenado requiere un caudal de 1 221,34 litros de GLP por hora. Es por ello, que se ha seleccionado la electroválvula de llenado, ya que no solo permite el control en el paso y detección de caudales de GLP de combustibles con caudales de 2 070 a 4 830 litros de GLP/hora, sino que opera a la misma presión de las tuberías de GLP de la empresa (180 psi) y el diámetro de rosca de conexión puede unirse con el diámetro del cabezal.

A continuación, las características de la electroválvula de llenado seleccionada se especifican en la Tabla 80.

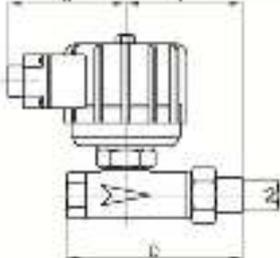
Tabla 80. Características de la Electroválvula de llenado seleccionada

CARACTERÍSTICAS		
Nombre del modelo	Válvula a solenoide de 2 vías de uso de combustión de serie 1 312 – 2 012	
Simbología neumática	<p>En el plano eléctrico</p>  <p>Representación de un solenoide</p>	
Diámetro de conexión	1 pulg	
Diámetro de orificio	8 mm (0,31 pulg)	
Factor de flujo	Kv	1,40
	Cv	1,60
Variación de presión máxima	12 bar (180 psi)	
Temperatura máxima	155 °C (311°F)	
Peso	3,80 kg (8,40 lb)	
Tipo de material	Acero Inoxidable AISI 304	
Aplicación	Para combustibles como gasolina, GLP, aceites pesados, entre otros.	
Control de caudal	2 070 – 4 830 litros/hora de GLP	
Cantidad requerida para el sistema automatizado	4 unidades; una para cada cabezal de llenado.	
  <p>Vista de la válvula de llenado Cabezal de llenado</p>		

Fuente: Jefferson Sudamérica

Por último, las dimensiones de la electroválvula de llenado seleccionada se plasman en las Tablas 81 y 82.

Tabla 81. Dimensiones de la Vista Frontal de la Electroválvula de llenado de GLP

 <p>Vista Frontal</p>								
DIMENSIONES (mm)								
ØA (Diámetro de conexión)	B	C	D	E	F	G	ØH	ØI
1 pulg	147	30	147	106	96	95	99	19,05

Fuente: Jefferson Sudamérica

Tabla 82. Dimensiones de la Vista Lateral de la Electroválvula de llenado de GLP

DIMENSIONES (mm)								
$\varnothing A$ (Diámetro de conexión)	B	C	D	E	F	G	$\varnothing H$	$\varnothing I$
1 pulg	5,79	1,18	5,79	4,17	3,78	3,74	3,90	19,05

Fuente: Jefferson Sudamérica

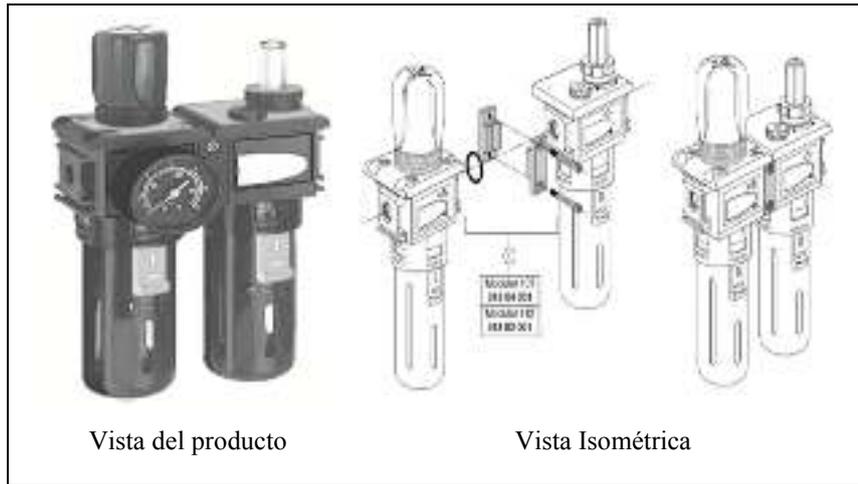
g) Unidades de Mantenimientos de los Cilindros Neumáticos Biestables de llenado

La Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de llenado seleccionada, como se muestra en la Tabla 83, es idónea en caudales máximos de aire comprimido de 700 l/min u 11,67 l/seg a 6,3 bar. Esto quiere decir, que la Unidad de Mantenimiento de cada cilindro se adecua y opera con el caudal requerido de aire comprimido del sistema automatizado (11,67 l/seg).

A continuación, las características de la Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable seleccionada se exhiben en la Tabla 83.

Tabla 83. Características de la Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de llenado

CARACTERÍSTICAS				
Información General	Modelo: Conjunto Filtro/Regulador + Lubricador con manómetro Modular 107 G1/8			
	Simbología Neumática			
	Cantidad necesaria para el sistema automatizado		22 unidades; una para cada Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto	
	Marca		JOUCOMATIC	
	Serie		342	
	Tipo		Modular 107	
	Fluido		Aire comprimido o gases neutros	
	Funcionalidad		Dispositivo de regulación de membrana ondulada y de muy baja histéresis Llenado de aceite con lubricador y con baja presión demandada	
Selección del material	Diámetro del Racordaje		G 1/8 o 9,73 mm	
	Presión máxima de entrada	23 °C	16 bar	
		50 °C	10 bar	
	Presión regulada		0,5 bar - 10 bar	
	Temperatura ambiente		0 °C a +50 °C	
	Capacidad de cuba		50 cm ³	
	Material de la cuba		Policarbonato transparente	
	Umbral de filtración		25 µm, con 5 µm bajo demanda	
	Caudal mínimo a 6,3 bar en presión de salida y variación de presión de 1 bar/consigna		20 l/min o 0,33 l/seg.	
	Caudal máximo a 6,3 bar en presión de salida y variación de presión de 1 bar/consigna		700 l/min o 11,67 l/seg.	
	Purga semi - automática		Con manómetro (0 – 12 bar) Diámetro del manómetro: 40 mm Rango de presión del manómetro: 0 - 16 bar	
	Códigos	Escuadras de fijación lateral	343 04 003	
		Anillos de fijación superior	343 00 011	
		Escuadra de fijación superior	343 00 016	
Manómetro de 40 mm de diámetro y de 0 – 12 bar		343 00 041		



Fuente: Asco Numatics S.A.

Asimismo, como se muestra en la Figura 78, el caudal máximo de aire a 6,3 bar de presión de salida de la Unidad de Mantenimiento es $700 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}$ o $700 \frac{1}{\text{s}}$.

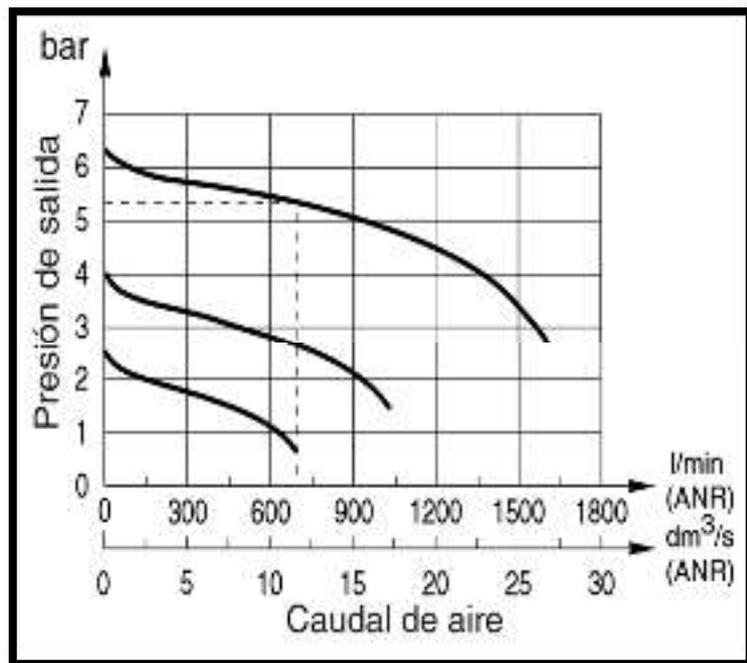


Figura 78. Caudal de aire y pérdidas de carga
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por otro lado, las dimensiones y peso de la Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable seleccionada se exponen en la Tabla 84.

Tabla 84. Dimensiones y peso de la Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de llenado seleccionado

Dimensiones (mm) y peso (kg) de la Unidad de Mantenimiento											
Vista Frontal				Vista por Escuadras							
Vista Lateral											
A	B	B1	C	C1	C2	C3	C4	D	D1	E	J1
125	213	-	42	76	61	95	38	84	42	79	110,5
E1	F	F1	H	H1	J	K	K1	$\varnothing L$ y $L1$		M	$\varnothing T$
65	21	40	215	-	74	10	28	4,1	4,5	3	9,73
V	$\varnothing W$	cuba (cl) en cm				Peso					
9,73	9,73	7				0,76					
1	Fijación frontal: 2 orificios $\varnothing L$, cuya profundidad es C4.										
2	Fijación mediante 2 escuadras laterales (accesorio).										
3	Protector de cuba metálica con cuba de policarbonato transparente.										
4	Visualización del nivel de condensados de pequeña abertura.										
5	Visualización del nivel de aceite mín. y máx. de gran abertura.										
6	Purga semi – automática recordable de 9,73 mm.										
7	Distancia necesaria para el desmontaje de la cuba.										
8	Purga automática recordable mediante tubo flexible de 6 mm de diámetro interno. Cabe decir que el Conjunto Filtro/Regulador + Lubricador de Tipo Modular 107 no posee este tipo de purga. En cambio, el de Tipo Modular 112 si posee.										
9	Manómetro de 40 mm de diámetro.										
10	Pulsador de desbloqueo del protector.										
11	Módulo de derivación propuesto en accesorio con 2 salidas de aire ($\varnothing T$) frontal y trasera, suministrado con 1 tapón de obturación. Asimismo, es apto para aprovisionar un presostato regulable al módulo de derivación.										
12	Suplementario; cuyo código es: 343 04 001										

Fuente: Asco Numatics S.A.

B. Descripción del Proceso a Automatizar

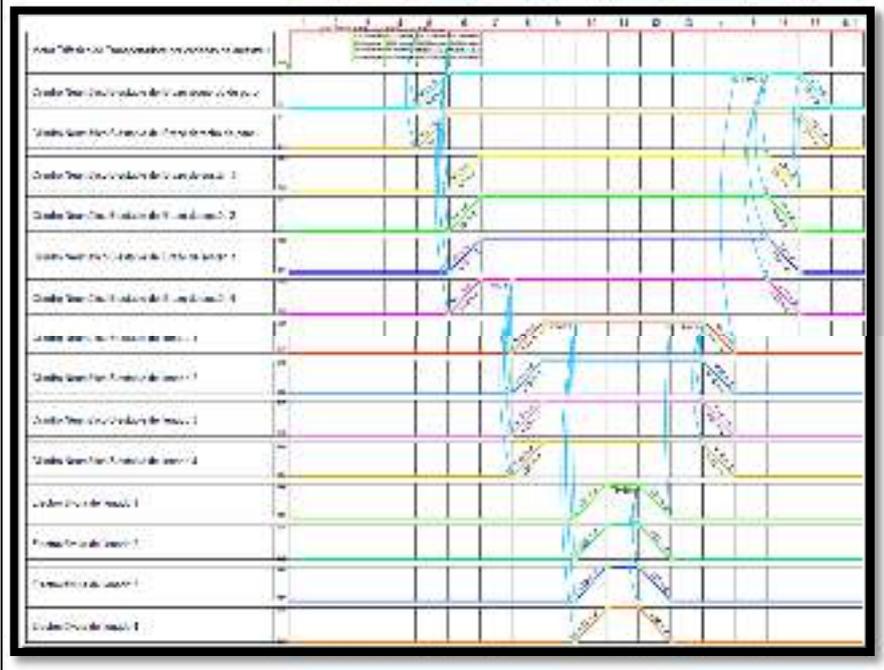
La descripción del proceso a automatizar se muestra en la Tabla 85.

Tabla 85. Descripción del proceso a automatizar

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A AUTOMATIZAR	
Tipo de proceso	Proceso Discreto, ya que el proceso de envasado se realiza de manera secuencial.
Tipo de sistema	Sistema a lazo abierto, ya que la salida a controlar no se compara con el valor de entrada o señal de referencia.
Tipo de control	Control ON/OFF, ya que la manera de control puede ocupar dos posibles posiciones (de activación o de desactivación).
Tipo de señales	Digitales, ya que los automatismos eléctricos y neumáticos ejecutan movimientos digitales de activación y desactivación.
	Analógica, ya que el sistema automatizado permite regular la frecuencia del motorreductor mediante un variador de frecuencia.
Variable de control	Velocidad o avance de la máquina transportadora de cadenas de arrastre debido a que el proceso requiere estaciones de trabajo a un mismo ritmo para que se llegue a envasar GLP en 4 balones simultáneamente.
	Llenado o envasado de GLP en 4 balones al mismo tiempo.

Descripción gráfica del proceso a automatizar

Sistema automatizado de control ON – OFF del proceso de envasado de GLP en balones



Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

C. Determinación de las Entradas y Salidas del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado GLP en Balones

La determinación de las entradas y salidas digitales y analógicas del sistema automatizado se muestran en las Tabla 86, 87, 88 y 89.

Tabla 86. Determinación de las entradas y salidas digitales en el Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R

Determinación de las entradas y salidas digitales en el Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R						
SoMachine V 4.1					Citect SCADA	
Entradas Digitales del sistema automatizado	Canal	Dirección	Tipo de texto	Nueva Dirección		Dirección
Pulsador Rojo o de Desactivación (OFF)	I0	%IX0.0	BOOL	RUN_1	%MX20.0	%MW10
Pulsador Verde o de Activación (ON)	I1	%IX0.1	BOOL			
Pulsador de Emergencia (EMERGENCY STOP)	I2	%IX0.2	BOOL			
Sensor Óptico de Proximidad 1 (B1)	I3	%IX0.3	BOOL	---		---
Sensor Óptico de Proximidad 2 (B2)	I4	%IX0.4	BOOL	---		---
Sensor Óptico de Proximidad 3 (B3)	I5	%IX0.5	BOOL	---		---
Sensor Óptico de Proximidad 4 (B4)	I6	%IX0.6	BOOL	---		---
Sensor Óptico de Proximidad 5 (B5)	I7	%IX0.7	BOOL	---		---
Entradas Digitales del rediseño del proceso	Canal	Dirección	Tipo de texto	Nueva Dirección		Dirección
Pulsador Rojo o de Desactivación (OFF_A1)	I8	%IX0.8	BOOL	---		---
Pulsador Verde o de Activación (ON_A1)	I9	%IX0.9	BOOL	---		---
Pulsador Rojo o de Desactivación (OFF_A2)	I10	%IX0.10	BOOL	---		---
Pulsador Verde o de Activación (ON_A2)	I11	%IX0.11	BOOL	---		---
Pulsador Rojo o de Desactivación (OFF_A3)	I12	%IX0.12	BOOL	---		---
Pulsador Verde o de Activación (ON_A3)	I13	%IX0.13	BOOL	---		---
Pulsador Rojo o de Desactivación (OFF_A4)	I14	%IX0.14	BOOL	---		---
Pulsador Verde o de Activación (ON_A4)	I15	%IX0.15	BOOL	---		---
Pulsador Rojo o de Desactivación (OFF_A5)	I16	%IX0.16	BOOL	---		---
Pulsador Verde o de Activación (ON_A5)	I17	%IX0.17	BOOL	---		---
Pulsador Rojo o de Desactivación (OFF_A6)	I18	%IX0.18	BOOL	---		---
Pulsador Verde o de Activación (ON_A6)	I19	%IX0.19	BOOL	---		---

Salidas Digitales del sistema automatizado	Canal	Dirección	Tipo de texto	Nueva Dirección	Dirección
Lámpara de Sistema Activado (H2)	Q4	%QX0.4	BOOL	---	---
Contador 5 (CTU 5)	Q5	%QX0.5	BOOL	---	---
	Q6	%QX0.6	BOOL	---	---
	Q7	%QX0.7	BOOL	---	---
Contador 4 (CTU 4)	Q8	%QX1.0	BOOL	---	---
	Q9	%QX1.1	BOOL	---	---
Contador 3 (CTU 3)	Q10	%QX1.2	BOOL	---	---
	Q11	%QX1.3	BOOL	---	---
Contador 2 (CTU 2)	Q12	%QX1.4	BOOL	---	---
	Q13	%QX1.5	BOOL	---	---
Contador 1 (CTU 1)	Q14	%QX1.6	BOOL	---	---
Motorreductor asíncrono de tornillo sin fin antiexplosivo de 29,50 HP	Q15	%QX1.7	BOOL	---	---

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Tabla 87. Determinación de las salidas digitales en el Módulo de Ampliación TM3DQ32UK del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R

SoMachine V 4.1 (Módulo de Ampliación TM3DQ32UK del Controlador Lógico Programable modelo TM241CE40R)					Citect SCADA
Salidas Digitales del sistema automatizado	Canal	Dirección	Tipo de texto	Nueva Dirección	Dirección
Solenoides izquierdo de la Electroválvula 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro (Y1)	Q0	%QX8.0	BOOL	---	---
Solenoides derecho de la Electroválvula 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro (Y2)	Q1	%QX8.1	BOOL	---	---
Solenoides izquierdo de la Electroválvula 2 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro (Y3)	Q2	%QX8.2	BOOL	---	---
Solenoides derecho de la Electroválvula 2 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro (Y4)	Q3	%QX8.3	BOOL	---	---
Solenoides izquierdo de la Electroválvula 3 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1 (Y5)	Q4	%QX8.4	BOOL	---	---
Solenoides derecho de la Electroválvula 3 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1 (Y6)	Q5	%QX8.5	BOOL	---	---

Solenoid izquierdo de la Electroválvula 4 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2 (Y7)	Q6	%QX8.6	BOOL	---	---
Solenoid derecho de la Electroválvula 4 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2 (Y8)	Q7	%QX8.7	BOOL	---	---
Solenoid izquierdo de la Electroválvula 5 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3 (Y9)	Q8	%QX9.0	BOOL	---	---
Solenoid derecho de la Electroválvula 5 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3 (Y10)	Q9	%QX9.1	BOOL	---	---
Solenoid izquierdo de la Electroválvula 6 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4 (Y11)	Q10	%QX9.2	BOOL	---	---
Solenoid derecho de la Electroválvula 6 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4 (Y12)	Q11	%QX9.3	BOOL	---	---
Solenoid izquierdo de la Electroválvula 7 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1 (Y13)	Q12	%QX9.4	BOOL	---	---
Solenoid derecho de la Electroválvula 7 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1 (Y14)	Q13	%QX9.5	BOOL	---	---
Solenoid izquierdo de la Electroválvula 8 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2 (Y15)	Q14	%QX9.6	BOOL	---	---
Solenoid derecho de la Electroválvula 8 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2 (Y16)	Q15	%QX9.7	BOOL	---	---
Solenoid izquierdo de la Electroválvula 9 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3 (Y17)	Q16	%QX10.0	BOOL	---	---
Solenoid derecho de la Electroválvula 9 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3 (Y18)	Q17	%QX10.1	BOOL	---	---
Solenoid izquierdo de la Electroválvula 10 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4 (Y19)	Q18	%QX10.2	BOOL	---	---
Solenoid derecho de la Electroválvula 10 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4 (Y20)	Q19	%QX10.3	BOOL	---	---
Solenoid de la Electroválvula 11 de llenado de GLP (Y21)	Q20	%QX10.4	BOOL	---	---

Solenoides de la Electroválvula 12 de llenado de GLP (Y22)	Q21	%QX10.5	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula 13 de llenado de GLP (Y23)	Q22	%QX10.6	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula 14 de llenado de GLP (Y24)	Q23	%QX10.7	BOOL	---	---
Salidas Digitales del rediseño del proceso	Canal	Dirección	Tipo de texto	Nueva Dirección	Dirección
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo izquierdo de paro del puesto de trabajo encargado de la operación de lavado (Y25)	Q24	%QX11.1	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo derecho de paro del puesto de trabajo encargado de la operación de lavado (Y26)	Q25	%QX11.2	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo izquierdo de paro del puesto de trabajo encargado de la operación de pintado (Y27)	Q26	%QX11.3	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo derecho de paro del puesto de trabajo encargado de la operación de pintado (Y28)	Q27	%QX11.4	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo izquierdo de paro del puesto de trabajo encargado de la operación de O' Ring (Y29)	Q28	%QX11.5	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo derecho de paro del puesto de trabajo encargado de la operación de O' Ring (Y30)	Q29	%QX11.6	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo derecho de paro del puesto de trabajo encargado de la actividad de tara (Y31)	Q30	%QX11.7	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo derecho de paro del puesto de trabajo encargado de la actividad de tara (Y32)	Q31	%QX12.1	BOOL	---	---

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Tabla 88. Determinación de las salidas digitales en el Módulo de Ampliación TM3EQ8U / TM3DQ8UG del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R

SoMachine V 4.1 (Módulo de Ampliación TM3DQ8U / TM3DQ8UG del Controlador Lógico Programable modelo TM241CE40R)					Citect SCADA
Salidas Digitales del rediseño del proceso	Canal	Dirección	Tipo de texto	Nueva Dirección	Dirección
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo izquierdo de paro del puesto de trabajo encargado de la inspección de peso (Y33)	Q0	%QX3.0	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo derecho de paro del puesto de trabajo encargado de la inspección de peso (Y34)	Q1	%QX3.1	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo izquierdo de paro del puesto de trabajo encargado de las operaciones de precintado y etiquetado (Y35)	Q2	%QX3.2	BOOL	---	---
Solenoides de la Electroválvula del Cilindro Neumático Biestable de Simple Efecto del Brazo derecho de paro del puesto de trabajo encargado de las operaciones de precintado y etiquetado (Y36)	Q3	%QX3.3	BOOL	---	---

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Tabla 89. Determinación de las salidas analógicas en el Módulo de Ampliación TM3AM6 del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R

SoMachine V 4.1 (Módulo de Ampliación TM3AM6 del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R)					Citect SCADA
Entradas Digitales del sistema automatizado	Canal	Dirección	Tipo de texto	Nueva Dirección	Dirección
Variador de frecuencia (G1)	QW1	%QW3	INT	INGRESO_DE_DATOS	---

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

D. Diagrama de Movimientos del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones

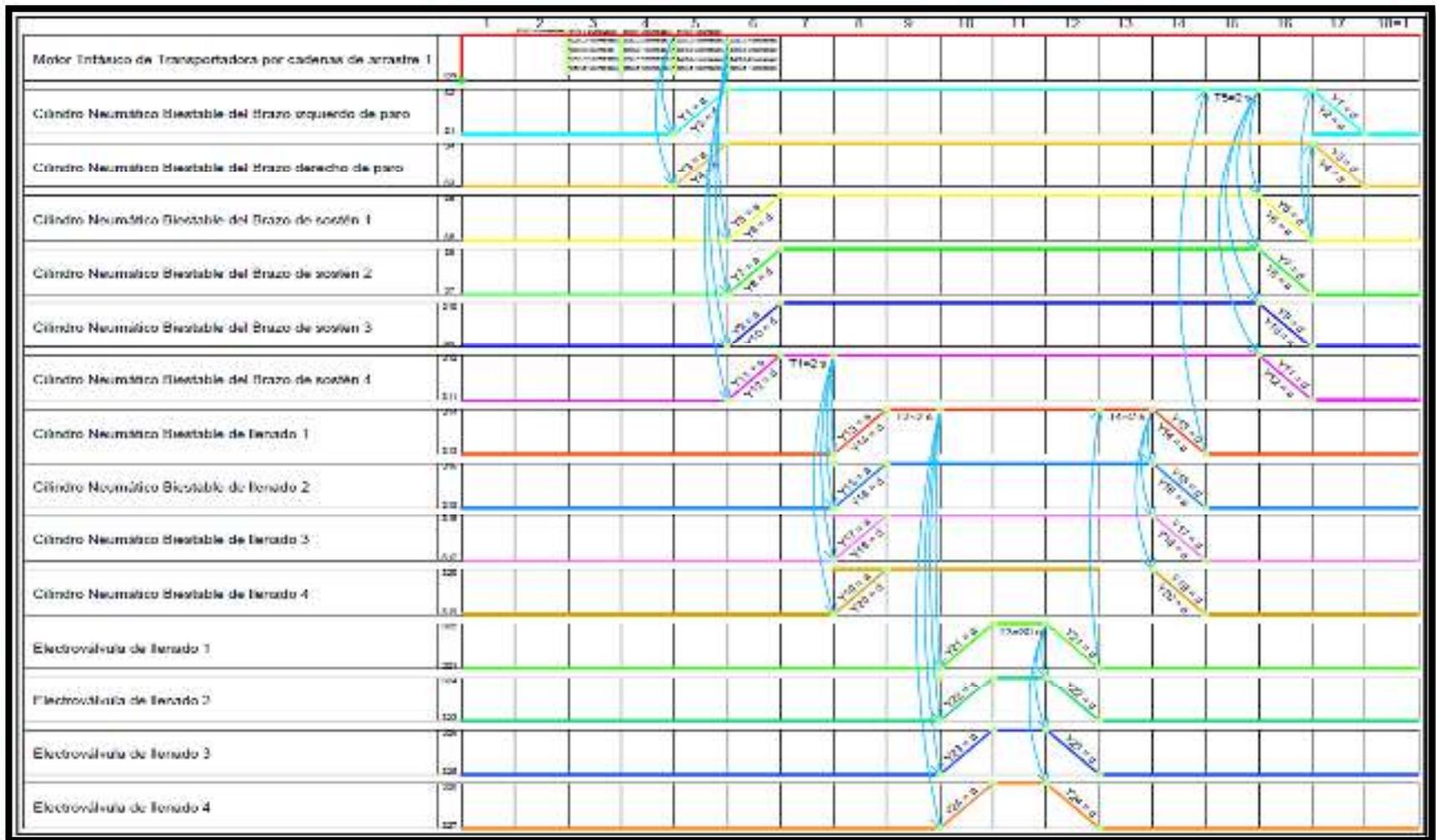


Figura 79. Diagrama de Movimientos del sistema automatizado de control ON – OFF de la operación de envasado de GLP en balones

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

E. Planos del Sistema Automatizado y del Rediseño del Proceso de Envasado de GLP en Balones

a) Plano Eléctrico del esquema de fuerza del sistema automatizado y del rediseño del proceso de envasado de GLP en balones

El color de los conductores o cables eléctricos trifásicos del sistema automatizado y del rediseño del proceso, como se muestra en la Figura 80 y según el Código Nacional de Electricidad – Utilización del Ministerio de Energía y Minas de la República del Perú, es rojo, negro, azul, y blanco o gris natural para las Fases A o R, B o S, C o T, y fuente neutra respectivamente.

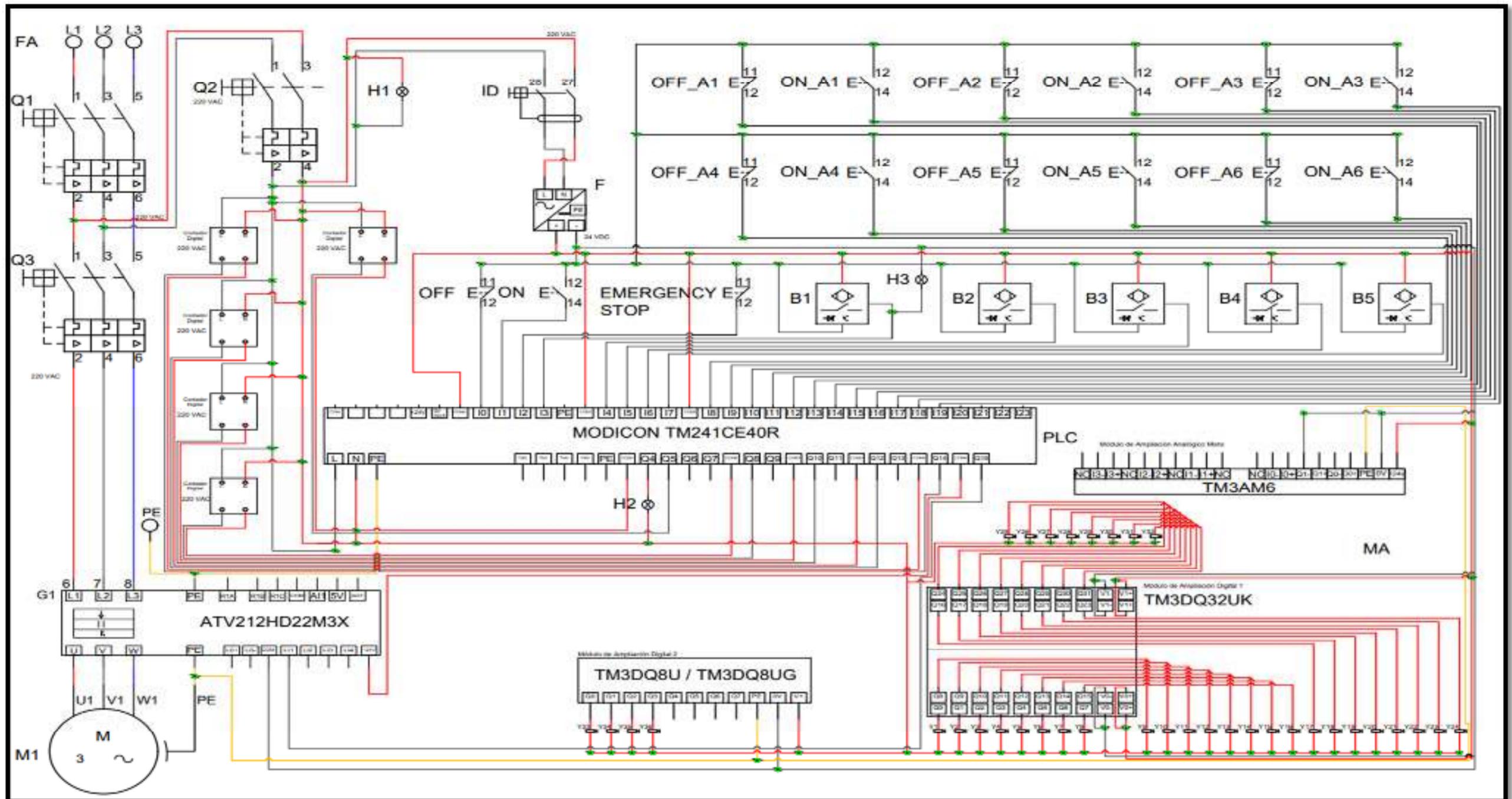


Figura 80. Plano Eléctrico del esquema de fuerza del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L

b) Plano Neumático del esquema de fuerza del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones

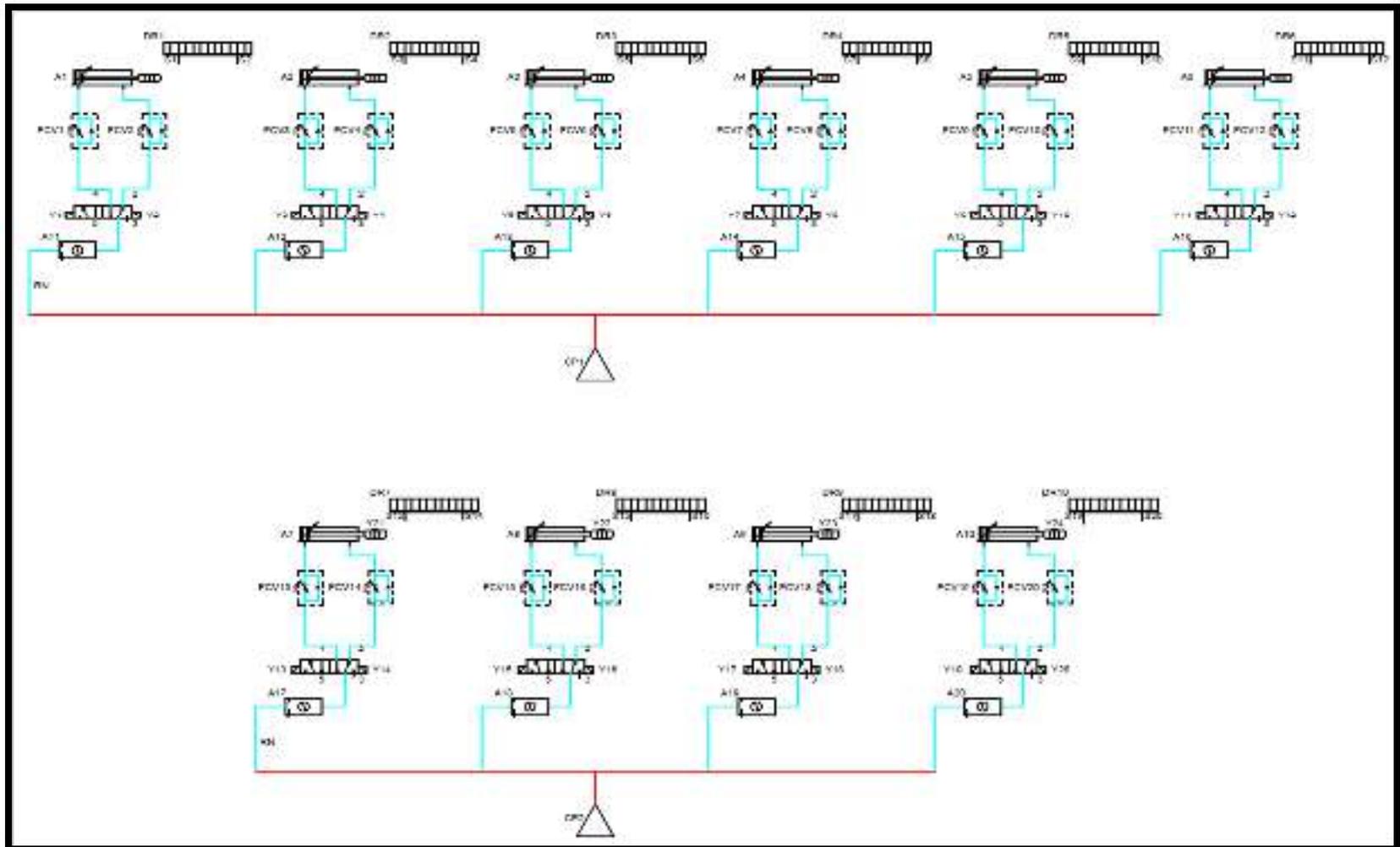


Figura 81. Plano Neumático del esquema de fuerza del sistema automatizado de la operación de envasado de GLP en balones

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Tabla 90. Leyenda de los planos eléctricos y neumáticos del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones

COMPONENTES ELÉCTRICOS	
Fuente de Alimentación de Energía Eléctrica Trifásica - Cables de Alimentación	
FA	Fuente de Alimentación
L1	Fuente de Alimentación Eléctrica Positiva (Cable Rojo)
L2	Fuente de Alimentación Eléctrica Negativa (Cable Azul)
L3	Fuente de Anti descargas de Pozo Tierra (Cable Negro)
N	Fuente de Alimentación Eléctrica Neutra (Cable Naranja)
Llaves Termomagnéticas	
Q1	Llave Termomagnética General Trifásica
Interruptores Diferenciales	
Q2	Interruptor Diferencial Monofásico
Guardamotors	
Q3	Guardamotor del Motor Trifásico de la máquina Transportadora por cadenas de arrastre 1
Variador de Frecuencia	
G1	Variador de Frecuencia del motorreductor
Motors	
M1	Motorreductor Trifásico de la máquina Transportadora por cadenas de arrastre
Pulsadores (S)	
S1	Pulsador Rojo o de Desactivación (OFF)
S2	Pulsador Verde o de Activación (ON)
S3	Pulsador de Parada de Emergencia (EMERGENCY STOP)
Sensores (B)	
B1	Sensor Óptico de Proximidad 1
B2	Sensor Óptico de Proximidad 2
B3	Sensor Óptico de Proximidad 3
B4	Sensor Óptico de Proximidad 4
B5	Sensor Óptico de Proximidad 5
Señalizaciones Ópticas (H)	
H1	Señalización de Sistema Energizado
H2	Señalización de Sistema Activado
H3	Señalización Óptica Amarilla del Pulsador de Parada de Emergencia
Otros	
F	Fuente de Alimentación Conmutada / Transportador / Rectificador
PLC	Controlador Lógico Programable MODICON TM241CE40R de marca Schneider
MA	Módulo de Ampliación Digital modelo TM3DQ32UK de 32 salidas digitales
	Módulo de Ampliación Mixto modelo TM3AM6 de 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas
CP 1	Compresora eléctrica de 5 HP o Fuente de Energía Neumática 1
CP 2	Compresora eléctrica de 5 HP o Fuente de Energía Neumática 2
COMPONENTES NEUMÁTICOS	
Fuente de Alimentación de Energía Neumática (CP y RN)	
CP 1	Compresora eléctrica de 5 HP o Fuente de Energía Neumática 1
CP 2	Compresora eléctrica de 5 HP o Fuente de Energía Neumática 2
RN	Red de Conexión Neumática
Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de la operación de llenado de GLP automática (A)	
A1	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
A2	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro

A3	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
A4	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
A5	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
A6	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4
A7	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1
A8	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
A9	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3
A10	Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4
Regla de Distancia de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de la operación automática de llenado de GLP (DR: Distance Ruler)	
DR1	Regla de Distancia 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
DR2	Regla de Distancia 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro
DR3	Regla de Distancia 3 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
DR4	Regla de Distancia 4 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
DR5	Regla de Distancia 5 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
DR6	Regla de Distancia 6 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4
DR7	Regla de Distancia 7 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1
DR8	Regla de Distancia 8 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
DR9	Regla de Distancia 9 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3
DR10	Regla de Distancia 10 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4
Válvulas de Control de Fluido de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de la operación automática de llenado de GLP (FCV: Fluid Control Valves)	
FCV1	Válvula de Control de Fluido 1 o Válvula de Estrangulamiento 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
FCV2	Válvula de Control de Fluido 2 o Válvula de Estrangulamiento 2 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
FCV3	Válvula de Control de Fluido 3 o Válvula de Estrangulamiento 3 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro
FCV4	Válvula de Control de Fluido 4 o Válvula de Estrangulamiento 4 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro
FCV5	Válvula de Control de Fluido 5 o Válvula de Estrangulamiento 5 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
FCV6	Válvula de Control de Fluido 6 o Válvula de Estrangulamiento 6 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
FCV7	Válvula de Control de Fluido 7 o Válvula de Estrangulamiento 7 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
FCV8	Válvula de Control de Fluido 8 o Válvula de Estrangulamiento 8 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
FCV9	Válvula de Control de Fluido 9 o Válvula de Estrangulamiento 9 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
FCV10	Válvula de Control de Fluido 10 o Válvula de Estrangulamiento 10 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
FCV11	Válvula de Control de Fluido 11 o Válvula de Estrangulamiento 11 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4

FCV12	Válvula de Control de Fluido 12 o Válvula de Estrangulamiento 12 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4
FCV13	Válvula de Control de Fluido 13 o Válvula de Estrangulamiento 13 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1
FCV14	Válvula de Control de Fluido 14 o Válvula de Estrangulamiento 14 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1
FCV15	Válvula de Control de Fluido 15 o Válvula de Estrangulamiento 15 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
FCV16	Válvula de Control de Fluido 16 o Válvula de Estrangulamiento 16 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
FCV17	Válvula de Control de Fluido 17 o Válvula de Estrangulamiento 17 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto llenado 3
FCV18	Válvula de Control de Fluido 18 o Válvula de Estrangulamiento 19 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3
FCV19	Válvula de Control de Fluido 19 o Válvula de Estrangulamiento 19 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4
FCV20	Válvula de Control de Fluido 20 o Válvula de Estrangulamiento 20 del Cilindro Biestable de Doble Efecto de Doble Efecto de llenado 4
Solenoides de las Electroválvulas de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de la operación automática de llenado de GLP (Y)	
Y1	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
Y2	Solenoides derecho de la Electroválvula 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
Y3	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 2 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro
Y4	Solenoides derecho de la Electroválvula 2 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro
Y5	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 3 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
Y6	Solenoides derecho de la Electroválvula 3 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
Y7	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 4 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
Y8	Solenoides derecho de la Electroválvula 4 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
Y9	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 5 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
Y10	Solenoides derecho de la Electroválvula 5 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
Y11	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 6 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4
Y12	Solenoides derecho de la Electroválvula 6 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4
Y13	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 7 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1
Y14	Solenoides derecho de la Electroválvula 7 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1
Y15	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 8 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
Y16	Solenoides derecho de la Electroválvula 8 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
Y17	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 9 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3
Y18	Solenoides derecho de la Electroválvula 9 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3
Y19	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 10 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4

Y20	Solenoide derecho de la Electroválvula 10 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4
Y21	Solenoide de la Electroválvula 11 de llenado de GLP
Y22	Solenoide de la Electroválvula 12 de llenado de GLP
Y23	Solenoide de la Electroválvula 13 de llenado de GLP
Y24	Solenoide de la Electroválvula 14 de llenado de GLP
Unidades de Mantenimientos de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de la operación automática de llenado de GLP (A)	
A11	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
A12	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro
A13	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
A14	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
A15	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
A16	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4
A17	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1
A18	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
A19	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3
A20	Unidad de Mantenimiento del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4
OTROS	
12 brazos de paro con 12 Cilindros Neumáticos de Simple Efecto con retorno de muelle (12 solenoides y electroválvulas: Y25 – Y36), 24 Válvulas de Control de Fluido, 12 Unidades de Mantenimiento, 6 pulsadores rojos, 6 pulsadores verdes.	

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

F. Programación del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones

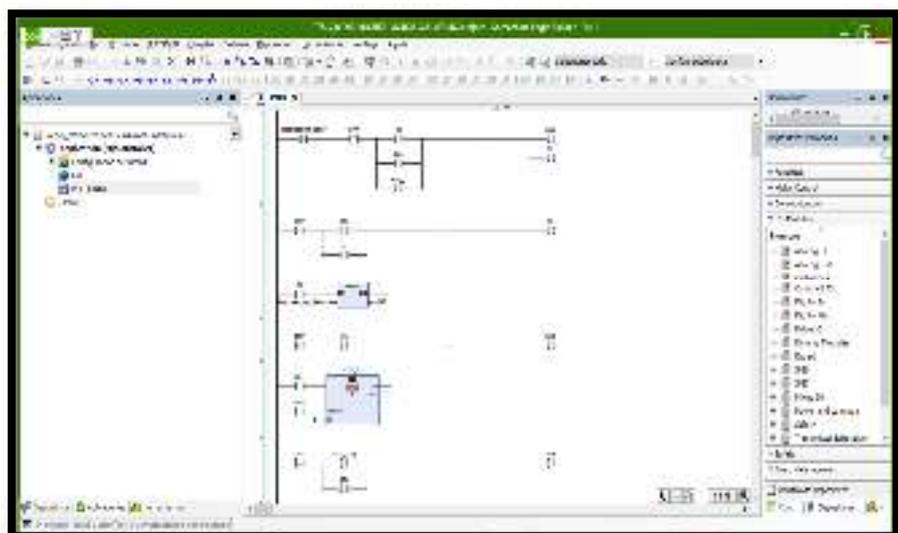


Figura 82. Rango del 1 al 6 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

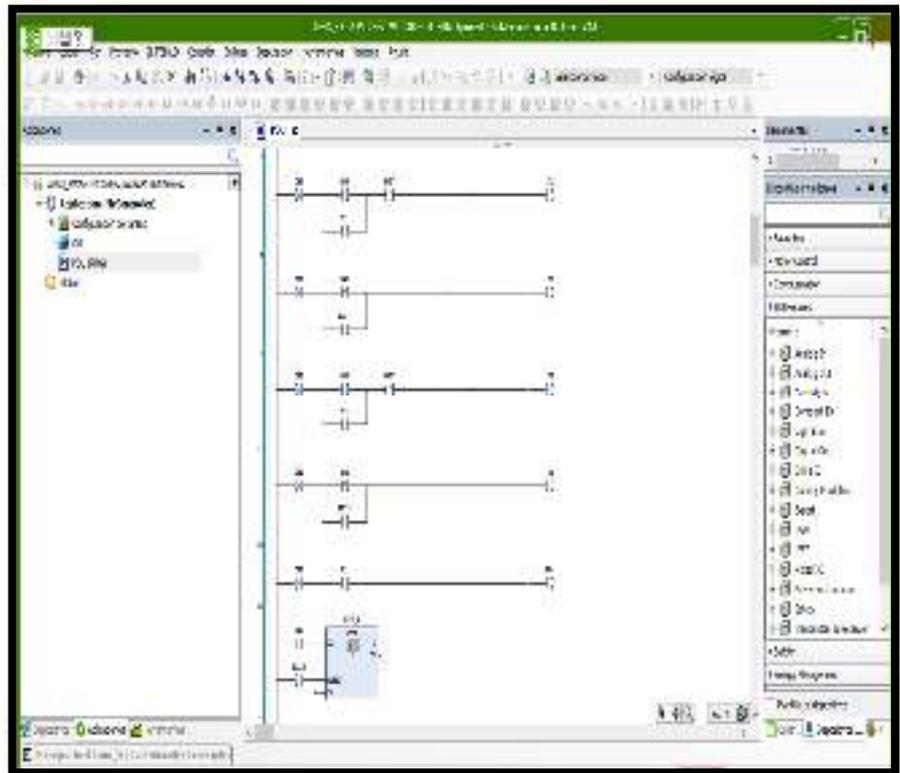


Figura 83. Rango del 7 al 12 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

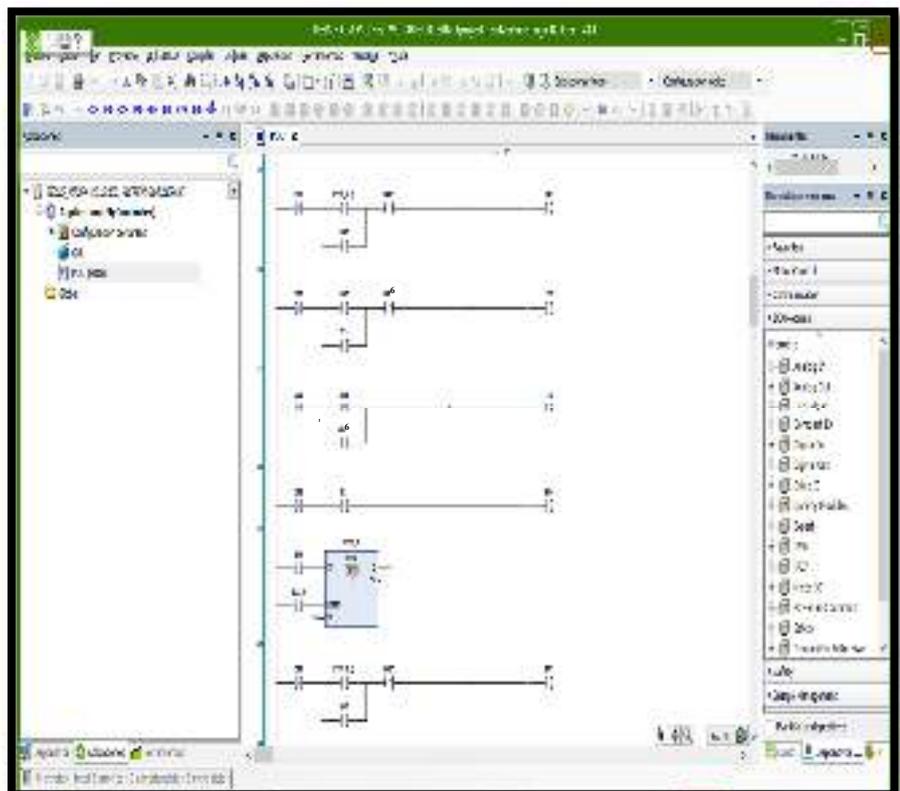


Figura 84. Rango del 13 al 18 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

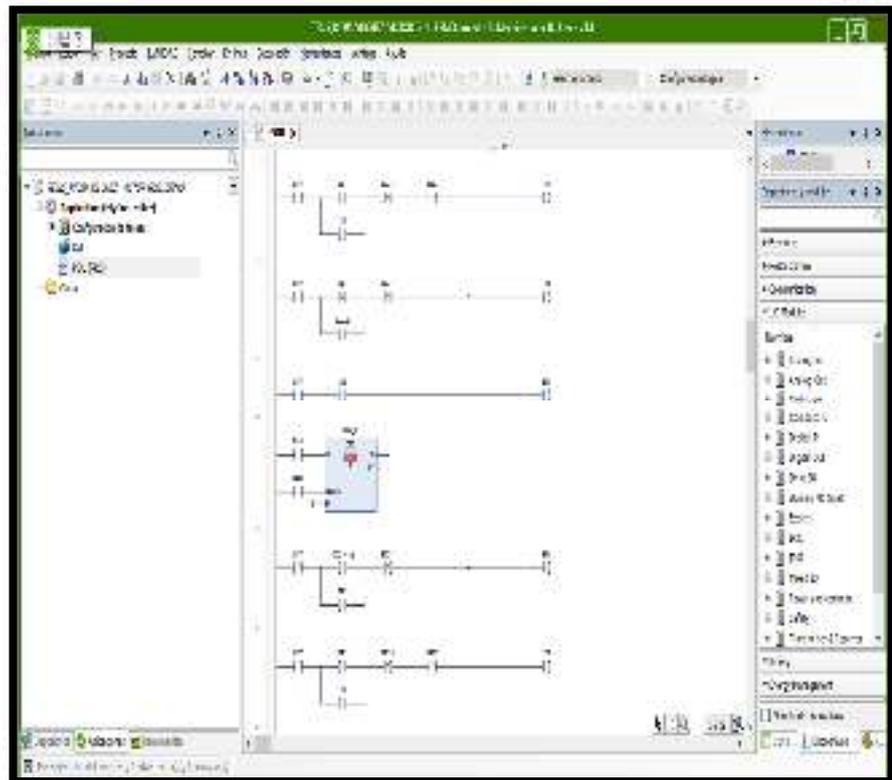


Figura 85. Rango del 19 al 24 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

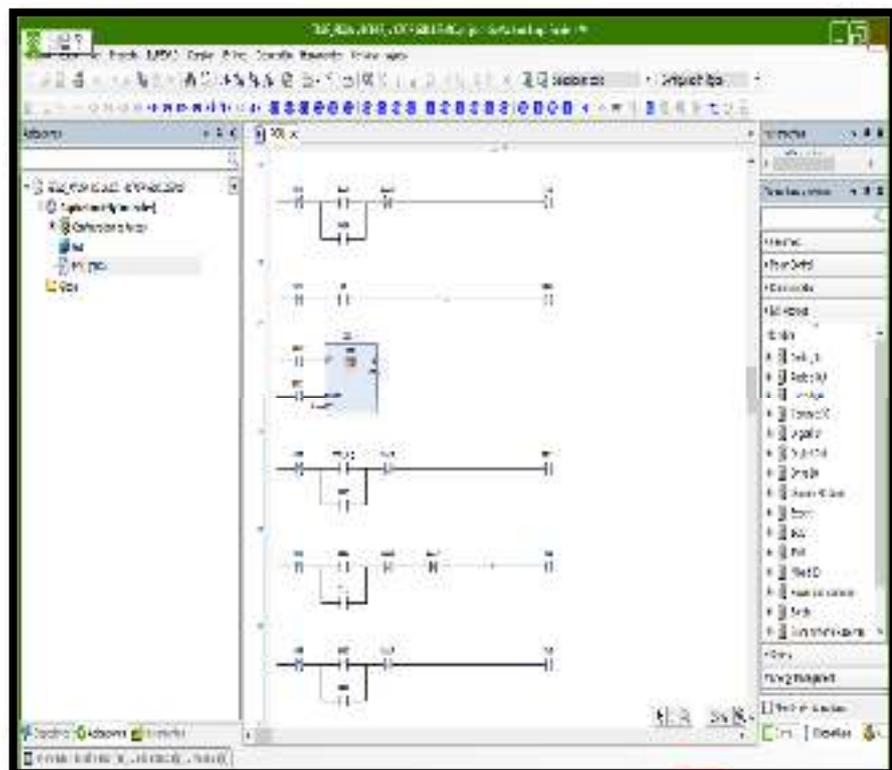


Figura 86. Rango del 25 al 30 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

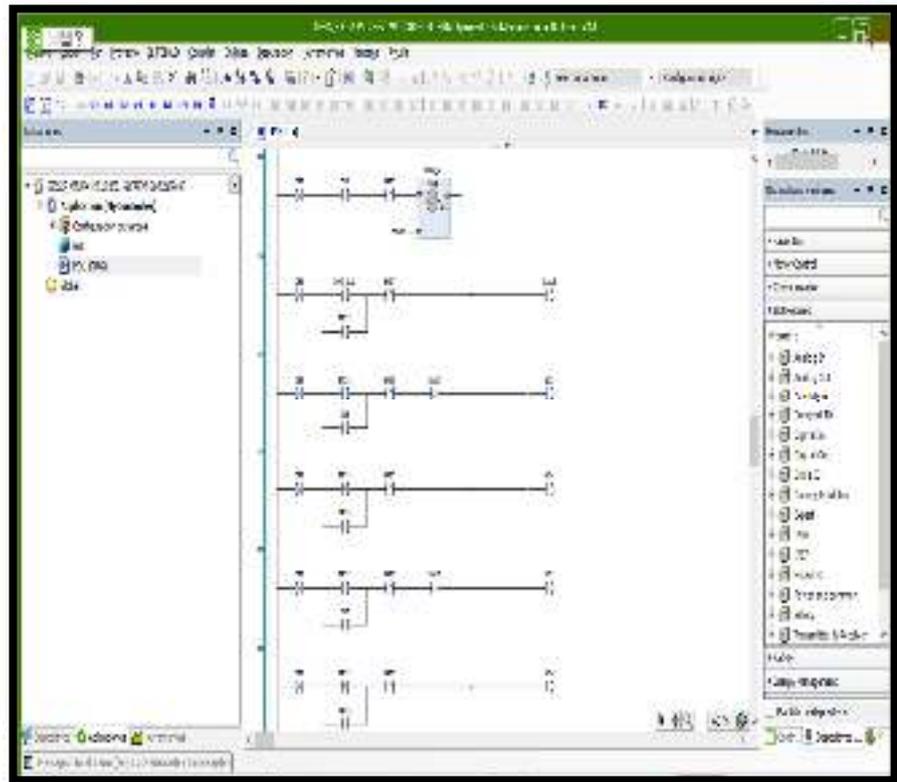


Figura 87. Rango del 31 al 36 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

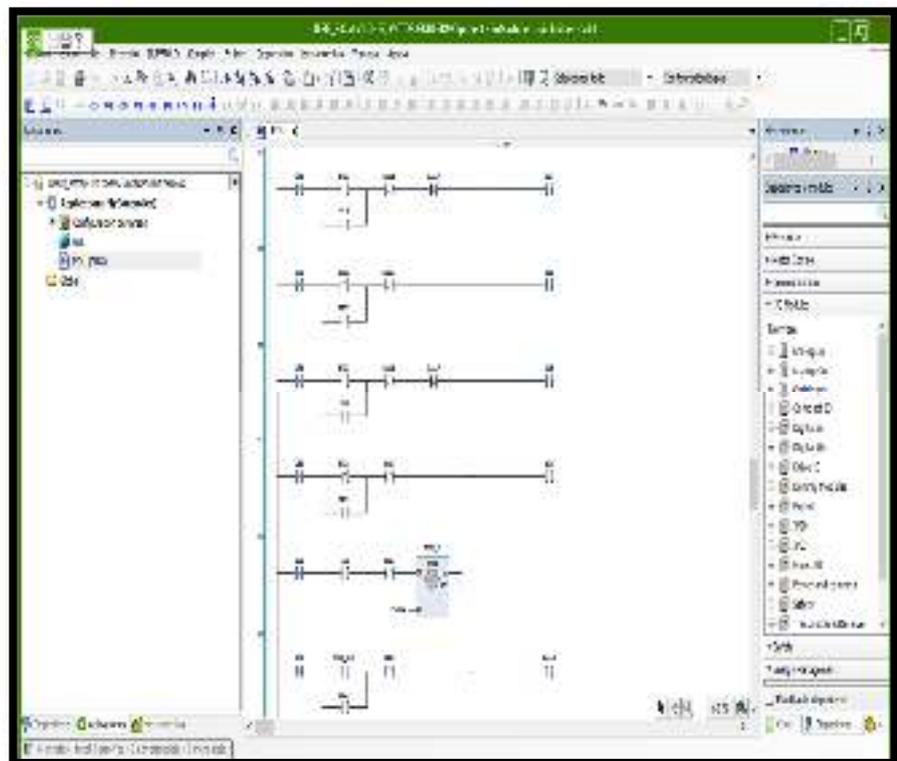


Figura 88. Rango del 37 al 42 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

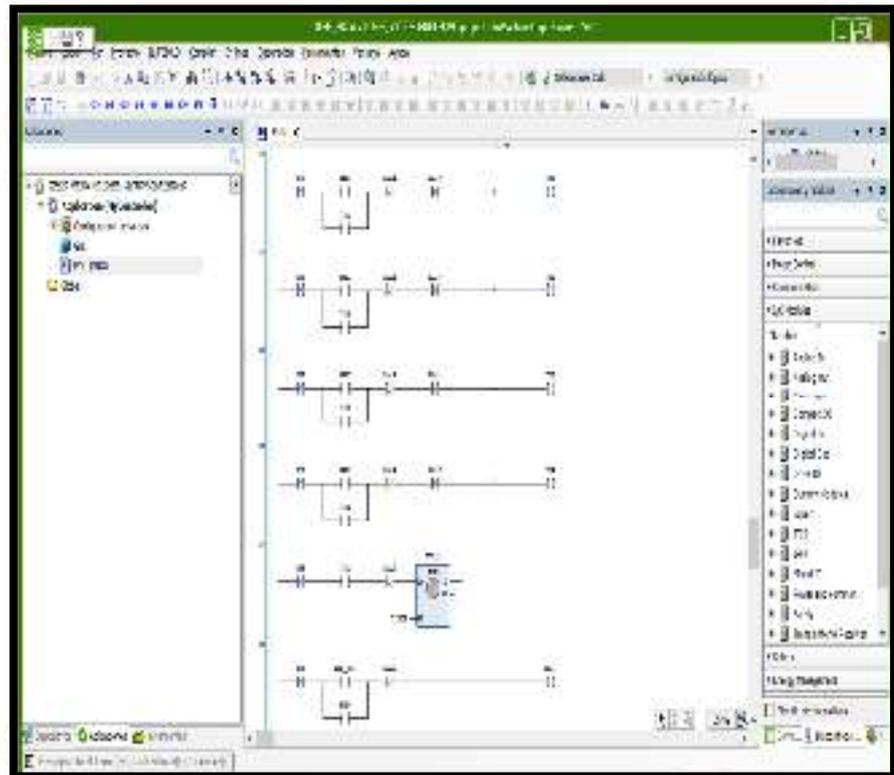


Figura 89. Rango del 43 al 48 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

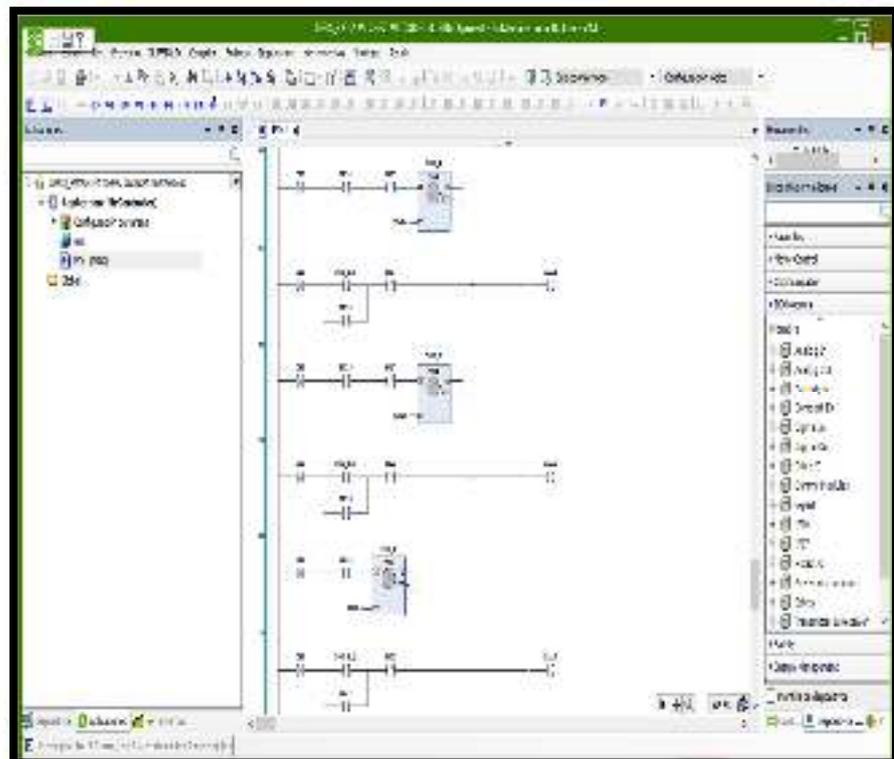


Figura 90. Rango del 49 al 54 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

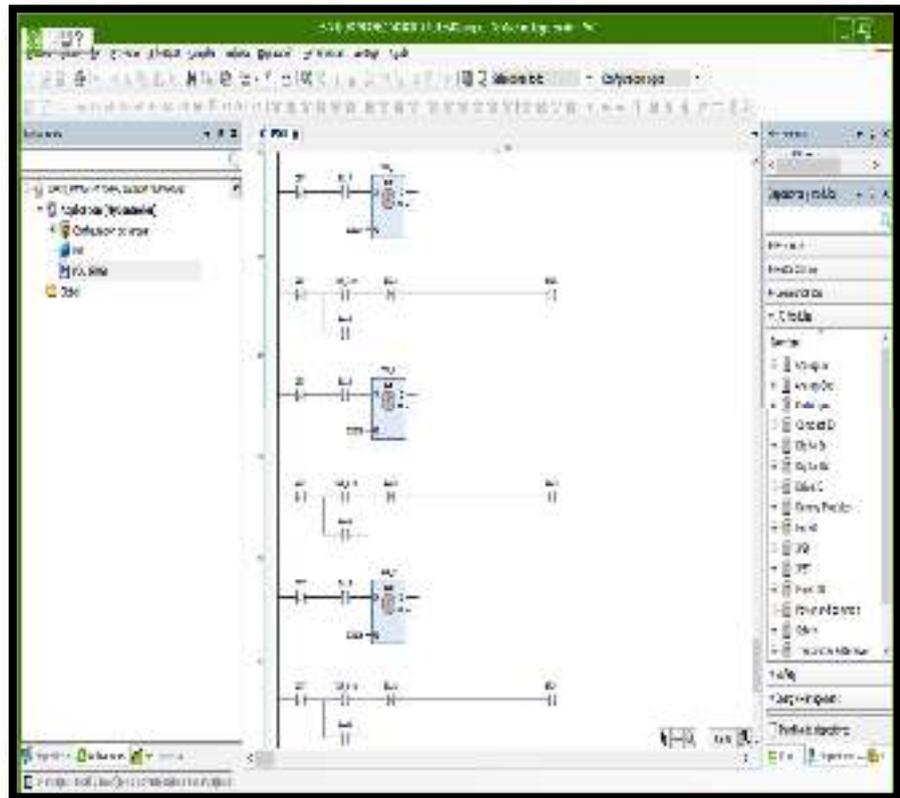


Figura 91. Rango del 55 al 60 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

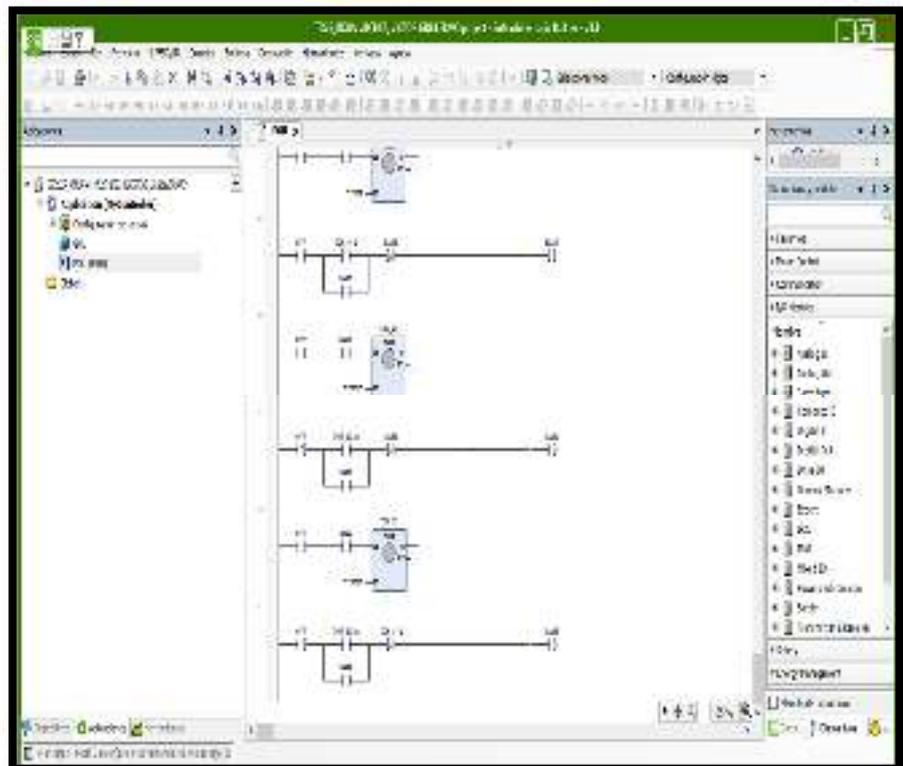


Figura 92. Rango del 61 al 64 de las redes eléctricas de la programación del sistema automatizado
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Rango	Nombre	Valor	Unidad	Descripción	Comentarios	Estado
1	0.75	0.000000000	100			
2	0.75	0.00	100			
3	0.75	0.00	100			
4	0.75	0.00	100			
5	0.75	0.00	100			
6	0.75	0.00	100			
7	0.75	0.00	100			
8	0.75	0.00	100			
9	0.75	0.00	100			
10	0.75	0.00	100			
11	0.75	0.00	100			
12	0.75	0.00	100			
13	0.75	0.00	100			
14	0.75	0.00	100			
15	0.75	0.00	100			
16	0.75	0.00	100			
17	0.75	0.00	100			
18	0.75	0.00	100			
19	0.75	0.00	100			
20	0.75	0.00	100			
21	0.75	0.00	100			
22	0.75	0.00	100			
23	0.75	0.00	100			
24	0.75	0.00	100			
25	0.75	0.00	100			
26	0.75	0.00	100			

Figura 93. Rango del 1 al 26 de las Variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Rango	Nombre	Valor	Unidad	Descripción	Comentarios	Estado
27	0.75	0.00	100			
28	0.75	0.00	100			
29	0.75	0.00	100			
30	0.75	0.00	100			
31	0.75	0.00	100			
32	0.75	0.00	100			
33	0.75	0.00	100			
34	0.75	0.00	100			
35	0.75	0.00	100			
36	0.75	0.00	100			
37	0.75	0.00	100			
38	0.75	0.00	100			
39	0.75	0.00	100			
40	0.75	0.00	100			
41	0.75	0.00	100			
42	0.75	0.00	100			
43	0.75	0.00	100			
44	0.75	0.00	100			
45	0.75	0.00	100			
46	0.75	0.00	100			
47	0.75	0.00	100			
48	0.75	0.00	100			
49	0.75	0.00	100			
50	0.75	0.00	100			
51	0.75	0.00	100			
52	0.75	0.00	100			

Figura 94. Rango del 27 al 52 de las Variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

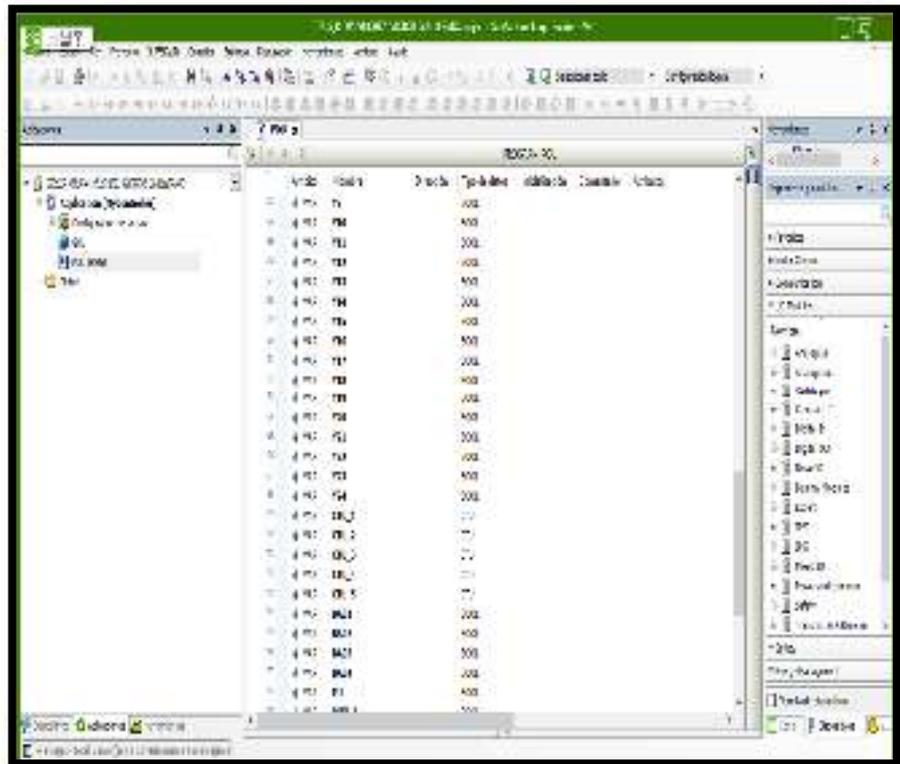


Figura 95. Rango del 53 al 78 de las Variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

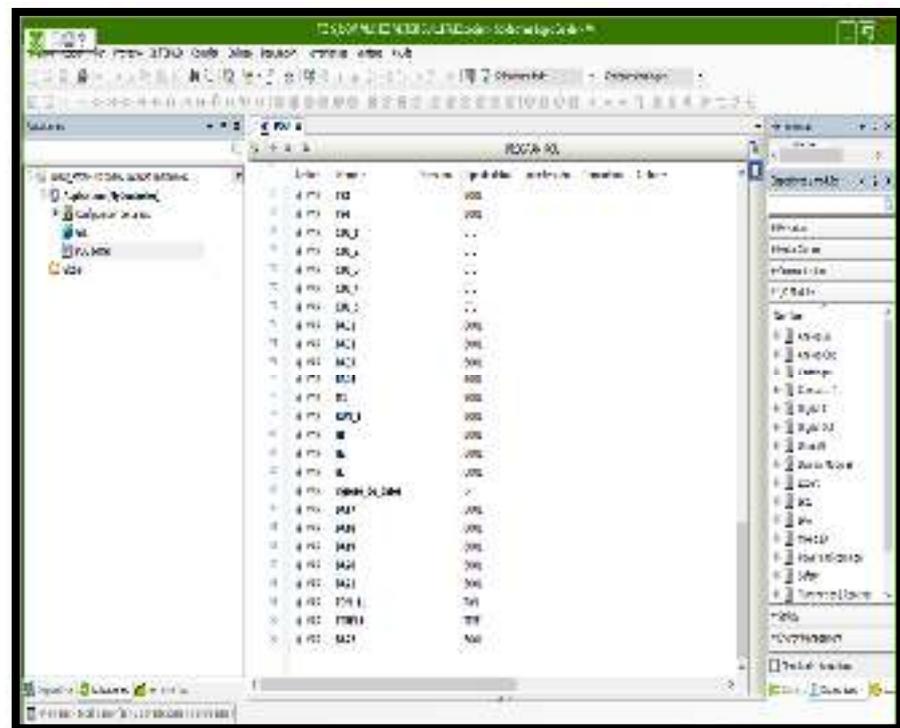


Figura 96. Rango del 79 al 91 de las Variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Tabla 91. Leyenda de las variables creadas en la programación del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP

VARIABLES CREADAS EN LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DEL PROCESO DE ENVASADO DE BALONES	
PULSADORES Y SENSORES	
Pulsadores	
OFF	Pulsador Rojo o de Desactivación (OFF) en el programa Somachine V 4.1
	Pulsador Rojo o de Desactivación (RUN_1) en el programa CitecSCADA
ON	Pulsador Verde o de Activación (ON) en el programa Somachine V 4.1
	Pulsador Verde o de Activación (RUN_1) en el programa CitecSCADA
EMERGENCY_STOP	Pulsador de Parada de Emergencia (EMERGENCY STOP)
Sensores	
B1	Sensor Óptico de Proximidad 1
B2	Sensor Óptico de Proximidad 2
B3	Sensor Óptico de Proximidad 3
B4	Sensor Óptico de Proximidad 4
B5	Sensor Óptico de Proximidad 5
ACTUADORES	
Bobinas y Contactos Auxiliares	
BA1	Bobina Auxiliar 1
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 1
BA2	Bobina Auxiliar 2
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 2
BA3	Bobina Auxiliar 3
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 3
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 3
BA4	Bobina Auxiliar 4
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 4
BA5	Bobina Auxiliar 5
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 5
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 5
BA6	Bobina Auxiliar 6
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 6
BA7	Bobina Auxiliar 7
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 7
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 7
BA8	Bobina Auxiliar 8
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 8
BA9	Bobina Auxiliar 9
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 9
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 9
BA10	Bobina Auxiliar 10
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 10
BA11	Bobina Auxiliar 11
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 11
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 11
BA12	Bobina Auxiliar 12
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 12
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 12
BA13	Bobina Auxiliar 13
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 13
BA14	Bobina Auxiliar 14
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 14

	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 14
BA15	Bobina Auxiliar 15
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 15
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 15
BA16	Bobina Auxiliar 16
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 16
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 16
BA17	Bobina Auxiliar 17
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 17
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 17
BA18	Bobina Auxiliar 18
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 18
BA19	Bobina Auxiliar 19
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 19
BA20	Bobina Auxiliar 20
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 20
BA21	Bobina Auxiliar 21
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 21
BA22	Bobina Auxiliar 22
	Contacto abierto de la Bobina Auxiliar 22
	Contacto cerrado de la Bobina Auxiliar 22
Motor	
M1	Motorreductor Trifásico de la máquina Transportadora por cadenas de arrastre 1
	Contacto del Motorreductor Trifásico de la máquina Transportadora por cadenas de arrastre 1
Variador de frecuencia	
MOVE	Ingreso de datos
	%QW3 (Canal del Variador de frecuencia)
Contadores	
CTU_1	Contador 1 incorporado en el PLC TM241CE40R
Contadas del CTU_1	4 contadas como máximo
CTU_1.Q	Contacto abierto del Contador 1 incorporado en el PLC TM241CE40R
CTU_2	Contador 2 incorporado en el PLC TM241CE40R
Contadas del CTU_2	4 contadas como máximo
CTU_2.Q	Contacto abierto del Contador 2 incorporado en el PLC TM241CE40R
CTU_3	Contador 3 incorporado en el PLC TM241CE40R
Contadas del CTU_3	3 contadas como máximo
CTU_3.Q	Contacto abierto del Contador 3 incorporado en el PLC TM241CE40R
CTU_4	Contador 4 incorporado en el PLC TM241CE40R
Contadas del CTU_4	2 contadas como máximo
CTU_4.Q	Contacto abierto del Contador 4 incorporado en el PLC TM241CE40R
CTU_5	Contador 5 incorporado en el PLC TM241CE40R
Contadas del CTU_5	1 contada como máximo
CTU_5.Q	Contacto abierto del Contador 5 incorporado en el PLC TM241CE40R
Señalizaciones Ópticas	
H1	Señalización Óptica Roja del Pulsador Rojo
H2	Señalización Óptica Verde del Pulsador Verde

H3	Señalización Óptica Amarilla del Pulsador de Parada de Emergencia
Solenoides de las Electroválvulas	
Y1	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
Y2	Solenoides derecho de la Electroválvula 1 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo izquierdo de paro
Y3	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 2 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro
	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 2 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro
Y4	Solenoides derecho de la Electroválvula 2 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo derecho de paro
Y5	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 3 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 3 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
Y6	Solenoides derecho de la Electroválvula 3 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1
Y7	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 4 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 4 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
Y8	Solenoides derecho de la Electroválvula 4 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2
Y9	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 5 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 5 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
Y10	Solenoides derecho de la Electroválvula 5 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3
Y11	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 6 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4
	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 6 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4
Y12	Solenoides derecho de la Electroválvula 6 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4
Y13	Solenoides izquierdo de la Electroválvula 7 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1

	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 7 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1
Y14	Solenoide derecho de la Electroválvula 7 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 1
Y15	Solenoide izquierdo de la Electroválvula 8 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 8 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
Y16	Solenoide derecho de la Electroválvula 8 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 2
Y17	Solenoide izquierdo de la Electroválvula 9 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3
	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 9 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3
Y18	Solenoide derecho de la Electroválvula 9 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 3
Y19	Solenoide izquierdo de la Electroválvula 10 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4
	Contacto abierto del Solenoide izquierdo de la Electroválvula 10 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4
Y20	Solenoide derecho de la Electroválvula 10 del Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto de llenado 4
Y21	Solenoide de la Electroválvula 11 de llenado de GLP
	Contacto abierto del Solenoide de la Electroválvula 11 de llenado de GLP
Y22	Solenoide de la Electroválvula 12 de llenado de GLP
	Contacto abierto del Solenoide de la Electroválvula 12 de llenado de GLP
Y23	Solenoide de la Electroválvula 13 de llenado de GLP
	Contacto abierto del Solenoide de la Electroválvula 13 de llenado de GLP
Y24	Solenoide de la Electroválvula 14 de llenado de GLP
	Contacto abierto del Solenoide de la Electroválvula 14 de llenado de GLP
Temporizadores, Asignaciones de periodos de tiempos y Contactos	
TON 1	Temporizador 1
TIME1	Asignación del periodo de tiempo de 2 segundos del Temporizador 1
TON 1.Q	Contacto abierto del Temporizador 1
TON 2	Temporizador 2
TIME2	Asignación del periodo de tiempo de 2 segundos del Temporizador 2
TON 2.Q	Contacto abierto del Temporizador 2
TON 3	Temporizador 3
TIME3	Asignación del periodo de tiempo de 30 segundos del Temporizador 3
TON 3.Q	Contacto abierto del Temporizador 3
TON 4	Temporizador 4
TIME4	Asignación del periodo de tiempo de 2 segundos del Temporizador 4
TON 4.Q	Contacto abierto del Temporizador 4
TON 5	Temporizador 5

TIME5	Asignación del periodo de tiempo de 2 segundos del Temporizador 5
TON 5.Q	Contacto abierto del Temporizador 5
TON 6	Temporizador 6
TIME6	Asignación del periodo de tiempo de 3 segundos del Temporizador 6
TON 6.Q	Contacto abierto del Temporizador 6
TON 7	Temporizador 7
TIME7	Asignación del periodo de tiempo de 1 segundo del Temporizador 7
TON 7.Q	Contacto abierto del Temporizador 7
TON 8	Temporizador 8
TIME8	Asignación del periodo de tiempo de 1 segundo del Temporizador 8
TON 8.Q	Contacto abierto del Temporizador 8
TON 9	Temporizador 9
TIME9	Asignación del periodo de tiempo de 1 segundo del Temporizador 9
TON 9.Q	Contacto abierto del Temporizador 9
TON 10	Temporizador 10
TIME10	Asignación del periodo de tiempo de 1 segundo del Temporizador 10
TON 10.Q	Contacto abierto del Temporizador 10
TON 11	Temporizador 11
TIME11	Asignación del periodo de tiempo de 1 segundo del Temporizador 11
TON 11.Q	Contacto abierto del Temporizador 11

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

G. Asignación de Entradas y Salidas en la Programación del Sistema Automatizado del Proceso Envasado de GLP en Balones

a) Asignación de entradas digitales

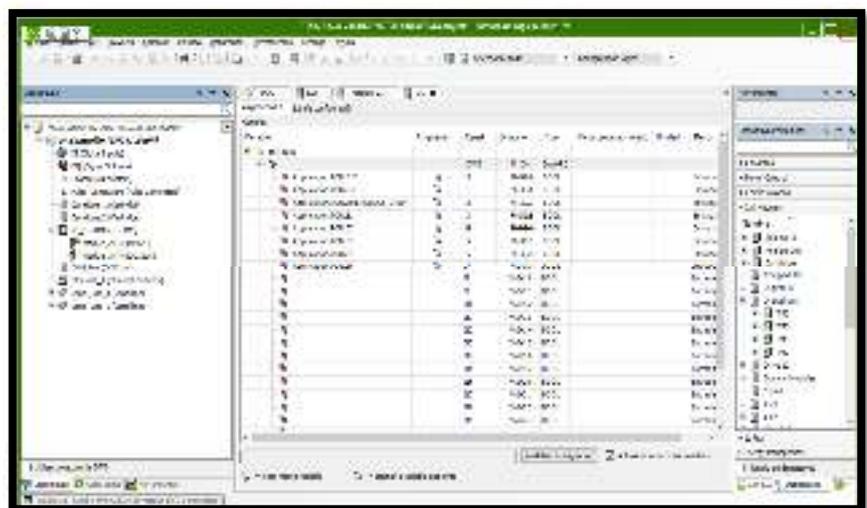


Figura 97. Asignación de entradas digitales en el Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

b) Asignación de salidas digitales

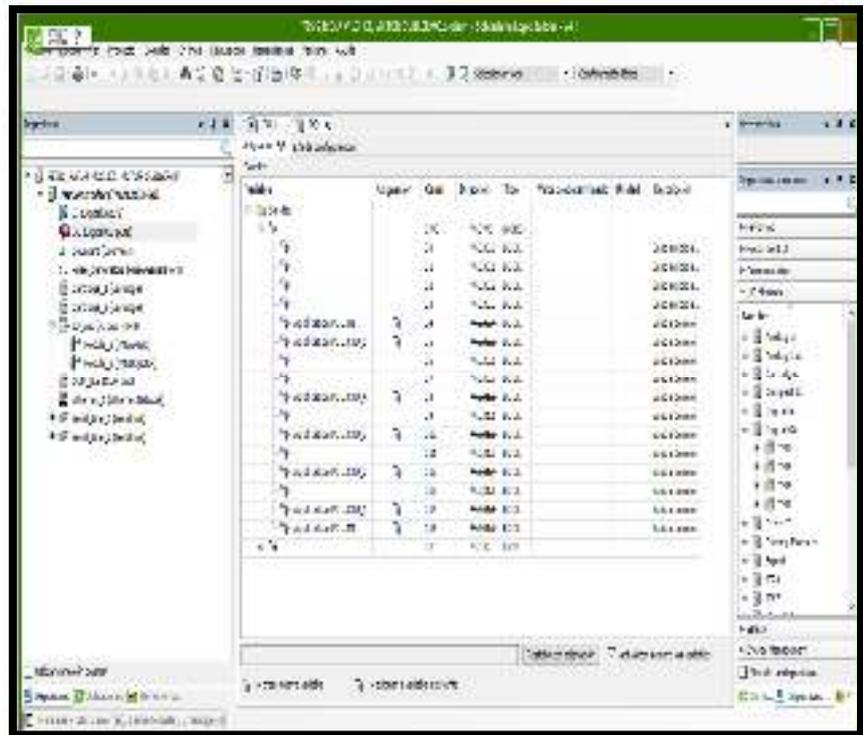


Figura 98. Asignación de salidas digitales en el Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

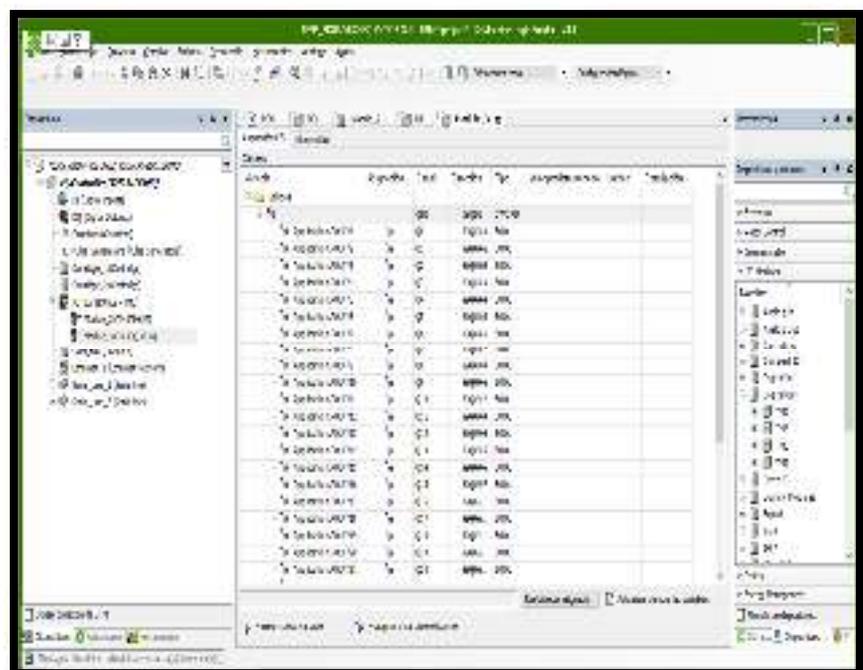


Figura 99. Asignación de las salidas digitales desde el solenoide Y1 hasta el Y24 en el Módulo de Ampliación TM3DQ32UK del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

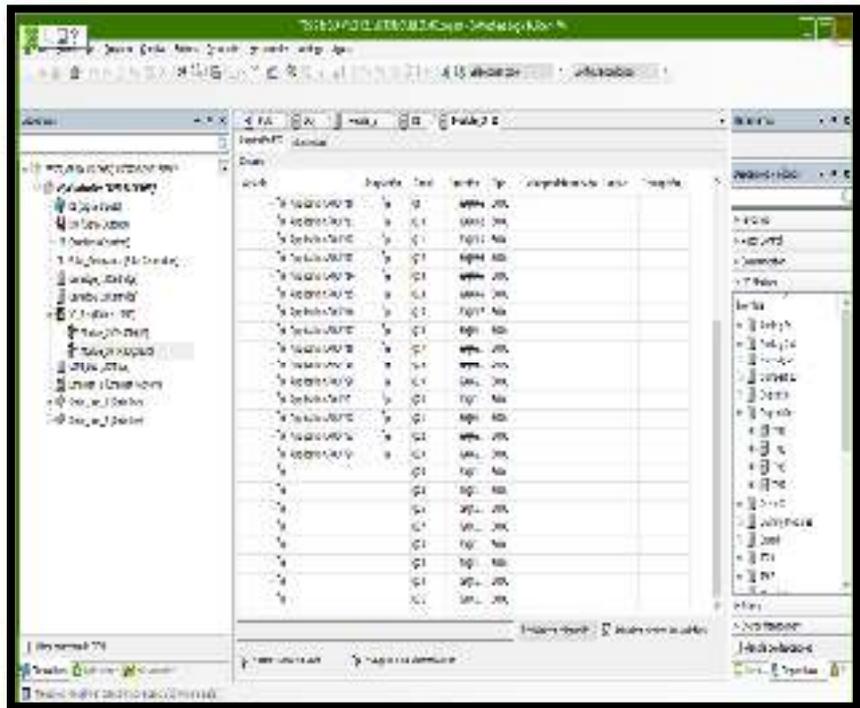


Figura 100. Asignación de las salidas digitales desde el solenoide Y22 hasta el Y24 en el Módulo de Ampliación TM3DQ32UK del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

c) Asignación de salidas analógicas

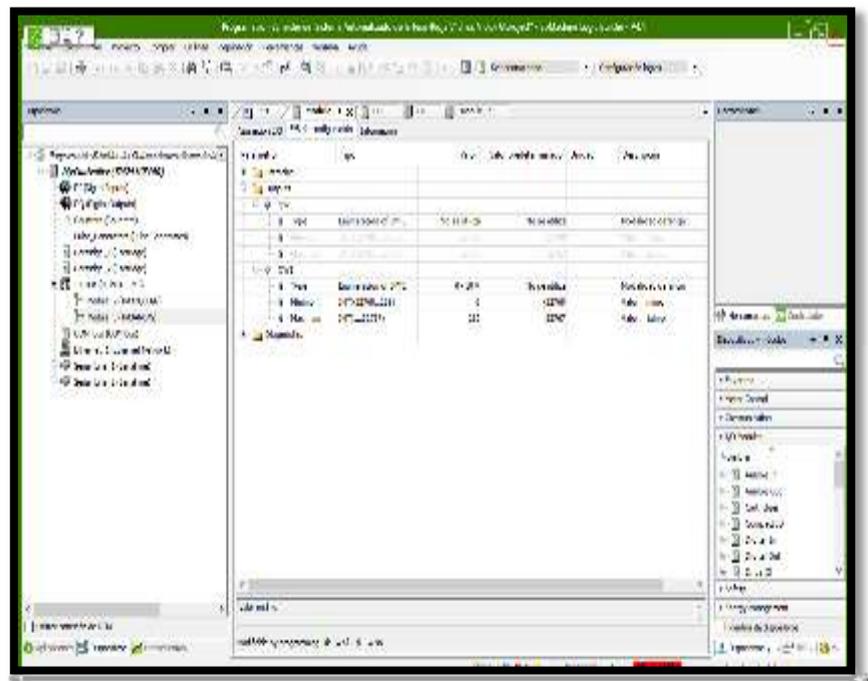


Figura 101. Asignación de s en el Módulo de Ampliación Mixto TM3AM6 del Controlador Lógico Programable modelo Modicon TM241CE40R

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

H. Asignación de las Nuevas Direcciones de las Variables Necesarias, en el Programa SoMachine V4.1, para la Operacionalización Simultánea con el Programa CitecSCADA

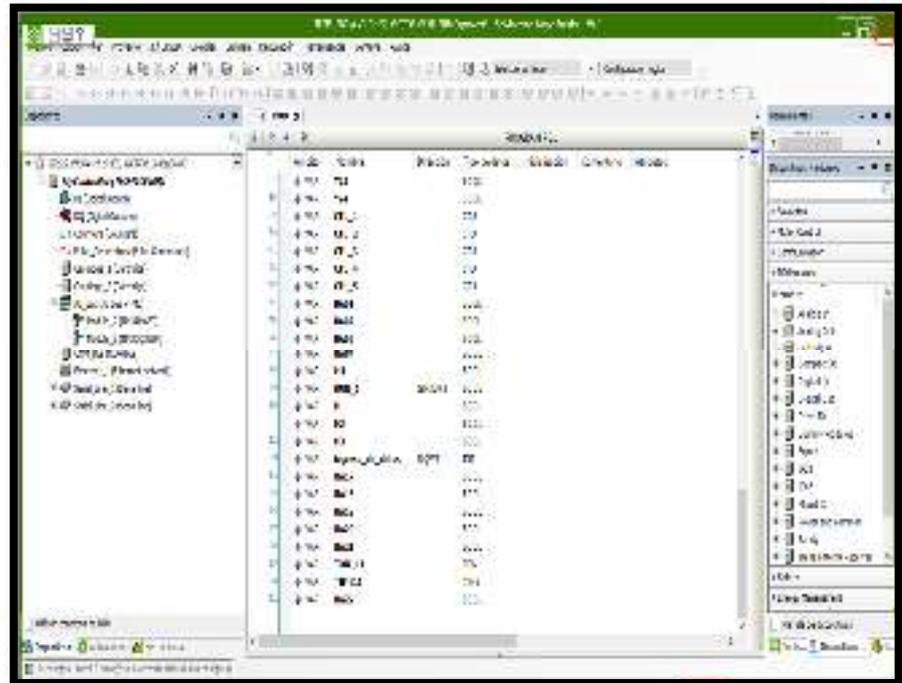


Figura 102. Asignación de las direcciones de las variables RUN_1 e INGRESO_DE_DATOS, en el programa SoMachine V4.1, para la operacionalización simultánea con el programa CitecSCADA

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

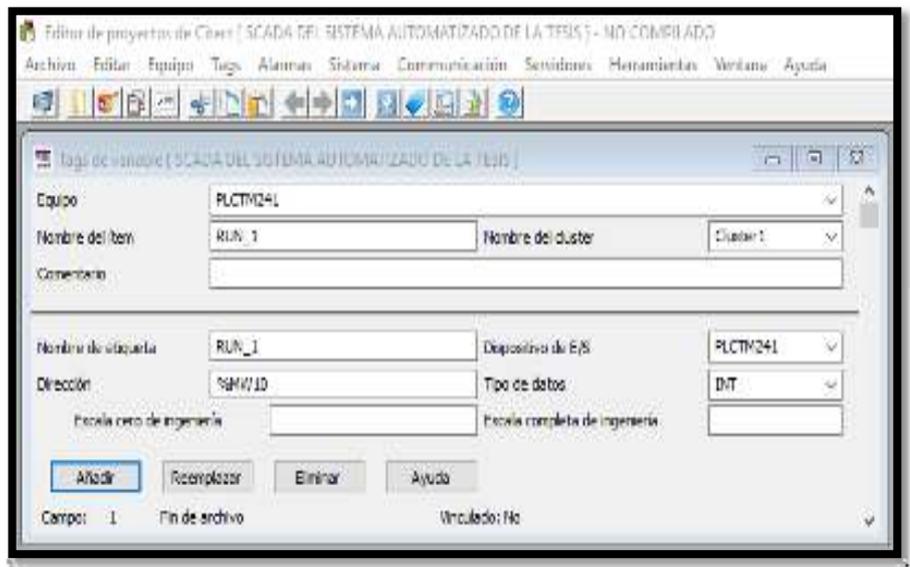


Figura 103. Asignación de la dirección de la variable RUN_1, en el programa CitecSCADA, para la operacionalización simultánea de los Pulsadores con el programa SoMachine V4.1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

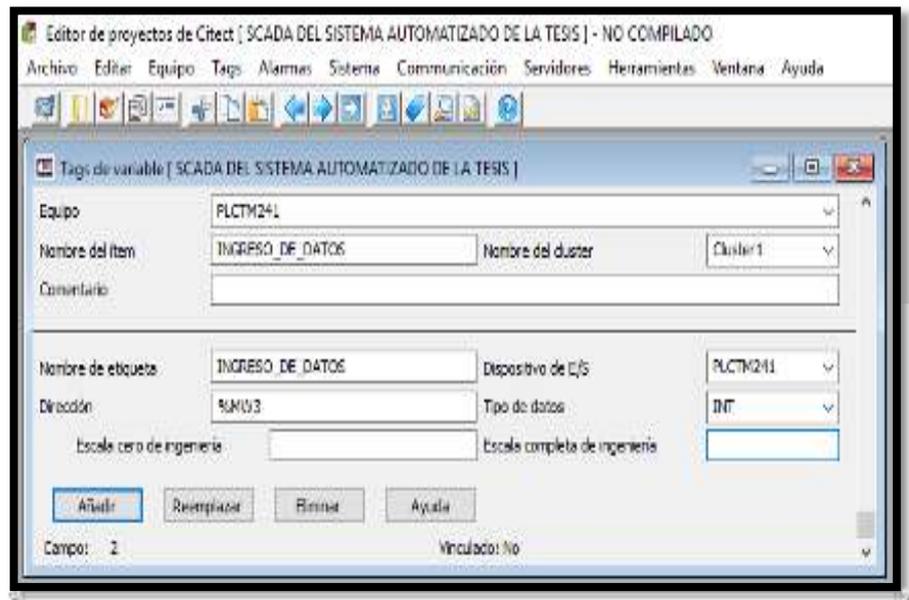


Figura 104. Asignación de la dirección de la variable INGRESO_DE_DATOS, en el programa CitectSCADA, para la operacionalización simultánea del Variador de Frecuencia con el programa SoMachine V4.1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

I. Simulación de la Programación del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones

Antes de dar comienzo a la simulación mediante la opción “Play” en el programa SoMachine V4.1, se asigna los tiempos requeridos para el sistema automatizado; los cuáles, como se muestran en la Tabla 92 y Figuras 105 y 106, son los siguientes:

Tabla 92. Asignación de tiempos requeridos para el sistema automatizado del proceso de envasado GLP en balones

Tiempos requeridos	Valor (en segundos)
TIME1	2
TIME2	2
TIME3	30
TIME4	2
TIME5	2
TIME6	3
TIME7	1
TIME8	1
TIME9	1
TIME10	1
TIME11	1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

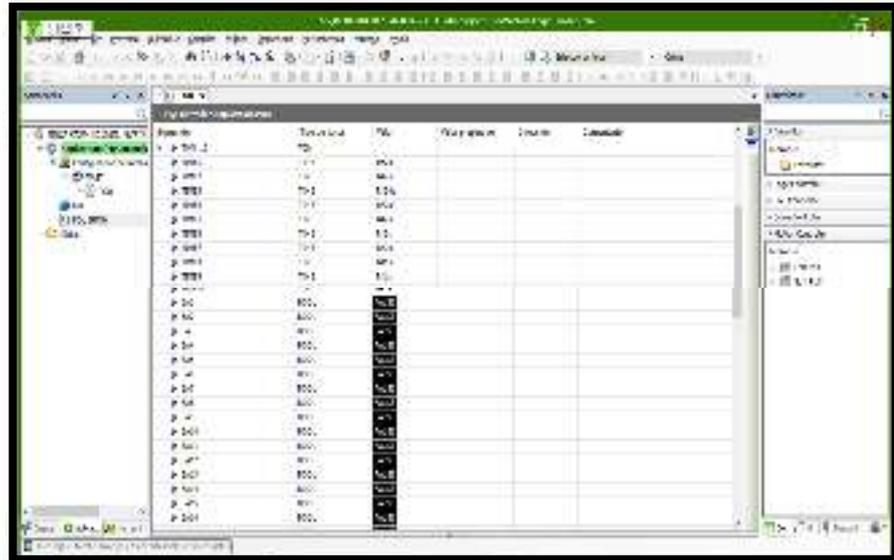


Figura 105. Asignación de los tiempos requeridos desde el TIME 1 hasta el TIME 10 del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

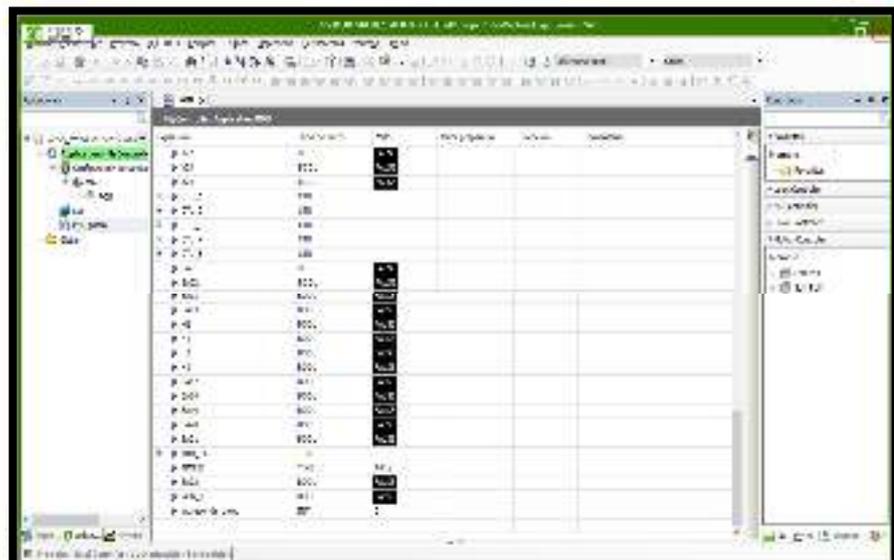


Figura 106. Asignación del tiempo requerido TIME 11 del sistema automatizado del proceso de envasado de GLP en balones
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

A continuación, se explica la simulación de la programación de la lógica automatizada desarrollada en el programa SoMachine V4.1, el cual ejecuta los movimientos secuenciales demostrados anteriormente en el Diagrama de Movimientos del sistema automatizado:

▪ **Movimiento 1. Activación del motorreductor de la máquina transportadora por cadenas de arrastre, activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 1 y activación del Módulo Analógico MOVE**

El sistema automatizado, como se muestra en la Figura 107, inicia cuando se presiona y activa el Pulsador Verde (ON) para permitir la conducción de corriente eléctrica al sistema. La Bobina Auxiliar 1 (BA1) y la bobina de la Señalización Óptica Verde (H2) son las primeras en activarse. Asimismo, el contacto abierto de la Bobina Auxiliar 1 conecta a la Bobina 1 (M1) del motorreductor de la máquina transportadora por cadenas de arrastre para el desplazamiento de lotes de cuatro unidades o balones hacia cada estación de trabajo del proceso de envasado de GLP. Cabe mencionar que el rediseño del proceso de envasado de GLP presenta tres estaciones de trabajo, de las cuales, la primera y la tercera contienen puestos de trabajo que ejecutan tareas manualmente. En cambio, la segunda estación de trabajo es mecanizada, ya que desarrolla la operación de envasado de GLP automáticamente.

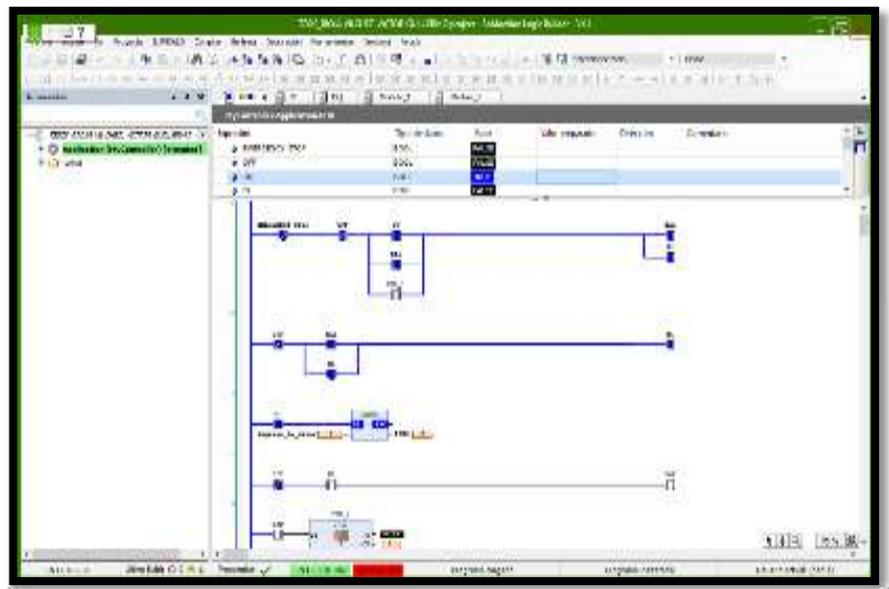


Figura 107. Activación del Pulsador Verde (ON), la Bobina Auxiliar 1, la Bobina 1 del motor de la máquina transportadora por cadenas de arrastre y del Módulo Analógico MOVE
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por otro lado, el contacto abierto de la Bobina 1 (M1), como se muestra en la Figura 107, activa al Módulo Analógico MOVE, el cual permite el ingreso de datos de la velocidad requerida del motorreductor de la máquina transportadora por cada de arrastre. Luego de recibir los datos de velocidad el Módulo Analógico MOVE manda una señal analógica a la dirección del Variador de Frecuencia (%QW3), ya que es el dispositivo encargado en condicionar la velocidad requerida al motorreductor de la máquina transportadora. Cabe recalcar que la velocidad de desplazamiento requerido es un balón por segundo.

El lote de cuatro balones, acondicionado en los puestos de trabajo 1,2 y 3, se desplaza en forma lineal o paralela con dirección a la estación automatizada encargada de la operación automática de envasado de GLP. El primer balón del lote, durante su desplazamiento y como se muestra en la Figura 108, es detectado por el primer Sensor Óptico de Proximidad (B1), el cual manda la primera señal al primer Contador Digital (C1 o CTU_1) mediante la Bobina Auxiliar 2 (BA2).

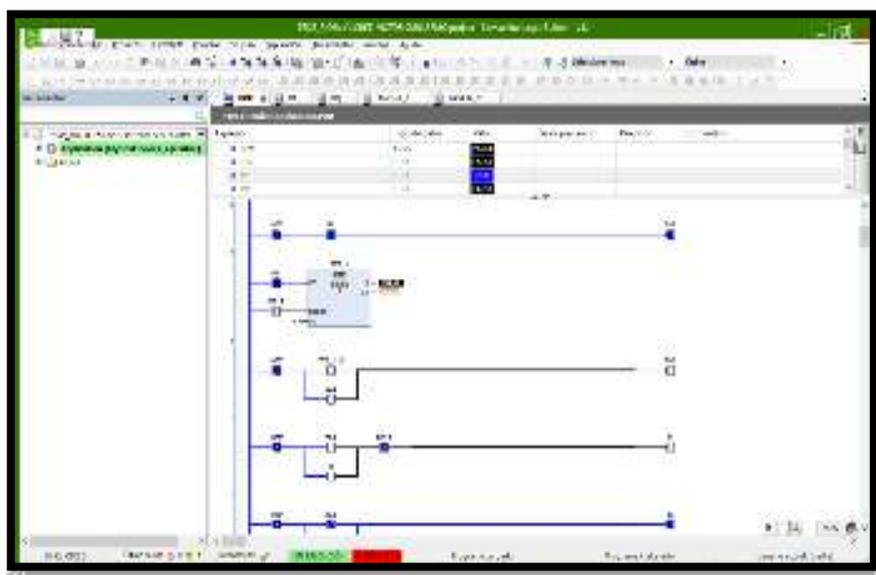


Figura 108. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 2. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 2 y segunda señal dirigida hacia el Contador Digital 1**

El primer balón del lote, durante su desplazamiento y como se muestra en la Figura 109, es detectado por el segundo Sensor Óptico de Proximidad (B2), el cual manda la primera señal al segundo Contador Digital (C2 o CTU_2) mediante la Bobina Auxiliar 4 (BA4). Asimismo, el segundo balón del lote, durante su desplazamiento, es detectado por el primer Sensor Óptico de Proximidad (B1), el cual manda la segunda señal al primer Contador Digital (C1 o CTU_1) mediante la Bobina Auxiliar 2 (BA2).

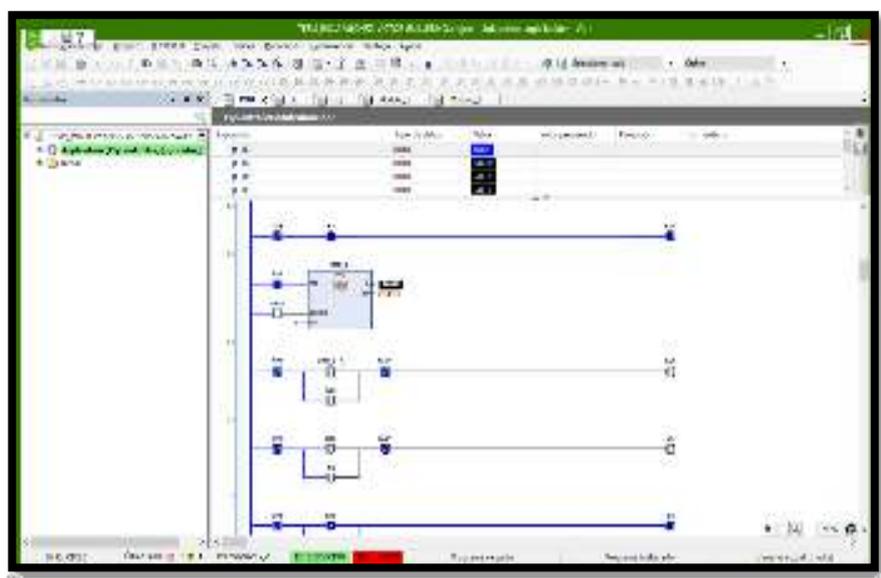


Figura 109. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 2

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 3. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 3, segunda señal dirigida hacia el Contador Digital 2 y tercera señal dirigida hacia el Contador Digital 1**

El primer balón del lote, durante su desplazamiento y como se muestra en la Figura 110, es detectado por el tercer Sensor Óptico de Proximidad (B3), el cual manda la primera señal al tercer Contador Digital (C3 o CTU_3) mediante la Bobina Auxiliar 6 (BA6). Asimismo, el segundo balón del lote, durante su desplazamiento, es

detectado por el segundo Sensor Óptico de Proximidad (B2), el cual manda la segunda señal al segundo Contador Digital (C2 o CTU_2) mediante la Bobina Auxiliar 4 (BA4). Además, el tercer balón del lote, durante su desplazamiento, es detectado por el primer Sensor Óptico de Proximidad (B1), el cual manda la tercera señal al primer Contador Digital (C1 o CTU_1) mediante la Bobina Auxiliar 2 (BA2).

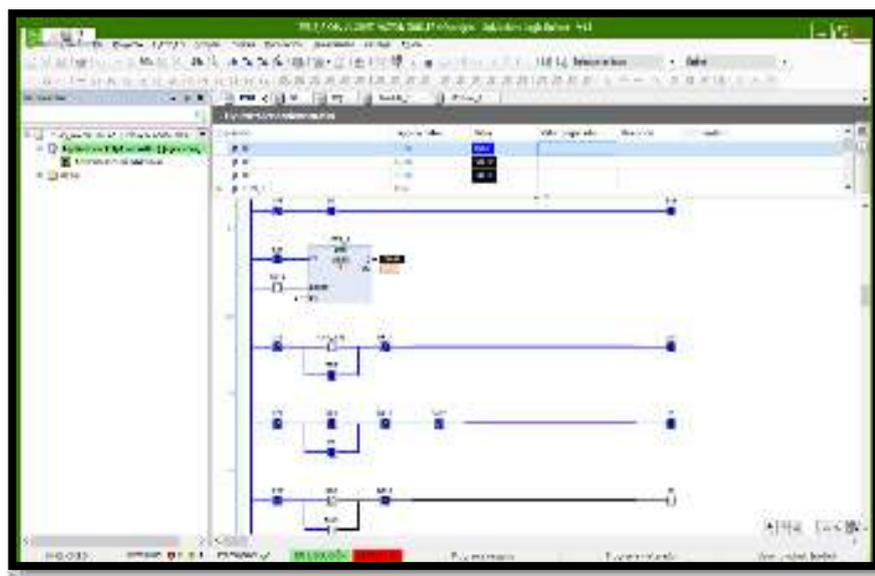


Figura 110. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 3

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Movimiento 4. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 4, segunda señal dirigida hacia el Contador Digital 3 y tercera señal dirigida hacia el Contador Digital 2 y cuarta señal dirigida hacia el Contador Digital 1**

El primer balón del lote, durante su desplazamiento y como se muestra en la Figura 111, es detectado por el cuarto Sensor Óptico de Proximidad (B4), el cual manda la primera señal al cuarto Contador Digital (C4 o CTU_4) mediante la Bobina Auxiliar 8 (BA8). Asimismo, el segundo balón del lote, durante su desplazamiento, es detectado por el tercer Sensor Óptico de Proximidad (B3), el cual manda la segunda señal al tercer Contador Digital (C3 o CTU_3) mediante la Bobina Auxiliar 6 (BA6). Además, el tercer balón del lote, durante su desplazamiento, es

detectado por el segundo Sensor Óptico de Proximidad (B2), el cual manda la tercera señal al segundo Contador Digital (C2 o CTU_2). Seguidamente, el cuarto balón del lote, durante su desplazamiento y como se muestra en la Figura 112, es detectado por el primer Sensor Óptico de Proximidad (B1), el cual manda la cuarta y última señal al primer Contador Digital (C1 o CTU_1).

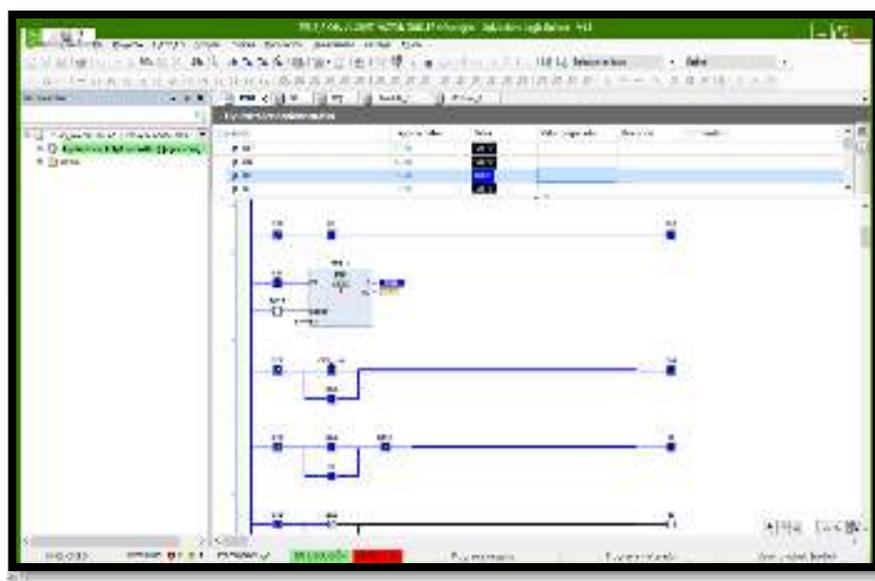


Figura 111. Activación de la cuarta y última señal dirigida hacia el Contador Digital 1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

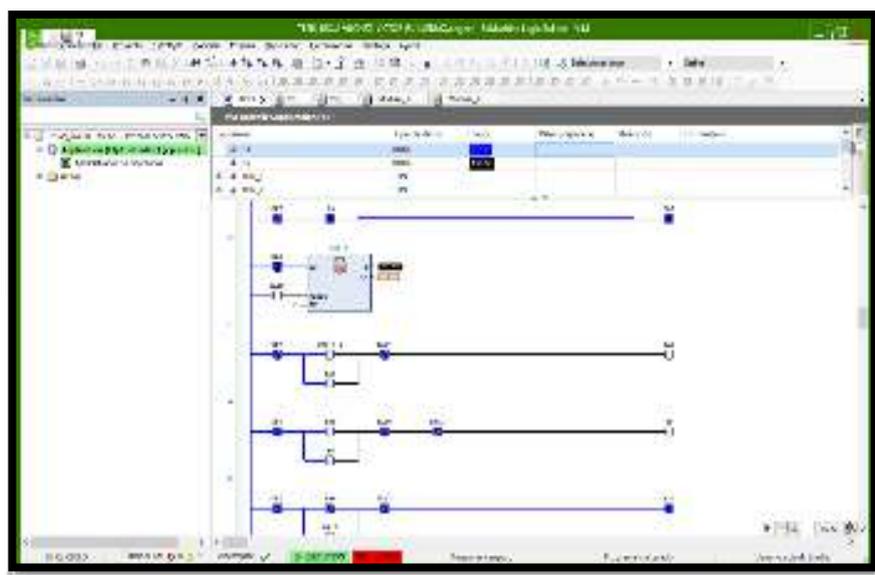


Figura 112. Activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 4

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- **Movimiento 5. Activación de Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos izquierdo y derecho de paro, y activación de la primera señal dirigida hacia el Contador Digital 5, segunda señal dirigida hacia el Contador Digital 4, tercera señal dirigida hacia el Contador Digital 3 y cuarta señal dirigida hacia el Contador Digital 2**

El Contador Digital 1, luego de recibir su cuarta y última señal, conecta a su contacto (CTU_1.Q), el cual activa a la Bobina Auxiliar 3 (BA3) para que el contacto de esta bobina energice eléctricamente a los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos derecho e izquierdo de paro, ya que estos detienen temporalmente el desplazamiento del lote de balones hacia el puesto de trabajo de inspección de peso. La activación de ambos cilindros neumáticos, como se muestra en la Figura 113, es mediante la alimentación eléctrica de las bobinas de los solenoides izquierdos (Y1 y Y3) y la desconexión eléctrica de las bobinas de los solenoides derechos (Y2 y Y4) de sus electroválvulas.

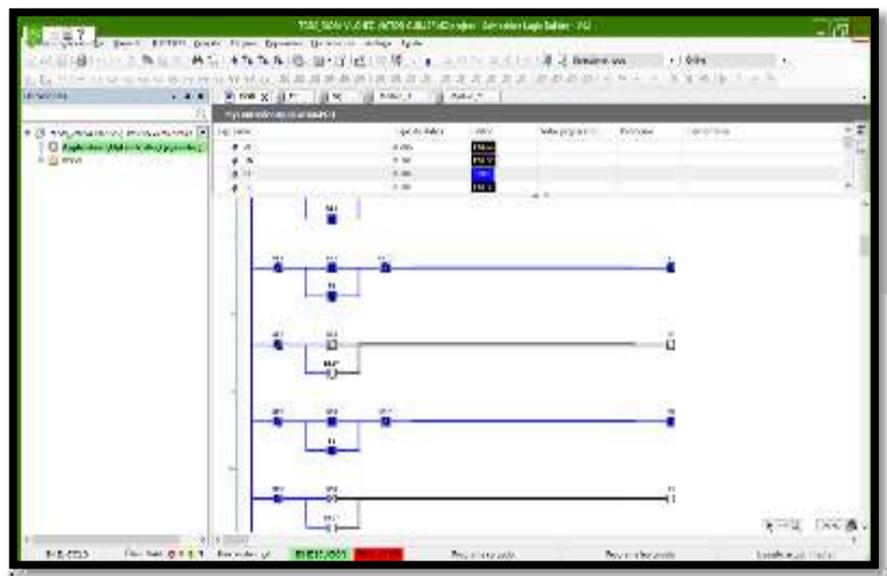


Figura 113. Activación de Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos izquierdo y derecho de paro
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El primer balón del lote, durante su desplazamiento y como se muestra en la Figura 114, es detectado por el quinto Sensor Óptico

de Proximidad (B5), el cual manda la primera y última señal al quinto Contador Digital (C5 o CTU_5) mediante la BA10.

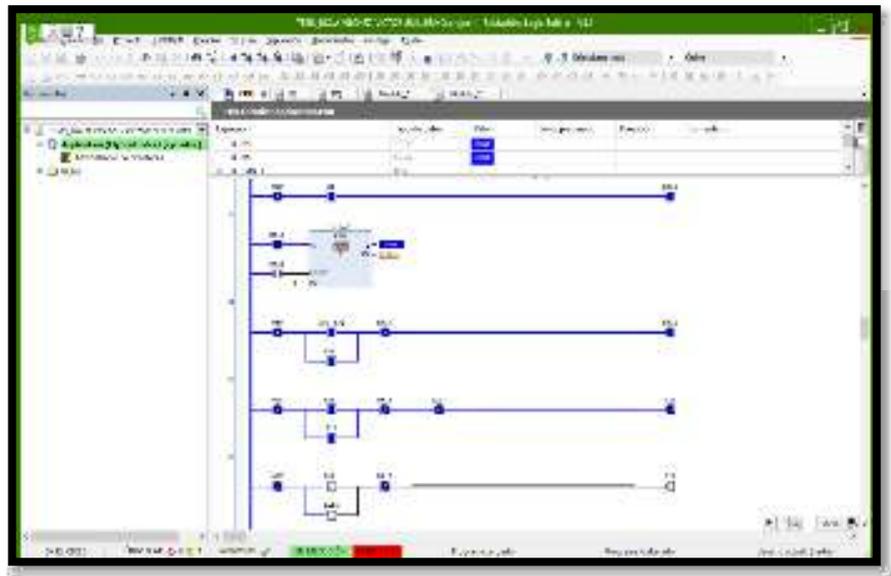


Figura 114. Activación de la primera y última señal dirigida hacia el Contador Digital 5

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El segundo balón del lote, durante su desplazamiento y como se muestra en la Figura 115, es detectado por el cuarto Sensor Óptico de Proximidad (B4), el cual manda la segunda y última señal al cuarto Contador Digital (C4 o CTU_4) mediante la BA8.

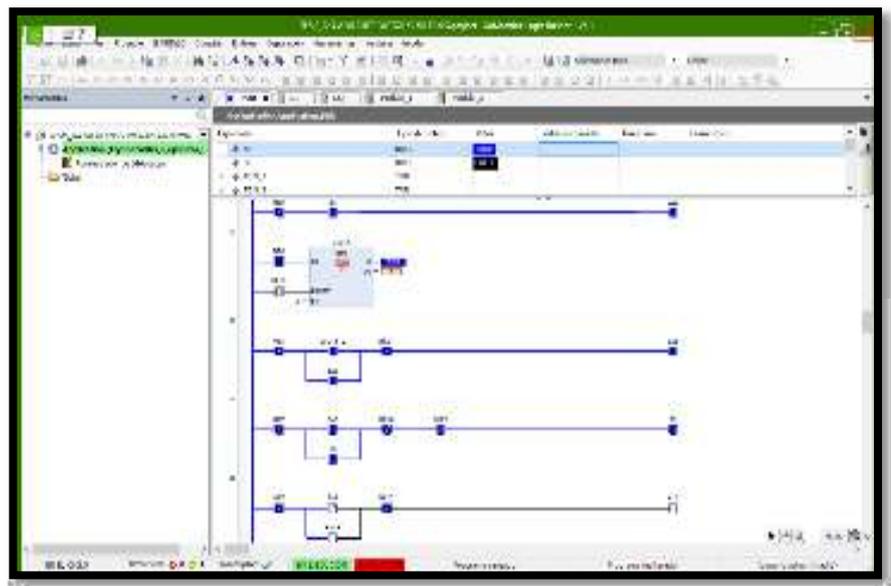


Figura 115. Activación de la segunda y última señal dirigida hacia el Contador Digital 4

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El tercer balón del lote, durante su desplazamiento y como se muestra en la Figura 116, es detectado por el tercer Sensor Óptico de Proximidad (B3), el cual manda la tercera y última señal al tercer Contador Digital (C3 o CTU_3) mediante la BA6.

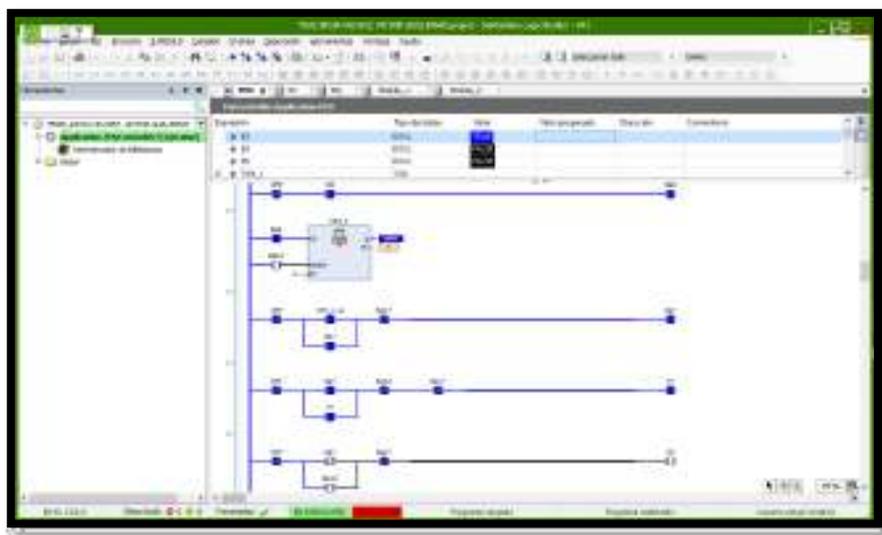


Figura 116. Activación de la tercera y última señal dirigida hacia el Contador Digital 3

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El cuarto balón del lote, durante su desplazamiento y como se muestra en la Figura 117, es detectado por el segundo Sensor Óptico de Proximidad (B2), el cual manda la cuarta y última señal al segundo Contador Digital (C2 o CTU_2) mediante la BA4.

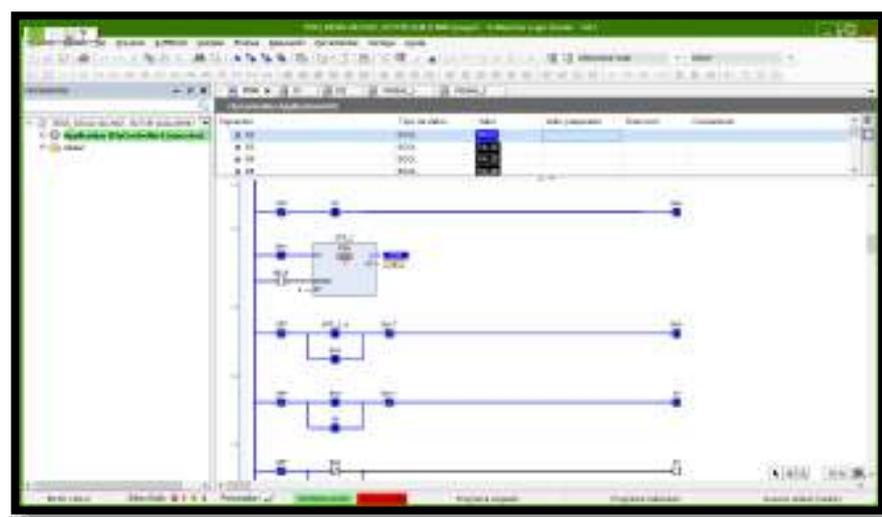


Figura 117. Activación de la cuarta y última señal dirigida hacia el Contador Digital 2

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 6. Activación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos de sostén 1, 2, 3 y 4**

El Contador Digital 2, luego de recibir su cuarta y última señal, conecta a su contacto (CTU_2.Q), el cual activa a la Bobina Auxiliar 5 (BA5) para que el contacto de esta bobina energice eléctricamente el Cilindro Neumático de Doble Efecto del Brazo de sostén 1, ya que este sujeta temporalmente al cuarto balón desplazado para la requerida ubicación debajo del cabezal de llenado de GLP. La activación de este cilindro neumático, como se muestra en la Figura 118, es mediante la alimentación eléctrica de la bobina del solenoide izquierdo Y5 y la desconexión eléctrica de la bobina del solenoide derecho Y6 de sus electroválvulas.

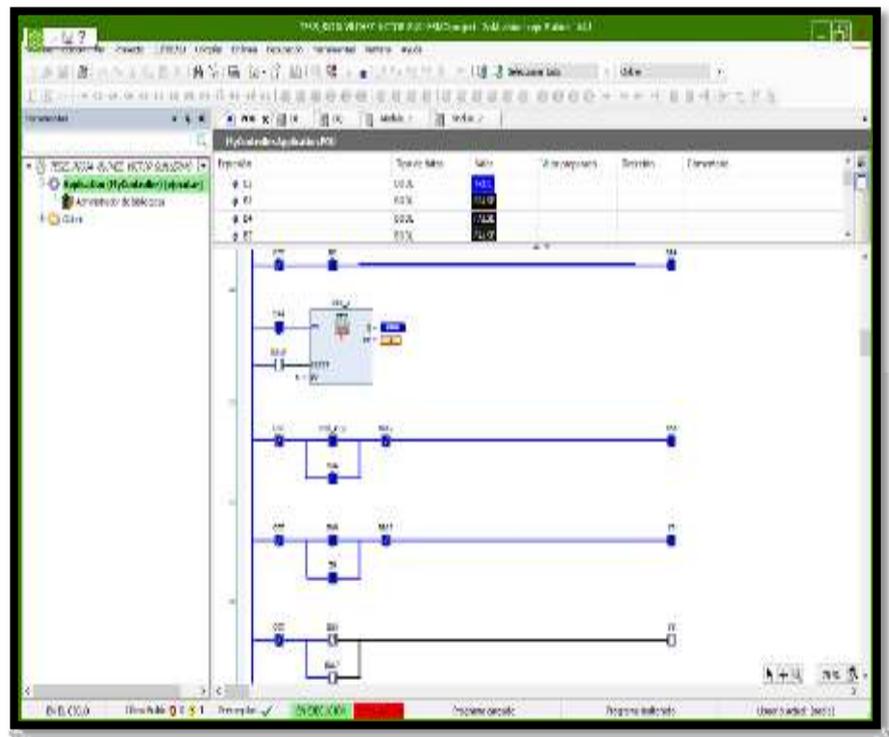


Figura 118. Activación de los Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El Contador Digital 3, luego de recibir su tercera y última señal, conecta a su contacto (CTU_3.Q), el cual activa a la Bobina Auxiliar 7 (BA7) para que el contacto de esta bobina energice eléctricamente el Cilindro Neumático de Doble Efecto del Brazo de sostén 2, ya que este sujeta temporalmente al tercer balón desplazado

para la requerida ubicación debajo del cabezal de llenado de GLP. La activación de este cilindro neumático, como se muestra en la Figura 119, es mediante la alimentación eléctrica de la bobina del solenoide izquierdo Y7 y la desconexión eléctrica de la bobina del solenoide derecho Y8 de sus electroválvulas.

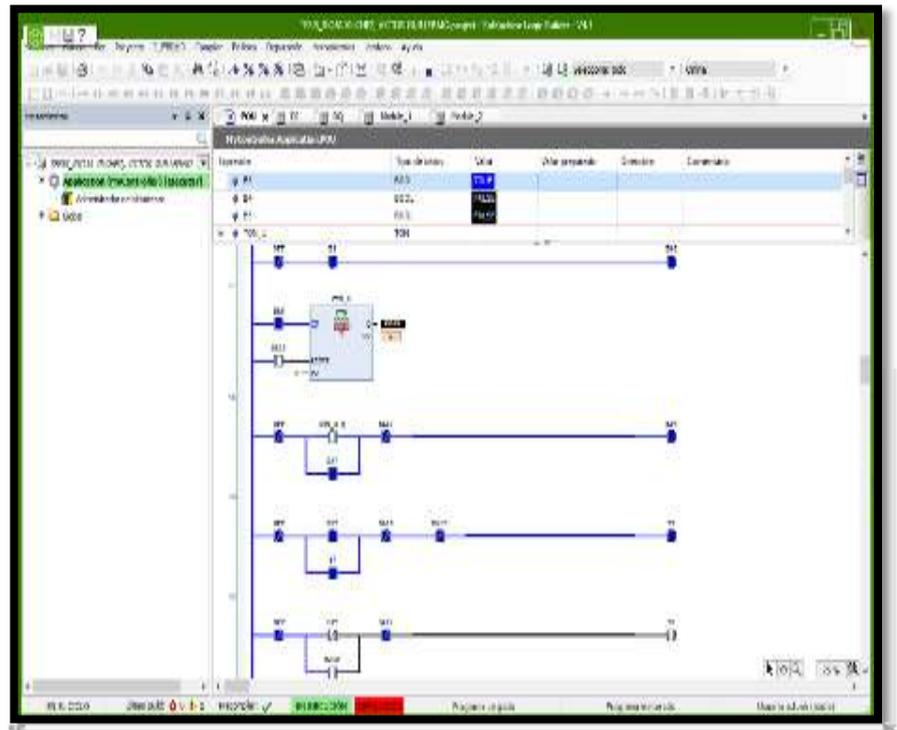


Figura 119. Activación de los Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 2

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El Contador Digital 4, luego de recibir su segunda y última señal, conecta a su contacto (CTU_4.Q), el cual activa a la Bobina Auxiliar 9 (BA9) para que el contacto de esta bobina energice eléctricamente el Cilindro Neumático de Doble Efecto del Brazo de sostén 3, ya que este sujeta temporalmente al segundo balón desplazado para la requerida ubicación debajo del cabezal de llenado de GLP. La activación de este cilindro neumático, como se muestra en la Figura 120, es mediante la alimentación eléctrica de la bobina del solenoide izquierdo Y9 y la desconexión eléctrica de la bobina del solenoide derecho Y10 de sus electroválvulas.

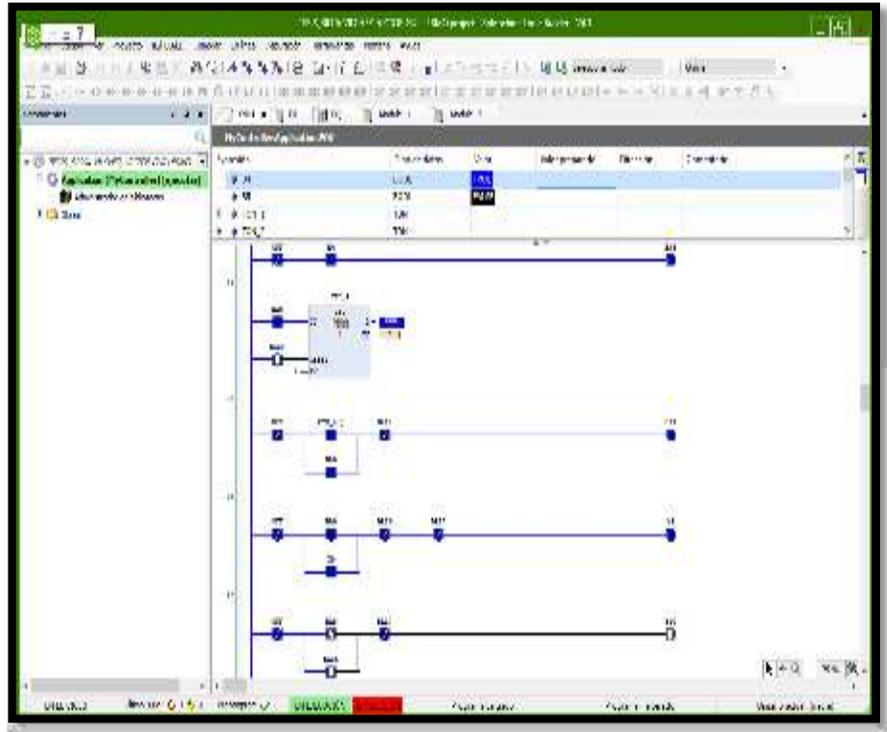


Figura 120. Activación de los Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 3

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El Contador Digital 5, luego de recibir su primera y última señal, conecta a su contacto (CTU_5.Q), el cual activa a la Bobina Auxiliar 11 (BA11) para que el contacto de esta bobina energice eléctricamente el Cilindro Neumático de Doble Efecto del Brazo de sostén 3, ya que este sujeta temporalmente al primer balón desplazado para la requerida ubicación debajo del cabezal de llenado de GLP. La activación de este cilindro neumático, como se muestra en la Figura 121, es mediante la alimentación eléctrica de la bobina del solenoide izquierdo Y11 y la desconexión eléctrica de la bobina del solenoide derecho Y12 de sus electroválvulas.

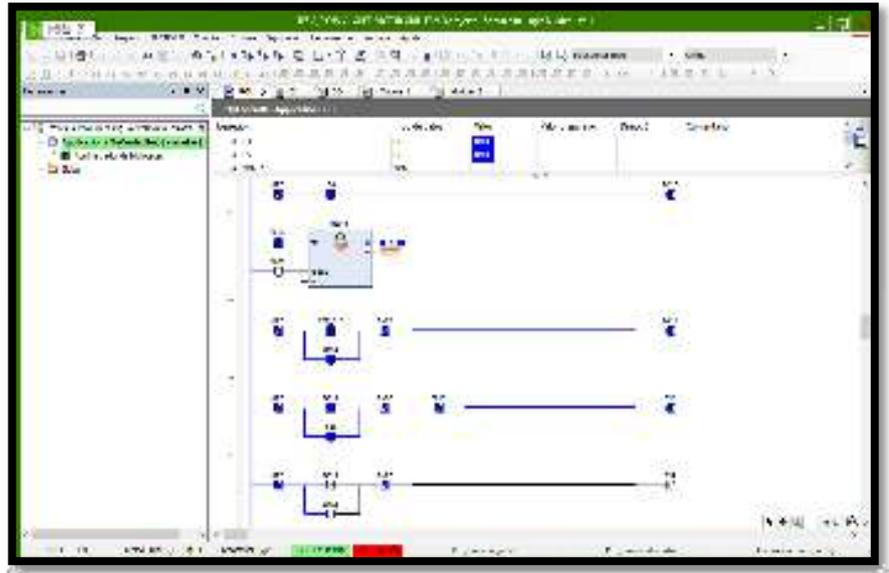


Figura 121. Activación de los Cilindro Neumático Biestable de Doble Efecto del Brazo de sostén 4

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 7. Primer periodo de tiempo de espera por seguridad**

El contacto abierto de la bobina del solenoide izquierdo Y11, como se muestran en la Figura 122, conecta al Temporizador 1 (TON_1) por el periodo de tiempo de 2 segundos, cuya finalidad es ejecutar el primer periodo de tiempo de espera por seguridad.

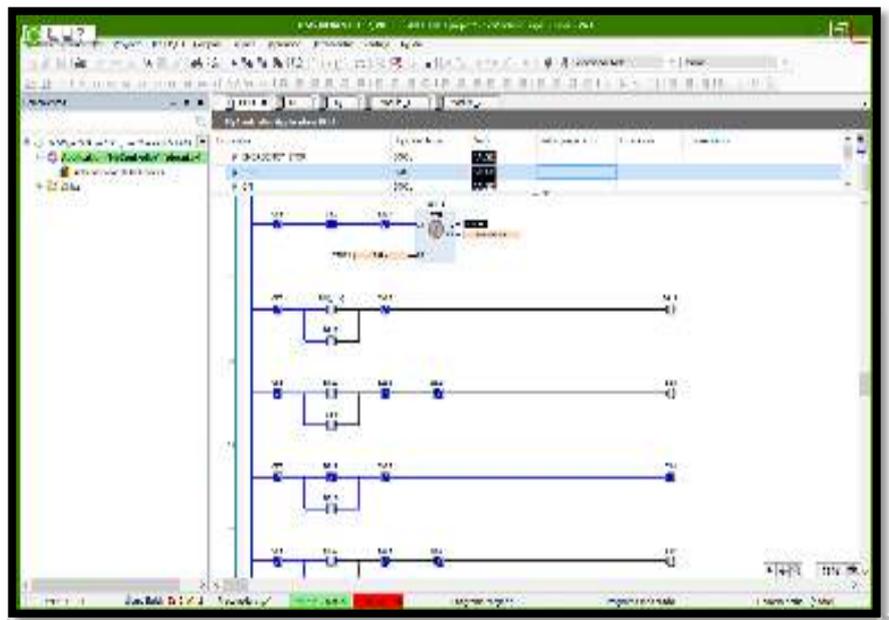


Figura 122. Activación del primer periodo de tiempo de espera por seguridad

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 8. Activación de cuatro los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de llenado 1, 2, 3 y 4**

El contacto abierto del Temporizador 1 (TON_1.Q), como se muestran en la Figura 123, después del periodo de tiempo de espera por seguridad de 2 segundos, conecta a la Bobina Auxiliar 12 (BA12), la cual es retroalimentada para que el contacto de esta bobina energice eléctricamente a los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de llenado 1, 2, 3 y 4.

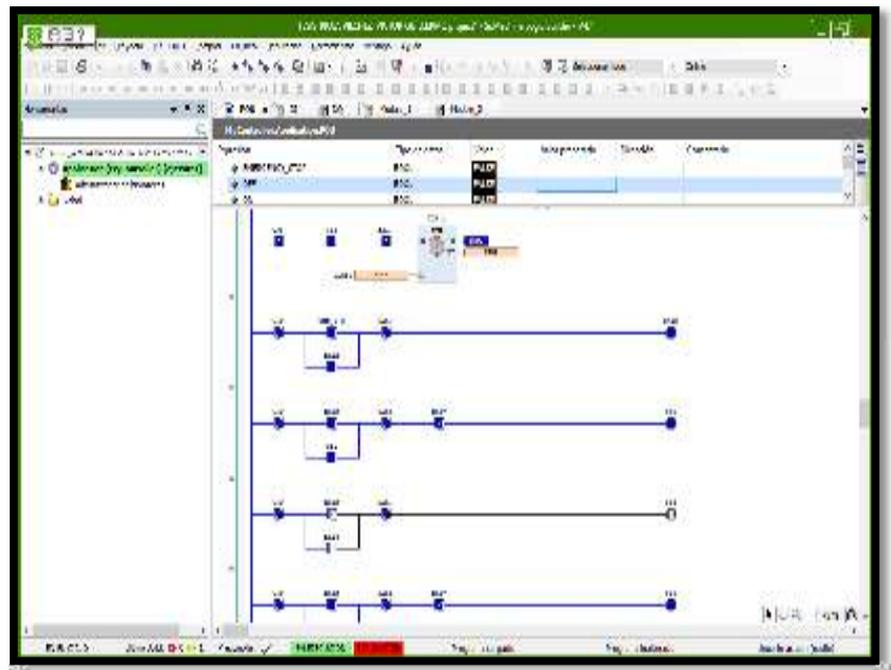


Figura 123. Finalización del primer periodo de tiempo de espera por seguridad

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La activación de estos cilindros neumáticos, como se muestran en las Figuras 124 y 125, es mediante la alimentación eléctrica de las bobinas de los solenoides izquierdos (Y13, Y15, Y17 y Y19) y la desconexión eléctrica de las bobinas de los solenoides derechos (Y14, Y16, Y18 y Y20) de sus electroválvulas.

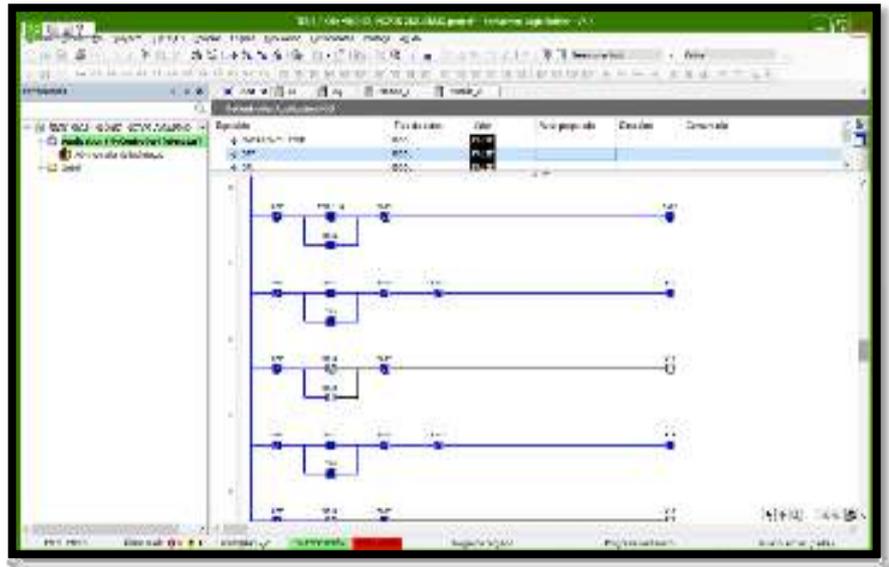


Figura 124. Activación de los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de llenado 1 y 2

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

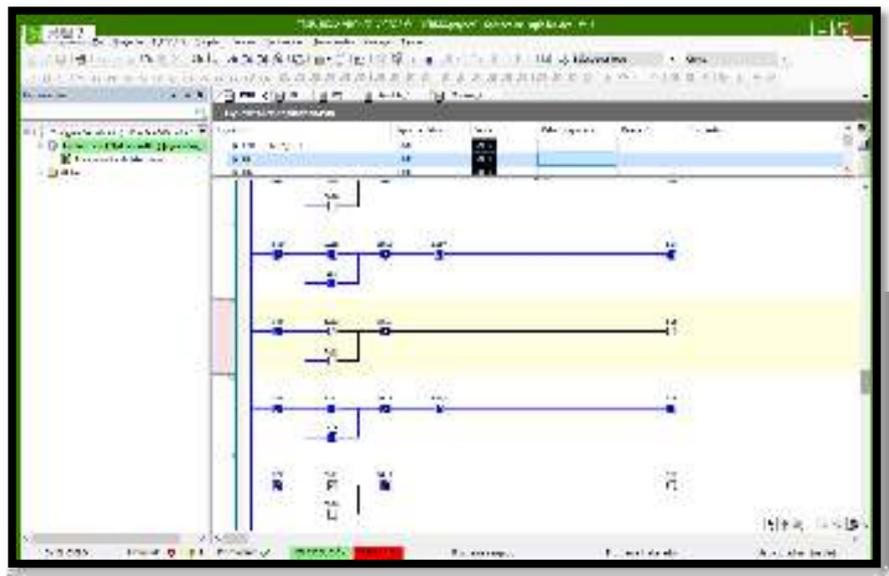


Figura 125. Activación de los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de llenado 3 y 4

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 9. Segundo periodo de tiempo de espera por seguridad**

El contacto abierto de la bobina del solenoide izquierdo Y13, como se muestran en la Figura 126, conecta al Temporizador 2 (TON_2) por el periodo de tiempo de 2 segundos, cuya finalidad es ejecutar el segundo periodo de tiempo de espera por seguridad.

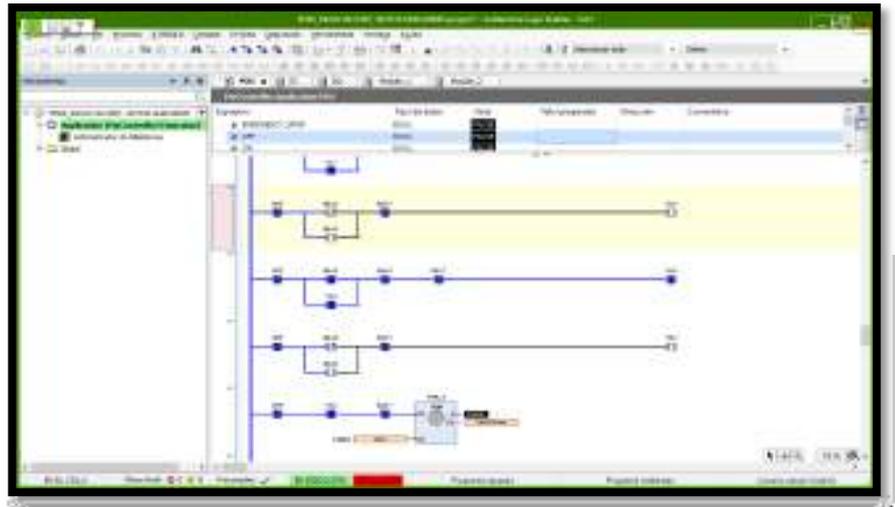


Figura 126. Activación del segundo periodo de tiempo de espera por seguridad

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 10. Activación de los solenoides de las cuatro electroválvulas instaladas en los cabezales de llenado de GLP**

El contacto del Temporizador 2 (TON_2.Q), como se muestran en las Figuras 127 y 128, después del periodo de tiempo de espera por seguridad de 2 segundo, conecta a la Bobina Auxiliar 13 (BA13), la cual es retroalimentada para que el contacto abierto de esta bobina energice eléctricamente a los solenoides de las cuatro electroválvulas instaladas en los cabezales de llenado de GLP, los cuales son Y21, Y22, Y23 y Y24.

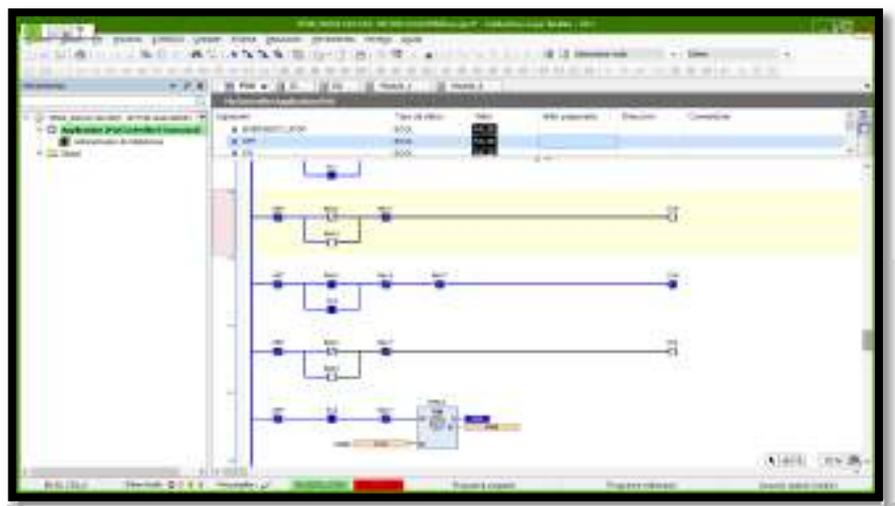


Figura 127. Finalización del segundo periodo de tiempo de espera por seguridad

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

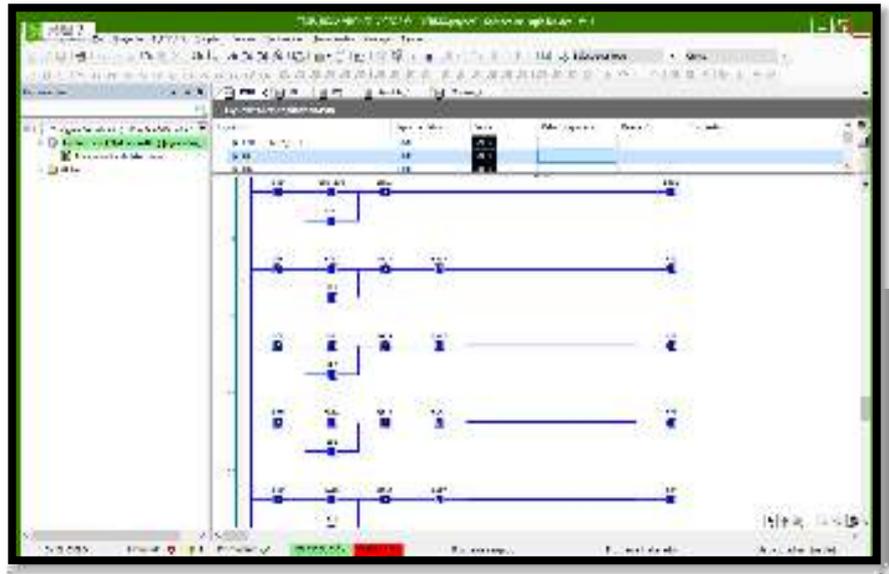


Figura 128. Activación de las Electroválvulas de llenado 1, 2, 3 y 4 instaladas en los cabezales de llenado

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 11. Tercer periodo de tiempo de espera para el llenado de flujo continuo del GLP en el balón**

El contacto abierto de la bobina del solenoide izquierdo Y21, como se muestran en la Figura 129, conecta al Temporizador 3 (TON_3) por el periodo de tiempo de 30 segundos, cuya finalidad es ejecutar el tercer periodo de tiempo de espera por seguridad para el llenado de flujo continuo de GLP en el balón.

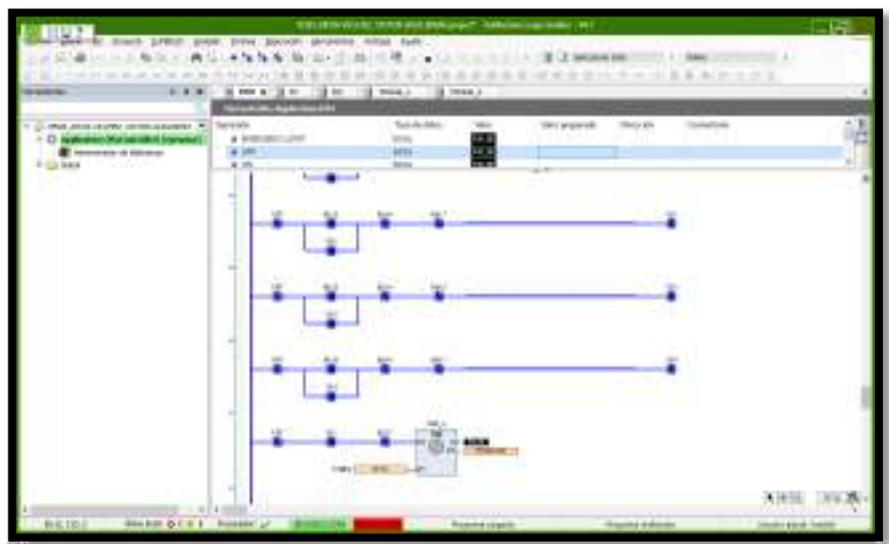


Figura 129. Activación del tercer periodo de tiempo de espera por seguridad

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 12. Desactivación de los solenoides de las cuatro electroválvulas instaladas en los cabezales de llenado de GLP**

El contacto abierto del Temporizador 3 (TON_3.Q), como se muestra en la Figura 130, después del periodo de tiempo de espera de treinta segundos para el llenado de flujo continuo del GLP en el balón, conecta a la Bobina Auxiliar 14 (BA14), la cual es retroalimentada para que el contacto abierto de esta bobina desactive a los solenoides de las electroválvulas instaladas en los cabezales de llenado de GLP, los cuales son: Y21, Y22, Y23 y Y24. .

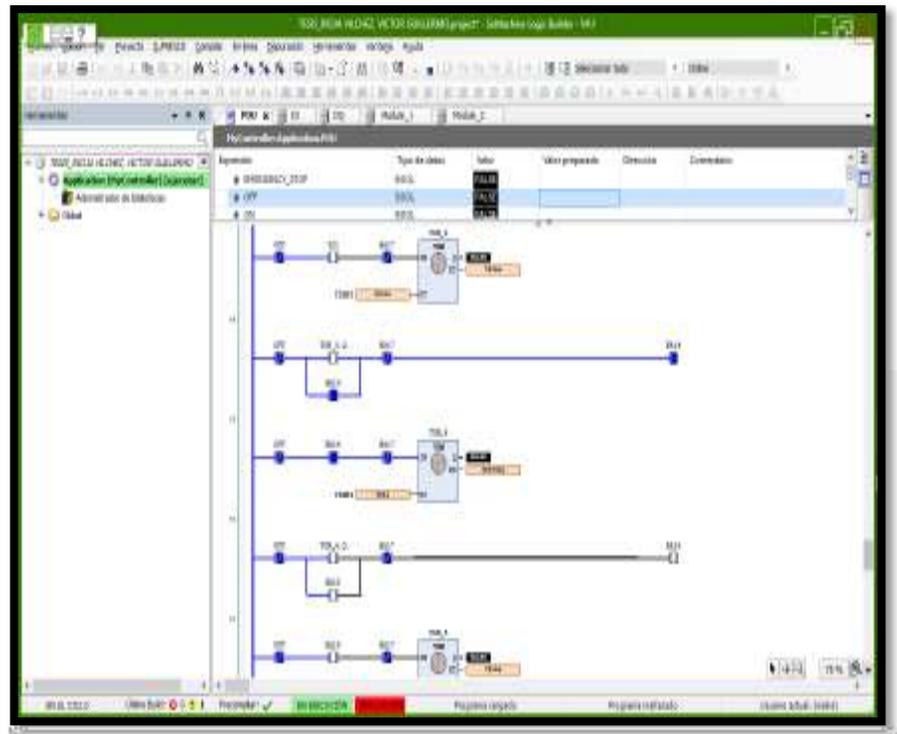


Figura 130. Activación de la Bobina Auxiliar 14 para la desactivación de las Electroválvulas de llenado 1, 2, 3 y 4
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 13. Cuarto periodo de tiempo de espera por seguridad**

El contacto de la Bobina Auxiliar 14 (BA14), como se muestran en la Figura 131, conecta al Temporizador 4 (TON_4) por el periodo de tiempo de dos segundos, cuya finalidad es ejecutar el cuarto periodo de tiempo de espera por seguridad.

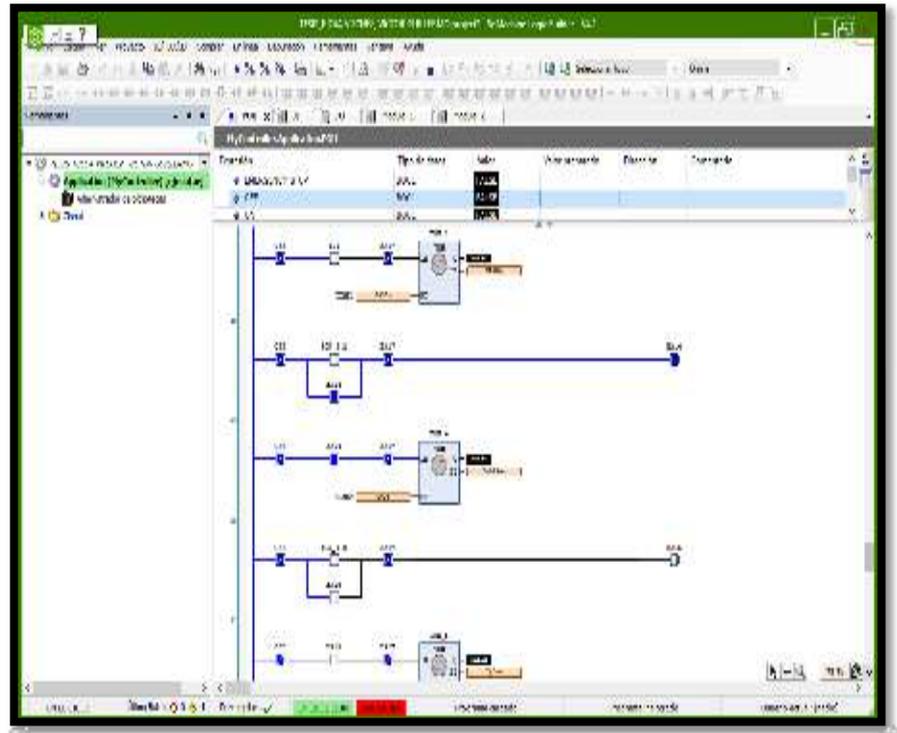


Figura 131. Activación del cuarto periodo de tiempo de espera por seguridad

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 14. Desactivación de cuatro los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de llenado 1, 2, 3 y 4**

El contacto abierto del Temporizador 4 (TON_4.Q), como se muestran en la Figura 132, después del periodo de tiempo de espera por seguridad de 2 segundo, conecta a la Bobina Auxiliar 15 (BA15), la cual es retroalimentada para que el contacto cerrado de esta bobina no energice eléctricamente a los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de llenado 1, 2, 3 y 4. La desconexión de estos cilindros neumáticos es mediante la alimentación eléctrica de las bobinas de los solenoides derechos (Y14, Y16, Y18 y Y20)) y la desconexión eléctrica de las bobinas de los solenoides izquierdos (Y13, Y15, Y17 y Y19) de sus electroválvulas.

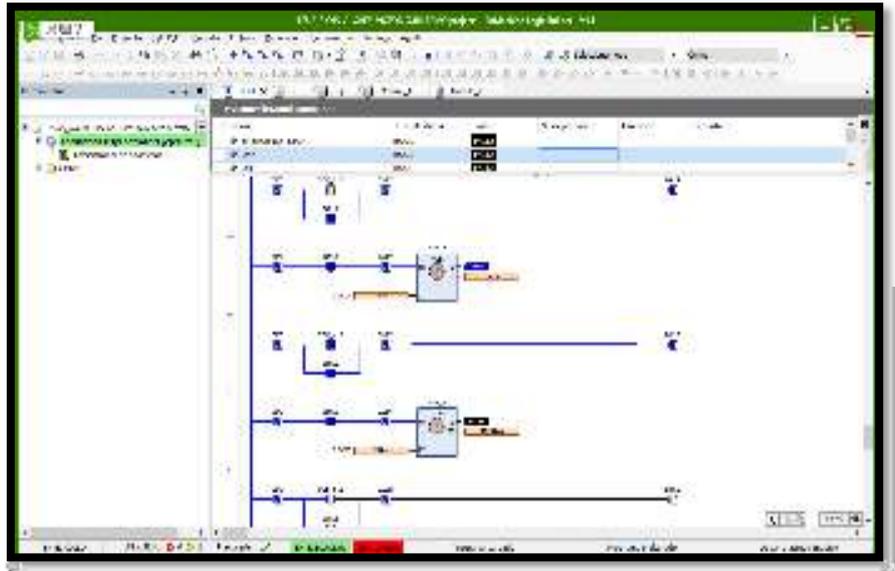


Figura 132. Activación de la Bobina Auxiliar 15 para la desactivación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de llenado 1, 2, 3 y 4

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 15. Quinto periodo de tiempo de espera por seguridad**

El contacto abierto de la Bobina Auxiliar 15 (BA15), como se muestran en la Figura 133, conecta al Temporizador 5 (TON_5) por el periodo de tiempo de dos segundos, cuya finalidad es ejecutar el quinto periodo de tiempo de espera por seguridad.

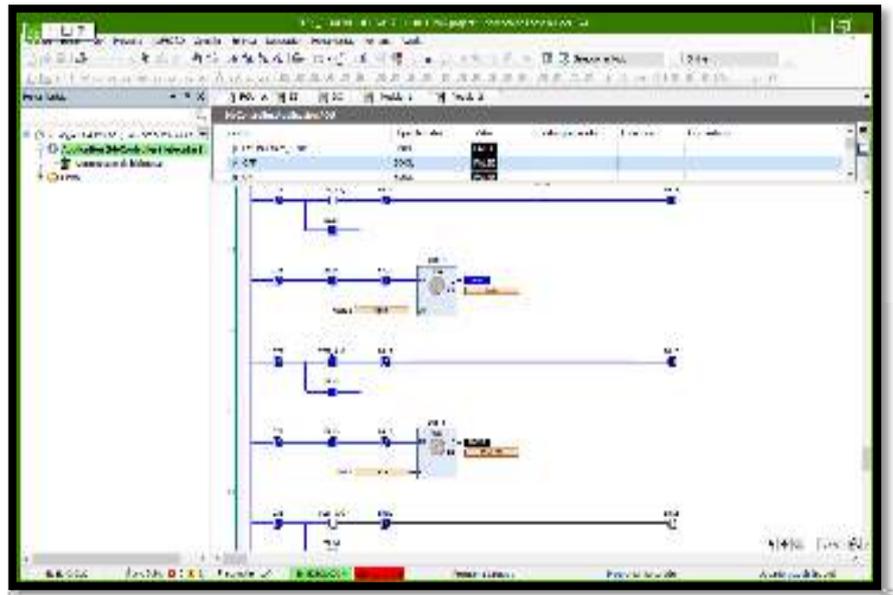


Figura 133. Activación del quinto periodo de tiempo de espera por seguridad

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 16. Desactivación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos de sostén 1, 2, 3 y 4**

El contacto abierto del Temporizador 5 (TON_5.Q), como se muestran en la Figura 134, después del periodo de tiempo de espera por seguridad de 2 segundo, conecta a la Bobina Auxiliar 16 (BA16), la cual es retroalimentada para que el contacto cerrado de esta bobina no energice eléctricamente a los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de los Brazos de sostén 1, 2, 3 y 4. La desactivación de estos cilindros neumáticos es mediante la alimentación eléctrica de las bobinas de los solenoides derechos (Y6, Y8, Y10 y Y12) y la desconexión eléctrica de las bobinas de los solenoides izquierdos (Y5, Y7, Y9 y Y11) de sus electroválvulas.

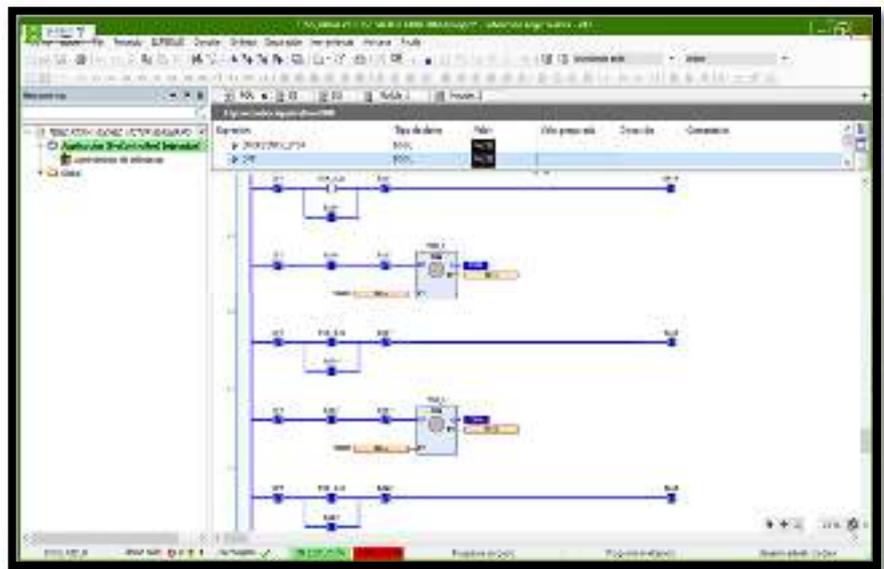


Figura 134. Activación de la Bobina Auxiliar 16 para la desactivación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos de sostén 1, 2, 3 y 4

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Movimiento 17. Desactivación de los Cilindros Neumáticos Biestables de Doble Efecto de los Brazos izquierdo y derecho de paro**

El contacto abierto de la Bobina Auxiliar 15 (BA15), conecta de manera simultánea a los Temporizadores 5 y 6, pero con un segundo de diferencia entre ellos. El Temporizador 6 es activado por

3 segundos, de los cuales los dos primeros segundos se transcurren simultáneamente a los dos segundos del Temporizador 5 y el tercer segundo restante transcurre aisladamente.

El contacto abierto del Temporizador 6 (TON_6.Q), después del tercer segundo transcurrido y como se muestra en la Figura 135, energiza eléctricamente a la Bobina Auxiliar 17 (BA17), la cual es retroalimentada para que su contacto desactive a los Cilindros Neumáticos Biestables del Brazo izquierdo y derecho de paro y a los otros componentes del sistema automatizado, excepto el funcionamiento del motorreductor de la máquina transportadora por cadena de arrastre. La desactivación de estos cilindros neumáticos es mediante la alimentación eléctrica de las bobinas de los solenoides derechos (Y2 y Y4) y la desconexión eléctrica de las bobinas de los solenoides izquierdos (Y1 y Y3) de sus electroválvulas.

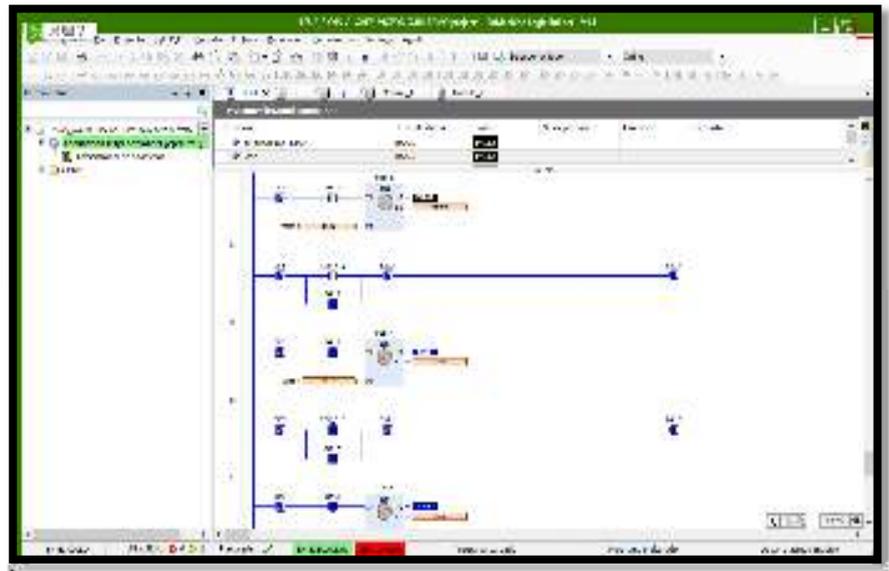


Figura 135. Activación de la Bobina Auxiliar 17 para la desactivación de todos los componentes del sistema automatizado y el reseteo del Contador Digital 1
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por otro lado, el contacto abierto de la Bobina Auxiliar 17 (BA17) permite el reseteo del Contador Digital 1 (CTU_1).

▪ **Movimiento 18. Cíclico y reseteo de los Contadores Digitales 2, 3, 4 y 5**

El contacto abierto de la Bobina Auxiliar 17 (BA17) conecta al Temporizador 7 (TON_7) por el periodo de tiempo de un segundo. El contacto abierto del Temporizador 7 (TON_7.Q), después del segundo transcurrido y como se muestra en la Figura 136, activa la Bobina Auxiliar 18 (BA18), la cual es retroalimentada para que su contacto abierto permita el reseteo del Contador Digital 2 (CTU_2) y la activación del Temporizador 8 (TON_8) por el periodo de tiempo de un segundo.

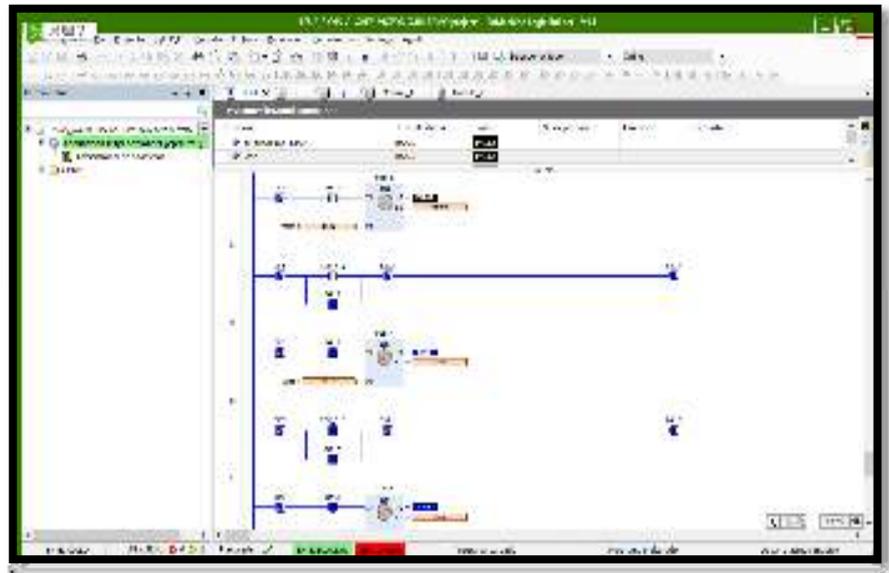


Figura 136. Activación de la Bobina Auxiliar 18 para el reseteo del Contador Digital 2

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El contacto abierto del Temporizador 8 (TON_8.Q), después del segundo transcurrido y como se muestra en la Figura 137, activa la Bobina Auxiliar 19 (BA19), la cual es retroalimentada para que su contacto abierto permita el reseteo del Contador Digital 3 (CTU_3) y la activación del Temporizador 9 (TON_9) por el periodo de tiempo de un segundo.

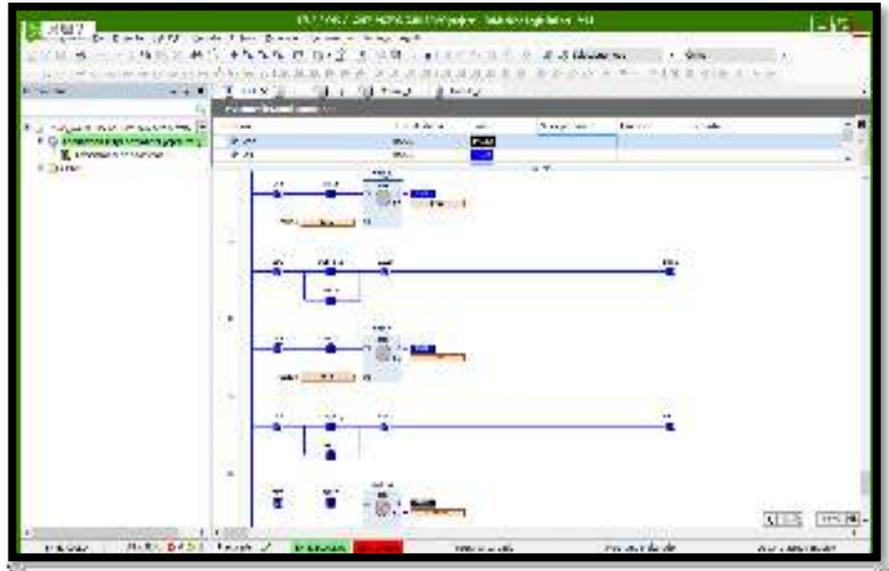


Figura 137. Activación de la Bobina Auxiliar 19 para el reseteo del Contador Digital 3

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El contacto abierto del Temporizador 9 (TON_9.Q), después del segundo transcurrido y como se muestra en la Figura 138, activa a la Bobina Auxiliar 20 (BA20), la cual es retroalimentada para que su contacto abierto permita el reseteo del Contador Digital 4 (CTU_4) y la activación del Temporizador 10 (TON_10), como se muestra en la Figura 139, por el periodo de tiempo de un segundo.

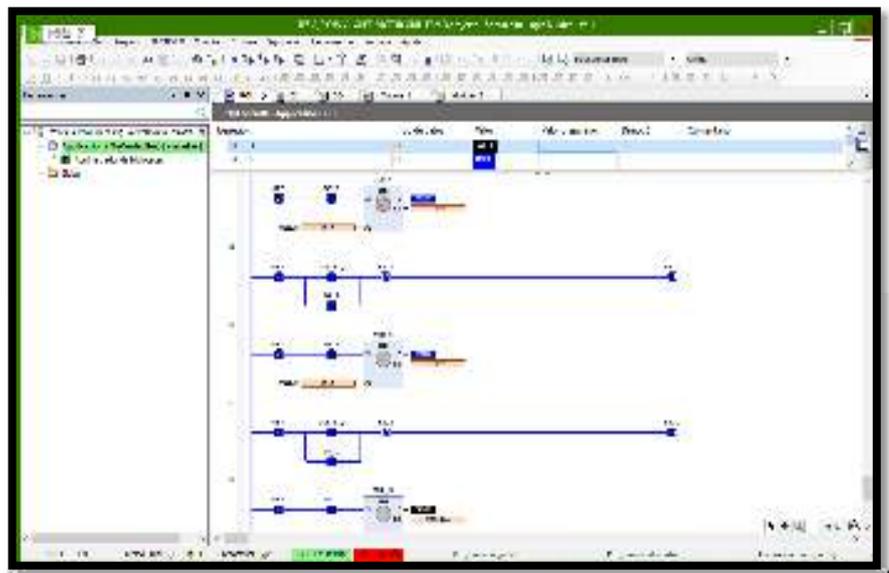


Figura 138. Activación de la Bobina Auxiliar 20 para el reseteo del Contador Digital 4

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El contacto abierto del Temporizador 10 (TON_10.Q), luego del segundo transcurrido, activa la Bobina Auxiliar 21 (BA21), la cual es retroalimentada para que su contacto abierto permita el reseteo del Contador Digital 5 (CTU_5) y la activación del Temporizador 11 (TON_11) por el periodo de tiempo de un segundo.

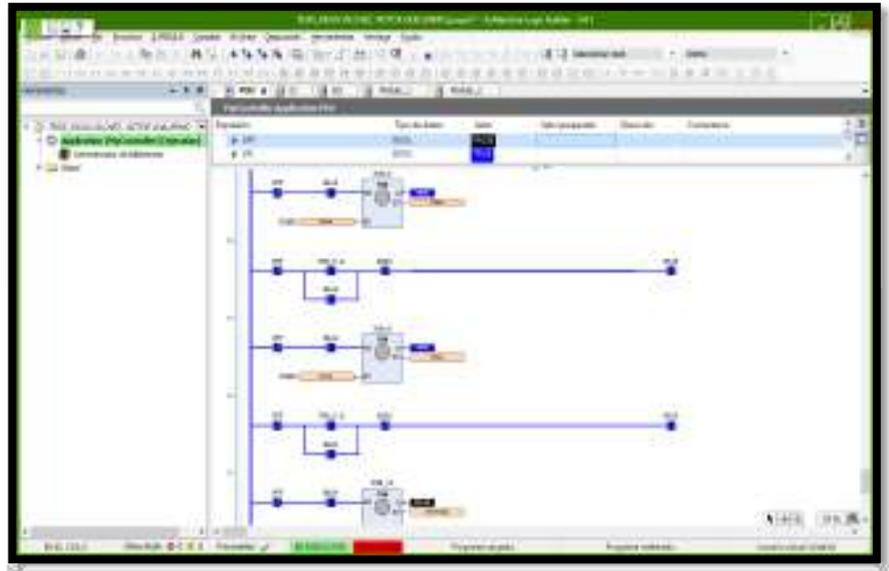


Figura 139. Activación del Temporizador 10 para la activación de la Bobina Auxiliar 21 y el reseteo del Contador Digital 5
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El contacto abierto del Temporizador 11 (TON_11.Q), después del segundo transcurrido y como se muestra en la Figura 140, activa la Bobina Auxiliar 22 (BA22), la cual es retroalimentada para que su contacto abierto permita la desactivación de las Bobinas Auxiliar 16, 17, 18, 19, 20 y 21 (BA 16, 17, 18, 19, 20 y 21). Cabe mencionar que la Bobina Auxiliar 22 (BA22) es desactivada por el contacto cerrado del Temporizador 5 (TON_5.Q) luego de haber transcurrido el periodo de tiempo de 2 segundos pertenecientes al proceso del lote posterior.

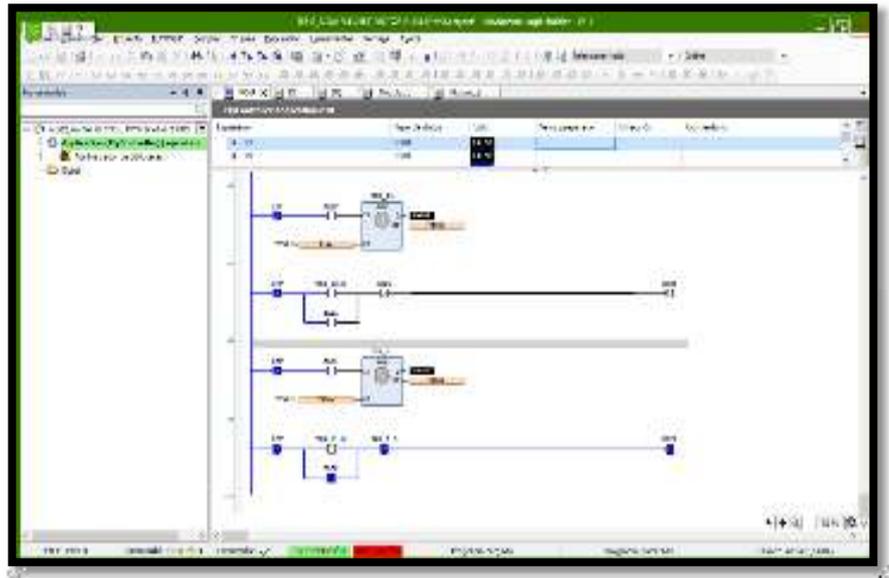


Figura 140. Activación de la Bobina Auxiliar 22 para la desactivación de las Bobinas Auxiliares 16, 17, 18, 19, 20 y 21
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

J. Diseño de la Programación del Sistema Automatizado del Proceso de Envasado de GLP en Balones mediante el Programa CitecSCADA

El programa CitecSCADA es el programa que diseña el sistema informático llamado Supervisory, Control and Data Acquisition (SCADA o Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Asimismo, el diseño SCADA, como se muestra en la Figura 141, permite que el operario tenga un control ON-PFF no solo de manera física mediante la manipulación de los pulsadores, sino también desde un monitor computador o un monitor portátil.

Por otro lado, la gráfica del SCADA es enfocado en el desplazamiento de los balones mediante la máquina transportadora por cadena de arrastre hacia cada puesto de trabajo y en la operación de envasado automatizada mediante el automatismos eléctricos y neumáticos de los esquemas de fuerza y mando del sistema automatizado.

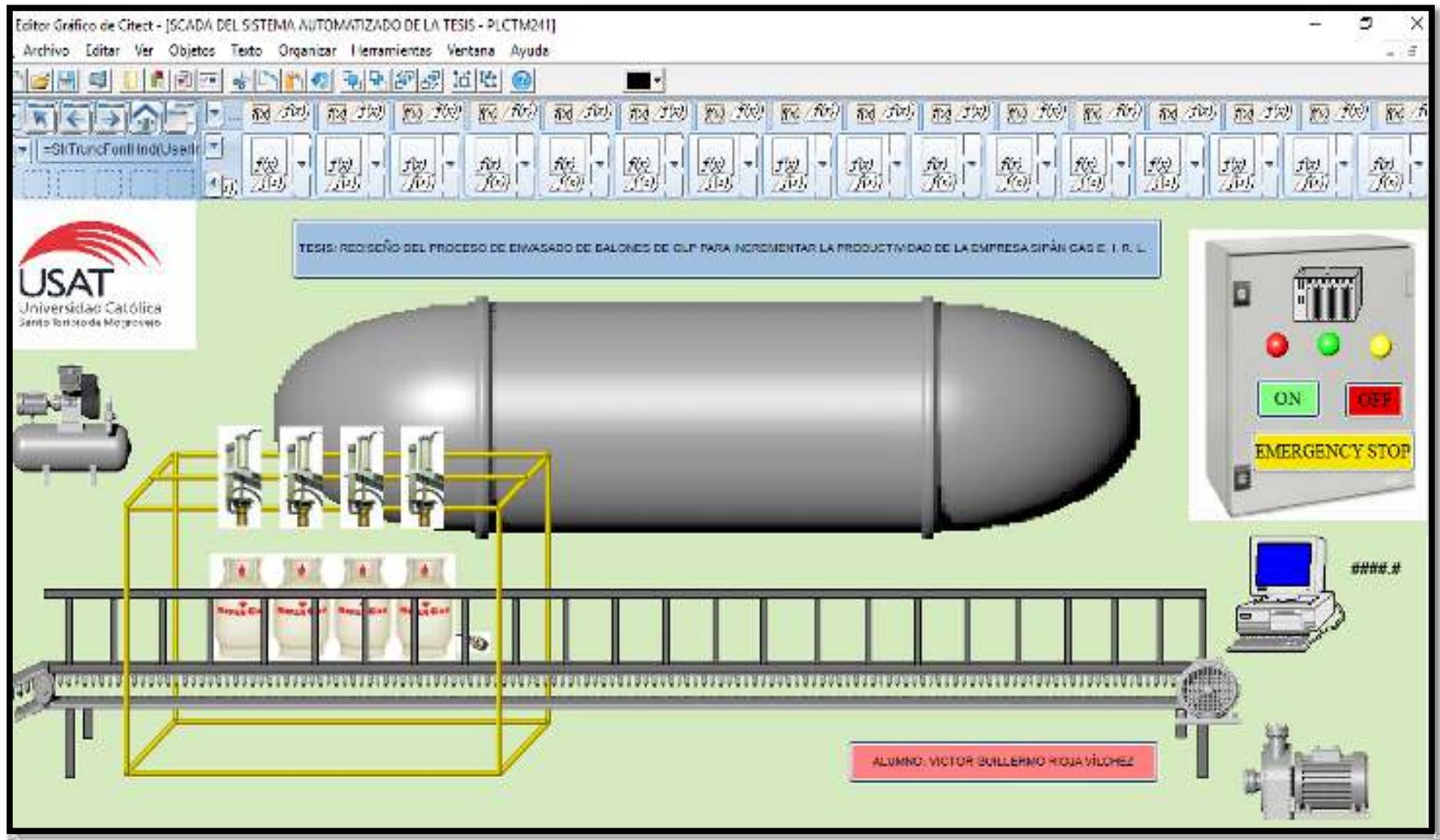


Figura 141. Diseño de la programación del sistema automatizado del proceso de envasado GLP en balones mediante el programa CitecSCADA

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.4.1.2 Propuesta de Mejora 2. Rediseño del Proceso en Estudio

El rediseño de las estaciones de trabajo y edificaciones que interactúan en el proceso de envasado de GLP en balones de la empresa, como segunda propuesta, tiene como finalidad mejorar los indicadores actuales detallados anteriormente. Ante ello, en este apartado, se determina el número mínimo de estaciones de trabajo que debe tener el proceso de envasado de GLP en balones, se balancea la línea de producción con los tiempos promedios de cada una de las actividades del proceso, se detalla los beneficios de envasar cuatro balones en forma paralela y, por último, se desarrolla el rediseño de las estaciones de trabajo.

A. Cálculo del Número Mínimo de Estaciones del Proceso de Envasado de GLP en Balones

A priori, la sumatoria de tiempos de cada tarea es sinónimo al tiempo promedio total del proceso de envasado de GLP en un balón. Asimismo, el tiempo de ciclo es considerado como la actividad más duradera o también llamada “cuello de botella”. Por ende, se reemplaza los tiempos solicitados en la siguiente fórmula.

Fórmula:

$$\text{Número mínimo de estaciones} = \frac{\sum \text{tiempos de cada tarea}}{\text{Tiempos de ciclo}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ mínimo de estaciones} = \frac{87,60 \text{ segundos}}{34,11 \text{ segundos}} = 2,57 \text{ estaciones}$$

Interpretación: El proceso productivo de envasado de GLP en balones debe contar de 2 a 3 estaciones de trabajo. En cambio, el proceso actual cuenta con 4 estaciones de trabajo. Es por ello, que se tiene como fin el rediseño del proceso.

B. Balance de la Línea de Producción de Balones Envasados

El balance de la línea de producción de balones envasados tiene como fin cumplir con el “Takt Time” o también llamado “Tiempo de la demanda”. Ante ello, la demanda anual del proceso actual (manual) es de 701 096 balones con GLP, pero la empresa envasa 484 753 unidades al año y tiene una demanda insatisfecha anual de 216 343 balones con GLP o de 30,86 %.

Por otro lado, la capacidad efectiva para el proceso de envasado de GLP en balones es de 11 508 561,05 kg de GLP; equivalente a 1 150 856 balones con GLP. Esto significa que la empresa está diseñada, con todo y mermas anuales, para envasar 1 150 856 unidades al año.

El rediseño y automatización del proceso de envasado de GLP permite abastecer la demanda anual de balones con GLP del proceso actual y tener un stock de seguridad para afrontar los cambios del mercado y desarrollar futuras propuestas de marketing que permitan incrementar el posicionamiento de la marca en el mercado regional.

a) Cálculo del Takt Time

El Takt Time nos permite calcular la producción por hora que la empresa debe tener con respecto a lo que la demanda solicita.

Fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Takt Time} &= \frac{\text{Demanda anual}}{\text{Horas laborales anuales}} \\ \text{Takt Time} &= \frac{1\ 150\ 856 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{año}}}{2\ 728 \frac{\text{horas}}{\text{año}}} \\ \text{Takt Time} &= 421,87 = 422 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{hora}} \end{aligned}$$

Interpretación: La empresa debe envasar 422 balones con GLP por hora. En cambio, la producción promedio diaria es 1 328 balones con GLP en una jornada de 8 horas, es decir

166 balones con GLP envasados por hora. Por ende, la empresa no envasa 256 balones con GLP por hora.

A continuación, se prosigue a calcular el tiempo de envasado de GLP requerido en un balón.

422 balones con GLP3 600 segundos (1 hora)
 1 balón con GLP X segundos

$$X = \frac{(1\text{ balón con GLP})(3\ 600\ \text{segundos})}{(422\ \text{balones con GLP})} = 8,5308\ \text{segundos}$$

Interpretación: El balón debe ser envasado en 8,53 segundos.

b) Conceptualización de la línea de producción rediseñada de balones envasados de GLP

El Takt Time indica que cada balón debe ser envasado en 8,53 segundos. Ante ello, se fija la operación más duradera o también llamada “cuello de botella”, la cual es la operación de envasado con 34,11 segundos y se propone que la línea de producción envase 4 unidades en forma paralela (al mismo tiempo).

$$\text{Tiempo de envasado propuesto} = \frac{34,11\ \text{segundos}}{4\ \text{balones con GLP}}$$

$$\text{Tiempo de envasado propuesto} = 8,5275\ \frac{\text{segundos}}{\text{balón con GLP}}$$

Interpretación: El tiempo de producción de envasado propuesto es menor al Takt Time, lo que significa que la línea de producción rediseñada si está apta para cubrir con la demanda.

Por otro lado, el rediseño del proceso de envasado de GLP en balones está conformado por actividades productivas que se realizan manualmente y de manera automatizada; las cuales se detallan con sus tiempos promedios en la Tabla 93. Cabe decir, que las operaciones de envasado de GLP en balones y de transporte por medio de la máquina transportadora por cadenas de

arrastre se ejecutan mediante el sistema automatizado. Además, el nuevo cuello de botella es el tiempo de operatividad de envasado automatizado de GLP con un valor de 50 segundos para procesar cuatro balones, de los cuales 5 segundos son destinados para el transporte o desplazamiento de los cuatro balones procesados en la máquina transportadora por cadena de arrastre y los 45 segundos restantes son destinados para el desarrollo de las tareas en cada uno de los puestos de trabajo.

Tabla 93. Tiempos promedios de las actividades presentes en el rediseño del proceso de envasado GLP en balones

TIEMPOS PROMEDIOS DE LAS ACTIVIDADES PRESENTES EN EL REDISEÑO DEL PROCESO DE ENVASADO DE BALONES	
ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)
Lavado del balón vacío	7,20
Pintado del cuerpo del balón vacío	5,46
Tara del balón vacío	4,66
Pintado de la marca “SIPÁN GAS” en el balón vacío	2,41
Envasado automatizado de GLP en el balón (nuevo cuello de botella)	12,50; valor obtenido de los 50 segundos de tiempo de operatividad del envasado automatizado de GLP en 4 balones de manera paralela
Inspección del peso del balón con GLP	2,15
Inspección del estado del O’ Ring del balón con GLP de peso exacto para evitar fugas	2,15
Extracción del O’ Ring en mal estado del balón con GLP	3,30
Instalación de un nuevo O’ Ring en la válvula del balón con GLP de peso exacto para evitar fugas	3,30
Instalación del precinto de seguridad del balón con GLP	1,48
Etiquetado del balón con GLP	1,55
TOTAL	46,16

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Las dos primeras actividades del proceso de envasado de GLP en balones (Descarga e Inspección) no son realizadas en la Plataforma de Producción, sino en el mismo camión distribuidor, ya que el sistema automatizado propuesto incorpora una máquina transportadora por cadenas que permite la descarga directa del balón desde el camión a la línea de producción. Asimismo, la operación de retroalimentación no se toma en cuenta, ya que el

sistema automatizado envasará los balones con el peso exacto de 10 kg de GLP requeridos, sin necesidad de que se realice la operación de retroalimentación.

c) Balance de los tiempos promedios de las actividades productivas presentes en el rediseño de las estaciones de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones

El balance de los tiempos promedios de las actividades productivas presentes en el rediseño de las estaciones de trabajo del proceso de envasado de GLP en balones tiene como fin que todos los puestos de trabajo tengan como tiempo máximo de procesamiento el tiempo de operatividad de envasado automatizado con un valor de 50 segundos para procesar cuatro balones, de los cuales 5 segundos son destinados para el transporte o desplazamiento de los cuatro balones procesados en la máquina transportadora por cadena de arrastre y los 45 segundos restantes son destinados para el desarrollo de las tareas en cada uno de los puestos de trabajo.

A continuación, se prosigue al balance de las estaciones de trabajo de la línea de envasado de GLP en balones, el cual es el siguiente:

▪ Estación de Trabajo N°1 propuesta y de ejecución manual

La Estación de Trabajo N°1 propuesta está conformada por los siguientes puestos de trabajo con las actividades u operaciones productivas y manuales, las cuales son las siguientes:

- **Lavado del balón vacío:** El operario encargado de la actividad de lavado u operario 1 tiene la capacidad de abastecer cuatro balones. Asimismo, este operario tiene un tiempo de sobra para operar 2,25 unidades más; equivalente a 16,20 segundos. Este periodo de tiempo de más es designado para que el operario posicione los cuatro balones en una placa de metal, la cual se encuentra soldada sobre la estructura metálica de la máquina transportadora y permite el aislamiento del agua con las

cadena C55 para evitar la corrosión. Además, en los 16,20 segundos, el operario requiere presionar un pulsador para la activación y desactivación de los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de los Brazos izquierdo y derecho de paro, los cuales permiten el procesamiento estático del lote de cuatro balones en la máquina transportadora en funcionamiento.

$$\text{Tiempo de op.} = \frac{45 \frac{\text{segundos}}{\text{ciclo}}}{7,20 \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}} = 6,25 \frac{\text{balones}}{\text{ciclo}}$$

- **Pintado del cuerpo del balón y el Pintado de la marca “SIPÁN GAS” en el balón vacío:** El operario encargado de las actividades de pintado del cuerpo del balón y del pintado de la marca “SIPÁN GAS” u operario 2 tiene la capacidad de abastecer cuatro balones. Asimismo, este operario tiene un tiempo de sobra para operar 1,72 unidades más; equivalente a 13,54 segundos. Este periodo de tiempo de más es designado para que el operario posicione los cuatro balones en una placa de metal, la cual se encuentra soldada sobre la estructura metálica de la máquina transportadora y permite el aislamiento de las pinturas con las cadenas C55 para evitar el pintado y el deterioro de la lubricación de las cadenas. Además, en los 13,54 segundos, el operario requiere presionar un pulsador para la activación y desactivación de los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de los Brazos izquierdo y derecho de paro, los cuales permiten el procesamiento estático del lote de cuatro balones en la máquina transportadora en funcionamiento.

$$\text{Tiempo de op.} = \frac{45 \frac{\text{segundos}}{\text{ciclo}}}{(5,46 + 2,41) \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Tiempo de op.} = 5,72 \frac{\text{balones}}{\text{ciclo}}$$

- **Inspección del estado del O' Ring, Extracción del O' Ring en mal estado e Instalación de un nuevo O' Ring en la válvula del balón vacío:** El operario encargado de las actividades de inspección del estado del O' Ring, extracción del O' Ring en mal estado y de la instalación de un nuevo O' Ring u operario 3 tiene la capacidad de abastecer cuatro balones. Asimismo, este operario tiene un tiempo de sobra para operar 1,14 unidades más; equivalente a 9,98 segundos. Este periodo de tiempo de más es designado para que el operario posicione los cuatro balones en una placa de metal, la cual se encuentra soldada sobre la estructura metálica de la máquina transportadora y permite el aislamiento de la mezcla de agua y lejía con las cadenas C55 para evitar la corrosión. Además, en los 9,98 segundos, el operario requiere presionar un pulsador para la activación y desactivación de los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de los Brazos izquierdo y derecho de paro, los cuales permiten el procesamiento estático del lote de cuatro balones en la máquina transportadora en funcionamiento.

$$\text{Tiempo de op.} = \frac{45 \frac{\text{segundos}}{\text{ciclo}}}{(2,15 + 3,30 + 3,30) \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Tiempo de op.} = 5,14 \frac{\text{balones}}{\text{ciclo}}$$

- **Tara del balón vacío:** El operario encargado de la actividad de la tara u operario 4 tiene la capacidad de abastecer cuatro balones vacíos mediante el pesado en dos básculas o balanzas industriales de peso. Asimismo, este operario tiene un tiempo de sobra para operar 5,66 unidades más; equivalente a 26,38 segundos. Este periodo de tiempo de más es designado para la descarga y carga manual de los cuatro balones en la máquina transportadora por cadenas de arrastre. Además, el operario mencionado tiene una sub actividad designada que consiste en el registro de los diferentes pesos de los balones vacíos en una

plataforma virtual llamada kárdex mediante una tablet. Esta plataforma está interconectada con el operario de la actividad de inspección de peso del balón envasado de GLP y con las oficinas del Jefe de Planta y del Gerente de la empresa para un mayor control de las características del balón y de la cantidad de kilogramos de GLP que se envasa y merma.

$$\text{Tiempo de op.} = \frac{45 \frac{\text{segundos}}{\text{ciclo}}}{(4,66) \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Tiempo de op.} = 9,66 \frac{\text{balones}}{\text{ciclo}}$$

▪ **Estación de Trabajo N°2 propuesta y de ejecución automatizada**

La Estación de Trabajo N°2 propuesta está conformada por la actividad u operación productiva y automatizada, la cual es la siguiente:

- **Envasado automatizado de GLP en balones:**

Los sistemas automatizados de cilindros de llenado tienen la capacidad de abastecer cuatro balones en forma paralela (al mismo tiempo) y en un periodo de operatividad de 50 segundos.

▪ **Estación de Trabajo N°3 propuesta y de ejecución manual**

Está conformada por los siguientes puestos de trabajo con las actividades u operaciones productivas y manuales, las cuales son las siguientes:

- **Inspección del peso del balón con GLP:** El operario encargado de la actividad de inspección de peso u operario 5 tiene la capacidad de abastecer cuatro balones mediante cuatro balanzas o básculas mecánicas e industriales de peso. Asimismo, este operario tiene un tiempo de sobra para operar 16,93 unidades más; equivalente a 36,40 segundos. Este periodo de tiempo de más es designado para la descarga y

carga manual de los cuatro balones con GLP en la máquina transportadora por cadenas de arrastre. Además, el operario mencionado tiene una sub actividad designada que consiste en el registro de los diferentes pesos de los balones envasados de GLP en una plataforma virtual llamada kárdex mediante una tablet. Esta plataforma está interconectada con el operario de la actividad de tara del balón vacío y con las oficinas del Jefe de Planta y del Gerente de la empresa para un mayor control de las características del balón y de la cantidad de kilogramos de GLP que se envasa y merma. Esto permite determinar si el sistema automatizado está bajo control y realiza un preciso envasado de 10 kg de GLP en el balón. Por último, el operario encargado tiene una segunda sub actividad designada que consiste en la determinación de las cantidades mínimas de mermas que puede presentar los cilindros neumáticos con cabezales de llenado de GLP y la manguera capuchón. Cabe mencionar que la manguera capuchón es un equipo auxiliar que permite la retroalimentación de envasado de GLP debido a una inesperada falla de envasado del sistema automatizado.

$$\text{Tiempo de op.} = \frac{45 \frac{\text{segundos}}{\text{ciclo}}}{(2,15) \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Tiempo de op.} = 20,93 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{ciclo}}$$

- Instalación del precinto de seguridad del balón con GLP y Etiquetado del balón con GLP: El operario encargado de las actividades de instalación del precinto de seguridad y del etiquetado u operario 6 tiene la capacidad de abastecer cuatro balones con GLP. Asimismo, este operario tiene un tiempo de sobra para operar 10,85 unidades más; equivalente a 32,88 segundos. Este periodo de tiempo de más es designado para que el operario presione un pulsador para la activación y desactivación de los Cilindros Neumáticos de Doble Efecto de

los Brazos izquierdo y derecho de paro, los cuales permiten el procesamiento estático del lote de cuatro balones con GLP en la máquina transportadora en funcionamiento.

$$\text{Tiempo de op.} = \frac{45 \frac{\text{segundos}}{\text{ciclo}}}{(1,48 + 1,55) \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Tiempo de op.} = 14,85 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{ciclo}}$$

C. Beneficios de Envasar Cuatro Unidades en Forma Paralela

La operación actual de envasado requiere envasar GLP en 4 balones durante el periodo de tiempo de 56 segundos. En cambio, el sistema automatizado envasa GLP en 4 balones en forma paralela y durante el periodo de tiempo de 50 segundos de operatividad automatizada. Por ende, se prosigue a determinar los beneficios de envasar cuatro unidades en forma paralela o simultánea.

- Primero, se calcula la producción anual de esta propuesta con jornada laboral de 2 728 horas o 9 820 800 segundos.

50 segundos.....4 balones con GLP

9 820 800 segundos.....X balones con GLP

$$X = \frac{(9\ 820\ 800\ \text{s})(4\ \text{balones})}{(50\ \text{s})} = 785\ 664\ \text{balones con GLP}$$

Interpretación: La producción anual de esta propuesta es 785 664 balones con GLP con jornada laboral de 2 728 horas, ya que es múltiplo de cuatro. En cambio, la producción anual del proceso actual es de 484 753 balones con GLP. Esto significa que la empresa puede llegar a envasar 300 911 unidades más al año; de las cuales 216 343 balones con GLP abastecerán a la demanda insatisfecha anual del mercado regional y los 84 568 balones con GLP restantes fomentan stock de seguridad para afrontar los cambios del mercado y desarrollar futuras propuestas de marketing que permitan incrementar el posicionamiento de la marca en el mercado regional. Cabe mencionar que se considera como mejora a las 216 343

unidades, ya que la mejora es dirigida a la demanda insatisfecha. Por ende, como se muestra en la Tabla 94, se detalla que el Plan de Producción de la mejora de la investigación son los 216 343 balones con GLP.

Tabla 94. Plan de Producción en los próximos cinco años

PLAN DE PRODUCCIÓN					
Periodo	Inventario Inicial	Producción	Inventario Total	Ventas	Inventario Final
Año 0 (2020)	0	216 343	216 343	216 343	0
Año 1 (2021)	0	216 343	216 343	216 343	0
Año 2 (2022)	0	216 343	216 343	216 343	0
Año 3 (2023)	0	216 343	216 343	216 343	0
Año 4 (2024)	0	216 343	216 343	216 343	0
Año 5 (2025)	0	216 343	216 343	216 343	0

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

- Segundo, se calcula la producción mensual de esta propuesta.

$$X = \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} * \frac{785 \ 664 \text{ balones}}{1 \text{ año}} = 65 \ 472 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{mes}}$$

Interpretación: La producción mensual de esta propuesta es 65 472 balones con GLP, ya que es múltiplo de cuatro. En cambio, la producción mensual del proceso actual es de 40 396 balones con GLP. Esto significa que la empresa puede llegar a envasar 25 076 unidades más al mes, de las cuales 18 029 balones con GLP abastecerán a la demanda insatisfecha mensual del mercado regional y los 7 047 balones con GLP restantes fomentan stock de seguridad para afrontar los cambios del mercado y desarrollar futuras propuestas de marketing que permitan incrementar el posicionamiento de la marca en el mercado regional. Cabe mencionar que se considera como mejora a las 18 029 unidades, ya que la mejora es dirigida a la demanda insatisfecha.

- Tercero, se calcula la producción semanal de esta propuesta.

$$X = \frac{1 \text{ año}}{52 \text{ semanas}} * \frac{785\,664 \text{ balones}}{1 \text{ año}} = 15\,108,92 \frac{\text{balones}}{\text{semana}}$$

Interpretación: La producción semanal de esta propuesta es 15 108 balones con GLP, ya que es múltiplo de cuatro. En cambio, la producción semanal del proceso actual es de 9 322 balones con GLP. Esto significa que la empresa puede llegar a envasar 5 786 unidades más a la semana; de las cuales 4 161 balones con GLP abastecerán a la demanda insatisfecha semanal del mercado regional y los 1 625 balones con GLP restantes fomentan stock de seguridad para afrontar los cambios del mercado y desarrollar futuras propuestas de marketing que permitan incrementar el posicionamiento de la marca en el mercado regional. Cabe mencionar que se considera como mejora a las 4 161 unidades, ya que la mejora es dirigida a la demanda insatisfecha.

- Cuarto, se calcula la producción diaria de esta propuesta en una jornada de 8 horas o 28 800 segundos.

50 segundos.....4 balones con GLP
 28 800 segundos.....X balones con GLP

$$X = \frac{(28\,800 \text{ segundos})(4 \text{ balones})}{(50 \text{ segundos})} = 2\,304 \text{ balones con GLP}$$

Interpretación: La producción diaria de esta propuesta es 2 304 balones con GLP en una jornada laboral de 8 horas, ya que es múltiplo de cuatro. En cambio, la producción diaria del proceso actual es de 1 328 balones con GLP. Esto significa que la empresa puede llegar a envasar 976 unidades más al día; de las cuales 729 balones con GLP abastecerán a la demanda insatisfecha diaria del mercado regional y los 247 balones con GLP restantes fomentan stock de seguridad para afrontar los cambios del mercado y desarrollar futuras propuestas de marketing que permitan incrementar el posicionamiento de la marca en el mercado regional.

Cabe mencionar que se considera como mejora a las 729 unidades, ya que la mejora es dirigida a la demanda insatisfecha.

- Quinto, se calcula la producción por hora de esta propuesta.

2 728 horas.....785 664 balones con GLP
 1 horaX balones con GLP

$$X = \frac{(1 \text{ hora})(785 664 \text{ balones})}{(2 728 \text{ horas})} = 288 \text{ balones con GLP}$$

Interpretación: La producción por hora de esta propuesta es 288 balones con GLP, ya que es múltiplo de cuatro. En cambio, la producción por hora del proceso actual es de 166 balones con GLP. Esto significa que la empresa puede llegar a envasar 122 unidades más por hora; de las cuales 91 balones con GLP abastecerán a la demanda insatisfecha por hora del mercado regional y los 31 balones con GLP restantes fomentan stock de seguridad para afrontar los cambios del mercado y desarrollar futuras propuestas de marketing que permitan incrementar el posicionamiento de la marca en el mercado regional. Cabe mencionar que se considera como mejora a las 91 unidades, ya que la mejora es dirigida a la demanda insatisfecha.

D. Rediseño de las Estaciones de Trabajo Balanceadas

El rediseño de las estaciones de trabajo y edificaciones, como se muestran en las Figura 142, permite incrementar el lote de transferencia, de 1 a 4 unidades, entre los puestos de trabajo del proceso de envasado de cilindros de 3, 5, 10 y 15 kg de GLP. Asimismo, ya balanceada la línea de producción, el proceso debe estar conformado por tres estaciones de trabajo y seis puestos de trabajo, donde los operarios son encargados de realizar entre una a dos operaciones en cada uno de ellos. Además, el orden o la secuencia de procesamiento de las actividades de los puestos de trabajo es la siguiente: Las operaciones de Lavado (primer puesto de trabajo), Pintado (segundo puesto de trabajo), O´ Ring (tercer puesto de trabajo), Tara (cuarto puesto de trabajo), Inspección de Peso (quinto

puesto de trabajo) y, por último, las operaciones de precintado y etiquetado (sexto puesto de trabajo). Cabe decir que el séptimo operario se encargará en el transporte del lote terminado en un coche y del apilado de los balones con GLP en el área de almacén temporal de producto terminado.

Los primeros cuatro puestos de trabajo encargados de las operaciones de lavado, pintado, O' Ring y Tara, como se muestra en la Figura 143, conforman la primera estación de trabajo del proceso de envasado de GLP en cilindros. Asimismo, la operación automatizada encargada del envasado de balones conforma la segunda estación de trabajo, la cual es mecanizada. Finalmente, los último dos puestos de trabajo encargados de la inspección de peso y de las operaciones de precintado y etiquetado conforman la tercera y última estación de trabajo del proceso de envasado de GLP en cilindros.

La línea de producción del proceso de envasado de GLP en balones está balanceada con respecto a los 50 segundos de tiempo de operatividad del sistema automatizado, ya que este periodo está conformado por el tiempo de operatividad de 45 segundos de los automatismos (eléctricos y neumáticos) durante la operación automatizada de envasado y el tiempo de operatividad de 5 segundos de la máquina transportadora por cadenas de arrastre para el desplazamiento de los balones hacia cada puesto de trabajo.

El rediseño del proceso propuesto requiere la desinstalación de los cabezales de envasado de GLP de cilindros neumáticos de las cuatro balanzas mecánicas y semi automáticas envasadoras de cilindros de 3 kg, 5 kg, 10 kg y 15 kg GLP, ya que estos se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento. Asimismo, se solicita a desinstalar y retirar las cuatro balanzas de la Plataforma de Producción, ya que la operación de envasado propuesta es automatizada y se ejecuta sobre la máquina transportadora por cadenas de arrastre. Además, se requiere desinstalar la edificación de la máquina extractora de

emisiones de pintura, ya que el motor del ventilador extractor está obsoleto.

Por otro lado, el rediseño del proceso propuesto invita a desinstalar y a remover las dos balanzas mecánicas y manuales de los cilindros de 45 kg de GLP a la nueva ubicación idónea, la cual es mostrada en las Figuras 142 y 143.

El rediseño del proceso propuesto requiere la instalación de barandas de seguridad industrial que permiten aislar las conexiones eléctricas de los automatismos de la operación de envasado, proteger al operario de caídas fuera de la Plataforma de envasado y previene las caídas de los cilindros con GLP de la zona de Almacén Temporal de Producto Terminado. Asimismo, el rediseño y la automatización fomentan la seguridad del producto procesado y la ergonomía idónea de los operarios, ya que la máquina transportadora permite el desplazamiento de los cilindros a 80 cm de altura y evita la inadecuada manipulación del producto y la constante inclinación de los operarios al recoger el balón recibo de la tarea anterior.

El rediseño del proceso propuesto otorga la instalación de brazos neumáticos de paro en los puestos de trabajo encargados de las tareas de lavado, pintado, O 'Ring, tara, inspección de peso, precintado y etiquetado. Los brazos neumáticos de paro son accionados por los solenoides de las electroválvulas de los Cilindros Biestables de Doble Efecto y permiten posicionar los balones en forma estática, sobre la máquina transportadora en funcionamiento, para su proceso.

Finalmente, se muestra el rediseño en 3D del proceso propuesto en las Figuras 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152 y 153.

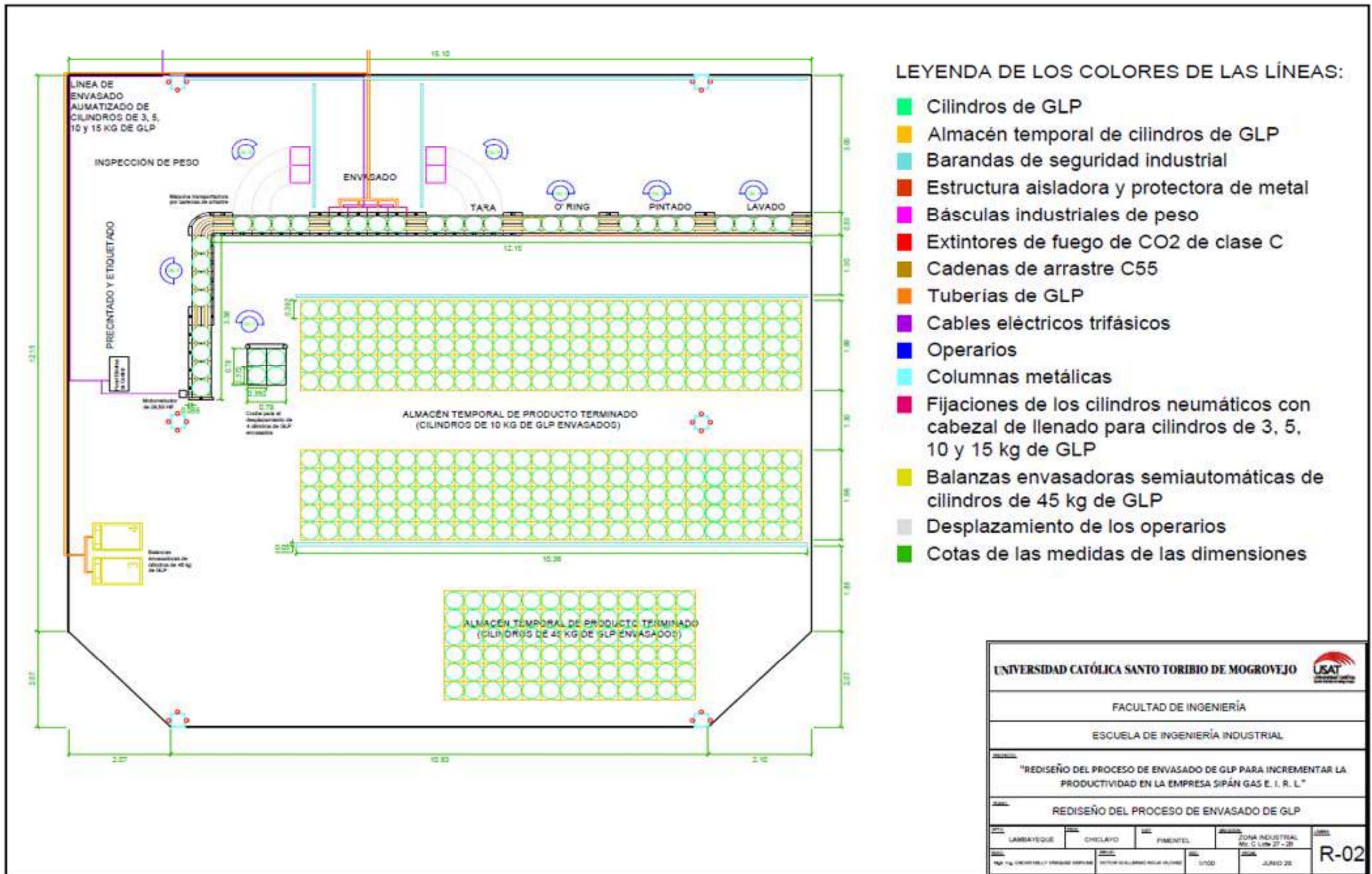


Figura 142. Vista Planta del rediseño de las estaciones de trabajo y edificaciones en la Plataforma del proceso de envasado de GLP en cilindros

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

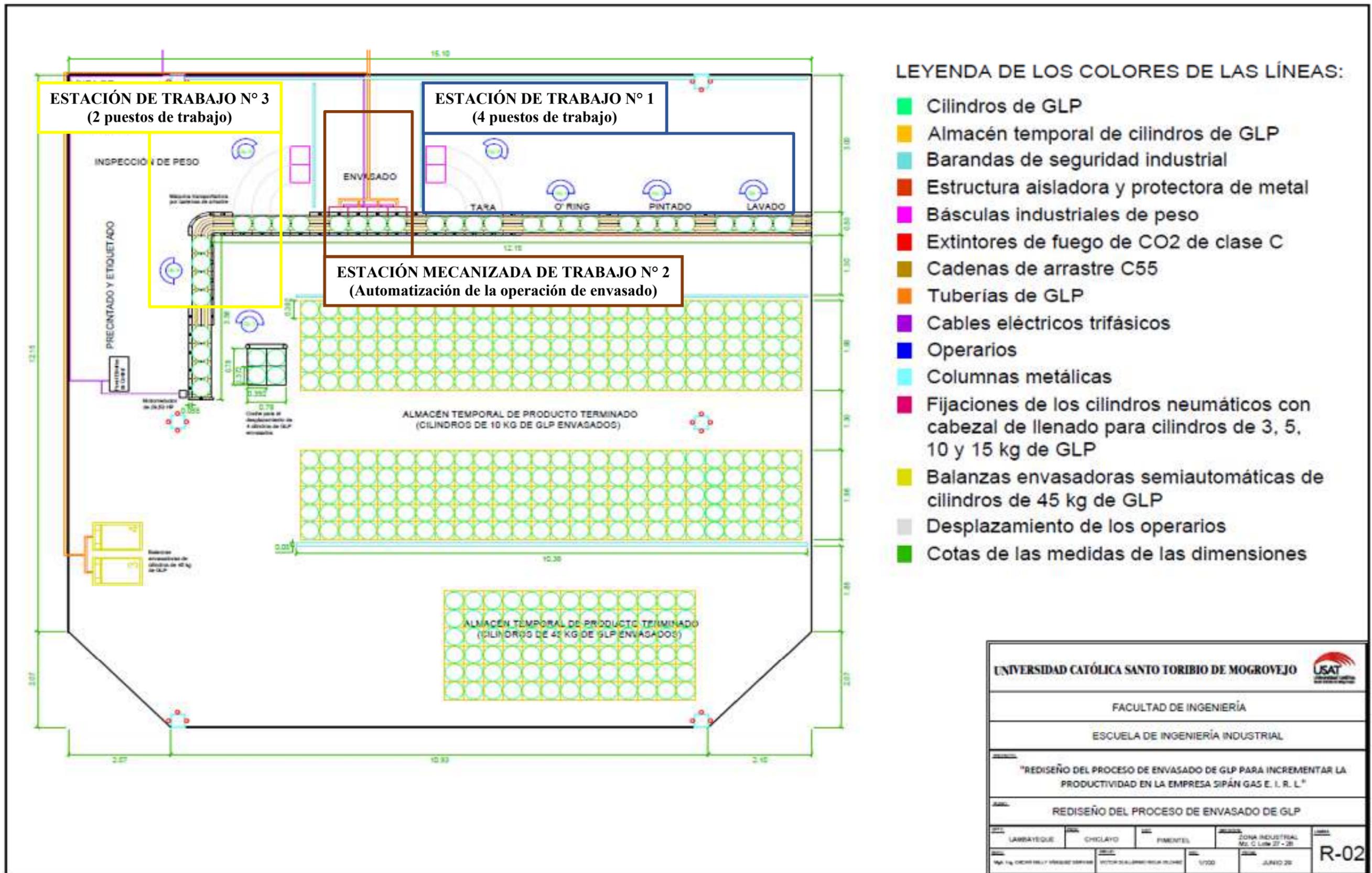


Figura 143. Determinación de las estaciones de trabajo del rediseño del proceso de envasado de GLP en cilindros

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

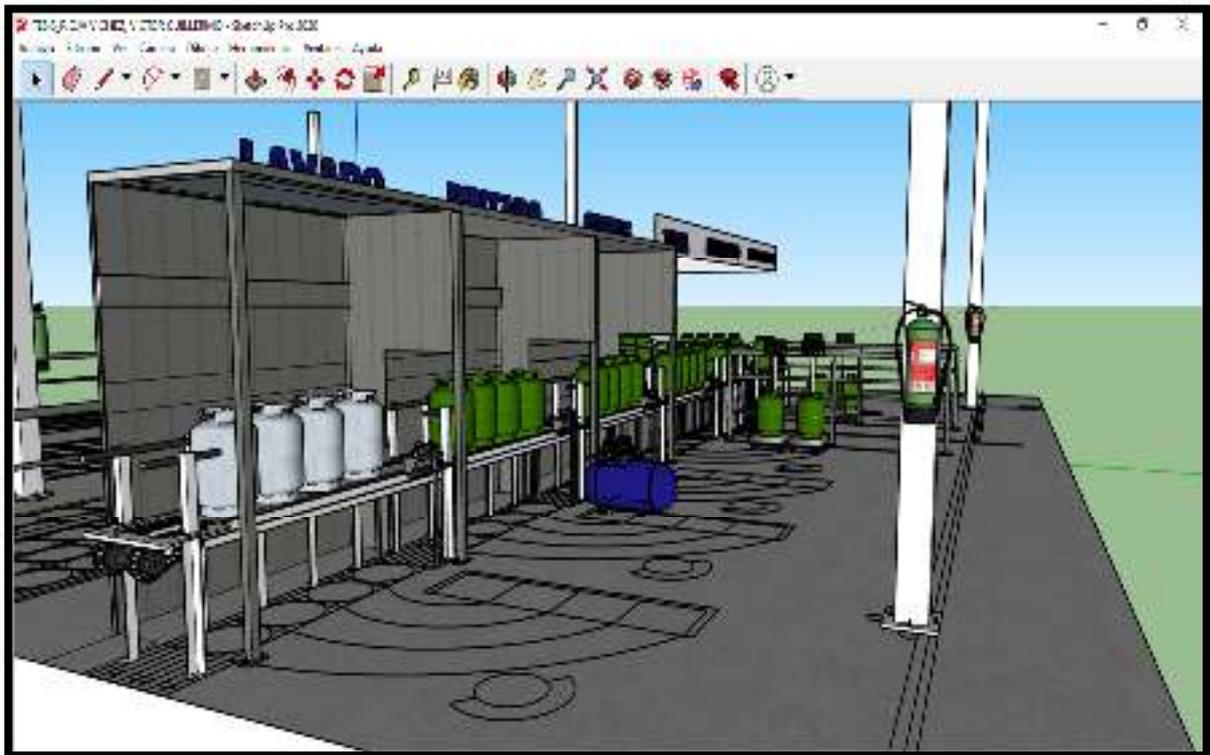


Figura 144. Vista Isométrica izquierda en 3D del rediseño de las estaciones de trabajo y edificaciones en la Plataforma del proceso de envasado de GLP en balones
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 145. Vista Isométrica derecha en 3D del rediseño de las estaciones de trabajo y edificaciones en la Plataforma del proceso de envasado de GLP en balones
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 146. Rediseño en 3D del primer y segundo puesto de trabajo encargados de las tareas de lavado y pintado del proceso de envasado GLP en balones respectivamente
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 147. Rediseño en 3D del tercer y cuarto puesto de trabajo encargados de las tareas de O´ Ring y tara del proceso de envasado de GLP en balones respectivamente
 Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 148. Rediseño en 3D de la estación automatizada encargada de la operación de envasado de GLP y del quinto puesto de trabajo encargado de la tarea de inspección de peso del proceso de envasado de GLP en balones

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 149. Rediseño en 3D del sexto puesto de trabajo encargado de las tareas de precintado y etiquetado del proceso de envasado de GLP en balones

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 150. Rediseño en 3D del sétimo puesto de trabajo encargado de las tareas de recepción y apilado del producto terminado en el almacén temporal de la Plataforma de Producción

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

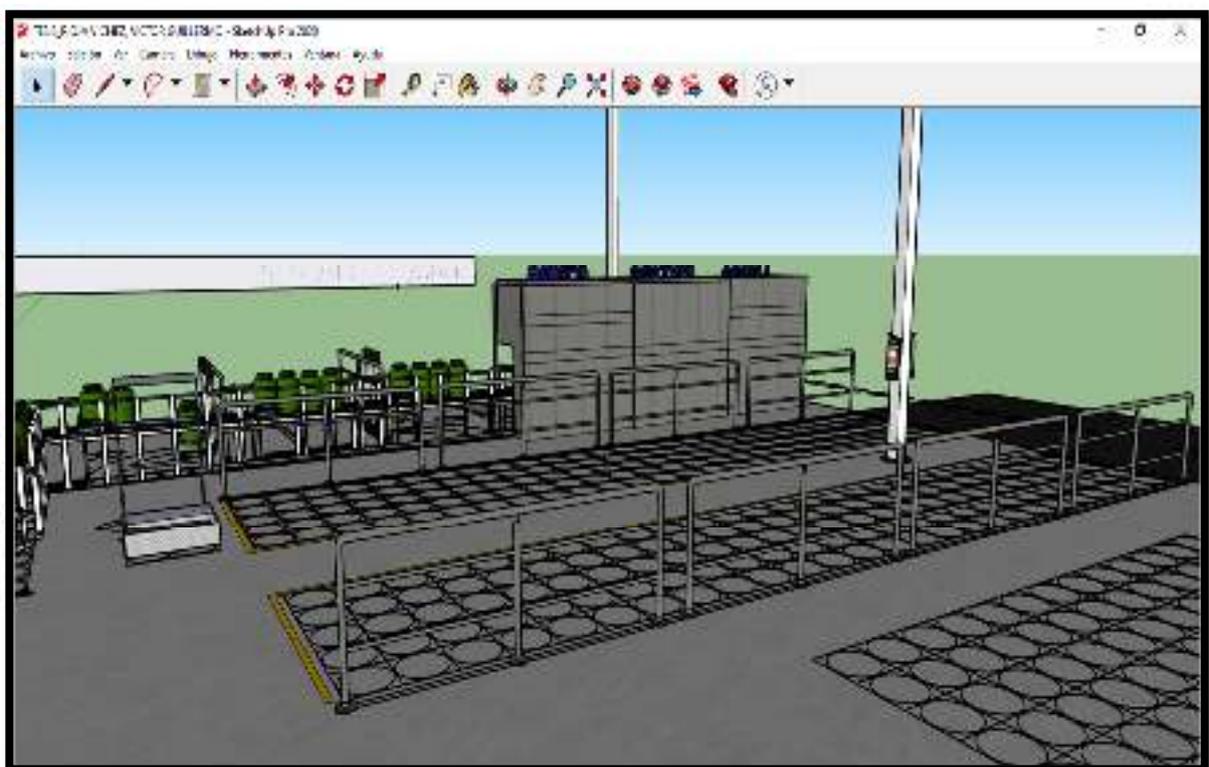


Figura 151. Rediseño en 3D del almacén temporal de la Plataforma de Producción

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.



Figura 152. Diseño isométrico en 3D del sistema de transmisión de la máquina transportadora por cadena de arrastre del sistema automatizado

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

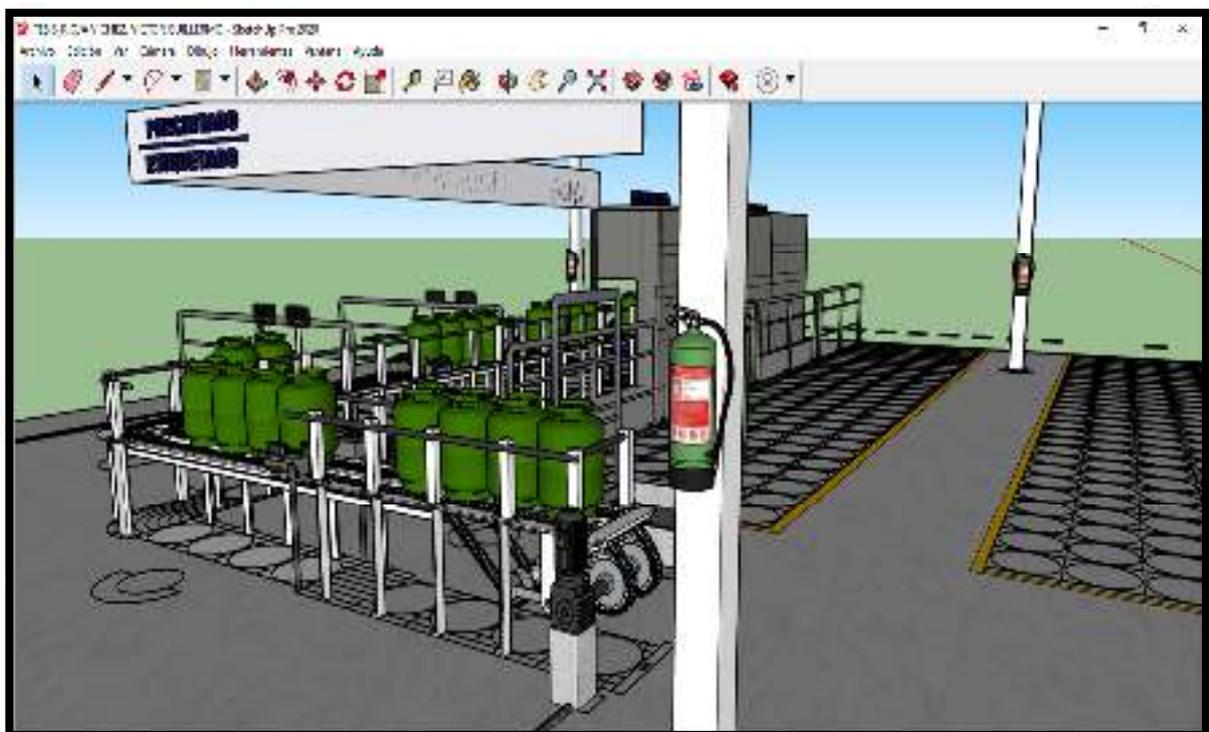


Figura 153. Diseño lateral en 3D del sistema de transmisión de la máquina transportadora por cadena de arrastre del sistema automatizado

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

E. Diseño del Sistema de Elevación Manual y Simultánea de las Fijaciones Metálicas de los Cuatro Cilindros Neumáticos

El diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones metálicas de los cuatro cilindros neumáticos es idóneo para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 3, 5, 10 y 15 kg de combustible según la altura correspondiente del lote de producto a envasar.

A continuación, las medidas generales del diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones metálicas de los cuatro cilindros neumáticos se muestran en la Tabla 95 y Figura 154.

Tabla 95. Medidas generales del diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones metálicas de los cuatro cilindros neumáticos

MEDIDAS GENERALES DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN MANUAL Y SIMULTÁNEA		
Dispositivos y componentes	Medidas generales	
Cuatro cilindros neumáticos y vástagos	Ancho del cilindro neumático	18 cm
	Largo del cilindro neumático	78 cm
	Ancho (diámetro) del vástago	4 cm
	Largo del vástago	60 cm
Cuatro fijaciones	Ancho de las fijaciones	28 cm
	Largo de las fijaciones	142,60 cm
	Espesor de las fijaciones	4,5 cm

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

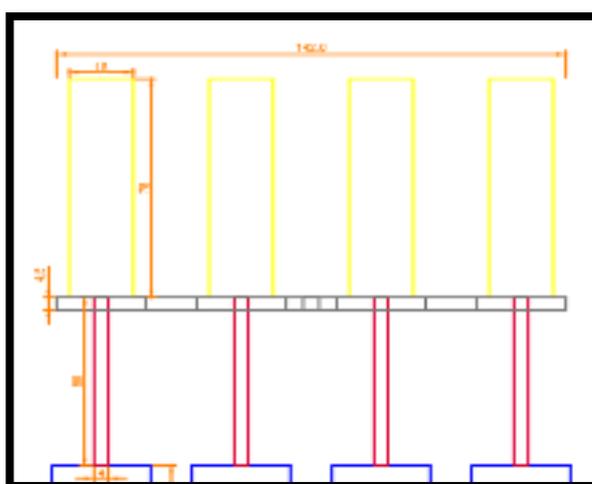


Figura 154. Medidas generales de la vista lateral del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones metálicas de los cuatro cilindros neumáticos

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por otro lado, las medidas específicas del diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones metálicas en los siguientes apartados, los cuales son:

a) Diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos (por placa delantera) para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 3 kg de combustible

La altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos (por placa delantera), como se muestra en la Figura 155, es a 89 cm de la superficie de la cadena de arrastre de la máquina transportadora para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 3 kg de combustible. Cabe mencionar que solo el operario del puesto de trabajo de Tara es instruido para la colocación adecuada de los cilindros mediante señalizaciones visibles (tiras pagables) en el extremo de la máquina transportadora, las cuales permiten indicar que las cuatro unidades del lote de este tipo de producto deben estar separadas 11,70 cm entre sí.

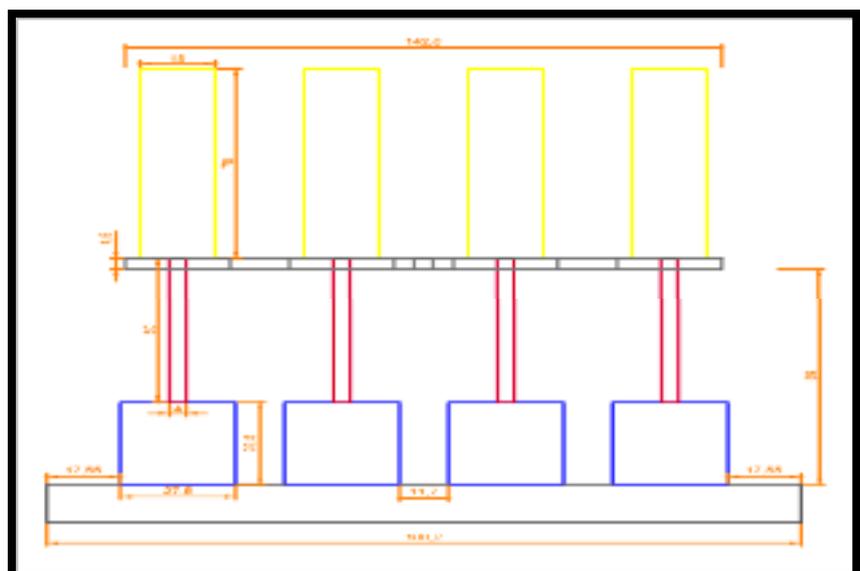


Figura 155. Altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos para el envasado de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 3 kg de combustible
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

b) Diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos (por placa delantera), según la altura requerida, para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 5 kg de combustible

La altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos (por placa delantera), como se muestra en la Figura 156, es a 99 cm de la superficie de la cadena de arrastre de la máquina transportadora para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 5 kg de combustible. Cabe mencionar que solo el operario del puesto de trabajo de Tara es instruido para la colocación adecuada de los cilindros mediante señalizaciones visibles (tiras pagables) en el extremo de la máquina transportadora, las cuales permiten indicar que las cuatro unidades del lote de este tipo de producto deben estar separadas 11,70 cm entre sí.

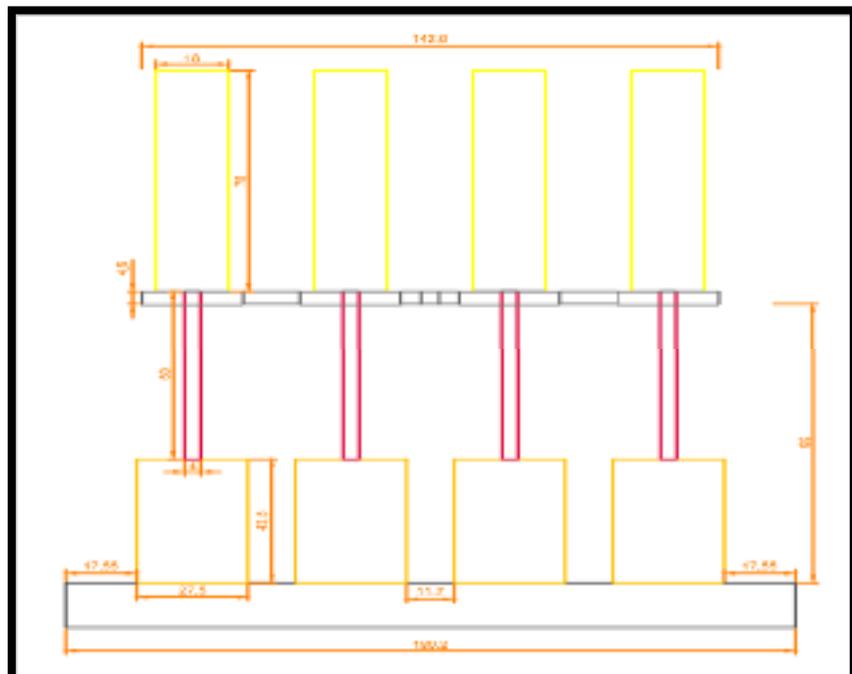


Figura 156. Altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 5 kg de combustible
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

c) Diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos (por placa delantera), según la altura requerida, para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 10 kg de combustible

La altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos (por placa delantera), como se muestra en la Figura 157, es a 108,50 cm de la superficie de la cadena de arrastre de la máquina transportadora para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 10 kg de combustible. Cabe mencionar que solo el operario del puesto de trabajo de Tara es instruido para la colocación adecuada de los cilindros mediante señalizaciones visibles (tiras pagables) en el extremo de la máquina transportadora, las cuales permiten indicar que las cuatro unidades del lote de este tipo de producto deben estar separadas 6 cm entre sí.

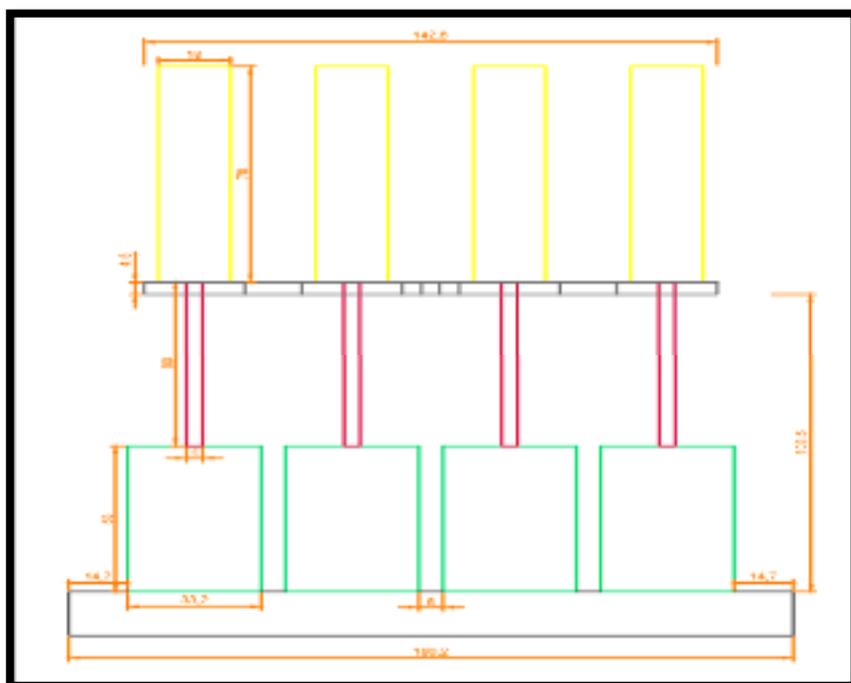


Figura 157. Altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 10 kg de combustible
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

d) Diseño del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos (por placa delantera), según la altura requerida, para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 15 kg de combustible

La altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos (por placa delantera), como se muestra en la Figura 158, es a 112,50 cm de la superficie de la cadena de arrastre de la máquina transportadora para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 15 kg de combustible. Cabe mencionar que solo el operario del puesto de trabajo de Tara es instruido para la colocación adecuada de los cilindros mediante señalizaciones visibles (tiras pagables) en el extremo de la máquina transportadora, las cuales permiten indicar que las cuatro unidades del lote de este tipo de producto no deben estar separadas entre sí.

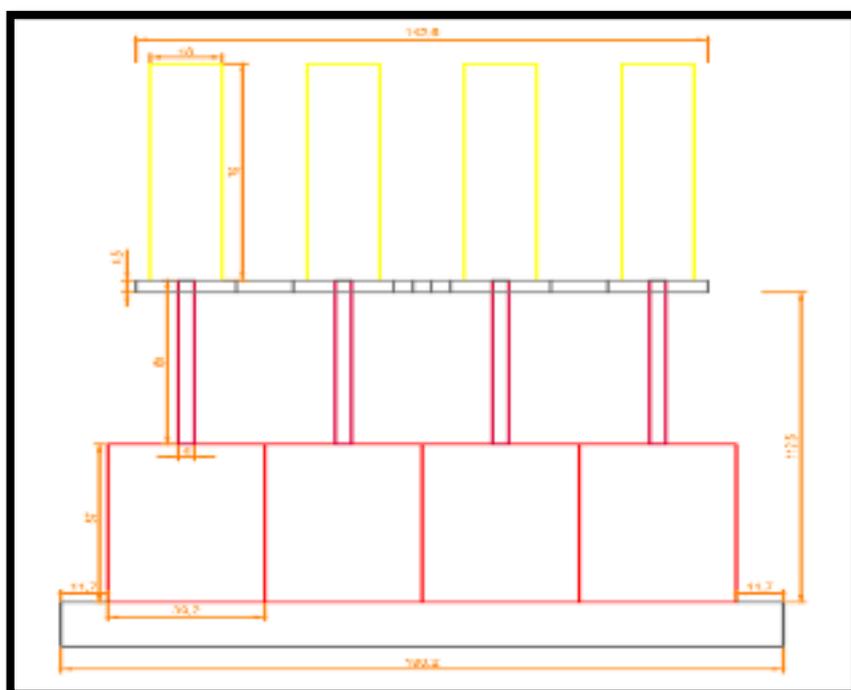


Figura 158. Altura requerida del sistema de elevación manual y simultánea de las fijaciones de los cuatro cilindros neumáticos para el envasado automático de GLP en cilindros con capacidad de almacenamiento de 15 kg de combustible
Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.4.2 Nuevos Indicadores del Proceso

3.4.2.1 Porcentajes de las Actividades Productivas e Improductivas del Proceso de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela

Los tiempos promedios de las actividades productivas e improductivas, como se muestran en las Tablas 96 y 97, son 45 y 5 segundos, equivalentes al 90 % y 10 % respectivamente.

Tabla 96. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades productivas del ciclo de los cuatro balones envasados de GLP en forma paralela

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)
LAVADO: Lavado del lote de 4 balones.	45
PINTADO: Pintado del cuerpo de cada uno de los cuatro balones del lote 4 y Pintado de la marca "SIPÁN GAS" en las mismas cuatro unidades.	
O' Ring: Inspección del estado del O' Ring, extracción del O' Ring en mal estado del balón e instalación de un nuevo O' Ring en la válvula de cada uno de los cuatro balones para evitar fugas.	
TARA: Tara de los cuatro balones.	
ENVASADO AUTOMATIZADO: Envasado automatizado de GLP en los cuatro balones.	
INSPECCIÓN DEL PESO: Inspección del peso de los cuatro balones con GLP y retroalimentación del peso.	
PRECINTO Y ETIQUETA: Instalación del precinto de seguridad de los cuatro balones con GLP y etiquetado en las mismas cuatro unidades.	
TOTAL	

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Tabla 97. Resumen de los tiempos promedios totales de las actividades improductivas del ciclo de los cuatro balones envasados de GLP en forma paralela

ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (SEGUNDOS)
Desplazamiento automatizado de los cuatro balones procesados mediante la máquina transportadora por cadena de arrastre.	5
TOTAL	5

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

$$\% \text{ de actv. productivas} = \frac{45 \text{ segundos}}{50 \text{ segundos}} * 100 \% = 90 \%$$

$$\% \text{ de actv. improductivas} = \frac{5 \text{ segundos}}{50 \text{ segundos}} * 100 \% = 10 \%$$

3.4.2.2 Capacidad Real o Utilizada del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela

La propuesta y nueva Capacidad Real de la empresa es la producción anual, mensual, semanal, diaria y por hora de 785 664, 65 472, 15 108, 2 304 y 288 balones con GLP respectivamente, pero se considera la demanda anual, mensual, semanal, diaria y por hora de 701 096, 58 425, 13 483, 2 057 y 257 balones con GLP demandados por el mercado regional a la empresa respectivamente.

3.4.2.3 Utilización de los Cilindros Neumáticos con Cabezales de Llenado del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela

La utilización de los cilindros neumáticos con cabezales de llenado automáticos es 60,88 %. Cabe mencionar que la capacidad teórica es aquella que ha sido determina en los indicadores del diagnóstico de la presente investigación, cuyo valor es 11 516 622,69 kg de GLP al año.

$$\text{Fórmula: Utilización} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad Teórica}} * 100 \%$$

$$\text{Utilización} = \frac{7\,010\,960 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}}{11\,516\,622,69 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}} * 100 \% = 60,88 \%$$

3.4.2.4 Eficiencia de los Cilindros Neumáticos con Cabezales de Llenado del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela

La eficiencia los cilindros neumáticos con cabezales de llenado automáticos es 60,92 %. Cabe mencionar que la capacidad efectiva es aquella que ha sido determina en los indicadores del diagnóstico de la presente investigación, cuyo valor es 11 508 561,05 kg de GLP al año.

$$\text{Fórmula: Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad Efectiva}} * 100 \%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{7\,010\,960 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}}{11\,508\,561,05 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}} * 100 \% = 60,92 \%$$

3.4.2.5 Eficiencia de la Línea de Producción del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones en Paralelo

El tiempo de ciclo es el tiempo propuesto de envasado de un balón con respecto al Takt Time; cuyo valor calculado anteriormente es 8,5275 segundos. Asimismo, el rediseño y la automatización del proceso proponen, valga la redundancia, que el proceso presente 3 estaciones de trabajo y 50 segundos de tiempos de operatividad. Por ende, la eficiencia de la línea de producción del proceso propuesto de envasado automatizado GLP en cuatro balones de forma paralela es 195,45 %.

$$\text{Fórmula: Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Promedio Observado (T\bar{X}O.)}}{(\text{N}^\circ \text{ de estaciones}) * (\text{Tiempo de ciclo})} * 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{50 \text{ segundos}}{(3 \text{ estaciones}) * (8,5275 \text{ segundos})} * 100 \%$$

$$\text{Eficiencia} = 195,45 \%$$

3.4.2.6 Eficiencia Física del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela

La eficiencia física del proceso propuesto de envasado automatizado de GLP en cuatro balones en forma paralela es 99,93 %, ya que las balanzas envasadoras con cabezal de llenado por defecto merman y la cantidad anual de merma equivale a 8 061,64 kg de GLP u 806 balones con GLP.

$$\text{Fórmula: Eficiencia física (E}_f\text{)} = \frac{\text{Cant.total de kg de GLP que envasa}}{\text{Cant.total de kg de GLP que necesita}}$$

$$E_f = \frac{10 \text{ kg de GLP}}{(10 + 0.00753) \text{ kg de GLP}} * 100 \% = 99,93 \%$$

3.4.2.7 Eficiencia o Productividad Económica del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones en Paralelo

La eficiencia o Productividad económica del proceso propuesto de envasado automatizado de cuatro balones en forma paralela es 1,2859. Esto quiere decir que la empresa gana 0,2859 Nuevos Soles por cada Nuevo Sol invertido. A continuación, se detalla los pasos para desarrollar la siguiente fórmula.

Fórmula de la Eficiencia Económica (E_e):

$$E_e = \frac{\text{Ventas Totales}}{\text{Capital (K)}} = \frac{\text{Unidades producidas} * \text{Precio de venta}}{\text{Capital de Trabajo (K)}}$$

▪ **Primer paso: Determinar las unidades producidas diarias:**

Las unidades producidas y demandadas son 2 057 balones con GLP al día.

▪ **Segundo paso: Cálculo del Costo Unitario de Fabricación**

El Costo Unitario de Fabricación es la sumatoria del Costo Unitario de Mano de Obra Directa, del Costo Unitario de Materia Prima y del Costo Unitario de Materiales indirectos.

❖ **Costo Unitario de Mano de Obra Directa**

Primero se determina el costo de mano de obra directa en una jornada al día, teniendo en cuenta que el mes tiene 30 días de paga por ley peruana.

$$\text{Costo por jornada} = \frac{\text{S/. } 930,00}{30 \text{ días de paga}} = 31 \frac{\text{S/}}{\text{día}}$$

Continuamente se determina el costo de mano de obra directa en jornadas de 8 y 4 horas laborales el día. Cabe decir que de lunes a sábados se trabajan 8 horas y que los domingos se trabajan 4 horas, las cuales son remuneradas como horas extras.

$$\text{Costo de una jornada de 8 h} = 31 \frac{\text{S/}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = 3,87 \frac{\text{S/}}{\text{hora}}$$

$$\text{Costo de una jornada de 4 h} = 31 \frac{\text{S/}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{4 \text{ horas}} = 7,75 \frac{\text{S/}}{\text{hora}}$$

A continuación, en la Tabla 98, se detalla que el costo anual de Mano de Obra directa es S/. 135 755,20, cuya producción anual propuesta del rediseño y del sistema automatizado del proceso es 701 096 balones con GLP. Por ende, el costo unitario de mano de obra directa es S/. 0,19 (por balón).

Tabla 98. Costo Anual de Mano de Obra Directa

COSTO ANUAL DE MANO DE OBRA DIRECTA						
Colaborador	Cantidad de operarios (unidades)	Salario (S/.)	Beneficios (51% en S/.)	Salarios por horas extras (S/.)	Sub total Mensual/operario	Costo anual total de M.O.D. (S/.)
Operarios	7	930	474,30	124	1 528,30	128 377,20
Operarios sustitutos	7	930	-	124	1 054,00	7 378,00
Costo anual de mano de obra directa total						135 755,20

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

❖ **Costo Unitario de Materia Prima**

El costo unitario de Materia Prima, como se muestra en la Tabla 99, es S/. 22,70.

Tabla 99. Costo Unitario de Materia Prima

Características del transporte de la materia prima (GLP-E)		
Cantidad máxima permitida	20 680 kg	
Costo Unitario de Materia Prima		
(+) Básico	S/. 1,69	
(+) Otros	S/. 0,12	
(+) Descuento	S/. 0,00	
(+) Riesgo de cargo	S/. 0,00	
(+) Costo unitario total	S/. 1,81	
(+) Impuesto Selectivo al consumo (I.S.C.)	S/. 0,00	
(+) Rodaje	S/. 0,00	
(+) IGV (18%)	S/. 0,3258	
(+) FISE/OTRO	S/. 0,0387	
Precio unitario	S/. 2,1745	
Importe	S/. 44 969,65	
(+) Percepción (5%)	S/. 224,85	
Costo Total de la compra de Materia Prima	S/. 45 194,50	
Costo unitario total por kg de GLP	S/. 2,19	
Flete		
Concepto	Callao	Talara
(+) Gasto de combustible (Petróleo)	S/. 2 162,98	S/. 1 156,23
(+) Gasto de peajes	S/. 725,5	S/. 282,7
(+) Gasto de viáticos	S/. 300	S/. 120
(+) Gasto de chofer auxiliar	S/. 300	---
(+) Gasto de chofer principal	S/. 250	S/. 166,67
(+) Gasto de tanque de petróleo	S/. 730,95	
(+) Gasto de balanza	S/. 20,00	S/. 20,00
(+) Gasto de movilidad	S/. 15,00	
(+) Gasto de mantenimiento	---	---
Total inc. IGV	S/. 4 504,43	S/. 1 745,60
Capacidad de carga (ton)	21 Ton	21 Ton
Soles por ton inc. IGV	S/. 214,497	S/. 83,124
Soles por kg inc. IGV	S/. 0,214	S/. 0,083
Costo total unitario de Materia Prima por kg	S/. 2,27	
Costo total unitario de Materia Prima por balón	S/. 22,70	

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

❖ **Costo Unitario de Materiales Indirectos**

El costo unitario de Materiales Indirectos, como se muestra en la Tabla 100, es S/. 0,44.

Tabla 100. Costo Unitario de Materiales Indirectos

COSTO UNITARIO DE MATERIALES INDIRECTOS				
Insumos	Unidad de compra	Índice de consumo	Valor por unidad de compra	Monto por unidad
Pintura color "Gris RAL"	gal	0,0133	S/. 23,00	S/. 0,27
Pintura color "Roja"	gal	0,001	S/. 23,00	S/. 0,02
O' Ring	unidad	1	S/. 0,05	S/. 0,05
Precinto de seguridad	unidad	1	S/. 0,10	S/. 0,05
Etiquetas	unidad	1	S/. 0,10	S/. 0,05
Costo total unitario de Materiales Indirectos				S/. 0,44

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Entonces el Costo Unitario de Producción (C.U.P.) es igual a la sumatoria del Costo Unitario de Mano de Obra Directa, del Costo Unitario de Materia Prima y del Costo Unitario de Materiales indirectos; cuyo valor obtenido es S/. 23,33.

$$C. U. P. = (0,19 + 22,70 + 0,44) = 23,33 \frac{S/.}{\text{balones con GLP}}$$

Por otro lado, como recurso complementario para el proceso de envasado de GLP en balones, la empresa requiere de energía eléctrica para la maniobrabilidad de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de GLP mediante el abastecimiento de una compresora. Asimismo, en la página 212, se detalla que el consumo eléctrico de cada cilindro es 598,50 W por cada maniobrabilidad. Por ende, la empresa utiliza 2 394 W para el funcionamiento de los 4 cilindros neumáticos y 19,15 kWh en una jornada laboral de 8 horas.

El consumo eléctrico de la producción demandada es 13 167 Wh para el funcionamiento de los 22 cilindros neumáticos, de los cuales 10 cilindros neumáticos conforman la primera propuesta del diseño del sistema automatizado y los otros 12 cilindros neumáticos conforman la segunda propuesta del

rediseño del proceso de envasado de GLP en balones, ya que sus accionamientos son manuales. Asimismo, los 22 cilindros neumáticos consumen 105 336 W o 105,34 kWh en una jornada laboral de 8 horas.

Los diez cilindros neumáticos que conforman el sistema automatizado interactúan en la operación de envasado de GLP, de los 4 cuatro cilindros neumáticos están instalados con cabezales de llenado de GLP que permiten la operación la operación de envasado y los otros 6 cilindros neumáticos sirven para velar por la seguridad y evitar accidentes en la operación de envasado.

El precio unitario de la Energía Activa Fuera Punta al mes, según recibo de luz de Electronorte a la empresa, es S/. 0,2503 por kW/hora en diciembre 2018. Entonces la empresa está condicionada a pagar S/. 26,34 por 105,34 kWh en una jornada laboral de 8 horas.

▪ **Tercer paso: Cálculo del Capital de Trabajo (K)**

El Capital de Trabajo del proceso de envasado de GLP en balones es S/. 47 989,81 para producir 2 057 unidades al día.

Fórmula: Capital de Trabajo (K) = Costo Unitario de Fabricación * número de balones envasados en una jornada diaria de 8 horas.

$$\text{Capital de Trabajo (K)} = \frac{\text{S/. 23,33}}{\text{balón}} * 2\ 057 \text{ balones}$$

$$\text{Capital de Trabajo (K)} = \text{S/. 47 989,81}$$

▪ **Cuarto paso: Determinación del precio de venta del balón**

El precio de venta del balón con GLP, como se muestra en la Tabla 101, es S/. 30,68, pero la empresa lo vende a S/. 30,00 a los distribuidores.

Tabla 101. Precio de venta del balón con GLP

PRECIO DE VENTA	
Costo de producción por kg de GLP envasado sin utilidad	S/. 2,33
Utilidad (11%)	S/. 0,26
SUB TOTAL	S/. 2,60
Costo de producción por Balón	S/. 26,00
IGV (18%)	S/. 4,68
TOTAL	S/. 30,68

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

▪ **Quinto y último paso: Cálculo de la Eficiencia económica (E_e)**

La eficiencia económica diaria es 1,2859 para producir 2 057 unidades al día. Esto significa que por cada Nuevo Sol invertido se gana S/. 0,2859.

$$E_e = \frac{\text{Ventas Totales}}{\text{Capital (K)}}$$

$$E_e = \frac{\text{Unidades producidas} * \text{Precio de venta}}{\text{Capital de Trabajo (K)}}$$

$$E_e = \frac{2\,057 \text{ balones} * \text{S/. } 30,00}{\text{S/. } 47\,989,81} = 1,2859$$

3.4.2.8 Indicadores de Productividad del Proceso Propuesto de Envasado Automatizado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela

La producción diaria propuesta es de 2 057 balones con GLP, ya que es la demanda diaria de la empresa. Asimismo, los recursos requeridos para el proceso diario de envasado de GLP son:

- Mano de obra (M.O.) = 7 operarios (Cabe mencionar que el número de puestos de trabajo ha disminuido de 9 a 7 mediante las propuestas de rediseño y automatización del proceso).
- Horas Hombre (H.H.) = 8 horas * 7 operarios = 56 H.H.
- Materia prima: Materia prima utilizada = 20 570 kg de GLP
- Mermas totales: 15,49 kg
- Capital de trabajo (K): S/. 47 989,81
- Número de máquinas: 4 cilindros neumáticos con cabezal de llenado
- Energía eléctrica consumida por cilindros neumáticos con cabezal de llenado de GLP: 19,15 kW/hora
- Costo de energía eléctrica al día: S/. 4,79

A continuación, se prosigue recalcar el cálculo de los tipos de productividades relevantes para el proceso, los cuales son:

▪ **Productividad con respecto a la Mano de Obra (ρ . M.O.)**

La productividad propuesta con respecto a la Mano de Obra de la empresa es de 293,86 balones envasados de GLP por operario al día.

$$\text{Fórmula: } p. M. O. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Mano de Obra (M.O.)}}$$

$$p. M. O. = \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{7 \text{ operarios}} = 293,86 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{operario * día}}$$

▪ **Productividad con respecto a la Materia Prima (ρ . M.P.)**

La productividad propuesta con respecto a la Materia Prima de la empresa es de 0,10 balones envasados por kilogramo de GLP al día. Cabe detallar que esta productividad es invariable, ya que los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de GLP merman la misma cantidad de GLP por defecto.

$$\text{Fórmula: } p. M. P. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Materia Prima (M.P.)}}$$

$$p. M. P. = \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{(20\,570 + 15,49)\text{kg}} = 0,10 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{kg de GLP * día}}$$

▪ **Productividad con respecto al Capital de Trabajo (ρ . K.)**

La productividad propuesta con respecto al Capital de Trabajo de la empresa es 0,04286 balones envasados de GLP por Nuevo Sol invertido al día.

$$\text{Fórmula: } p. K. = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Capital de trabajo (K.)}}$$

$$p. K. = \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{S/. 47\,989,81} = 0,04286 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol * día}}$$

▪ **Productividad con respecto a las Horas Hombre trabajadas (ρ . H.H.)**

La productividad propuesta con respecto a las Horas Hombre trabajadas de la empresa es 36,73 balones envasados de GLP por Horas Hombre al día.

$$\text{Fórmula: } p. \text{ H. H.} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Horas Hombre (H.H.)}}$$

$$p. \text{ H. H.} = \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{56 \text{ H. H.}} = 36,73 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{H. H.* día}}$$

▪ **Productividad con respecto al Número de Máquinas (ρ. Máquinas)**

La productividad propuesta con respecto al Número de Máquinas de la empresa es 514,25 balones envasados de GLP por máquina (cilindro neumático) al día.

$$\text{Fórmula: } p. \text{ Máquinas} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Nº de cilindros neumáticos}}$$

$$p. \text{ Máquinas} = \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{4 \text{ cilindros neumáticos}}$$

$$p. \text{ Máquinas} = 514,25 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{cilindro neumático * día}}$$

▪ **Productividad con respecto al Consumo de Energía (ρ. energética)**

La productividad propuesta con respecto al Consumo de Energía de la empresa es de 107,42 balones envasados de GLP por kilovatio/hora al día.

$$\text{Fórmula: } p. \text{ Energética} = \frac{\text{Producción (P)}}{\text{Consumo } \frac{\text{kW}}{\text{hora}}}$$

$$p. \text{ Energética} = \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{19,15 \frac{\text{kW}}{\text{hora}}} = 107,42 \frac{\text{balones con GLP * h}}{\text{kW * día}}$$

▪ **Productividad total del proceso en unidades monetarias**

La productividad propuesta total del proceso en unidades monetarias es de 0,04267 balones envasados de GLP por Nuevo Sol invertido al día.

Fórmula: $p. \text{ Total del proceso} =$

$$\frac{\text{Producción (P)}}{\text{Capital de Trabajo (K.) + Costo de energía eléctrica}}$$

$$p. \text{ total del proceso} = \frac{2\,057 \frac{\text{balones}}{\text{día}}}{S/. 47\,989,81 + S/. 4,79} = 0,0429 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol} * \text{día}}$$

3.4.2.9 Tiempo Muerto u Ocioso de la Línea de Producción

El rediseño y automatización del proceso de envasado de GLP en cuatro balones proponen el número mínimo de tres estaciones de trabajo. Asimismo, el tiempo de ciclo o cuello de botella es de 8,5275 segundos (C) y el tiempo observado son los 50 segundos de periodo de operatividad del sistema automatizado (T_i). Por ende, se reemplaza los datos en la siguiente fórmula para la determinación del tiempo muerto u ocioso (H) de la línea de producción o envasado de GLP en un balón.

$$\text{Fórmula: } H = kC - \sum T_i$$

El tiempo muerto u ocioso de la línea de producción del balón con GLP es -24,42 segundos. En otras palabras, el tiempo muerto u ocioso de la línea de producción de balones envasados de GLP es nula.

$$H = (3) * (8,5275) - 50 = -24,42 \text{ segundos}$$

3.4.2.10 Tiempo Muerto u Ocioso de la Operación Automatizada de Envasado de GLP en Cuatro Balones de Forma Paralela

El tiempo muerto u ocioso de la operación automatizada de envasado de GLP en cuatro balones con GLP propuesta es nula, ya que se propone ejecutarse mediante automatismos eléctricos y neumáticos.

3.4.2.11 Indicadores de Ergonomía del Rediseño del Proceso de Envasado de GLP en Balones Bajo el Enfoque del Método Niosh

El método Niosh permite ejecutar el análisis de las propuestas de mejoras de dos situaciones de descarga y carga de balones, las cuales son: en la máquina transportadora y durante el periodo laboral de cada puesto de trabajo.

Análisis 1. Análisis de la primera propuesta de la situación de descarga y carga de balones en la máquina transportadora por cadenas de arrastre

Los productos en estudio son los cilindros de 10 kg de GLP, los cuales son conocidos como balón de cocina o balón con GLP. Este tipo de producto son de buen agarre y tiene una masa de 10,25 kg cuando está vacío y 20,25 kg cuando está envasado de GLP. Cabe especificar que la constante de carga recomendada en condiciones óptimas (LC), según el Método Niosh es 23 kg.

Los balones son desplazados hacia cada puesto de trabajo mediante el funcionamiento de la máquina transportadora de 80 cm de altura (V). Cabe mencionar que la altura recomendada laboral, por el método Niosh, es 75 cm.

El sistema automatizado y el rediseño del proceso de envasado de GLP en balones propone que la distancia horizontal de agarre (H) de los operarios sea a una distancia horizontal de agarre mayor y menor de 15 cm de la máquina transportadora por cadena de arrastre.

El ritmo de producción presenta frecuencias de 2 levantamientos por minuto (F) en el cuarto puesto de trabajo, ya que el operario de este puesto de trabajo descarga de la máquina transportadora, por cada levantamiento, dos balones vacíos de 10,25 kg de masa para ejecutar la operación de tara. En cambio, los operarios del quinto y sétimo puesto de trabajo presentan frecuencias de 4 levantamientos por minuto, ya que descargan de la máquina transportadora, por cada levantamiento, 1 balón envasado de GLP de 22,25 kg de masa para ejecutar la inspección de peso y el apilado respectivamente. En cambio, los operarios del primero, segundo, tercero y sexto puesto de trabajo no presentan frecuencias de levantamiento por minuto, ya que ejecutan las operaciones de lavado, pintado, O' Ring, precintado y etiquetado en la máquina transportadora respectivamente. Cabe

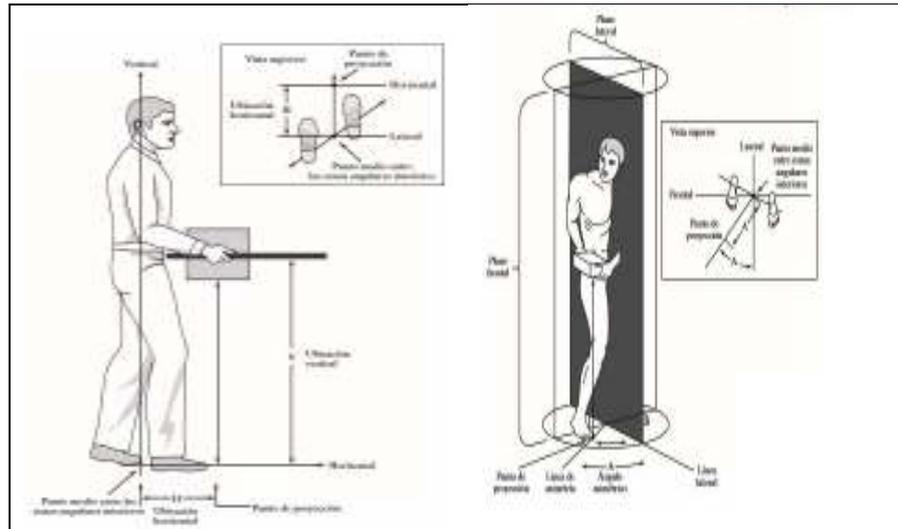
recalcar, valga la redundancia, que la constante de carga recomendada en condiciones óptimas (LC), según el Método Niosh, es 23 kg.

La distancia de torsión (A) de los tres primeros puestos de trabajo es 0°, la del cuarto y quinto puesto de trabajo es 180 ° y la del sétimo puesto de trabajo es 90 °. Cabe especificar que la tarea de apilado del sétimo puesto de trabajo no es considerada parte del proceso de producción, ya que pertenece al almacenamiento temporal del producto terminado.

Por consiguiente, se detalla las variables descritas anteriormente en la Tabla 102.

Tabla 102. Variables en los ejes horizontal y vertical de levantamiento para los balones situados en la máquina transportadora por cadena de arrastre

V A R I A B L E S	Tareas de los puestos de trabajo						
	1° Puesto de traba- jo (Lava- do)	2° Puesto de trabajo (Pinta- do)	3° Puesto de trabajo (O´ Ring)	4° Puesto de trabajo (Tara)	5° Puesto de trabajo (Inspec- ción de peso)	6° Puesto de trabajo (Precin- tado y Etiqueta -do)	7° Puesto de traba- jo (Apila- do)
Carga (kg)	10,25	10,25	10,25	10,25	20,25	20,25	20,25
Carga recomendada en kg (LC)	23	23	23	23	23	23	23
H (cm)	15	15	15	15	15	15	15
V (cm)	80	80	80	80	80	80	80
Altura recomendada (V mín.)	75	75	75	75	75	75	75
D (cm)	5	5	5	5	5	5	5
A (grados)	0	0	0	180 °	180 °	0	180 °
F (levant. /min)	0	0	0	4	4	0	4
Agarre	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno



Fuente: Sipán Gas E. I. R. L

Por otro lado, se determina los factores de las variables del Índice de Levantamiento (LI) de la ecuación del método Niosh:

▪ **Factor de distancia horizontal (HM)**

El Factor de distancia horizontal (HM) es 1 para los siete puestos de trabajo.

$$HM = \frac{\text{Distancia horizontal menor}}{\text{Distancia horizontal mayor}} = \frac{15 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 1$$

▪ **Factor de altura (VM)**

El Factor de altura (VM) es 0,99 para los siete puestos de trabajo.

$$VM = 1 - 0,003 * |D|$$

$$VM = 1 - 0,003 * |V - V_{\text{mínima}}|$$

$$VM = 1 - 0,003 * |\text{Altura de origen} - \text{Altura recomendada}|$$

$$VM = 1 - 0,003 * |80 \text{ cm} - 75 \text{ cm}| = 0,985 = 0,99$$

▪ **Factor de desplazamiento vertical (DM)**

El Factor de desplazamiento vertical (DM) es 1,72 para los siete puestos de trabajo.

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{(V - V_{\text{mínima}})}$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{(\text{Altura de origen} - \text{Altura recomendada})}$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{(80 - 75) \text{ cm}} = 1,72$$

▪ **Factor de asimetría (AM)**

El Factor de asimetría (AM) es 1 para el primero, segundo, tercero y sexto puesto de trabajo (AM₁) y 0,42 para el cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo (AM₂). Cabe recalcar que el sétimo puesto de trabajo no pertenece en el proceso productivo, ya que el apilado de balones consiste al almacenamiento temporal de los balones envasados de GLP (productos terminados).

$$AM_1 = 1 - 0,0032A = 1 - 0,0032(0^\circ) = 1$$

$$AM_2 = 1 - 0,0032A = 1 - 0,0032(180^\circ) = 0,424$$

▪ **Factor de frecuencia (FM)**

El Factor de frecuencia (FM), como se muestra en la Tabla 103, es 0,65 para el cuarto puesto de trabajo y 0,45 para el quinto y sétimo puesto de trabajo. Cabe recalcar que el Factor de frecuencia es nulo para el primero, segundo, tercero y sexto puesto de trabajo, ya que no requieren la ejecución de la descarga de balones de la máquina transportadora.

Tabla 103. Factor de frecuencia del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo para la primera situación ergonómica propuesta del rediseño del proceso de envasado de GLP

F (levantamiento por minuto)	≤ 1 hora		1 hora, pero ≤ 2 horas		2 horas, pero ≤ 8 horas	
	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30
< 0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13
11	0,41	0,41	0	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0	0,21	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
> 15	0	0	0	0	0	0

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

▪ **Factor de agarre (CM)**

El Factor de agarre (CM), como se muestra en la Tabla 104, es 1 (bueno) para los siete puestos de trabajo, ya que la altura (V) de la máquina transportadora es 80 cm o 31,50 pulgadas.

Tabla 104. Factor de agarre de los siete puestos de trabajo para la primera situación ergonómica propuesta

Multiplicador de acoplamiento		
Tipo de acoplamiento	CM	
	V < 30 pulg.	V ≥ 30 pulg.
Bueno	1	1
Aceptable	0,95	1
Pobre	0,90	0,90

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

A continuación, en la Tabla 105, se muestra el cuadro resumen de los factores de las variables del índice de la ecuación del método Niosh calculados anteriormente.

Tabla 105. Cuadro resumen de los factores de las variables del índice de la ecuación del método Niosh de cargas y descargas de los balones en la máquina transportadora por cadenas de arrastre

Variables	Factores de las tareas						
	1° Puesto de trabajo (Lavado)	2° Puesto de trabajo (Pintado)	3° Puesto de trabajo (O' Ring)	4° Puesto de trabajo (Tara)	5° Puesto de trabajo (Inspección de peso)	6° Puesto de trabajo (Precintado y Etiquetado)	7° Puesto de trabajo (Apilado)
Factor de distancia horizontal (HM)	1	1	1	1	1	1	1
Factor de altura (VM)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Factor de desplazamiento vertical (DM)	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
Factor de asimetría (AM)	1	1	1	0,424	0,424	1	0,424
Factor de frecuencia (FM)	0	0	0	0,65	0,45	0	0,45
Factor de agarre (CM)	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por consiguiente, se calcula la Ecuación de Niosh (RWL) para la descarga y carga de los balones desplazados en la máquina transportadora por cadenas de arrastre hacia los siete puestos de trabajo.

$$\blacksquare \text{RWL} = \text{LC} * \text{HM} * \text{VM} * \text{DM} * \text{AM} * \text{FM} * \text{CM}$$

La Ecuación de Niosh es 0 para el primero, segundo, tercero y sexto puesto de trabajo (RWL_1).

$$\text{RWL}_1 = (23) * (1) * (0,99) * (1,72) * (1) * (0) * (1) = 0$$

La Ecuación de Niosh es 10,79 para el cuarto puesto de trabajo (RWL_2).

$$\text{RWL}_2 = (23) * (1) * (0,99) * (1,72) * (0,424) * (0,65) * (1) = 10,79$$

La Ecuación de Niosh es 7,47 para el quinto y sétimo puesto de trabajo (RWL_3)

$$\text{RWL}_3 = (23) * (1) * (0,99) * (1,72) * (0,424) * (0,45) * (1) = 7,47$$

Finalmente, se calcula el Índice de Levantamiento (LI) de cargas para determinar si las operaciones de los siete puestos de trabajos causan problemas disergonómicos en los operarios. Asimismo, el Índice de Levantamiento es 0 para el primero, segundo y tercer puesto de trabajo (LI_1), 0,95 para el cuarto puesto de trabajo (LI_2), 2,71 para el quinto y sétimo puesto de trabajo (LI_3) y 0 para el sexto puesto de trabajo (LI_4). Esto significa que los Índices de Levantamiento del primer, segundo, tercero y sexto puesto de trabajo son idóneos para la labor de las tareas o actividades productivas sin riesgos disergonómicos, ya que están en el rango “menor o igual a 1”. En cambio, el Índice de Levantamiento para el quinto y sétimo puesto de trabajo no es apto para la labor de las tareas o actividades productivas sin riesgos disergonómicos, ya que es mayor a 1. Ante ello, se recomienda automatizar las tareas de tara e inspección de peso para futuras investigaciones. Además, se recomienda que el operario del sétimo puesto de trabajo utilice faja lumbar de trabajos de cargas pesadas para mitigar riesgos disergonómicos y cuidar la salud del operario.

$$LI_1 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{\text{RWL}} = \frac{10,25 \text{ kg}}{0} = 0$$

$$LI_2 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{\text{RWL}} = \frac{10,25 \text{ kg}}{10,79} = 0,95$$

$$LI_3 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{\text{RWL}} = \frac{20,25 \text{ kg}}{7,47} = 2,71$$

$$LI_4 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{\text{RWL}} = \frac{20,25 \text{ kg}}{0} = 0$$

Análisis 2. Análisis de la segunda propuesta de la situación de descarga y carga de balones, durante el periodo laboral, en el cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo

Los productos en estudio son los cilindros de 10 kg de GLP, los cuales son conocidos como balón de cocina o balón con GLP. Este tipo de producto son de buen agarre y tiene una masa de 10, 25 kg cuando está vacío y 20,25 kg cuando está envasado de GLP. Cabe especificar que la constante de carga recomendada en condiciones óptimas (LC), según el Método Niosh, es 23 kg.

El Análisis 2 consiste en la descarga y carga de los balones en los puestos de trabajo de la operación de la tara e inspección de peso, ya que los balones son descargados de la máquina transportadora manualmente y son colocados encima de la plataforma de la báscula de peso para la determinación del peso del balón vacío y la inspección de la cantidad requerida de combustible envasado. Luego son nuevamente cargados en la máquina transportadora para el desplazamiento a los siguientes puestos de trabajos.

La altura (V) de levantamiento del piso a las plataformas de las básculas de peso es de 68 cm, ya que es el valor obtenido de la suma de los 15 cm de altura de la plataforma de la báscula de peso hacia el piso y los 53 cm de altura del balón. Asimismo, la altura de levantamiento del piso a la plataforma del carrito o coche es 63 cm, ya que es el valor obtenido de la suma de los 10 cm de altura de la plataforma del coche hacia el piso y los 53 cm de la altura del balón

transportado. Este coche tiene como fin el desplazamiento del balón desde el extremo final de la máquina transportadora hasta el espacio designado para el almacén temporal de los balones con GLP. Cabe detallar que la altura recomendada laboral, por el método Niosh, es 75 cm.

El sistema automatizado y el rediseño del proceso de envasado de GLP en balones propone que el cuarto puesto de trabajo ejecute de 2 levantamientos por minuto (F), ya que el operario de este puesto de trabajo carga en la máquina transportadora, por cada levantamiento, dos balones vacíos de 10,25 kg de masa para el desplazamiento de los cilindros a los siguientes puestos de trabajo. En cambio, el operario del quinto puesto de trabajo presenta frecuencias de 4 levantamientos por minuto, ya que carga en la máquina transportadora, por cada levantamiento, 1 balón envasado de GLP de 22,25 kg de masa para para el desplazamiento a los posteriores puestos de trabajo. Cabe especificar que la constante de carga recomendada en condiciones óptimas (LC), según el Método Niosh, es 23.

La distancia de torsión (A) del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo es 180 °: Asimismo, la mayor y menor distancia horizontal de agarre (H) de las actividades de los siete puestos de trabajo son 25 cm.

Por consiguiente, se detalla las variables descritas anteriormente en la Tabla 106.

Tabla 106. Variables en los ejes horizontal y vertical de levantamiento de la segunda propuesta para el cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo durante el periodo laboral

V A R I A B L E S	Tareas de los puestos de trabajo						
	1° Pues- to de traba- jo (Lava -do)	2° Pues- to de traba- jo (Pinta- do)	3° Pues- to de traba- jo (O´ Ring)	4° Pues- to de traba- jo (Tara)	5° Pues- to de traba- jo (Inspec- ción de peso)	6° Pues- to de traba- jo (Precin- tado y Etique- tado)	7° Pues- to de traba- jo (Apila- do)
Carga (kg)	0	0	0	10,25	20,25	0	20,25
Carga recomendada en kg (LC)	0	0	0	23	23	0	23
H (cm)	0	0	0	15	15	0	15
V (cm)	0	0	0	68	68	0	63
Altura recomendada (V mín.)	0	0	0	75	75	0	75
D (cm)	0	0	0	-7	-7	0	-12
A (grados)	0	0	0	180°	180°	0	180°
F (levant./min)	0	0	0	2	4	0	4
Agarre	0	0	0	Bueno	Bueno	0	Bueno

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L

Por otro lado, se determina los factores de las variables del Índice de Levantamiento (LI) de la ecuación del método Niosh:

▪ **Factor de distancia horizontal (HM)**

El Factor de distancia horizontal (HM) es 1 para el cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo.

$$HM = \frac{\text{Distancia horizontal menor}}{\text{Distancia horizontal mayor}} = \frac{15 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 1$$

▪ **Factor de altura (VM)**

El Factor de altura (VM) es 0,98 para el cuarto y quinto puesto de trabajo (VM₁) y 0,96 para el sétimo puesto de trabajo (VM₂).

$$VM = 1 - 0,003 * |D|$$

$$VM = 1 - 0,003 * |V - V_{\text{mínima}}|$$

$$VM = 1 - 0,003 * |\text{Altura de origen} - \text{Altura recomendada}|$$

$$VM_1 = 1 - 0,003 * |68 - 75 \text{ cm}| = 0,979 = 0,98$$

$$VM_2 = 1 - 0,003 * |63 - 75 \text{ cm}| = 0,964 = 0,96$$

▪ **Factor de desplazamiento vertical (DM)**

El Factor de desplazamiento vertical (DM) es 0,18 para el cuarto y quinto puesto de trabajo (DM₁) y 0,45 para el sétimo puesto de trabajo (DM₂).

$$DM_1 = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{(68 - 75) \text{ cm}} = 0,177 = 0,18$$

$$DM_2 = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{(63 - 75) \text{ cm}} = 0,445 = 0,45$$

▪ **Factor de asimetría (AM)**

El Factor de asimetría (AM) es 1 para el cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo.

$$AM = 1 - 0,0032A = 1 - 0,0032(0^\circ) = 1 = 0,42$$

▪ **Factor de frecuencia (FM)**

El Factor de frecuencia (FM), como se muestra en la Tabla 107, es 0,65 para el cuarto puesto de trabajo y 0,45 para el quinto y sétimo puesto de trabajo.

Tabla 107. Factor de frecuencia del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo durante el periodo laboral

F (levantamiento por minuto)	≤ 1 hora		1 hora, pero ≤ 2 horas		2 horas, pero ≤ 8 horas	
	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30
< 0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13
11	0,41	0,41	0	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0	0,21	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
> 15	0	0	0	0	0	0

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

▪ **Factor de agarre (CM)**

El Factor de agarre (CM), como se muestra en la Tabla 108, es 1 (bueno) para el cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo, ya sus alturas (V) son menores 30 pulgadas, cuyos valores son 68 cm o 26,77 pulgadas y 63 cm o 24,80 pulgadas.

Tabla 108. Factor de agarre del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo durante el periodo laboral

Multiplicador de acoplamiento		
Tipo de acoplamiento	CM	
	V < 30 pulg.	V ≥ 30 pulg.
Bueno	1	1
Aceptable	0,95	1
Pobre	0,90	0,90

Fuente: Applications Manual for Revised NIOSH Lifting Equation, 1994

A continuación, la Tabla 109, se demuestra el cuadro resumen de los factores de las variables del índice de la ecuación del método Niosh calculados anteriormente.

Tabla 109. Cuadro resumen de los factores de las variables del índice de la ecuación del método Niosh de cargas y descargas del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo durante el periodo laboral

Variables	Factores de las tareas						
	1° Puesto de trabajo (Lava-do)	2° Puesto de trabajo (Pinta-do)	3° Puesto de trabajo (O' Ring)	4° Puesto de trabajo (Tara)	5° Puesto de trabajo (Inspección de peso)	6° Puesto de trabajo (Precintado y Etiquetado)	7° Puesto de trabajo (Apilado)
Factor de distancia horizontal (HM)	0	0	0	1	1	0	1
Factor de altura (VM)	0	0	0	0,98	0,98	0	0,96
Factor de desplazamiento vertical (DM)	0	0	0	0,18	0,18	0	0,45
Factor de asimetría (AM)	0	0	0	1	1	0	1
Factor de frecuencia (FM)	0	0	0	0,65	0,45	0	0,45
Factor de agarre (CM)	0	0	0	1	1	0	1

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por consiguiente, se calcula la Ecuación de Niosh (RWL) para la descarga y carga de los balones desplazados en la máquina transportadora por cadenas de arrastre hacia los siete puestos de trabajo.

$$\blacksquare \text{ RWL} = \text{LC} * \text{HM} * \text{VM} * \text{DM} * \text{AM} * \text{FM} * \text{CM}$$

La Ecuación de Niosh es 3,97 para el cuarto puesto de trabajo (RWL₁).

$$\text{RWL}_1 = (23) * (1) * (0,98) * (0,18) * (1) * (0,65) * (1) = 2,64$$

La Ecuación de Niosh es 2,75 para el quinto puesto de trabajo (RWL₂).

$$\text{RWL}_2 = (23) * (1) * (0,98) * (0,18) * (1) * (0,45) * (1) = 1,83$$

La Ecuación de Niosh es 2,61 para el sétimo puesto de trabajo (RWL₃)

$$\text{RWL}_3 = (23) * (1) * (0,96) * (0,64) * (1) * (0,45) * (1) = 6,36$$

Finalmente, se calcula el Índice de Levantamiento (LI) de cargas para determinar si las tareas del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo causan problemas disergonómicos en los operarios. Asimismo, el Índice de Levantamiento es 3,88 para el cuarto puesto de trabajo (LI₁), 11,07 para el quinto puesto de trabajo (LI₂) y 3,18 para el sétimo puesto de trabajo (LI₃). Esto significa que los Índices de Levantamiento del cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo no son aptos para la labor de las tareas o actividades productivas sin riesgos disergonómicos, ya que es mayor a 1. Ante ello, se recomienda automatizar las tareas de tara e inspección de peso para futuras investigaciones. Además, se recomienda que el operario del sétimo puesto de trabajo utilice faja lumbar de trabajos de cargas pesadas para mitigar riesgos disergonómicos y cuidar la salud del operario.

$$\text{LI}_1 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{\text{RWL}} = \frac{10,25 \text{ kg}}{2,64} = 3,883 = 3,88$$

$$\text{LI}_2 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{\text{RWL}} = \frac{20,25 \text{ kg}}{1,83} = 11,065 = 11,07$$

$$\text{LI}_3 = \frac{\text{Peso de la carga levantada}}{\text{RWL}} = \frac{20,25 \text{ kg}}{6,36} = 3,184 = 3,18$$

Por otro lado, como se muestra en la Tabla 110, se prosigue a detallar los nuevos indicadores de ergonomía propuestos bajo el Método Niosh en las dos situaciones de análisis desarrolladas anteriormente.

Tabla 110. Cuadro Resumen de los nuevos indicadores ergonómicos propuestos de descarga y carga de los balones en las dos situaciones analizadas mediante el Método Niosh

Puestos de Trabajo	Situaciones analizadas			
	Situación 1		Situación 2	
	Descarga y carga de balones en la máquina transportadora por cadenas de arrastre		Descarga y carga de balones, durante el periodo laboral, en el cuarto, quinto y sétimo puesto de trabajo	
	Índices de Levantamiento (IL)			
	Indicador	Significado	Indicador	Significado
1° Puesto de trabajo (Lavado)	0	El primer puesto de trabajo es idóneo para la labor de la tarea de lavado del balón, ya que la tarea se ejecuta sobre la máquina transportadora por cadena de arrastre.	0	El primer puesto de trabajo es idóneo para la labor de la tarea de lavado del balón, ya que la tarea se ejecuta sobre la máquina transportadora por cadena de arrastre.
2° Puesto de trabajo (Pintado)	0	El segundo puesto de trabajo es idóneo para la labor de las tareas de pintado del cuerpo del balón y de la marca “Sipán Gas” en el balón, ya que la tarea se ejecuta sobre la máquina transportadora por cadenas de arrastre.	0	El segundo puesto de trabajo es idóneo para la labor de las tareas de pintado del cuerpo del balón y de la marca “Sipán Gas” en el balón, ya que las tareas se ejecutan sobre la máquina transportadora por cadenas de arrastre.
3° Puesto de trabajo (O’ Ring)	0	El tercer puesto de trabajo es idóneo para la labor de las tareas de inspección, extracción e instalación de un nuevo O’ Ring en el balón, ya que las tareas se ejecutan sobre la máquina transportadora por cadenas de arrastre.	0	El tercer puesto de trabajo es idóneo para la labor de las tareas de inspección, extracción e instalación de un nuevo O’ Ring en el balón, ya que las tareas se ejecutan sobre la máquina transportadora

				por cadenas de arrastre.
4° Puesto de trabajo (Tara)	0,95	El cuarto puesto de trabajo es idóneo para la labor de la tara del balón en la situación de levantamientos de carga desde la máquina transportadora, ya que el puesto de trabajo no presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	3,88	El cuarto puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tara del balón en la situación de levantamientos de carga desde la báscula de peso, ya la altura de la báscula de peso es menor a la altura de la máquina transportadora y porque el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.
5° Puesto de trabajo (Inspección de peso)	2,71	El quinto puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de inspección de peso del balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	11,07	El quinto puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea de inspección de peso del balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.
6° Puesto de trabajo (Precintado y Etiquetado)	0	El sexto puesto de trabajo es idóneo para la labor de las tareas de precintado y etiquetado del balón con GLP, ya que las tareas se ejecutan sobre la máquina transportadora por cadena de arrastre.	0	El sexto puesto de trabajo es idóneo para la labor de las tareas de precintado y etiquetado del balón con GLP, ya que las tareas se ejecutan sobre la máquina transportadora por cadena de arrastre.
7° Puesto de trabajo (Apilado)	2,71	El séptimo puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea apilado del balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.	3,18	El séptimo puesto de trabajo no es idóneo para la labor de la tarea apilado del balón con GLP, ya que el puesto de trabajo presenta riesgos disergonómicos para la salud del operario.

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.4.2.12 Utilización de Área Laboral del Rediseño del Proceso de Envasado de GLP en la Plataforma de Producción Bajo el Enfoque del Método Guerchet

El rediseño del proceso de envasado de GLP, como se muestra en la Tabla 111, presenta elementos significativos, los cuales pueden ser estáticos o móviles.

Tabla 111. Dimensiones de los elementos significativos que interactúan en el proceso de envasado de GLP

Elemento	Tipo de elementos	Cantidad (n)	Número de lados (N)	Largo (L, en metros)	Ancho (A, en metros)	Altura (H, en metros)
Cabina de pintado, lavado y O 'Ring	Elementos estáticos o fijos (h _{EE})	3	1	1,50	1,00	2,20
Máquina transportadora por cadena de arrastre		1	1	15,73	0,5	1,15
Básculas de peso para la tara e inspección de peso		4	3	0,50	0,50	1,60
Tablero eléctrico de control sobre soporte de metal		1	1	0,54	0,30	1,60
Operarios	Elementos móviles (h _{EM})	7	-	-	-	1,65

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La utilización de área laboral del rediseño proceso de envasado de GLP en la Plataforma de Producción, bajo el enfoque del Método Guerchet y como se muestra en la Tabla 112, es 19,21 m².

Tabla 112. Utilización de área laboral del proceso de envasado de GLP en la Plataforma de Producción

Elemento	Tipo de elementos	Cantidad (n)	Número de lados (N)	Superficie estática (SS)	Área total 1	Superficie de gravitación (S _g)	Área total 2	Superficie de evolución (S _e)	Superficie por estación	Superficie total (en m ²)
				L x A, en m ²	(SS x n), en m ²	(SS x N), en m ²	Área total 1 x H	k (SS + S _g), en m ² y donde k = 0,54	(SS + S _e + S _g) en m ²	Superficie por estación * n
Cabina de pintado, lavado y O 'Ring	Elementos estáticos o fijos (h _{EE})	3	1	1,50	4,50	1,50	9,90	1,62	4,62	13,86
Máquina transportadora por cadena de arrastre		1	1	7,87	7,87	7,87	9,05	8,50	24,24	24,24
Básculas de peso para la tara e inspección de peso		4	3	0,25	1	0,75	1,60	0,54	1,54	6,16
Tablero eléctrico de control sobre soporte de metal		1	1	0,16	0,16	0,16	0,26	0,17	0,49	0,49
Total de área de elementos estáticos					13,53	-	20,81	-	-	-
Operarios	Elementos móviles (h _{EM})	7	-	0,50	3,50	0	5,78	-	-	-
Total de área de elementos móviles					3,50	-	5,78	-	-	-
Utilización de área laboral del proceso de envasado de GLP en la Plataforma de Producción bajo el enfoque del Método Guerchet										44,75

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

$$k = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EE}} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n}}{\frac{\sum_{i=1}^t S_S \times n \times h}{\sum_{i=1}^t S_S \times n}} = \frac{5,78}{2 * \left(\frac{20,81}{13,53}\right)} = 0,5369 = 0,54$$

3.4.3. Cuadro Comparativo de Indicadores

Tabla 113. Cuadro Comparativo de Indicadores

COMPARACIÓN DE INDICADORES DEL PROCESO ACTUAL Y DEL REDISEÑADO DE ENVASADO DE GLP EN BALONES DE LA EMPRESA SIPÁN GAS E. I. R. L.				
Tipo de indicador	Clasificación del indicador	Indicadores del proceso actual	Indicadores del proceso rediseñado	Mejora de indicadores
Porcentaje de las actividades productivas e improductivas	% de Actividades productivas	87,19 %	90 %	Incrementa 3,22 %
	% de Actividades improductivas	12,81 %	10 %	Disminuye 33,83 %
Estaciones y Puestos de Trabajo	Estaciones de trabajo	4 estaciones de trabajo	3 estaciones de trabajo	Disminuye 1 unidad
	Puestos de trabajo	9 puestos de trabajo	7 puestos de trabajo	Disminuye 2 unidades
Producción de balones envasados de GLP con jornada laboral anual de 2 728 horas y 8 horas diarias	Producción anual	484 753 $\frac{\text{unidades}}{\text{año}}$	701 096 $\frac{\text{unidades}}{\text{año}}$	Incrementa 216 343 unidades (30,86 %)
	Producción mensual	40 396 $\frac{\text{unidades}}{\text{mes}}$	58 425 $\frac{\text{unidades}}{\text{mes}}$	Incrementa 18 029 unidades (30,86 %)
	Producción semanal	9 322 $\frac{\text{unidades}}{\text{semana}}$	13 483 $\frac{\text{unidades}}{\text{semana}}$	Incrementa 4 161 unidades (30,86 %)
	Producción diaria	1 328 $\frac{\text{unidades}}{\text{diaria}}$	2 057 $\frac{\text{unidades}}{\text{diaria}}$	Incrementa 729 unidades (35,44 %)
	Producción por hora	166 $\frac{\text{unidades}}{\text{hora}}$	257 $\frac{\text{unidades}}{\text{hora}}$	Incrementa 91 unidades (35,41 %)
Capacidades del proceso de envasado de GLP en balones	Capacidad Teórica o Diseñada de la empresa	11 516 622,69 $\frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}$		Se mantiene
		1 151 662 $\frac{\text{balones con GLP}}{\text{año}}$		
	Capacidad Efectiva de la empresa	11 508 561,05 $\frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}$		Se mantiene
		1 150 856 $\frac{\text{balones con GLP}}{\text{año}}$		
Capacidad Real o Utilizada de la empresa	4 847 530 $\frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}$	7 010 960 $\frac{\text{kg de GLP}}{\text{año}}$	Incrementa 2 163 430 kg de GLP	
	484 753 $\frac{\text{balones con GLP}}{\text{año}}$	701 096 $\frac{\text{balones con GLP}}{\text{año}}$	Incrementa 216 343 unidades (30,86 %)	
Utilización de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de GLP en balones	Utilización de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de las balanzas envasadoras	42,09 %	--- (El proceso rediseñado no envasa GLP en balones mediante la utilización de las balanzas mecánicas semi automáticas)	Incrementa 44,64 %
	Utilización de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado	---	60,88 %	
Eficiencias del proceso de envasado de GLP en balones	Eficiencia de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de las balanzas envasadoras	42,12 %	---	Incrementa 44,63 %
	Eficiencia de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado	---	60,92 %	

	Eficiencia de la línea de producción	64,20 %		195,45 %		Incrementa 204,44 %		
	Eficiencia física	99,93 %				Se mantiene		
	Eficiencia económica	1,2766		1,2859		Incrementa 0,72850 % o 0,73 %		
Indicadores de productividad del proceso de envasado de GLP en balones	Productividad de Mano de Obra	$147,56 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{operario x día}}$		$293,86 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{operario x día}}$		Incrementa 99,15 %		
	Productividad de Materia Prima	$0,10 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{kg de GLP x día}}$				Se mantiene		
	Productividad de Capital de Trabajo	$0,04255 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol x día}}$		$0,04286 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol x día}}$		Incrementa 0,72856 % o 0,73 %		
	Productividad de Horas Hombre	$18,44 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{H.H. x día}}$		$36,73 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{H.H. x día}}$		Incrementa 99,19 %		
	Productividad de Número de Máquinas	$332 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{cilindro neumático x día}}$		$514,25 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{cilindro neumático x día}}$		Incrementa 54,90 %		
	Productividad de Consumo de Energía	$69,35 \frac{\text{balones con GLP}}{\frac{\text{kW}}{\text{hora}} \text{ x día}}$		$107,42 \frac{\text{balones con GLP}}{\frac{\text{kW}}{\text{hora}} \text{ x día}}$		Incrementa 54,90 %		
	Productividad del proceso	$0,0426 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol x día}}$		$0,0429 \frac{\text{balones con GLP}}{\text{Nuevo Sol x día}}$		Incrementa 0,70 %		
	Productividad económica o también llamada Eficiencia económica	1,2766		1,2859		Incrementa 0,73 %		
Tiempo muerto u ocioso	Tiempo muerto u ocioso de la línea de producción	48,84 segundos / balón		0 segundos / balón		Disminuye 48,84 segundos / balón (100 %)		
	Tiempo muerto u ocioso del operario encargado de la operación de envasado de GLP en balones	2 segundos / balón		0 segundos / balón		Disminuye 2 segundos / balón (100 %)		
Tiempo de envasado	Tiempo de envasado de cuatro balones	56 segundos		50 segundos		Disminuye 6 segundos (10,71 %)		
Ergonomía bajo el enfoque del Método Niosh	Puestos de trabajo		Situación 1	Situación 2	Situación 1	Situación 2	Situación 1	Situación 2
	Índice de Levantamiento (IL) del puesto de trabajo encargado de la tarea de lavado del balón		4,29	2,81	0	0	Disminuye 4,29 (100 %)	Disminuye 2,81 (100 %)
	Índice de Levantamiento (IL) del puesto de trabajo encargado de las tareas de pintado del cuerpo y la	Pintado del cuerpo del balón	4,29	2,75	0	0	Disminuye 4,29 (100 %)	Disminuye 2,75 (100 %)
Pintado de la marca "Sipán Gas" en el balón		4,29	2,81	Disminuye 4,29 (100 %)				

	marca del balón							
	Índice de Levantamiento (IL) del puesto de trabajo encargado de la tarea de O' Ring del balón	3,39	3,39	0	0	Disminuye 3,39 (100 %)	Disminuye 3,39 (100 %)	
	Índice de Levantamiento (IL) del puesto de trabajo encargado de la tarea de tara del balón	4,29	14,04	0,95	3,88	Disminuye 3,34 (77,86 %)	Disminuye 10,16 (72,37 %)	
	Índice de Levantamiento (IL) del puesto de trabajo encargado de la tarea de Inspección de peso del balón con GLP	3,39	11,07	2,71	11,07	Disminuye 0,68 (20,06%)	Disminuye 0 (0 %)	
	Índice de Levantamiento (IL) del Puesto de trabajo encargado de las tareas de precintado y etiquetado del balón con GLP	3,39	3,39	0	0	Disminuye 3,39 (100 %)	Disminuye 3,39 (100 %)	
	Índice de Levantamiento (IL) del Puesto de trabajo encargado de la tarea de apilado del balón con GLP	5,96	3,88	2,71	3,18	Disminuye 3,39 (54,53 %)	Disminuye 3,39 (18,04 %)	
La utilización de área laboral del rediseño proceso de envasado de GLP en la Plataforma de Producción (m ²)		19,21 m ²		44,75 m ²		Aumenta 25,54 m ² 132,95 %		

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

3.5.1 Inversión de la Mejora

El Costo – Beneficio de ambas propuestas consiste en la determinación de la inversión total y del Flujo de Caja.

A continuación, como se muestra en la Tabla 114, la inversión total del sistema automatizado y del rediseño del proceso de envasado de GLP es S/. 181 600,00, la cual está conformada por la inversión tangible e intangible.

Tabla 114. Inversión Total de la Mejora

INVERSIÓN TOTAL DE LA MEJORA					
Denominación de máquina, dispositivos y componentes		Marca	Precio Unitario (Nuevos Soles)	Cantidad requerida	Precio Total (Nuevos Soles)
Nombre	Tipo				
Máquinas, equipos y componentes eléctricos pertenecientes al sistema automatizado					
Motorreductor asíncrono de tornillo sin fin antiexplosivo S97/II2GDEDRN180L4 / 3D de 29,50 HP (22 kW)	Máquina	SEW-EURO-DRIVE	S/. 12 000,00	1 unidad	S/. 12 000,00
Cadena de arrastre y de carga pesadas modelo C55 de hierro fundido y 1 metro de longitud	Componente	Webster Chain	S/. 161,02	74 metros	S/. 11 915,48
Estructura de la máquina transportadora en forma de L	Componente	Marca Nacional	S/. 40 000,00	1 unidad	S/. 36 280,00
Barra redonda y sólida de Acero SAE 1045 de 63,5 mm de diámetro y 6 m de longitud	Componente	Aceros Arequipa	S/. 999,32	1 unidad	S/. 999,32
Chumacera UKP315D1; H2315 D de tipo puente, de 63,50 mm de diámetro de eje, con alojamiento de acero fundido y de manguito con fijación	Componente	SKF	S/. 1 009,47	2 unidades	S/. 2 018,94
Piñón 140B1Z38 de 44,45 mm de paso	Componente	TransLink	S/. 300,00	2 unidades	S/. 600,00
Polea sincrónica HiTD con código de fabricación PHP 52-8M-50RSB, de 50 mm de ancho de correa y 60 mm de diámetro interior	Componente	SKF	S/. 200,00	6 unidades	S/. 1 200,00
Tablero Eléctrico de Mando NSYPLM75G	Componente	Schneider Electric	S/. 1 626,89	1 unidad	S/. 1 626,89
Cables eléctricos trifásicos de 5 mm de diámetro y 1 metro de longitud	Componente	Condumex S.A.	S/. 15,00	40 metros	S/. 600,00
Bornes eléctricos o Canaletas Ranuradas con Tapa para Gabiente 40 x 40 mm, RAL 7030, paso 4/6 mm, Tramo de 2 m de longitud, 40x40	Componente	Carlusac E. I. R. L.	S/. 20,00	4 unidades	S/. 80,00

Brazos de metal de paro	Componente	Marca Nacional	S/. 200,00	12 unidades	S/. 2 400,00
Brazos de metal de sostén	Componente	Marca Nacional	S/. 350,00	4 unidades	S/. 1 400,00
Carril o Riel DIN de 2 metros	Componente	Promotores Eléctricos S.A.	S/. 25,70	4 unidades	S/. 102,80
Variador de velocidad o de frecuencia trifásico modelo ATV212HD22M3X	Equipo	Schneider Electric	S/. 12 139,23	1 unidad	S/. 12 139,23
Guardamotor termomagnético trifásico GV3P65	Equipo	Schneider Electric	S/. 1 117,73	1 unidad	S/. 1 117,73
Interruptor Diferencial iLD Monofásico A9R91225	Equipo	Schneider Electric	S/. 322,83	1 unidad	S/. 322,83
Fuente de Alimentación Conmutada ABL8REM24030	Equipo	Schneider Electric	S/. 598,63	1 unidad	S/. 598,63
Cable Ethernet Categoría 8 de 5 GB/s de 2 metros	Componente	Wireworld Cable Tech.	S/. 40,00	1 unidad	S/. 40,00
Controlador Lógico Programable TM241CE40R	Equipo	Schneider Electric	S/. 2 290,52	1 unidad	S/. 2 290,52
Módulo de Ampliación Digital TM3DQ32UK	Equipo	Schneider Electric	S/. 1 083,52	1 unidad	S/. 1 083,52
Módulo de Ampliación Digital TM3DQ8UG	Equipo	Schneider Electric	S/. 270,88	1 unidad	S/. 270,88
Módulo de Ampliación Analógico y Mixto TM3AM6 (entradas y salidas analógicas)	Equipo	Schneider Electric	S/. 1 055,86	1 unidad	S/. 1 055,86
Pulsador Rojo XB4BA42	Equipo	Schneider Electric	S/. 53,86	7 unidades	S/. 337,02
Pulsador Verde XB4BA31	Equipo	Schneider Electric	S/. 53,86	7 unidades	S/. 337,02
Pulsador Amarillo XB4BA51	Equipo	Schneider Electric	S/. 53,86	1 unidad	S/. 53,86
Sensor Óptico de Proximidad Fotoeléctrico XUN5ANANM12	Equipo	Schneider Electric	S/. 352,94	5 unidades	S/. 1 764,70
Piloto luminoso rojo XB7EVM4LC	Equipo	Schneider Electric	S/. 21,65	1 unidad	S/. 21,65
Piloto luminoso verde XB7EVM3LC	Equipo	Schneider Electric	S/. 21,65	1 unidad	S/. 21,65
Piloto luminoso amarillo XB7EVM5LC	Equipo	Schneider Electric	S/. 21,65	1 unidad	S/. 21,65
Inversión total de máquinas, equipos y componentes eléctricos pertenecientes al sistema automatizado					S/. 92 700,18
Máquinas, equipos y componentes neumáticos pertenecientes al sistema automatizado					
Red de conexión neumática o manguera neumática de material de Policloruro de Vinilo (PVC), 10 mm de diámetro y 1 m de longitud	Componente	PUSKA Aire Comprimido S.A.	S/. 20,00	10 metros	S/. 200,00
Racor Neumático de metal de 10 mm de diámetro de tres conexiones en forma de T	Componente	FESTO	S/. 15,00	20 unidades	S/. 300,00
Cilindro neumático Biestable de tirantes de doble efecto, serie 437 y tipo PCN con	Equipo	Joucomatic	S/. 674,84	10 unidades	S/. 6 748,40

amortiguación neumática regulable					
Válvula reguladora de caudal con antirretorno del aire de alimentación de tornillo de cabeza ranurada y con G 3/4 de rosca para atornillar en el cilindro de llenado	Equipo	FESTO	S/. 205,38	20 unidades	S/. 4 167,60
Electroválvula solenoide de aire JMEH – 5 / 2 – 5 , 0 - B	Equipo	FESTO	S/. 549,49	10 unidades	S/. 5 494,90
Válvula a solenoide de 2 vías de uso de combustión de serie 1 312 – 2 012	Equipo	Jefferson	S/. 162,30	4 unidades	S/. 649,20
Conjunto Filtro/Regulador + Lubricador con manómetro Modular 107 G1/8	Equipo	NUMATICS	S/. 376,41	10 unidades	S/. 3 764,10
Inversión total de máquinas, equipos y componentes neumáticos pertenecientes al sistema automatizado					S/. 21 324,20
Máquinas, equipos y componentes neumáticos pertenecientes al rediseño					
Red de conexión neumática o manguera neumática de material de Policloruro de Vinilo (PVC), 10 mm de diámetro y 1 m de longitud	Componente	PUSKA Aire Comprimido S.A.	S/. 20,00	50 metros	S/. 1 000,00
Racor Neumático de metal de 10 mm de diámetro de tres conexiones en forma de T	Componente	FESTO	S/. 15,00	80 unidades	S/. 1 200,00
Cilindro neumático Biestable de tirantes de doble efecto, serie 437 y tipo PCN con amortiguación neumática regulable	Equipo	Joucomatic	S/. 674,84	12 unidades	S/. 8 098,08
Válvula reguladora de caudal con antirretorno del aire de alimentación de tornillo de cabeza ranurada y con G 3/4 de rosca para atornillar en el cilindro de llenado	Equipo	FESTO	S/. 205,38	24 unidades	S/. 4 929,12
Electroválvula solenoide de aire JMEH – 5 / 2 – 5 , 0 - B	Equipo	FESTO	S/. 549,49	12 unidades	S/. 6 593,88
Conjunto Filtro/Regulador + Lubricador con manómetro Modular 107 G1/8	Equipo	NUMATICS	S/. 376,41	12 unidades	S/. 4 516,92
Inversión total de máquinas, equipos y componentes neumáticos pertenecientes al rediseño					S/. 26 338,00
Otras máquinas, equipos y componentes pertenecientes al rediseño					
Cabinas metálicas	Componente	Marca Nacional	S/. 2 500,00	3 unidades	S/. 7 500,00
Carro o coche cuadrado de lado de base de 78,50 mm con 4 ruedas y de empuje	Componente	Marca Nacional	S/. 600,00	1 unidad	S/. 600,00
Báscula Industrial de plataforma con capacidad máxima de carga hasta 300kg, Pantalla LCD Digital, Plataforma de Acero Inoxidable, con medidas de sus lados 50 x 40cm (Balanza Industrial). Asimismo, esta báscula viene con una batería	Equipo	Marca Nacional	S/. 296,42	4 unidades; dos unidades están destinadas para la actividad de Tara y las otras dos	S/. 1 185,68

interna recargable que permite 40 horas de uso continuo. Su placa de acero inoxidable y su diseño de botones impermeables también son ideales para su uso en exteriores, incluso en condiciones climáticas húmedas. Báscula apta para recargarse en tensiones eléctricas de 220 V, ya sea corriente alterna (AC) o discreta (DC).				para la operación de Inspección de Peso	
Finalidad: Sustitución de las básculas de peso industriales y antiguas de la empresa.					
Barandas de protección de metal para la estación automatizada de envasado (3 metros)	Componente	Marca Nacional	S/. 2 500,00	2 unidades	S/. 5 000,00
Barandas de protección de metal para la estación automatizada de envasado (10 metros)	Componente	Marca Nacional	S/. 8 333,33	2 unidades	S/. 16 666,66
Ordenador industrial de 15 pulgadas, conexión Ethernet, 16 GB de memoria y 3 GHz de potencia.	Equipo	Wonderware	S/. 3 676,03	1 unidad	S/. 3 676,03
Rack de metal para el ordenador industrial	Componente	Marca Nacional	S/. 600,00	1 unidad	S/. 600,00
Inversión total de otras máquinas, equipos y componentes pertenecientes al rediseño					S/. 175 590,75
Programas de automatización industrial					
Licencia vitalicia del Software Somachine V4.1 SP1 – DVD formato - SOMNACS41					S/. 00,00
Licencia vitalicia del Software CitectSCADA					S/. 2 000,00
Inversión total de programas de automatización industrial					S/. 2 000,00
Inversión Tangible total					S/. 177 590,75
Desinstalación de la estación de envasado y la edificación del proceso actual (cabina de pintura obsoleta)					S/. 500,25
Instalación del esquema de fuerza y mando eléctrico y neumático del sistema automatizado					S/. 1 100,00
Instalación de las cabinas metálicas y barandas de seguridad					S/. 1 130,00
Programación y capacitación inicial de la manipulación de los automatismos eléctricos y neumáticos del sistema					S/. 1 279,00
Inversión Intangible total					S/. 4 009,25
Inversión total de la mejora					S/. 181 600,00

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.5.2 Ingresos de la Mejora

Los ingresos percibidos por el Plan de Ventas de la mejora, como se muestra en la Tabla 115, es de S/. 6 490 290,00 por año.

Tabla 115. Ingresos percibidos por el Plan de Ventas de la mejora

INGRESOS DE VENTAS DE LA MEJORA					
Periodo	Mercado (unidades)	Demanda del proyecto	Ventas (unidades)	Precio de venta	Ingresos
Año 0 (2020)	2 090 364	10,35 %	216 343	S/. 30,00	S/. 6 490 290,00
Año 1 (2021)	1 965 384	11,01 %	216 343	S/. 30,00	S/. 6 490 290,00
Año 2 (2022)	1 952 448	11,08 %	216 343	S/. 30,00	S/. 6 490 290,00
Año 3 (2023)	1 849 272	11,70 %	216 343	S/. 30,00	S/. 6 490 290,00
Año 4 (2024)	1 697 916	12,74 %	216 343	S/. 30,00	S/. 6 490 290,00
Año 5 (2025)	1 567 212	13,80 %	216 343	S/. 30,00	S/. 6 490 290,00

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por otro lado, los ingresos percibidos por el no contrato de dos operarios, como se muestra en la Tabla 116, es de S/. 38 787,20.

Tabla 116. Ingresos percibidos por el no contrato de dos operarios

INGRESO PERCIBIDO POR EL NO CONTRATO DE DOS OPERARIOS SALARIO (Costo de Mano de Obra Directa)						
Colaboradores	Cantidad de operarios	Salario (S/.)	Beneficios (51%)	Salarios por horas extras (S/.)	Sub total mensual/operario	Total anual/operario
Operarios	2	S/. 930,00	S/. 474,30	S/. 124,00	S/. 1528,30	S/. 36 679,20
Operarios sustitutos	2	S/. 930,00	---	S/. 124,00	S/. 1054,00	S/. 2 108,00
TOTAL						S/. 38 787,20

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por último, la sumatoria de ambos tipos de ingresos es S/. 6 529 077,20.

3.5.3 Egresos de la Mejora

Tabla 117. Requerimientos de materiales en kilogramos y unidades

REQUERIMIENTOS DE MATERIALES EN KG Y UNIDADES												
Periodo	1 Mes	2 Mes	3 Mes	1 Trimestre	2 Trimestre	3 Trimestre	4 Trimestre	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
MATERIALES DIRECTOS												
Kilogramos de GLP	180 290	180 290	180290	540 860	540 860	540 860	540 860	2 163 430	2 163 430	2 163 430	2 163 430	2 163 430
MATERIALES INDIRECTOS												
Pintura color "Gris RAL" (Esmalte Industrial)	239,85	239,85	239,85	719,55	719,55	719,55	719,55	2 878,20	2 878,20	2 878,20	2 878,20	2 878,20
Pintura color "Roja" (Esmalte Industrial)	9,17	9,17	9,17	27,51	27,51	27,51	27,51	110,05	110,05	110,05	110,05	110,05
O' Ring	18 029	18 029	18 029	54 086	54 086	54 086	54 086	216 343	216 343	216 343	216 343	216 343
Precinto de seguridad	18 029	18 029	18 029	54 086	54 086	54 086	54 086	216 343	216 343	216 343	216 343	216 343
Etiquetas	18 029	18 029	18 029	54 086	54 086	54 086	54 086	216 343	216 343	216 343	216 343	216 343

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Tabla 118. Requerimientos de materiales en Nuevos Soles

REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (S/.)												
Periodo	1 Mes	2 Mes	3 Mes	1 Trimestre	2 Trimestre	3 Trimestre	4 Trimestre	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
MATERIALES DIRECTOS												
GLP	S/. 411 924,22	S/. 411 924,22	S/. 411 924,22	S/. 1 235 772,67	S/. 1 235 772,67	S/. 1 235 772,67	S/. 1 235 772,67	S/. 4 942 976,42	S/. 4 942 976,42	S/. 4 942 976,42	S/. 4 942 976,42	S/. 4 942 976,42
Costo Total de Materiales Directos								S/. 4 942 976,42	S/. 4 942 976,42	S/. 4 942 976,42	S/. 4 942 976,42	S/. 4 942 976,42
MATERIALES INDIRECTOS												
Pintura color "Gris RAL"	S/. 4 796,99	S/. 4 796,99	S/. 4 796,99	S/. 14 390,98	S/. 14 390,98	S/. 14 390,98	S/. 14 390,98	S/. 57 563,92				
Pintura color "Roja"	S/. 183,41	S/. 183,41	S/. 183,41	S/. 550,24	S/. 550,24	S/. 550,24	S/. 550,24	S/. 2 200,97				
O' Ring	S/. 901,43	S/. 901,43	S/. 901,43	S/. 2 704,29	S/. 2 704,29	S/. 2 704,29	S/. 2 704,29	S/. 10 817,15				
Precinto de seguridad	S/. 901,43	S/. 901,43	S/. 901,43	S/. 2 704,29	S/. 2 704,29	S/. 2 704,29	S/. 2 704,29	S/. 10 817,15				
Etiquetas	S/. 901,43	S/. 901,43	S/. 901,43	S/. 2 704,29	S/. 2 704,29	S/. 2 704,29	S/. 2 704,29	S/. 10 817,15				
Costo Total de Materiales Indirectos								S/. 92 216,35				

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

El presupuesto del costo anual de producción, como se muestra en la Tabla 119, es S/. 5 055 384,69. Cabe especificar que el costo total de mantenimiento es S/ 10 000,00 al año.

Tabla 119. Presupuesto del costo de producción o egresos de la mejora en Nuevos Soles

PRESUPUESTO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN (S/.)					
Ítems	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Materiales directos	S/. 4 942 976,42				
Materiales indirectos	S/. 92 216,35				
Consumo de energía eléctrica	S/. 20 191,92				
Total	S/. 5 055 384,69	S/. 5 055 384,69	S/. 5 055 384,69	S/. 5 055 384,69	S/. 5 055 384,69

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Finalmente, los egresos anuales de la mejora son S/. 5 065 384,69, valor obtenido de la suma de los S/. 5 055 384,69 de costos de producción y los S/. 10 000,00 de costo total de mantenimiento.

3.5.4 Evaluación Económica y Financiera de la Mejora

La Evaluación Económica de la mejora del proyecto, como se muestra en la Tabla 121, se ejecuta mediante el Flujo de Caja que contiene el cálculo de los ingresos (Ingresos percibidos por el Plan de Ventas de la mejora e Ingresos percibidos por el no contrato de dos operarios), egresos (Costos de Producción) e impuestos con respecto a la inversión total de las mejoras. Cabe mencionar que la ejecución del Flujo de Caja es durante un periodo de tiempo de análisis de 5 años, ya que es el periodo de tiempo estándar para proyectos de inversión de corto plazo.

En el Flujo de Caja, el saldo anual es S/. 1 024 584,76 y las utilidades acumuladas obtenidas son S/. 842 984,76, S/. 1 867 569,51, S/. 2 892 154,27, S/. 3 916 739,03 y S/. 4 941 323,78 en los próximos cinco años respectivamente.

Por otro lado, la Evaluación Financiera de la mejora del proyecto, como se muestra en la Tabla 120, se ejecuta mediante la determinación de la Tasa

Mínima de Aceptación de Rendimiento (TMAR), el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La TMAR es la sumatoria de la Tasa de Inflación del Perú y Tasa de Rendimiento Efectivo Anual (TREA) del depósito a plazo fijo.

El Banco Central de Reserva del Perú [32] detalla que la Tasa de Inflación del Perú ha sido de 1,75 % hasta el mes de mayo del presente año.

La Radio Programas del Perú (RPP) [33] menciona que la Superintendencia de Bancas, Seguro y AFP afirma que la Tasa de oportunidad o Tasa de Rendimiento Efectivo Anual (TREA) de la ejecución de un depósito a plazo fijo en el Banco de Crédito del Perú (BCP) es 2,25 % para un depósito mayor o igual a S/. 2 500,00. Esto significa que el BCP ejecuta el pago anual de S/. 56,25 a la persona que deposita esa cantidad de dinero. Cabe recalcar, que se selecciona al BCP debido a que este banco tiene más sucursales por todo el Perú.

Entonces la Tasa Mínima de Aceptación de Rendimiento (TMAR), como se muestra en la Tabla 120, es 4,00 %.

Tabla 120. Tasa Mínima de Aceptación de Rendimiento

TIPO DE INVERSIÓN	TASA DE INFLACIÓN DEL PERÚ	TASA DE OPORTUNIDAD O TASA DE RENDIMIENTO EFECTIVO ANUAL (TREA)	TASA MÍNIMA DE ACEPTACIÓN DE RENDIMIENTO (TMAR)
Inversión Propia	1,75 %	2,25 %	4,00 %

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

Por último, la empresa Sipán Gas E. I. R. L., al realizar un depósito a plazo fijo de S/. 181 600,00 en el BCP, obtiene ganancias económicas de S/. 4 086,00 por intereses bancarios de 2,25 % al año del BCP. Asimismo, la ganancia obtenida por la ejecución de un depósito a plazo fijo en el BCP es inferior a las utilidades acumuladas de la inversión en los próximos cinco años, las cuales son detalladas en el Flujo de Caja de la página posterior. Es por ello, que la inversión de S/. 181 600,00 es más viable que la ejecución de un depósito a plazo fijo de esa cantidad económica en un banco.

Tabla 121. Evaluación Económica de la mejora del proyecto

FLUJO DE CAJA						
Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total de inversión	S/. 181 600,00					
Ingresos						
Cuentas por cobrar (Ventas a crédito)		S/. 6 490 290,00				
Ingresos Percibidos por el no contrato de dos operarios		S/. 38 787,20				
Total de Ingresos		S/. 6 529 077,20	S/. 6 529 077,20	S/. 6 529 077,20	S/. 6 529 077,20	S/. 6 529 077,20
Egresos						
Costos de producción		S/. 5 055 384,69				
Costos de mantenimientos (2 veces al año)		S/. 10 000,00				
Total de Egresos		S/. 5 065 384,69	S/. 5 065 384,69	S/. 5 065 384,69	S/. 5 065 384,69	S/. 5 065 384,69
Saldo Bruto (antes de impuestos)		S/. 1 463 692,51				
Impuesto a la Renta (30%)		S/. 439 107,75				
Saldo (después de impuestos)		S/. 1 024 584,76				
Saldo Final (Déficit/Superávit)	- S/. 181 600,00	S/. 1 024 584,76	S/. 1 024 584,76	S/. 1 024 584,76	S/. 1 024 584,76	S/. 1 024 584,76
Utilidad Acumulada	- S/. 181 600,00	S/. 842 984,76	S/. 1 867 569,51	S/. 2 892 154,27	S/. 3 916 739,03	S/. 4 941 323,78

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

La Evaluación Financiera de la mejora del proyecto, como se muestra en la Tabla 122, detalla que el 564,15 % de Tasa Mínima de Aceptación de Rendimiento (TMAR) es menor al 4 % de Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto. Esto significa que el proyecto es viable económica y financieramente. Cabe especificar, que los S/. 4 379 669,30 de Valor Actual Neto (VAN) es la equivalencia al 564,15 % de TIR en unidades monetarias.

Tabla 122. Evaluación Financiera de la mejora del proyecto

TMAR	VAN	TIR
4 %	S/. 4 379 669,30	564,15 %

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

A continuación, se prosigue al cálculo del Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), el cual se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d}$$

Donde:

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b = Inversión inicial.

c = Flujo Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

d = Flujo de Efectivo del año en el que se recupera la inversión.

Reemplazando los valores de la Tabla 119 en la fórmula:

$$PRI = 1 \text{ año} + \frac{S/. (181\ 600,00 - 842\ 984,76)}{S/. 842\ 984,76} = 0,215 = 0,22 \text{ años}$$

La determinación del PRI en meses se realiza mediante la resta del número entero y la multiplicación por los 12 meses del año.

$$(0,22 - 0) \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 2,64 \text{ meses}$$

La determinación del PRI en días se realiza mediante la resta del número entero y la multiplicación por los 30 días del mes.

$$(0,64 - 1) \text{ meses} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = 19,20 = 19 \text{ días}$$

Entonces, el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) es de 79 días o, 2 meses y 19 días.

3.6 PLANES DE ACCIÓN PARA LA MEJORA

Tabla 123. Planes de Acción para la Mejora

Objetivo de Mejoramiento: Incrementar la productividad en la empresa Sipán Gas E. I. R. L.																			
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	CRONOGRAMA – AÑO 2021												RECURSOS			PRESUPUESTO	RESULTADO (ENTREGABLE)	
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MAT.	HUM.	EQU.			
Desinstalación de la estación de envasado y de las edificaciones del proceso actual e instalación de cabinas metálicas y barandas de seguridad	Técnicos Especializados en Sistemas Mecánicos, Eléctricos y Neumáticos	2 día de 8 horas laborales														4		S/. 1 630,25	Saldo Final de S/. 1 024 584,76
Compra de la máquina, equipos y componentes del sistema automatizado y del rediseño del proceso	Supervisor de la Producción (Ing. Industrial)	7 días hábiles													1		S/. 177 590,75		
Instalación de los esquemas de fuerza y mando eléctricos y neumáticos del sistema automatizado	Técnicos Especializados en Sistemas Mecánicos, Eléctricos y Neumáticos junto al Supervisor de la Producción (Ing. Industrial)	8 días hábiles de 8 horas laborales cada día													2		S/. 1 100,00		
Programación y capacitación inicial de la manipulación de los automatismos del sistema	Supervisor de la Producción (Ing. Industrial)	1 día de 8 horas laborales													1		S/. 1 279,00		
TOTAL		18 días																S/. 181 600,00	

Fuente: Sipán Gas E. I. R. L.

3.7 IMPACTOS DE LA MEJORA

3.7.1 Impacto Económico

El proyecto de inversión propuesto incrementa la productividad del proceso de envasado de GLP en balones y el margen de utilidades de la empresa.

3.7.2 Impacto Tecnológico

El proyecto de inversión propuesto automatiza la operación de envasado y el desplazamiento del balón a cada puesto de trabajo mediante la implementación de automatismos eléctricos y neumáticos en el esquema de fuerza y mando del proceso de envasado de GLP en balones.

3.7.3 Impacto Social

El proyecto de inversión propuesto fomenta la idónea ergonomía, ya que elimina y disminuye los riesgos disergonómicos en los puestos de trabajo y vela por la salud de los operarios.

3.7.4 Impacto en el Proceso

El proyecto de inversión propuesto rediseña el proceso de envasado de GLP para eliminar la variabilidad de producción y tiempos muertos en el proceso e incrementar la producción y eficiencias de la línea de envasado.

3.7.5 Impacto en la Seguridad

El proyecto de inversión propuesto fomenta la seguridad en la manipulación del balón en los puestos de trabajo para evitar válvulas defectuosas y trasiegos durante el proceso de envasado.

3.7.6 Impacto en la Calidad

El proyecto de inversión propuesto fomenta la calidad física del cuerpo del balón mediante el desplazamiento del producto en una máquina transportadora por cadenas de arrastre.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. La productividad diaria total del proceso de envasado de GLP en balones ha incrementado en 0,70 %, permitiendo obtener S/. 1 024 584,76 de saldo anual. El incremento de productividad diaria total del proceso se obtiene debido al incremento de la producción de 1 328 a 2 057 unidades al día y a la disminución del costo de mano de obra directa de S/. 0,36 a S/. 0,19 por balón con GLP.
2. El sistema automatizado incrementa la producción de 484 753 a 785 664 balones con GLP en la jornada laboral actual de 2 728 horas al año, los cuales satisfacen la demanda anual de la empresa de 701 096 unidades y brindan stock de seguridad de 84 568 unidades para afrontar los cambios del mercado y desarrollar futuras propuestas de marketing que permitan incrementar el posicionamiento de la marca en el mercado regional. Asimismo, el sistema automatizado aumenta la utilización y eficiencia de los cilindros neumáticos con cabezal de llenado de 42,09 a 60,88 % y de 42,12 a 60,92 % respectivamente.
3. El rediseño de las estaciones de trabajo y edificaciones que interactúan en el proceso de envasado de GLP en balones incrementa el flujo producción de 1 a 4 unidades, reduce el tiempo de envasado de cuatro balones con GLP de 56 a 50 segundos y elimina el tiempo ocioso de la línea de producción y la operación de envasado u operación cuello de botella.
4. El sistema automatizado y el rediseño del proceso de envasado de GLP en balones incrementan la eficiencia de la línea de producción de 64,20 a 195,45 % y eliminan los riesgos disergonómicos al 100 % en los puestos de trabajos encargados de las tareas de lavado, pintado, cambio de O' Ring, precintado y etiquetado. Además, ambas propuestas disminuyen el 77,86 % y 20,06 % de los riesgos disergonómicos en los puestos de trabajo encargados de las tareas de tara e inspección de peso respectivamente.

5. El proyecto de inversión propuesto es viable económica y financieramente, ya que el 4,00 % de Tasa Mínima de Aceptación de Rendimiento (TMAR) es menor al 564,15 % de Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto. Cabe especificar, que el Valor Actual Neto (VAN) es la equivalencia del TIR en unidades monetarias, cuyo valor obtenido es S/. 4 379 669,30 en un periodo o pazo de inversión de cinco años. Asimismo, el proyecto de inversión propuesto tiene un Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de 79 días o, 2 meses y 19 días.

4.2 RECOMENDACIONES

La presente investigación fomenta mejoras continuas que pueden ser temas de estudio para investigaciones posteriores, los cuales son: la automatización de las actividades de lavado, pintado, cambio de O' Ring, tara, inspección de peso, precintado y etiquetado del proceso de envasado de GLP en balones para obtener mayores incrementos de productividad.

Por otro lado, el proyecto de investigación impulsa al desarrollo del tema de mantenimiento del sistema automatizado propuesto para evitar fallas eléctricas, mecánicas o neumáticas repentinas, paradas de la producción durante la jornada, tiempos muertos por mantenimiento en plena jornada y pérdidas económicas por la ausencia del plan de mantenimiento preventivo del sistema automatizado en estudio.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Organismo Superior de la Inversión en Energía y Minería, "Regulación del Gas Natural en el Perú", «OSINERGMIN,» 2015. [En línea]. Available: http://www2.osinerg.gob.pe/infotec/gasnatural/pdf/regulacion_gas_natural_peru.pdf. [Último acceso: 21 enero 2019].
- [2] A-Gas, «Todo sobre el GLP,» julio 2015. [En línea]. Available: <https://agas.do/index.php/el-glp/todo-sobre-el-glp>. [Último acceso: 21 enero 2019].
- [3] Unidad de Planeación Minero Energética, "Cadena del Gas Licuado del Petróleo (GLP)", «UPME,» 2017. [En línea]. Available: http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Cadena_GLP_2017_30032017.pdf. [Último acceso: 22 enero 2019].
- [4] M. Shamil et al., «Liquefied Petroleum Gas (LPG) Bottling Process and Required Safety During Bottling: A Case Study,» *Science Publishing Group*, vol. 3, n° 1, pp. 5-9, 2019.
- [5] D. Pandalai y S. Mathew, «Redesign of Existing Layout of Triller Manufacturing Industry to Reduce Material Handling Cost,» *International Journal of Science Technology & Engineering*, vol. 2, n° 4, pp. 228-232, 2015.
- [6] A. Gabriel et al., «Redesigning a manufacturing system based on functional independence: the case of a tree nursery,» *ELSEVIER*, n° 34, pp. 206-211, 2015.
- [7] R. Regis, «Automatización de una sierra ingletadora para la fabricación de disipadores de calor,» *Científica*, vol. 18, n° 4, pp. 131-134, 2014.
- [8] A. Anudeep y P. Srinivasa, «Automation of Bottle Manufacturing, Filling and Capping Process using Low Cost Industrial Automation,» *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 3, n° 12, pp. 949-956, 2014.

- [9] J. Moreno y C. Sánchez, «Automatización en el ensamble buscando productividad en la industria automotriz,» *Desarrollo Tecnológico e Innovación Empresarial*, vol. 2, n° 4, pp. 14-18, 2015.
- [10] P. Kayalvizhi y D. Ajay, «Automatic Integrated Filling and Mixing of Different Heights of Bottles using PLC,» *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 4, n° 26, pp. 1-4, 2016.
- [11] R. Pandhare y R. Metkar, «Design of Semi - Automatic Hydraulic Broaching Machine - A Review,» *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 5, n° 2, 2017.
- [12] J. Velásquez y J. Gonzales, «Prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico,» *Industrial Data*, vol. 20, n° 1, pp. 125-130, 2017.
- [13] A. Kaur y E. Pardeep, «Paper Machine Automation using PLC, VFD 's and HMI,» *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 6, n° 5, pp. 590-593, 2017.
- [14] M. Molina, «Automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de Blíster,» *Revista Politécnica*, vol. 41, n° 1, 2018.
- [15] B. Díaz, B. Jarufe y Noriega, *Disposición de planta*, Lima, Perú: Fondo, 2013.
- [16] G. Hernández y J. Mendoza, *Fundamentos y Planeación de la manufactura automatizada: Un enfoque de los sistemas integrados de la manufactura*, Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Education, 2015.
- [17] S. Kalpakjian, *Manufactura, Ingeniería y Tecnología: Procesos de Manufactura*, Naucalpan de Juárez, México: Pearson Education, 2014.
- [18] M. Groover, *Fundamentos de la manufactura moderna*, México D.F., México: McGraw-Hill, 2007.

- [19] V. Trigo, J. Martín y P. Sánchez, Automatismos y cuadros eléctricos, Madrid, España: Editec, 2003.
- [20] P. Bolzern, R. Scattolini y N. Schiavoni, Fundamentos de control automático, Madrid, España: McGraw-Hill, 2009.
- [21] M. Gutiérrez y S. Iturralde, Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control - Serie de Textos Académicos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Península de Santa Elena, Ecuador: UPSE, 2017.
- [22] R. Piedrafita, Ingeniería de la automatización industrial, Madrid, España: RA-MA, 2004.
- [23] R. García, Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo, México D.F., México: McGraw-Hill, 2005.
- [24] L. Cuatrecasas, Ingeniería de Procesos y de Planta - Ingeniería Lean, Barcelona: PROFIT, 2017.
- [25] B. Niebel y A. Freivalds, Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, México D.F., México: McGraw-Hill, 2009.
- [26] D. Medianero, Productividad Total: Teoría y métodos de medición, Lima, Perú: Macro, 2016.
- [27] O. Romero, D. Muñoz y S. Romero, Introducción a la Ingeniería: Un enfoque industrial, México D.F., México: Thomson Learning, 2006.
- [28] C. Ray y D. Rieske, Seguridad industrial y administración de la salud, Ciudad de México: Pearson, 2010.
- [29] Osinergmin, «Control de Peso - Procedimiento,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/1389.htm>. [Último acceso: 03 marzo 2020].

- [30] F. Beer et. al., *Mecánica de Materiales*, México D.F., México: Mc Graw Hill, 2013.
- [31] R. Hibbeler, *Mecánica de Materiales*, Naucalpan de Juárez, México: Pearson Education, 2015.
- [32] Banco Central de Reserva del Perú, «Programa Monetario Mayo 2020,» 06 junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/145-publicaciones/reporte-de-inflacion.html>. [Último acceso: 06 junio 2020].
- [33] RPP Noticias, «Economía - Conoce las entidades financieras que pagan más por tu dinero,» 05 junio 2020. [En línea]. Available: <https://rpp.pe/economia/economia/utilidades-estas-son-las-entidades-financieras-que-pagan-mas-por-tu-deposito-noticia-1183275?ref=rpp>. [Último acceso: 06 junio 2020].
- [34] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Perú: Perfil Sociodemográfico- Informe Nacional,» Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, 2018. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf. [Último acceso: 18 marzo 2019].
- [35] Quavii, «Masificación del Uso de Gas Natural A Nivel Nacional - Concesión Norte,» Proyecto de Masificación-Consenso Norte, 2018. [En línea]. Available: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/gas_natural/Documentos/DistribucionCalidad/Ficha-Contratos/005-Masificacion-Concesion-Norte.pdf. [Último acceso: 15 abril 2019].

VI. ANEXOS

ANEXO 1. INVESTIGACIÓN DE MERCADO DE LA DEMANDA DEL BALÓN CON GAS LICUADO DE PETRÓLEO

1. Tipo de energía o combustible que utilizan en el hogar para cocinar

TIPO DE ENERGÍA O COMBUSTIBLE QUE UTILIZAN EN EL HOGAR PARA COCINAR	CENSO 2017 - INEI	
	TOTAL DE HOGARES	%
<i>Usan combustibles limpios</i>		
Usan Gas Licuado de Petróleo (GLP) o Gas Natural	6 190 205	75,01
Soso usan balón con GLP	4 762 809	57,72
Usan balón con GLP y con otro tipo de combustible	987 162	11,96
Solo usan Gas Natural (sistemas de tuberías)	416 861	5,05
Usan Gas Natural y otro tipo de combustible	12 343	0,15
Usan balón con GLP y Gas Natural (sistema de tuberías)	11 030	0,13
Exclusivamente electricidad	108 666	1,32
Total de hogares que usan combustibles limpios	6298871	76,33
<i>Usan combustibles contaminantes</i>		
Solo usan carbón	66 968	0,81
Solo Leña	1 428 856	17,31
Solo Bosta, Estiércol	144 908	1,76
Usan varios tipos de combustibles contaminantes	116 677	1,41
Total de hogares que usan combustibles contaminantes	1 757 409	21,30
<i>No cocinan</i>	196 004	2,38
TOTAL	8 252 284	100,00

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú (INEI) [34]

2. Investigación de Mercado de la demanda del balón con GLP en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto



3. Masificación del uso de Gas Natural a nivel nacional - Concesión Norte (Actualizado al 31/01/2018)

PRIMER PLAN DE CONEXIONES EN HOGARES - QUAVII								
Año/Localidad	Cajamarca	Lambayeque	Chiclayo	Pacasmayo	Trujillo	Chimbote	Huaraz	TOTAL
2018	3 420	1 152	7 446	497	10 332	5 044	1 813	29 704
2019	5 016	1 690	10 923	729	15 155	7 399	2 661	43 573
2020	4 332	1 460	9 432	630	13 089	6 390	2 297	37 630
2021	4 142	1 396	9 019	602	12 514	6 110	2 197	35 980
2022	590	164	914	128	674	380	400	3 250
TOTAL	17500	5 862	37 734	2 586	51 764	25 323	9 368	150 137

Fuente: Quavii [35]

4. Número de hogares en los departamentos Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto

DEPARTAMENTO	TOTAL DE HOGARES	TOTAL DE HOGARES QUE USAN GAS		HOGARES QUE SOLO USAN GAS		HOGARES QUE USAN GAS MÁS OTRO TIPO DE COMBUSTIBLE			HOGARES QUE USAN COMBUSTIBLES CONTAMINANTES
		Cifras absolutas	% que usan gas	Balón con GLP	Gas Natural (sistema de tuberías)	Balón con GLP y Gas Natural (sistema de tuberías)	GLP con otro tipo de combustible	Gas Natural con otro tipo de combustible	
Tumbes	62 598	55 095	88,0	47 567	---	---	7 528	---	4 225
Piura	492 686	325 052	66,0	248 288	---	---	76 764	---	153 147
Lambayeque	308 987	252 992	81,9	206 300	---	---	46 692	---	46 019
Cajamarca	395 608	161 979	40,9	95 813	---	---	66 166	---	225 491
Amazonas	107 364	52 951	49,3	27 902	---	---	25 049	---	50 945
San Martín	222 664	141 809	63,7	88 890	---	---	52 919	---	71 436
Loreto	196 685	97 459	49,6	72 274	---	---	25 185	---	93 548
TOTAL				787034					

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú (INEI) [34]

5. Demanda del balón con GLP en el departamento de Lambayeque frente a la Masificación del uso de Gas Natural a nivel nacional - Concesión Norte

ÍTEMS	Año	Unidades/mes	%	Unidades/año	%
Año de culminación de la Planta de Gas Natural y último Censo de la INEI	2017	206 300	100	2 475 600	100
Primer Plan de Conexiones de hogares	2018	197 702	95,83	2 372 424	95,83
	2019	185 089	89,72	2 221 068	89,72
	2020	174 197	84,44	2 090 364	84,44
	2021	163 782	79,39	1 965 384	79,39
	2022	162 704	78,87	1 952 448	78,87
Segundo Plan de Conexiones de hogares	2023	154 106	74,70	1 849 272	74,70
	2024	141 493	68,59	1 697 916	68,59
	2025	130 601	63,31	1 567 212	63,31
	2026	120 186	58,26	1 442 232	58,26
	2027	119 108	57,74	1 429 296	57,74
Tercer Plan de Conexiones de hogares	2028	110 510	53,57	1 326 120	53,57
	2029	97 897	47,45	1 174 764	47,45
	2030	87 005	42,17	1 044 060	42,17
	2031	76 590	37,13	919 080	37,13
	2032	75 512	36,60	906 144	36,60
Cuarto Plan de Conexiones de hogares	2033	66 914	32,44	802 968	32,44
	2034	54 301	26,32	651 612	26,32
	2035	43 409	21,04	520 908	21,04
	2036	32 994	15,99	395 928	15,99
	2037	31 916	15,47	382 992	15,47
Quinto Plan de Conexiones de hogares	2038	23 318	11,30	279 816	11,30
	2039	10 705	5,19	128 460	5,19
Fin de la comercialización del balón con GLP	2040	-187	-0,09	-2244	-0,09

Fuente: Elaboración Propia

6. Demanda del balón con GLP en los departamentos de Tumbes, Piura, Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto

Año	Unidades/mes	%	Unidades/año	%
2017	580 734	100	6 968 808	100
2018	580 734	100	6 968 808	100
2019	580 734	100	6 968 808	100
2020	580 734	100	6 968 808	100
2021	580 734	100	6 968 808	100
2022	580 734	100	6 968 808	100
2023	580 734	100	6 968 808	100
2024	580 734	100	6 968 808	100
2025	580 734	100	6 968 808	100
2026	580 734	100	6968808	100
2027	580 734	100	6 968 808	100
2028	580 734	100	6 968 808	100
2029	580 734	100	6 968 808	100
2030	580 734	100	6 968 808	100
2031	580 734	100	6 968 808	100
2032	580 734	100	6 968 808	100
2033	580 734	100	6 968 808	100
2034	580 734	100	6 968 808	100
2035	580 734	100	6 968 808	100
2036	580 734	100	6 968 808	100
2037	580 734	100	6 968 808	100
2038	580 734	100	6 968 808	100
2039	580 734	100	6 968 808	100

Fuente: Elaboración Propia

7. Demanda del balón con GLP en los departamentos de Lambayeque, Tumbes, Piura, Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto

Año	Unidades/mes	Unidades/año
2017	787 034	9 444 408
2018	778 436	9 341 232
2019	765 823	9 189 876
2020	754 931	9 059 172
2021	744 516	8 934 192
2022	743 438	8 921 256
2023	734 840	8 818 080
2024	722 227	8 666 724
2025	711 335	8 536 020
2026	700 920	8 411 040
2027	699 842	8 398 104
2028	691 244	8 294 928
2029	678 631	8 143 572
2030	667 739	8 012 868
2031	657 324	7 887 888
2032	656 246	7 874 952
2033	647 648	7 771 776
2034	635 035	7 620 420
2035	624 143	7 489 716
2036	613 728	7 364 736
2037	612 650	7 351 800
2038	604 052	7 248 624
2039	591 439	7 097 268

Fuente: Elaboración Propia